D 2019

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

GESTÃO OPERACIONAL DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

JORGE JOSÉ TEIXEIRA CARDOSO GONÇALVES
TESE DE DOUTORAMENTO APRESENTADA
À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM
ENGENHARIA CIVIL – HIDRÁULICA, RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE

U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

GESTÃO OPERACIONAL DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

JORGE JOSÉ TEIXEIRA CARDOSO GONÇALVES

Tese de Doutoramento elaborada para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil

DOUTORAMENTO EM ENGENHARIA CIVIL

ESPECIALIZAÇÃO EM HIDRÁULICA, RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE

Orientador: Professor Doutor José Carlos Tentúgal Valente

NOVEMBRO DE 2019

DOUTORAMENTO EM ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2012/2013 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus,

pelo que representam

AGRADECIMENTOS

Pelos relevantes contributos ao presente projeto, o autor deseja manifestar o seu agradecimento.

Ao Professor Doutor José Carlos Tentúgal Valente, por todo o apoio prestado no decorrer deste projeto, pelo conhecimento e experiência transmitidos, pelos valores éticos, pessoais, académicos e profissionais passados. O autor realça o enorme privilégio que teve em aprender e colaborar com o Professor ao longo dos últimos anos.

À Dona Esmeralda Miguel, pela amizade, disponibilidade e apoio.

Ao corpo docente da Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pelos contributos dados ao processo de construção académica, profissional e pessoal.

Ao Professor Doutor Francisco Piqueiro, pela amizade, pelo apoio e pelos conhecimentos e experiência transmitidos.

A todos Professores das instituições de ensino frequentadas pelo autor, pelos contributos dados nos diferentes passos de construção académica e profissional.

À Águas do Norte, S.A., onde o autor colaborou durante uma parte deste percurso, em particular ao Eng.º Vítor Pereira, à Eng.ª Maria José Miranda e ao Eng.º José Ramos, pela disponibilidade, pelos dados fornecidos e pela abertura para o desenvolvimento e a aplicação do presente trabalho.

À equipa de exploração da Águas do Norte, S.A. no Município de Arouca, nomeadamente ao Manuel Pereira, ao Mário Martins, ao Abílio Fernandes, ao Avelino Teixeira, ao Carlos Pinho, ao Fernando Gonçalves, ao André Fernandes, ao Paulo Pereira, ao Luís Mendes e ao Samuel Brito, com quem o autor teve o gosto de trabalhar ao longo dos últimos anos.

À Iperforma – Arquitetura e Engenharia, Lda., onde o autor colaborou durante uma parte deste percurso, pela amizade, pela aposta e pelo incentivo.

À CTGA – Centro Tecnológico de Gestão Ambiental, Lda., onde o autor colaborou durante uma parte deste percurso, pela compreensão e flexibilidade.

À TRATAVE – Tratamento de Águas Residuais do Ave, S.A., em particular ao Eng.º Cláudio Costa e ao Eng.º António Pereira, pelos dados facultados e pela disponibilidade.

Ao Município de Arouca e às Juntas de Freguesia do Concelho de Arouca, pelos dados fornecidos e pela colaboração nos inquéritos efetuados.

À Mestre Maria Angelina Martins e à Carolina Cardoso, por toda a ajuda.

À família e aos amigos, pelo apoio e amizade.

Aos pais, pelo suporte, dedicação e paciência.

RESUMO

A gestão otimizada das infraestruturas hidráulicas que suportam os sistemas de abastecimento de água, os sistemas de drenagem de águas residuais e os sistemas de drenagem de águas pluviais, encontra-se relacionada com os procedimentos adotados a diferentes níveis da estrutura organizacional das entidades gestoras. O compromisso de toda a estrutura, o envolvimento dos colaboradores e o espírito de missão comum consideram-se elementos essenciais para a implementação de uma estratégia operacional integrada, que pretenda alcançar soluções economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis. Considerando diferentes contributos científicos na área e tendo em conta a importância da sistematização de dados reais de exploração, salienta-se a importância da estruturação de uma metodologia que vise a obtenção de resultados práticos que apoiem a exploração dos sistemas.

A metodologia de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas (GOIH) agrega conceitos de gestão patrimonial, gestão do risco e gestão técnica. A estratégia desenhada organiza-se em três áreas operacionais (Avaliação – estado, desempenho, custo e risco; Exploração – controlo operacional, resposta a ocorrências, dados reais e gestão informada pelo risco; Intervenção – monitorização, manutenção, reabilitação e reforço) e procura apoiar a tomada de decisão na resposta a diferentes desafios que se colocam na gestão de infraestruturas hidráulicas (p.ex. resposta a ocorrências; perdas de água; afluências pluviais às redes de drenagem de águas residuais; inundações).

Partindo de dados reais de exploração e da informação cadastral disponível, e em contacto com as equipas operacionais, implementa-se a metodologia a dois casos de estudo, designadamente o Sistema de Abastecimento de Água de Arouca (SAA-Arouca) e o Sistema de Drenagem de Águas Residuais da Trofa (SAR-Trofa), da responsabilidade da mesma entidade gestora, a Águas do Norte, S.A. A estratégia de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas desenhada para estes dois sistemas visa o incremento da qualidade do serviço prestado, a diminuição dos encargos de exploração e a salvaguarda do ambiente.

O SAA-Arouca aborda-se com mais abrangência, realçando-se que a conceção, o desenvolvimento e o teste da metodologia se efetuou em estrita colaboração com a exploração deste sistema, tendo sido executadas diversas ações propostas no âmbito desta investigação. Neste caso de estudo, aborda-se a criação da estratégia operacional levada a cabo e analisam-se os resultados obtidos, particularmente a significativa redução da água entrada no sistema (adquirida em alta) e o número de roturas verificadas em período seguinte à estruturação, proposta e operacionalização de diversas ações (p.ex.: gestão de pressões na rede; diminuição de tempos de resposta; monitorização, manutenção e reabilitação e reforço de infraestruturas).

Relativamente ao SAR-Trofa, a aplicação da metodologia efetuou-se no âmbito da análise e organização de procedimentos de exploração, e da sistematização e proposta de intervenções a executar, efetuadas com o objetivo de obter resultados práticos que apoiem a gestão operacional destas infraestruturas, com particular foco nas ações relacionadas com as afluências indevidas (pluviais e outras). As propostas para este sistema encontram-se particularmente focadas na redução dos volumes recolhidos pelas redes de drenagem (nas infraestruturas em baixa) e entregues nas diferentes infraestruturas em alta.

PALAVRAS-CHAVE: gestão operacional, gestão do risco, abastecimento de água, drenagem de águas residuais, infraestruturas hidráulicas, perdas de água, afluências indevidas.

ABSTRACT

The optimized management of the hydraulic infrastructures that support the supply systems, wastewater drainage systems and rainwater drainage systems is related to the methods adopted at different phases of the organizational structure of the management entities. The commitment to the whole structure, employees involvement and the common mission spirit are considered to be essential elements for the implementation of an integrated operational strategy aimed at achieving economically viable and environmentally sustainable solutions. Considering different scientific contributions in the area and taking into account the importance of the systematization of real data of exploitation, it is emphasized the importance of the structuring of a methodology that aims to obtain practical results that support the exploitation of the systems.

The methodology of operational management of hydraulic infrastructures (GOIH) adds concepts of patrimonial management, risk management and technical management. The designed strategy is organized in three operational areas (Evaluation – state, performance, cost and risk Exploration – operational control, response to occurrences, real data and risk-informed management; Intervention – monitoring, maintenance, rehabilitation and reinforcement) and seeks to support the decision-making in responding to different challenges in water infrastructure management (eg response to occurrences, water losses, stormwater inflows to wastewater drainage networks, floods).

Based on actual exploration data and on the available cadastral information, and in contact with operational teams, the methodology is implemented in two study cases, namely Arouca Water Supply System (SAA-Arouca) and Trofa Wastewater Drainage System (SAR-Trofa), under the responsibility of the same management entity, Águas do Norte, SA. The strategy of operational management of hydraulic infrastructures designed for these two systems aims the increasing of the provided service quality, the reducing of exploration costs and the safeguarding of the environment.

The SAA-Arouca is more comprehensively analyzed, emphasizing that the design, the development and the testing of the methodology was carried out in close collaboration with the exploitation of this system, having been performed several actions proposed in this research. In this study case, the creation of the operational strategy carried out is addressed and the obtained results are analyzed, particularly the significant reduction of the water entered in the system (acquired upstream) and the number of breaks verified in the period following the structuring, proposal and operationalization of several actions (eg network pressure management, reduction of response times, monitoring, maintenance and rehabilitation and reinforcement of infrastructures).

With regard to SAR-Trofa, the application of the methodology was carried out in the scope of the analysis and organization of exploration procedures and of the systematization and proposal of interventions to be performed with the objective of obtaining practical results that support the operational management of these infrastructures, with particular focus on actions related to undue inflows (rainfall and other). The proposals for this system are particularly focused on the reducing of the volumes collected by the drainage networks (in the downstream infrastructures) and delivered to the different upstream infrastructures.

KEY WORDS: operational management, risk management, water supply, wastewater drainage, hydraulic infrastructures, water losses, inflow and infiltration.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS i

RESUMO ii

ABSTRACT iii

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento 1
1.2. Objetivos 5
1.3. Metodologia 5
1.4. Estrutura 6

2. ESTADO DA ARTE

2.1. Considerações Gerais 8
2.2. Ciclo Urbano da Água 12
2.2.1. Apontamento Introdutório 12
2.2.2. Ciclo da Água 13
2.2.2.1. Ciclo Hidrológico 13
2.2.2.2. Ciclo Industrial da Água 13
2.2.2.3. Ciclo Urbano da Água 13
2.2.3. Gestão Integrada dos Recursos Hídricos 15
2.2.3.1. Abordagem Geral 15
2.2.3.2. Implementação da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos 15
2.2.3.3. Uso Eficiente da Água 18
2.2.3.4. Medidas de Uso Eficiente da Água Aplicáveis no Setor Urbano 19
2.3. Sistemas de Abastecimento de Água 20
2.3.1. Apontamento Introdutório 20
2.3.2. Tipificação e Constituição dos Sistemas 22
2.3.2.1. Tipos de Sistemas de Distribuição de Água 22
2.3.2.2. Componentes dos Sistemas de Abastecimento de Água 24
2.4. Sistemas de Drenagem de Águas Residuais 25
2.4.1. Apontamento Introdutório 25
2.4.2. Tipificação e Constituição dos Sistemas 27
2.4.2.1. Tipos de Sistemas de Drenagem de Águas Residuais 27
2.4.2.2. Componentes dos Sistemas de Drenagem de Águas Residuais 28
2.4.2.3. Estações de Tratamento de Águas Residuais 29
2.4.3. Emissários Submarinos 30
2.4.3.1. Abordagem Geral 30

2.4.3.2. Constituição e Conceção dos Sistemas 32
2.4.3.3. Conceitos Básicos 34
2.4.3.4. Componentes e Funções 35
2.4.3.5. Enquadramento Legal 37
2.4.3.6. Autodepuração do Meio Recetor 38
2.4.3.7. Tratamento Prévio 39
2.4.3.8. Riscos de Descarga de Efluentes 41
2.4.3.9. Intrusão Salina 42
2.4.3.10. Localização, Profundidade de Descarga, Comprimento e Difusor 44
2.4.3.11. Análise de Custos 45
2.4.3.12. Materiais de Construção e Técnicas de Instalação 46
2.4.3.13. Construção faseada 48
2.4.3.14. Monitorização, Inspeção e Manutenção 48
2.4.3.15. Período de Vida Útil 50
2.4.3.16. Proteção Estrutural 50
2.4.3.17. Modelação Hidráulica 53
2.4.3.18. Modelação da Dispersão de Efluentes 55
2.5. Gestão Patrimonial de Infraestruturas Hidráulicas 56
2.5.1. Apontamento Introdutório 56
2.5.2. Conceito de Gestão Patrimonial de Infraestruturas 58
2.5.2.1. Abordagem Geral 58
2.5.2.2. Conceitos Básicos 59
2.5.2.3. Administrador, Gestor e Operador de Infraestruturas 61
2.5.2.4. Desempenho, Risco e Custo 62
2.5.2.5. Competências e Desafios da Gestão Patrimonial de Infraestruturas 62
2.5.2.6. Programa Global de Gestão Patrimonial de Infraestruturas 63
2.5.2.7. Planos Estratégicos, Planos Táticos e Planos Operacionais 65
2.5.2.8. Implementação da Gestão Patrimonial de Infraestruturas 66
2.5.2.9. Informação – Disponibilidades de Dados 71
2.5.2.10. Contexto e Objetivos Estratégicos 72
2.5.2.11. Gestão Técnica e Reabilitação 73
2.5.2.12. Reabilitação no Âmbito do Planeamento 74
2.5.3. AWARE-P – Advanced Water Asset Rehabilitation 75
2.5.3.1. Abordagem Geral 75
2.5.3.2. Metodologia AWARE-P 76
2.5.3.3. Apontamento Final 82
2.5.4. Avaliação do Estado das Infraestruturas 83
2.5.4.1. Abordagem Geral 83
2.5.4.2. Inventário de Ativos 83
2.5.4.3. Estado de Conservação de Ativos 85
2.5.4.4. Esperança de Vida Útil Residual de Ativos 86

2.5.5. Desempenho, Risco, Manutenção e Reabilitação das Infraestruturas 87
2.5.5.1. Abordagem Geral 87
2.5.5.2. Indicadores de Desempenho no Apoio à Gestão Patrimonial de Infraestruturas 87
2.5.5.3. Análise, Avaliação e Tratamento do Risco 88
2.5.5.4. Necessidades de Manutenção e Prioridades de Reabilitação 90
2.5.5.5. Estratégia a Longo Prazo 91
2.5.6. Avaliação de Custos 93
2.5.6.1. Abordagem Geral 93
2.5.6.2. Métodos de Valorização de Ativos 93
2.5.6.3. Métodos de Amortização e Vidas Úteis 95
2.5.6.4. Índice de Valor da Infraestrutura 97
2.5.6.5. Custos Médios de Reabilitação 98
2.5.6.6. Custos no Ciclo de Vida 99
2.5.7. Sistemas de Abastecimento de Água 100
2.5.7.1. Abordagem Geral 100
2.5.7.2. Causas de Degradação do Desempenho dos Sistemas 101
2.5.7.3. Consequências da Degradação do Desempenho dos Sistemas 108
2.5.7.4. Ferramentas e Metodologias de Apoio à Reabilitação 109
2.5.7.5. Técnicas de Reabilitação 117
2.5.8. Sistemas de Drenagem de Águas Residuais 125
2.5.8.1. Abordagem Geral 125
2.5.8.2. Causas de Degradação do Desempenho dos Sistemas 126
2.5.8.3. Consequências da Degradação do Desempenho dos Sistemas 130
2.5.8.4. Ferramentas e Metodologias de Apoio à Reabilitação 131
2.5.8.5. Técnicas de Reabilitação 136
2.5.8.6. Procedimentos Operacionais 141
2.6. Gestão do Risco 142
2.6.1. Apontamento Introdutório 142
2.6.2. Conceito de Risco 146
2.6.2.1. Abordagem Geral 146
2.6.2.2. Enquadramento Histórico 146
2.6.2.3. Enquadramento Legal 149
2.6.2.4. Dimensões do Risco 149
2.6.2.5. Principais Conceitos e Definições 151
2.6.2.6. Conceitos Relacionados 156
2.6.2.7. Perceção do Risco 158
2.6.2.8. Aplicação do conceito de Risco 158
2.6.3. Operacionalização da Gestão do Risco 159
2.6.3.1. Abordagem Geral 159
2.6.3.2. Processo de Gestão do Risco 160

2.6.3.3. Operacionalização e Análise 163
2.6.3.4. Probabilidades e Incertezas 163
2.6.3.5. Implementação da gestão do risco 165
2.6.3.6. Princípio da Precaução 176
2.6.3.7. Desafios da gestão do risco 176
2.6.4. Análise de Risco e Fiabilidade 178
2.6.4.1. Abordagem Geral 178
2.6.4.2. Estatística – Abordagem Concetual 179
2.6.4.3. Distribuições Estatísticas 182
2.6.4.4. Métodos de Análise de Risco e Fiabilidade 183
2.6.4.5. Ferramentas e Técnicas de Identificação de Eventos 183
2.6.4.6. Árvores Lógicas 186
2.7. Gestão Técnica de Infraestruturas Hidráulicas 187
2.7.1. Apontamento Introdutório 187
2.7.2. Gestão da Mudança em Entidades Gestoras 189
2.7.2.1. Abordagem Geral 189
2.7.2.2. Implementação da Gestão da Mudança em Empresas de Água 190
2.7.2.3. Empresas de Água 192
2.7.3. Controlo Operacional 194
2.7.3.1. Abordagem Geral 194
2.7.3.2. Controlo Operacional na Origem e no Tratamento da Água 196
2.7.3.3. Controlo Operacional na Adução e Distribuição de Água 198
2.7.3.4. Indicadores de Desempenho 201
2.7.3.5. Controlo de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água 203
2.7.3.6. Operação de Reservatórios de Distribuição de Água 209
2.7.3.7. Operação de Estações de Tratamento de Água e de Águas Residuais 210
2.7.3.8. Operação de Estações Elevatórias 211
2.7.3.9. Afluências Pluviais Indevidas aos Sistemas de Drenagem de Águas Residuais 214
2.7.3.10. Afluências Residuais Indevidas aos Sistemas de Drenagem de Águas Pluviais 223
2.7.3.11. Medição de Caudais em Sistemas de Drenagem de Águas Residuais 224
2.7.4. Urbanização e Drenagem Pluvial 225
2.7.4.1. Abordagem Geral 225
2.7.4.2. Problemática das Inundações 227
2.7.4.3. Gestão das Águas Pluviais 228
2.7.5. Modelação em Sistemas de Drenagem de Águas Residuais 229
2.7.5.1. Abordagem Geral 229
2.7.5.2. Modelação de Coletores e Sistemas de Drenagem 230
2.7.5.3. Modelação de ETAR 230
2.7.5.4. Modelação de Meios Recetores 231
2.7.5.5. Modelação Integrada de Sistemas de Drenagem 231
2.7.5.6. Controlo em Tempo Real 232

2.7.5.7. Síntese de modelos de sistemas de drenagem 233
2.7.5.8. Drenagem Dual 234
2.7.5.9. Programa Storm Water Management Model (SWMM) 235
2.7.6. Sistemas de Informação Geográfica (SIG) 239
2.7.6.1. Abordagem geral 239
2.7.6.2. Definição Concetual dos Sistemas de Informação Geográfica 240
2.7.6.3. Funcionalidades dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) 240
2.7.6.4. Integração do SWMM com os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) 241
2.8. Síntese 242

3. CASOS DE ESTUDO

3.1. Considerações Gerais 248
3.2. Sistema de Abastecimento de Água de Arouca 248
3.2.1. A Entidade Gestora 248
3.2.2. Sistema de Águas da Região do Noroeste 250
3.2.3. Caraterização da Zona Abastecida 251
3.2.3.1. Abordagem geral 251
3.2.3.3. Sistema Principal (SP) 257
3.2.3.4. Sistemas Autónomos 258
3.2.4. Caraterização das Infraestruturas 258
3.2.4.1. Abordagem geral 258
3.2.4.2. Captações de Água 259
3.2.4.3. Reservatórios 259
3.2.4.4. Estações Elevatórias e Sobrepressoras 259
3.2.4.5. Condutas Adutoras 259
3.2.4.6. Instalações de Tratamento de Água 259
3.2.4.7. Condutas distribuidoras 260
3.2.5. Caraterização Comercial 260
3.2.5.1. Abordagem geral 260
3.2.5.2. Faturação 260
3.2.5.2. Clientes 262
3.2.5.2. Parque de Contadores 263
3.3. Sistema de Drenagem de Águas Residuais da Trofa 264
3.3.1. As Entidades Gestoras 264
3.3.2. Sistema de Águas da Região do Noroeste (SARN) 265
3.3.3. Sistema Integrado de Despoluição do Vale do Ave (SIDVA) 265
3.3.4. Caraterização da Zona Drenada 266
3.3.4.1. Abordagem geral 266
3.3.4.2. Intercetor do Ave (IA) 268

3.3.4.3. Intercetor da Trofa (IT) 269
3.3.4.4. Bacias de drenagem 270
3.3.5. Caraterização das Infraestruturas 271
3.3.5.1. Abordagem geral 271
3.3.5.2. Ramais de ligação 272
3.3.5.3. Coletores, intercetores e emissários 272
3.3.5.4. Órgãos acessórios 272
3.3.6. Caraterização Comercial 273
3.3.6.1. Abordagem geral 273
3.3.6.2. Faturação 274
3.3.6.3. Clientes 276
3.3.7. Afluências Indevidas 277
3.3.7.1. Abordagem geral 277
3.3.7.2. Sistema em Alta – Intercetor da Trofa 277
3.3.7.3. Sistema em Baixa – Bacia de Drenagem 9TRO022 278
3.4. Síntese 280

4. GESTÃO OPERACIONAL DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

4.1. Considerações Gerais 281
4.2. Tratamento de Dados 283
4.2.1. Apontamento Introdutório 283
4.2.2. Processamento de Dados Reais 284
4.2.2.1. Análise descritiva 284
4.2.2.2. Sistematização de dados 284
4.2.2.3. Deteção e eliminação de dados anómalos 284
4.2.2.4. Normalização de dados 285
4.2.2.5. Redução de dados 285
4.2.3. Estatística Operacional 285
4.2.3.1. Nota prévia 285
4.2.3.2. Estatísticas descritivas 285
4.2.3.3. Organização da informação 286
4.2.3.4. Abordagem ao risco 286
4.2.4. Sistema de Abastecimento de Água de Arouca 287
4.2.4.1. Nota prévia 287
4.2.4.2. Período Abrangido 288
4.2.4.3. Dados fornecidos pela entidade gestora 288
4.2.4.4. Elementos produzidos no âmbito da tese 288
4.2.4.5. Ficheiros de Dados 289
4.2.5. Sistema de Drenagem de Águas Residuais da Trofa 289
4.2.5.1. Abordagem Geral 289

4.2.5.2. Período Abrangido 290
4.2.5.3. Dados fornecidos pela entidade gestora 290
4.2.5.4. Ficheiros de Dados 290
4.3. Metodologia de Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas 290
4.3.1. Apontamento Introdutório 290
4.3.2. Estrutura da Metodologia 291
4.3.2.1. Abordagem Geral 291
4.3.2.2. Desafios 293
4.3.2.3. Organização 294
4.3.2.4. Áreas operacionais 294
4.3.3. Avaliação 294
4.3.3.1. Abordagem Geral 294
4.3.3.2. Estado 297
4.3.3.3. Desempenho 297
4.3.3.4. Custo 297
4.3.3.5. Risco 298
4.3.3.6. Apontamento Final 301
4.3.4. Exploração 301
4.3.4.1. Abordagem geral 301
4.3.4.2. Controlo Operacional 303
4.3.4.3. Resposta a Ocorrências 303
4.3.4.4. Informação: Dados Reais 304
4.3.4.5. Gestão Informada pelo Risco 304
4.3.4.6. Abastecimento de Água 305
4.3.4.7. Drenagem de Águas Residuais 307
4.3.4.8. Drenagem de Águas Pluviais 309
4.3.5. Intervenção 310
4.3.5.1. Abordagem geral 310
4.3.5.2. Monitorização 311
4.3.5.3. Manutenção 312
4.3.5.4. Reabilitação 312
4.3.5.5. Reforço 313
4.4. Apoio à Decisão 313
4.4.1. Apontamento Introdutório 313
4.4.2. Ferramenta de Apoio à Decisão 314
4.4.2.1. Abordagem geral 314
4.4.2.2. Estratégia de investimento 317
4.4.2.3. Estratégia operacional 321
4.4.2.4. Estratégia de decisão específica 323
4.4.2.5. Visão integrada de investimento 323

4.5. Aplicação da Metodologia aos Casos de Estudo 324
4.5.1. Apontamento Introdutório 324
4.5.2. Sistema de Abastecimento de Água de Arouca 325
4.5.2.1. Avaliação 325
4.5.2.2. Exploração 328
4.5.2.3. Intervenção 332
4.5.2.4. Apoio à Decisão 334
4.5.3. Sistema de Drenagem de Águas Residuais da Trofa 335
4.5.3.1. Avaliação 335
4.5.3.2. Exploração 336
4.5.3.3. Intervenção 337
4.5.3.4. Apoio à Decisão 337
4.6. Síntese 337

5. RESULTADOS

5.1. Considerações Gerais 339
5.2. Sistema de Abastecimento de Água de Arouca 340
5.2.1. Apontamento Introdutório 340
5.2.2. Avaliação 341
5.2.2.1. Estado 341
5.2.2.2. Desempenho 346
5.2.2.3. Custo 359
5.2.2.4. Risco 361
5.2.2.5 Ações propostas 371
5.2.2.6 Apontamento Final 371
5.2.3. Exploração 373
5.2.3.1. Controlo Operacional 373
5.2.3.2. Resposta a Ocorrências 375
5.2.3.3. Informação: Dados Reais 376
5.2.3.4. Gestão Informada pelo Risco 381
5.2.3.5. Ações propostas 384
5.2.3.6. Apontamento Final 387
5.2.4. Intervenção 399
5.2.4.1. Monitorização 399
5.2.4.2. Manutenção 402
5.2.4.3. Reabilitação 404
5.2.4.4. Reforço 406
5.2.4.5. Ações propostas 408
5.2.4.6. Apontamento Final 413
5.2.5. Aplicação da Metodologia de GOIH ao SAA-Arouca – Síntese de Resultados 414

5.2.5.1. Apontamento introdutório 414
5.2.5.2. Evolução de ocorrências 414
5.2.5.3. Evolução de perdas de água até 2018 417
5.2.5.4. Previsão de evolução de perdas de água em 2019 426
5.2.5.5. Síntese de custos 428
5.2.6. Ferramenta de Apoio à Decisão 429
5.2.6.1. Apontamento introdutório 429
5.2.6.2. Estratégia de investimento 430
5.2.6.3. Estratégia operacional 433
5.2.6.4. Estratégia de decisão específica 437
5.2.6.5. Apontamento Final 453
5.3. Sistema de Drenagem de Águas Residuais da Trofa (SAR-Trofa) 456
5.3.1. Apontamento Introdutório 456
5.3.2. Avaliação 456
5.3.2.1. Estado 456
5.3.2.2. Desempenho 458
5.3.2.3. Custo 462
5.3.2.4. Risco 463
5.3.2.5 Ações propostas 470
5.3.2.6 Apontamento Final 470
5.3.3. Exploração 472
5.3.3.1. Controlo Operacional 472
5.3.3.2. Resposta a Ocorrências 472
5.3.3.3. Informação: Dados Reais 474
5.3.3.4. Gestão Informada pelo Risco 479
5.3.3.5. Ações propostas 480
5.3.3.6. Apontamento Final 481
5.3.4. Intervenção 487
5.3.4.1. Monitorização 487
5.3.4.2. Manutenção 488
5.3.4.3. Reabilitação 488
5.3.4.4. Reforço 489
5.3.4.5. Ações propostas 489
5.3.4.6. Apontamento Final 490
5.3.5. Ferramenta de Apoio à Decisão 490
5.3.5.1. Apontamento introdutório 490
5.3.5.2. Estratégia de investimento 490
5.3.5.3. Estratégia operacional 493
5.3.5.4. Estratégia de decisão específica 496
5.3.5.5. Apontamento Final 501

5.4. Síntese 501

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1. Conclusões.....503

6.2. Investigações Futuras 509

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....514

ANEXOS

A1 – Caso de Estudo do SAA-Arouca – Dados Fornecidos pela Entidade Gestora

A2 – Caso de Estudo do SAA-Arouca – Elementos Produzidos no Âmbito da Tese

A3 – Caso de Estudo do SAA-Arouca – Avaliação de Infraestruturas

A4 – Caso de Estudo do SAA-Arouca – Exploração de Infraestruturas

A5 – Caso de Estudo do SAA-Arouca – Matriz de Risco

A6 – Caso de Estudo do SAA-Arouca – Apoio à Decisão

A7 – Caso de Estudo do SAR-Trofa – Dados Fornecidos pela Entidade Gestora

A8 – Caso de Estudo do SAR-Trofa – Avaliação de Infraestruturas

A9 – Caso de Estudo do SAR-Trofa – Exploração de Infraestruturas

A10 – Caso de Estudo do SAR-Trofa – Apoio à Decisão

A11 – Caso de Estudo do SAR-Trofa – Matriz de Risco

A12 – Caso de Estudo do SAA-Arouca – Intervenção em Infraestruturas

A13 – Caso de Estudo do SAR-Trofa – Intervenção em Infraestruturas

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 – Representação esquemática da estrutura da tese de doutoramento 7

Fig. 2.1 – Representação esquemática do ciclo urbano da água (adaptado de Marques e Sousa, 2009) 14

Fig. 2.2 – Equilíbrio entre a disponibilidade e a procura na gestão da água (adaptado de Hipólito e Vaz, 2011) 15

Fig. 2.3 – Disponibilidade de água, procura e reserva ambiental (adaptado de Hipólito e Vaz, 2011).16

Fig. 2.4 – Representação esquemática das dimensões da gestão integrada dos recursos hídricos (adaptado de Hipólito e Vaz, 2011) 17

Fig. 2.5 – Representação esquemática de um modelo de otimização (adaptado de Hipólito e Vaz, 2011) 18

Fig. 2.6 – Representação esquemática dos tipos de redes de distribuição de água (adaptado de LNEC, 1988) 24

Fig. 2.7 – Representação esquemática dos fenómenos de diluição inicial, dispersão horizontal e inativação bacteriológica (adaptado de Chaves, 2014) 38

Fig. 2.8 – Representação esquemática do processo de gestão patrimonial de infraestruturas e das funções principais relacionadas (adaptado de Alegre, 2008) 61

Fig. 2.9 – Representação esquemática dos principais pilares de competências na gestão patrimonial de infraestruturas (adaptado de Alegre, 2008) 63

Fig. 2.10 – Representação esquemática do processo de estabelecimento de um programa de gestão patrimonial de infraestruturas (adaptado de Alegre, 2008) 64

Fig. 2.11 – Representação esquemática do processo global de gestão patrimonial ("*asset management*") (adaptado de IIMM, 2006, citado em Alegre, 2008) 66

Fig. 2.12 – Representação esquemática das ligações entre os planos estratégicos, táticos e operacionais (adaptado de IIMM, 2006, citado em Alegre, 2008) 66

Fig. 2.13 – Representação esquemática do processo de implementação da gestão patrimonial de infraestruturas proposto na edição de 2002 do *International Infrastructure Management Manual* (adaptado de IIMM, 2002 citado em Alegre, 2008) 68

Fig. 2.14 – Representação esquemática do processo de implementação da gestão patrimonial de infraestruturas proposto na edição de 2006 do *International Infrastructure Management Manual* (adaptado de IIMM, 2006 citado em Alegre, 2008) 69

Fig. 2.15 – Representação esquemática da comparação entre as etapas propostas para um plano de gestão patrimonial de infraestruturas segundo IIMM (2006) e USEPA (2005) (adaptado de Alegre, 2008) 70

Fig. 2.16 – Representação esquemática da abordagem PDCA de melhoria contínua (Alegre *et al.*, 2012) 76

Fig. 2.17 – Representação esquemática do processo integrado de planeamento de gestão patrimonial de infraestruturas e interligações entre os diferentes níveis através do "cubo AWARE-P" (Alegre *et al.*, 2012) 77

Fig. 2.18 – Representação esquemática do processo de gestão e planeamento em cada nível (adaptado de Alegre *et al.*, 2011) 78

Fig. 2.19 – Representação esquemática do alinhamento e comunicação entre os diferentes níveis de planeamento (adaptado de Alegre *et al.*, 2011) 80

Fig. 2.20 – Estrutura hierárquica de um inventário de ativos (adaptado de Alegre, 2008) 84

Fig. 2.21 – Representação esquemática de um sistema de avaliação de desempenho das infraestruturas como parte de um sistema global de gestão da organização (adaptado de Alegre, 2008) 87

Fig. 2.22 – Etapas de implementação de um sistema de avaliação de desempenho das componentes de uma infraestrutura (adaptado de Alegre, 2008) 88

Fig. 2.23 – Representação esquemática da avaliação simplificada do risco (adaptado de NRC, 2006, citado em Alegre, 2008) 89

Fig. 2.24 – Representação esquemática de um exemplo do conteúdo de um plano tático de gestão patrimonial de infraestruturas segundo USEPA (2005) (adaptado de Alegre, 2008).....92

Fig. 2.25 – Representação gráfica das componentes do custo no ciclo de vida (Alegre, 2008).....99

Fig. 2.26 – Representação esquemática da definição do conceito de risco aplicado a um conceito perigoso dominante (adaptado de Almeida, 2011) 154

Fig. 2.27 – Representação esquemática do processo de gestão do risco (adaptado da norma ISO 31000:2009) 161

Fig. 2.28 – Representação esquemática do modelo de governação do risco, do IRGC (adaptado de Sousa, 2012, IRGC, 2008 e Renn, 2008) 162

Fig. 2.29 – Representação esquemática da tarefa de definição dos critérios do risco (adaptado de Sousa, 2012) 162

Fig. 2.30 – Representação esquemática da fase de identificação de riscos (adaptado de Sousa, 2012) 167

Fig. 2.31 – Representação esquemática das tarefas da fase de análise de riscos (adaptado de Sousa, 2012) 167

Fig. 2.32 – Exemplo de uma matriz do risco (adaptado de Almeida, 2011).....169

Fig. 2.33 – Representação esquemática do modelo TOR e do princípio ALARP (adaptado de HSE, 2001) 171

Fig. 2.34 – Processo de decisão no contexto da gestão do risco (adaptado de Almeida, 2011).....172

Fig. 2.35 – Representação esquemática das tarefas da fase de tratamento do risco (adaptado de Sousa, 2012) 173

Fig. 2.36 – Representação esquemática do equilíbrio entre as partes interessadas (*stakeholders*) no processo de mudança (adaptado de Poças-Martins, 2015).....190

Fig. 2.37 – Representação esquemática da integração do controlo de perdas no contexto da gestão da mudança (adaptado de Poças-Martins, 2015) 194

Fig. 2.38 – Evolução do processo de combate às perdas de água (Poças-Martins, 2012) 207

Fig. 2. 39 – Representação esquemática de um sistema de avaliação de desempenho de ETAR (fase líquida) (adaptado de Vieira *et al*., 2009, citado em Quadros *et al*., 2010) 211

Fig. 2.40 – Representação esquemática de impactos da afluência de volumes parasitas na exploração das infraestruturas de drenagem de águas residuais (adaptado de Tentúgal-Valente, 2013a) 219

Fig. 2.41 – Evolução do processo de combate às afluências pluviais (adaptado de Poças-Martins, 2012) 222

Fig. 3.1 – Municípios abrangidos pelo Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Norte de Portugal (AdN, 2017) 249

Fig. 3.2 – Municípios abrangidos pelo Sistema de Águas da Região do Noroeste (AdN, 2017).....251

Fig. 3.3 – Sistema de Abastecimento de Água de Arouca (AQUASIS, 2015) 252
Fig. 3.4 – Subsistemas do SAA-Arouca (AdN, 2017)....253
Fig. 3.5 – Subsistemas do SAA-Arouca sem abastecimento em alta (AdN, 2017)....254
Fig. 3.6 – Manchas de Abastecimento do SAA-Arouca, em 2015 (Mapa da rede: Águas do Norte, S.A.)....255
Fig. 3.7 – Representação gráfica dos volumes anuais adquiridos à AdDP, no período 2011 a 2017 (AdN, 2018) 255
Fig. 3.8 – Manchas de Abastecimento do SAA-Arouca, em 2017 (AdN, 2017)....257
Fig. 3.9 – Representação gráfica da síntese de dados comerciais, no período 2015 a 2017 (AdN, 2017) 260
Fig. 3.10 – Representação gráfica do volume mensal faturado no SAA-Arouca (AdN, 2018)....261
Fig. 3.11 – Representação gráfica dos volumes entregues a clientes no SAA-Arouca, no período 2015 a 2017 (AdN, 2018) 261
Fig. 3.12 – Representação gráfica dos volumes entregues a clientes no SP, no período 2015 a 2017 (AdN, 2018) 262
Fig. 3.13 – Representação gráfica do número de clientes atendidos em loja, no SAA-Arouca (AdN, 2017) 262
Fig. 3.14 – Representação gráfica do número de contadores no SAA-Arouca, no período 2015-17 (AdN, 2018) 263
Fig. 3.15 – Representação gráfica do número de contadores no SP do SAA-Arouca, no período 2015 a 2017 (AdN, 2018) 263
Fig. 3.16 – Parque de contadores – distribuição por idade, em 2016 (AdN, 2017) 264
Fig. 3.17 – Parque de contadores – distribuição por idade, em 2017 (AdN, 2017) 264
Fig. 3.18 – Representação do SIDVA (TRATAVE, 2019) 266
Fig. 3.19 – Representação esquemática do SAR-Trofa (AdN, 20119) 267
Fig. 3.20 – Representação da frente de drenagem de Agra (TRATAVE, 2019) 269
Fig. 3.21 – Divisão do levantamento cadastral das redes de drenagem de águas residuais do concelho da Trofa (ERI, 2019) 271
Fig. 3.22 – Evolução da taxa de cobertura do sistema de drenagem de águas residuais no concelho da Trofa, no período de 2003 a 2018 (AdN, 2019) 273
Fig. 3.23 – Representação gráfica dos volumes mensais entregues em alta pela Águas do Norte, S.A., no concelho da Trofa, no triénio 2016-2018 (AdN, 2019) 274
Fig. 3.24 – Representação gráfica dos volumes anuais entregues em alta pela Águas do Norte, S.A., no concelho da Trofa, no triénio 2016-2018 (AdN, 2019) 274
Fig. 3.25 – Representação gráfica dos volumes mensais faturados pela TRATAVE, no concelho da Trofa, em 2018 (fonte: TRATAVE) 275
Fig. 3.26 – Representação gráfica dos volumes mensais faturados a clientes industriais pela TRATAVE, no concelho da Trofa, em 2018 (fonte: TRATAVE) 275
Fig. 3.27 – Evolução do número de clientes do sistema de drenagem de águas residuais no concelho da Trofa, no período de 2006 a 2018 (AdN, 2019) 276

Fig. 4.1 – Representação Esquemática das Etapas da Metodologia de GOIH 282

Fig. 4.2 – Representação Esquemática do Desenvolvimento da Metodologia 282
Fig. 4.3 – Representação Esquemática do Processo de Tratamento de Dados 283
Fig. 4.4 – Representação Esquemática da Abordagem ao Risco.....287
Fig. 4.5 – Representação Esquemática da Metodologia de GOIH 293
Fig. 4.6 – Representação Esquemática da Avaliação de Infraestruturas 296
Fig. 4.7 – Representação Esquemática da Exploração de Infraestruturas 302
Fig. 4.8 – Representação Esquemática da Estratégia de Combate às Perdas de Água.....306
Fig. 4.9 – Representação Esquemática da Estratégia de Combate às Afluências Pluviais.....308
Fig. 4.10 – Representação Esquemática da Estratégia de Combate às Afluências Residuais 309
Fig. 4.11 – Representação Esquemática da Intervenção em Infraestruturas 311
Fig. 4.12 – Representação Esquemática da Ferramenta de Apoio à Decisão 316
Fig. 4.13 – Representação Esquemática da Ferramenta de Apoio à Decisão – Estratégia de Investimento 318
Fig. 4.14 – Representação Esquemática da Ferramenta de Apoio à Decisão – Estratégia Operacional 322
Fig. 4.15 – Representação Esquemática da Seleção de Investimentos 324

Fig. 5.1 – Avaliação de Estado das Captações do SAA-Arouca.....341
Fig. 5.2 – Avaliação de Estado das Adutoras do SAA-Arouca.....342
Fig. 5.3 – Avaliação de Estado dos Reservatórios do SAA-Arouca – Construção Civil.....342
Fig. 5.4 – Avaliação de Estado dos Reservatórios do SAA-Arouca – Equipamentos.....343
Fig. 5.5 – Avaliação de Estado dos Sistemas de Tratamento do SAA-Arouca – Construção Civil.....343
Fig. 5.6 – Avaliação de Estado dos Sistemas de Tratamento do SAA-Arouca – Equipamentos.....344
Fig. 5.7 – Avaliação de Estado das Condutas Distribuidoras do SAA-Arouca.....344
Fig. 5.8 – Avaliação de Estado das VRP do SP do SAA-Arouca – Construção Civil.....345
Fig. 5.9 – Avaliação de Estado das VRP do SP do SAA-Arouca – Equipamentos.....345
Fig. 5.10 – Avaliação de Estado das EE do SAA-Arouca – Construção Civil 346
Fig. 5.11 – Avaliação de Estado das EE do SAA-Arouca – Equipamentos 346
Fig. 5.12 – Avaliação de Desempenho das Captações do SAA-Arouca – Disponibilidade de Caudal 347
Fig. 5.13 – Avaliação de Desempenho das Adutoras do SAA-Arouca – Funcionamento.....347
Fig. 5.14 – Avaliação de Desempenho das Adutoras do SAA-Arouca – Adequação de Acessórios..348
Fig. 5.15 – Avaliação de Desempenho dos Reservatórios do SAA-Arouca – Reserva 348
Fig. 5.16 – Avaliação de Desempenho dos Reservatórios do SAA-Arouca – Controlo de Nível.....349
Fig. 5.17 – Avaliação de Desempenho dos Reservatórios do SAA-Arouca – Estanquidade.....349
Fig. 5.18 – Avaliação de Desempenho dos Sistemas de Tratamento do SAA-Arouca – Capacidade de Tratamento 350
Fig. 5.19 – Avaliação de Desempenho das Condutas Distribuidoras do SAA-Arouca – Funcionamento 350

Fig. 5.20 – Avaliação de Desempenho das Condutas Distribuidoras do SAA-Arouca – Adequação Acessórios 351
Fig. 5.21 – Avaliação de Desempenho das VRP do SP do SAA-Arouca – Redução de Pressão 351
Fig. 5.22 – Avaliação de Desempenho das VRP do SP do SAA-Arouca – Disponibilidade de Caudal 352
Fig. 5.23 – Avaliação de Desempenho das EE do SAA-Arouca – Capacidade de Elevação 352
Fig. 5.24 – Avaliação de Desempenho das EE do SAA-Arouca – Eficiência Energética 353
Fig. 5.25 – Avaliação de Desempenho Social – Avaliação Global (totais) 353
Fig. 5.26 – Avaliação de Desempenho Social da Perspetiva do Cliente – Imagem da Entidade Gestora 354
Fig. 5.27 – Avaliação de Desempenho Social da Perspetiva do Cliente – Atendimento 354
Fig. 5.28 – Avaliação de Desempenho Social da Perspetiva do Cliente – Processo de Faturação 355
Fig. 5.29 – Avaliação de Desempenho Social do Serviço Prestado – Qualidade de Serviço 355
Fig. 5.30 – Avaliação de Desempenho Social do Serviço Prestado – Resposta a Ocorrências 356
Fig. 5.31 – Avaliação de Desempenho Social do Serviço Prestado – Resolução de Problemas Reportados 356
Fig. 5.32 – Avaliação de Desempenho Social do Serviço Prestado – Instalação de Contadores 357
Fig. 5.33 – Avaliação de Desempenho Social do Serviço Prestado – Execução de Ramais 357
Fig. 5.34 – Avaliação de Desempenho Social das Infraestruturas – Estado de Conservação das Infraestruturas 358
Fig. 5.35 – Avaliação de Desempenho Social das Infraestruturas – Segurança das Infraestruturas 358
Fig. 5.36 – Avaliação de Desempenho Social – Avaliação Global (valores médios) 359
Fig. 5.37 – Avaliação do Risco das Captações do SAA-Arouca – Incumprimento 361
Fig. 5.38 – Avaliação do Risco das Captações do SAA-Arouca – Security 362
Fig. 5.39 – Avaliação do Risco das Adutoras do SAA-Arouca – Probabilidade de Perda de Água 362
Fig. 5.40 – Avaliação do Risco das Adutoras do SAA-Arouca – Probabilidade de Rotura 363
Fig. 5.41 – Avaliação do Risco das Adutoras do SAA-Arouca – Probabilidade de Interrupção de Serviço 363
Fig. 5.42 – Avaliação do Risco dos Reservatórios do SAA-Arouca – Probabilidade de Perda de Água 364
Fig. 5.43 – Avaliação do Risco dos Reservatórios do SAA-Arouca – Probabilidade de Contaminação (Security) 364
Fig. 5.44 – Avaliação do Risco dos Reservatórios do SAA-Arouca – Probabilidade de Acidente (Ambiente e Segurança) 365
Fig. 5.45 – Avaliação do Risco nos Sistemas de Tratamento do SAA-Arouca – Probabilidade de Interrupção de Serviço 365
Fig. 5.46 – Avaliação do Risco das Condutas Distribuidoras do SAA-Arouca – Probabilidade de Perda de Água 366
Fig. 5.47 – Avaliação do Risco das Condutas Distribuidoras do SAA-Arouca – Probabilidade de Rotura 366
Fig. 5.48 – Avaliação do Risco das Condutas Distribuidoras do SAA-Arouca – Probabilidade de Interrupção de Serviço 367

Fig. 5.49 – Avaliação do Risco das VRP do SP do SAA-Arouca – Probabilidade de Perda de Água 367

Fig. 5.50 – Avaliação do Risco das VRP do SP do SAA-Arouca – Probabilidade de Rotura 368

Fig. 5.51 – Avaliação do Risco das VRP do SP do SAA-Arouca – Probabilidade de Interrupção de Serviço 368

Fig. 5.52 – Avaliação do Risco das EE do SAA-Arouca – Probabilidade de Perda de Água 369

Fig. 5.53 – Avaliação do Risco das EE do SAA-Arouca – Probabilidade de Contaminação (Security) 369

Fig. 5.54 – Avaliação do Risco das EE do SAA-Arouca – Probabilidade de Acidente (Ambiente e Segurança).....370

Fig. 5.55 – Representação Gráfica da distribuição mensal de gastos operacionais do SAA-Arouca no triénio 2015-2017 (Fonte: AdN).....374

Fig. 5.56 – Representação Gráfica dos gastos operacionais anuais do SAA-Arouca no triénio 2015-2017 (Fonte: AdN).....374

Fig. 5.57 – Representação Gráfica do Índice de Relevância Operacional nos Subsistemas do SP do SAA-Arouca.....376

Fig. 5.58 – Representação gráfica do número de faltas de água ocorridas no SP no período de 2016 a 2017 377

Fig. 5.59 – Representação gráfica da distribuição mensal das roturas ocorridas no SAA-Arouca (2015 a 2017) 377

Fig. 5.60 – Representação gráfica do número de roturas ocorridas no SP no período de 2015 a 2017 378

Fig. 5.61 – Registo fotográfico de roturas ocorridas no SAA-Arouca.....379

Fig. 5.62 – Registo fotográfico da reparação de uma rotura ocorrida no SAA-Arouca (29/12/2016)..379

Fig. 5.63 – Representação gráfica dos locais das roturas no SAA-Arouca nos anos de 2016 e 2017 380

Fig. 5.64 – Representação gráfica de locais com elevada incidência de roturas no SAA-Arouca no período de 2015 a 2017 381

Fig. 5.65 – Representação gráfica do risco de rotura anual, no SP do SAA-Arouca, no período de 2015 a 2017 382

Fig. 5.66 – Representação gráfica do risco de rotura no SP do SAA-Arouca no triénio 2015-2017...382

Fig. 5.67 – Representação gráfica do risco de falta de água no SP do SAA-Arouca no período de 2015 a 2017 383

Fig. 5.68 – Representação gráfica do risco de perda de água no SP do SAA-Arouca no ano 2017..384

Fig. 5.69 – Perda por extravasamento num reservatório de distribuição do SAA-Arouca 387

Fig. 5.70 – Registo fotográfico da reparação noturna de uma rotura no SAA-Arouca, efetuada no âmbito da diminuição do tempo de resposta a ocorrências (30/10/2018).....388

Fig. 5.71 – Registo fotográfico da atuação da Equipa de Perdas – Deteção de fugas com equipamentos acústicos.....390

Fig. 5.72 – Representação esquemática da zona abastecida pelo reservatório de São Pedro.....391

Fig. 5.73 – Registo fotográfico da atuação da Equipa de Perdas – Medidor portátil da ZCP VRP (SAA-Arouca).....392

Fig. 5.74 – Representação esquemática do SA de Canelas.....396

Fig. 5.75 – Evolução do CMN na ZCP Canelas 397

Fig. 5.76 – Evolução do número de roturas na ZCP Canelas.....397

Fig. 5.77 – Registo fotográfico da visita técnica e ação de formação da Equipa de VRP nas instalações da Valcon 400

Fig. 5.78 – Registo fotográfico da atuação da Equipa de VRP do SAA-Arouca – Gestão de pressões (Fase 2) 400

Fig. 5.79 – Registo fotográfico da atuação da Equipa de VRP do SAA-Arouca – Registo sistemático de pressões 402

Fig. 5.80 – Registo fotográfico da atuação da Equipa de VRP do SAA-Arouca – Manutenção 403

Fig. 5.81 – Reabilitação de infraestruturas no SAA-Arouca – Substituição de condutas.....405

Fig. 5.82 – Reabilitação de infraestruturas – Válvulas se seccionamento do SAA-Arouca a substituir 406

Fig. 5.83 – Reforço de infraestruturas no SAA-Arouca – Instalação de condutas 408

Fig. 5.84 – Número de roturas ocorridas nos subsistemas do SP do SAA-Arouca no triénio 2016-2018 416

Fig. 5.85 – Evolução do número de roturas ocorridas no SP do SAA-Arouca no triénio 2016-2018..416

Fig. 5.86 – Evolução do número de roturas ocorridas no SAA-Arouca no triénio 2016-2018.....417

Fig. 5.87 – Evolução da AES no contexto do combate às perdas no subsistema de Abelheira do SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018.....418

Fig. 5.88 – Evolução da AES no contexto do combate às perdas no subsistema de Provisende do SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018.....419

Fig. 5.89 – Evolução da AES no contexto do combate às perdas no subsistema de Souto Redondo do SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018.....419

Fig. 5.90 – Evolução da AES no contexto do combate às perdas no subsistema de Ameixieira do SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018.....420

Fig. 5.91 – Evolução da AES no contexto do combate às perdas no subsistema de Forcada do SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018.....420

Fig. 5.92 – Evolução da AES no contexto do combate às perdas no subsistema de Moldes do SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018.....421

Fig. 5.93 – Volumes de AES por PE do SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018.....422

Fig. 5.94 – Evolução da AES no contexto do combate às perdas no SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018 422

Fig. 5.95 – Volumes de AES no SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018.....423

Fig. 5.96 – Evolução mensal da AES no SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018 424

Fig. 5.97 – Evolução mensal da AES, da AF e da ANF no SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018 424

Fig. 5.98 – Previsão da evolução mensal da AES no SP do SAA-Arouca em 2019, com base no perfil de 2018 426

Fig. 5. 99 – Evolução mensal da AES, da AF e da ANF no SP do SAA-Arouca no quinquénio 2015-2019 428

Fig. 5.100 – Ferramenta de apoio à decisão – Previsão de evolução de AES, AF, ANF 435

Fig. 5.101 – Ferramenta de apoio à decisão – Previsão de perdas reais de acordo com o investimento 435

Fig. 5.102 – Zona de incidência de roturas do SAA-Arouca – Conduta adutora de Valdasna 440

Fig. 5.103 – Manchas de Abastecimento do SP do SAA-Arouca – Subsistema de Moldes em 2015 441

Fig. 5.104 – Manchas de Abastecimento do SP do SAA-Arouca – Desativação da EE-Casinha e da EE-Novais 442

Fig. 5.105 – Intervenções de reforço no SAA-Arouca – Representação Esquemática da conduta Distribuidora do Pousadouro 443

Fig. 5.106 – Intervenções de reforço no SAA-Arouca – Representação Esquemática da conduta Adutora do Reservatório de Chãos 444

Fig. 5.107 – Manchas de Abastecimento do SP do SAA-Arouca – Proposta de Evolução (Fase 1) ..446

Fig. 5.108 – Intervenções de reforço no SAA-Arouca – Representação Esquemática das condutas distribuidoras de Santa Eulália e de Forcada 447

Fig. 5.109 – Manchas de Abastecimento do SP do SAA-Arouca – Proposta de Evolução Fase 2 448

Fig. 5.110 – Intervenções de reforço no SAA-Arouca – Representação Esquemática da Conduta Distribuidora de Cancelo 449

Fig. 5.111 – Intervenções de reforço no SAA-Arouca – Representação Esquemática da Conduta Adutora do Vizo 449

Fig. 5.112 – Intervenções de reforço no SAA-Arouca – Representação Esquemática da conduta Adutora de Ribeira e Miraves 450

Fig. 5.113 – Intervenções de reforço no SAA-Arouca – Representação Esquemática da conduta Friães-Fuste 451

Fig. 5.114 – Intervenções de reforço no SAA-Arouca – Representação Esquemática da conduta Distribuidora de Bustelo, Adaúfe e Fuste 451

Fig. 5.115 – Manchas de Abastecimento do SAA-Arouca – Proposta de Evolução 454

Fig. 5.116 – Representação Gráfica da Avaliação de Estado dos Ramais de Ligação do SAR-Trofa 457

Fig. 5.117 – Representação Gráfica da Avaliação de Estado dos Coletores e Intercetores do SAR-Trofa 457

Fig. 5.118 – Representação Gráfica da Avaliação de Estado das Câmaras de Visita do SAR-Trofa 458

Fig. 5.119 – Representação Gráfica da Avaliação de Estado (Construção Civil e Equipamentos) das Instalações Elevatórias do SAR-Trofa 458

Fig. 5.120 – Representação Gráfica da Avaliação do Desempenho (Funcionamento e Adequação de Acessórios) dos Ramais de Ligação do SAR-Trofa 459

Fig. 5.121 – Representação Gráfica da Avaliação do Desempenho (Funcionamento) dos Coletores e Intercetores do SAR-Trofa 460

Fig. 5.122 – Representação Gráfica da Avaliação do Desempenho (Adequação de Acessórios) dos Coletores e Intercetores do SAR-Trofa 460

Fig. 5.123 – Representação Gráfica da Avaliação do Desempenho (Funcionamento) das Câmaras de Visita do SAR-Trofa 461

Fig. 5.124 – Representação gráfica da Av. Desempenho (Acessibilidade) das Câmaras de Visita do SAR-Trofa 461

Fig. 5.125 – Representação Gráfica da Av. do Desempenho (Capacidade de Elevação) das IE do SAR-Trofa 462

Fig. 5.126 – Representação Gráfica da Avaliação do Desempenho (Eficiência Energética) das IE do SAR-Trofa 462

Fig. 5.127 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Obstrução) dos Ramais de Ligação do SAR-Trofa 464

Fig. 5.128 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Afluências Pluviais) dos Ramais de Ligação do SAR-Trofa 464

Fig. 5.129 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Obstrução) dos Coletores e Intercetores do SAR-Trofa 465

Fig. 5.130 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Afluências Pluviais) dos Coletores e Intercetores do SAR-Trofa 465

Fig. 5.131 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Colapso) dos Coletores e Intercetores do SAR-Trofa 466

Fig. 5.132 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Obstruções) das Câmaras de Visita do SAR-Trofa 466

Fig. 5.133 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Afluências Pluviais) das Câmaras de Visita do SAR-Trofa 467

Fig. 5.134 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Acidentes Relacionados com Ambiente e Segurança) das Câmaras de Visita do SAR-Trofa 467

Fig. 5.135 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Interrupção de Serviço) das Instalações Elevatórias do SAR-Trofa 468

Fig. 5.136 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Afluências Pluviais) das Instalações Elevatórias do SAR-Trofa 468

Fig. 5.137 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Acidentes Relacionados com Ambiente e Segurança) das Instalações Elevatórias do SAR-Trofa ...469

Fig. 5.138 – Representação Gráfica do Índice de Relevância Operacional nos Subsistemas do SAR-Trofa 473

Fig. 5.139 – Reparação de rotura em coletor, no concelho da Trofa 474

Fig. 5.140 – Representação Gráfica dos Consumos Energéticos Anuais (kWh) das IE do SAR-Trofa (ano: 2018) 475

Fig. 5.141 – Representação Gráfica dos Consumos Energéticos Mensais (kWh) das IE do SAR-Trofa (ano: 2018) 475

Fig. 5.142 – Representação Gráfica da Distribuição Mensal de Obstruções Ocorridas no Concelho da Trofa no Biénio 2017- 2018 476

Fig. 5.143 – Representação Gráfica dos Volumes quantificados na Bacia de Drenagem BD Intercetor do Bougado, no Quadriénio 2014-2018 477

Fig. 5.144 – Representação Gráfica dos Volumes quantificados na Bacia de Drenagem BD 9TRO022, no Quadriénio 2014-2018 477

Fig. 5.145 – Representação Gráfica dos Volumes quantificados nas Bacias de Drenagem da Tabela 5.28, no Quadriénio 2014-2018 478

Fig. 5.146 – Representação Gráfica dos Volumes medidos na Bacia de Drenagem BD TRO022, no Ano de 2018 478

Fig. 5.147 – Representação Gráfica dos Volumes medidos na Bacia de Drenagem BD BOU026, no Ano de 2018 479

Fig. 5.148 – Representação Gráfica do Risco de Obstrução no SAR-Trofa no Biénio 2017-2018 480

Fig. 5.149 – Representação Gráfica da Variação Anual dos Volumes Entregues em Alta (VEA), dos Volumes Faturados a Clientes (VF) e dos Volumes Não Faturados (VNF) no Concelho da Trofa (ano: 2018) 482

Fig. 5.150 – Representação Gráfica da Variação Mensal Adimensional Indicativa de Consumos de Água 483

Fig. 5.151 – Representação Gráfica da Variação Mensal dos Volumes Entregues em Alta (VEA), dos Volumes Faturados a Clientes (VF) e dos Volumes Não Faturados (VNF) no SAR-Trofa, no Ano de 2018 (Bacias de Drenagem BD-9TRO022 e BD-9BIU026) 484

Fig. 5.152 – Representação Gráfica da Variação Mensal Adimensional de Volumes Entregues em Alta (VEA) nas Bacias de Drenagem BD-9TRO022 e BD9BOU026 485

Fig. 5.153 – Representação Gráfica da Variação Mensal Adimensional da Precipitação Registada em Udómetro com Caraterísticas Indicativas para o SAR-Trofa 486

Fig. 5.154 – Representação Gráfica da Variação Mensal Adimensional de Volumes Entregues em Alta (VEA), do Perfil de Volumes Faturados a Clientes (VF) e da Precipitação Total na Bacia de Drenagem BD-9TRO022.....486

Fig. 5.155 – Representação Gráfica da Variação Mensal Adimensional de Volumes Entregues em Alta (VEA), do Perfil de Volumes Faturados a Clientes (VF) e da Precipitação Total na Bacia de Drenagem BD-9BOU026 487

Fig. 5.156 – Representação Gráfica de 3 cenários de Variação Anual dos Volumes Entregues em Alta (VEA), dos Volumes Faturados a Clientes (VF) e dos Volumes Não Faturados (VNF) no Concelho da Trofa 495

Fig. 5.157 – Bacia de Drenagem Associada à Câmara de Desvio de Caudal (SISAQUA e CONSULGAL, 2015) 496

Fig. 5.158 – Representação em Planta da Câmara de Desvio de Caudal (SISAQUA e CONSULGAL, 2015) 497

Fig. 5.159 – Representação em Planta da Válvula de Vórtice (SISAQUA e CONSULGAL, 2015) 497

Fig. 5.160 – Câmara de Visita com Descarregador de Águas Pluviais.....498

Fig. 5.161 – Câmara de Visita com Válvula Reguladora de Caudal 499

Fig. 5.162 – Proposta de Instalação de Controlo de Águas Pluviais 500

Fig. 6.1 – Representação Esquemática da Gestão Integrada Circular 511

Fig. 6.2 – *Concept Cloud* relacionada com a Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas 513

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Viabilidade da otimização de procedimentos e oportunidades para o uso eficiente da água (adaptado de Almeida *et al.*, 2006) 19

Tabela 2.2 – Caraterísticas dos níveis de decisão (adaptado de Alegre e Covas, 2010)....77

Tabela 2.3 – Classificação do estado de conservação (adaptado de USEPA, 2005, citado em Alegre, 2008) 85

Tabela 2.4 – Método de avaliação da vida residual (adaptado de USEPA, 2005, citado em Alegre, 2008) 86

Tabela 2.5 – Taxas máximas e períodos de amortização mínimos estabelecidos no Decreto Regulamentar n.º 2190: taxas específicas (Alegre, 2008) 96

Tabela 2.6 – Taxas máximas e períodos de amortização mínimos estabelecidos no Decreto Regulamentar n.º 2190: taxas genéricas (Alegre, 2008)....96

Tabela 2.7 – Relação entre anomalias, causas primárias e sintomas primários (Alegre e Covas, 2010) 105

Tabela 2.8 – Síntese de caraterísticas de técnicas de reabilitação de condutas (Alegre e Covas, 2010) 123

Tabela 2.9 – Síntese das condições de aplicação das técnicas de reabilitação (Almeida e Cardoso, 2010) 140

Tabela 2.10 – Números Associados a Desastres Relacionados com a Água (1900-2006) (adaptado de ICHARM, 2009, citado em Almeida, 2011) 145

Tabela 2.11 – Normas da família da ISO 31000 (adaptado de Sousa, 2012) 149

Tabela 2.12 – Correspondência entre descritor verbal e probabilidades (adaptado de Almeida, 2011) 169

Tabela 2.13 – Síntese de probabilidades de ocorrência de um ou mais eventos (adaptado de Almeida, 2011) 175

Tabela 2.14 – Estágios de desenvolvimento e indicadores das empresas de água (Poças-Martins, 2008) 193

Tabela 2.15 – Balanço hídrico (Loureiro, 2012) 203

Tabela 2.16 – Indicadores de desempenho propostos em Engidro e HIDRA (2006c) 221

Tabela 2.17 – Modelos utilizados por programas de simulação de drenagem urbana (adaptado de David, 2006) 233

Tabela 3.1 – Indicadores do ERSAR do SAA-Arouca, no período 2011-2017 (fonte: ERSAR) 256

Tabela 3.2 – Infraestruturas de drenagem de águas residuais cadastradas no concelho da Trofa (ERI, 2019) 272

Tabela 4.1 – Avaliação de Infraestruturas – Classes de Avaliação 295

Tabela 4.2 – Avaliação do estado de infraestruturas – Classes de avaliação 297

Tabela 4.3 – Avaliação do desempenho de infraestruturas – Classes de avaliação 297

Tabela 4.4 – Avaliação da vida residual de infraestruturas – Classes de avaliação....298

Tabela 4.5 – Avaliação do risco de infraestruturas – Classes de avaliação de probabilidades....298

Tabela 4.6 – Avaliação do risco de infraestruturas – Classes de avaliação de consequências 299
Tabela 4.7 – Avaliação do risco de infraestruturas – Matriz de risco 300

Tabela 5.1 – Avaliação do Custo das Infraestruturas do SAA-Arouca (2017) – Síntese 360
Tabela 5.2 – Estimativa dos custos de reabilitação das Infraestruturas do SAA-Arouca (2017) – Síntese 361
Tabela 5.3 – Avaliação de Infraestruturas do SAA-Arouca – Síntese.....372
Tabela 5.4 – Síntese de ações de controlo operacional no SAA-Arouca 373
Tabela 5.5 – Índice de Relevância Operacional nos Subsistemas do SP do SAA-Arouca.....376
Tabela 5.6 – Síntese de afetação de meios e custos associados às equipas funcionais do SAA-Arouca 385
Tabela 5.7 – Síntese de ações futuras de controlo operacional no SAA-Arouca 385
Tabela 5.8 – Síntese de dados da gestão de pressões no SA de Canelas 396
Tabela 5.9 – Síntese dos resultados do controlo ativo de perdas no SP do SAA-Arouca no ano de 2018 398
Tabela 5.10 – Síntese de intervenções de monitorização de VRP no SP do SAA-Arouca 401
Tabela 5.11 – Síntese da gestão de pressões no SP do SAA-Arouca 401
Tabela 5.12 – Síntese de intervenções de manutenção de VRP no SP do SAA-Arouca 403
Tabela 5.13 – Síntese de futuras intervenções de manutenção de VRP no SP do SAA-Arouca 410
Tabela 5.14 – Síntese da Gestão de Pressões no SP do SAA-Arouca efetuada até dez/2018 413
Tabela 5.15 – Síntese de intervenções efetuadas no SAA-Arouca no biénio 2016-2017 414
Tabela 5.16 – Síntese de número de faltas de água ocorridas no SAA-Arouca no triénio 2016-2018 415
Tabela 5.17 – Síntese de volumes de AES no SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018 421
Tabela 5.18 – Síntese de indicadores de perdas, por PE do SP do SAA-Arouca, no quadriénio 2015-2018 425
Tabela 5.19 – Previsão de resultados do combate às perdas a efetuar em 2019 427
Tabela 5.20 – Síntese do ganho anual estimado, em 2018, no SAA-Arouca, relacionado com a redução de perdas de água e da ocorrência de roturas 428
Tabela 5.21 – Síntese da estimativa de retorno do investimento no SAA-Arouca.....429
Tabela 5.22 – Síntese de IGR do SP do SAA-Arouca, referente a 2017 430
Tabela 5.23 – Síntese de IGR do SP do SAA-Arouca, referente a 2018 431
Tabela 5.24 – Síntese de índices de avaliação infraestrutural do SP do SAA-Arouca, referente a 2017 432
Tabela 5.25 – Síntese do processo de tomada de decisão no investimento no SAA-Arouca, referentes a 2018 432
Tabela 5.26 – Síntese da estimativa de retorno do investimento hipotético no SAA-Arouca no período 2019-2022 436
Tabela 5.27 – Síntese da Avaliação do Custo das Infraestruturas do SAR-Trofa 463
Tabela 5.28 – Índice de Relevância Operacional nas Bacias de Drenagem do SAR-Trofa 473
Tabela 5.29 – Volumes quantificados por Bacia de Drenagem do SAR-Trofa, no Quinquénio 2014-2018 476

Tabela 5.30 – Síntese de Índices de Avaliação Infraestrutural do SAR-Trofa, referente a 2019.....491

Tabela 5.31 – Síntese do Processo de Tomada de Decisão no Investimento no SAR-Trofa, referentes a 2019 492

Tabela 5.32 – Síntese do Retorno de Investimento em 6 cenários Hipotéticos de Redução do VEA no SAR-Trofa.....493

Tabela 5.33 – Síntese de 3 Cenários de Variação Anual dos Volumes Entregues em Alta (VEA), dos Volumes Faturados a Clientes (VF) e dos Volumes Não Faturados (VNF) no Concelho da Trofa 495

SIGLAS, ACRÓNIMOS, ABREVISTURAS E SÍMBOLOS

A – Área

AA08 – Indicador da ERSAR relativo a ANF

AA12 – Indicador da ERSAR relativo a PR

AdDP – Águas do Douro e Paiva, S.A.

AdN – Águas do Norte, S.A.

AdP – Águas de Portugal

AE – Árvore de Eventos

AES – Água Entrada no Sistema

AF – Água Faturada

AF – Árvore de Falhas

AI – Aço Inoxidável

ALARA – As Low as Reasonably Achievable

ALARP – As Low as Reasobablt Praticable

AMAVE – Associação de Municípios do Vale do Ave

ANF – Água Não Faturada

ANPC – Autoridade Nacional de Proteção Civil

APR – Análise Preliminar de Riscos

APRH – Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos

ARH – Administração dos Recursos Hídricos

ASI – Abordagem Simplificada Integrada

AWARE-P – Advanced Water Asset Rehabilitation

BA – Betão Armado

BABE – Background and Burts Estimates

BD – Bacias de Drenagem

BH – Bacia Hidrográfica

BMA – British Medical Association

C – Consequência / Coeficiente do Método Racional

CAD – Computer Aided Design

CADD – Computer Aided Drafting and Design

CARE-W / CARE-S – Computer Aided Rehabilitation of Sewer Networks

CBO – Carência Bioquímica de Oxigénio

CCA – Conselho Coordenador de Avaliação

CCTV – Closed Circuit Television

CEE – Comunidade Económica Europeia

CI – Custos Infraestruturais

CME – Concentrações Médias por Evento

CMN – Consumo Mínimo Noturno

CO – Custos Operacionais

CORHYD – Internal Diffuser Hydraulics Design Tool

CORJET – Cornell Buoyant Jet Integral Model

CORMIX – Cornell Mixing Zone

CQO – Carência Química de Oxigénio

CR – Custos de Reabilitação

CRC – Current Replacement Costs

CRL – Caixa de Ramal de Ligação

CS – Custo de Substituição

CV – Câmaras de Visita

DL – Decreto-Lei

DN – Diâmetro Nominal

DQA – Diretiva-Quadro da Água

DR – Decreto Regulamentar

EE – Estação Elevatória

EG – Entidade Gestora

EGP – Entidade Gestora da Parceria

EM – Estrada Municipal

EN – European Standard / Estrada Nacional

ENGIZC – Estratégia Nacional para a Gestão Integrada de Zonas Costeiras

EPA – Environmental Protection Agency

EPDM – Borracha de Etileno-Propileno-Dieno

ERP – Enterprise Resource Planning

ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

F – Perímetro do Coletor

FERMA – Federation of European Risk Management Associations

FF – Ferro Fundido

FFD – Ferro Fundido Dúctil

Fig – Figura

FMEA – Failure Modes and Effects Analysis

FMECA – Failure Modes and Effects and Criticality Analysis

f_{VEA} – Fator Adimensional Mensal de VEA

GA – Ganho Anual

GEA – Ganhos Económicos Atuais

GEF – Ganhos Económicos Futuros

GOIH – Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas

GPI – Gestão Patrimonial de Infraestruturas

GPRS – General Packet Radio Services

GSM – Global System for Mobile Communications

H_2SO_4 – Ácido Sulfúrico

HACCP – Hazard Analysis and Critical Control Points

HAZOP – Hazard and Operability Studies

HSE – Health and Safety Executive

I – Investimento

IA – Intercetor do Ave

IAD – Índice de Avaliação de Desempenho

IAE – Índice de Avaliação de Estado

IAI – Índices de Avaliação Infraestrutural

IAR – Índice de Avaliação do Risco

IAWQ – International Association on Water Quality

IBNET – International Benchmarking Network for Water and Sanitation Utilities

ICS – Integrated Catchment Planning

IE – Instalação Elevatória

IFC – Índice de Fatores de Contexto

IGR – Índice de Gestão do Risco

III – Índice de Investimento Infraestrutural

IIMM – International Infrastructure Management Manual

IIO – Índice de Investimento Operacional

IRGC – International Risk Governance Council

IRO – Índice de Relevância Operacional

ISO – International Organization for Standardization

IT – Intercetor da Trofa

IVI – Índice de Valor da Infraestrutura

IWA – International Water Association

JETLAG – Lagrangean Jet Model

L – Comprimento

LIMS – Laboratory Information Management System (Sistema de Gestão de Informação Laboratorial)

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MARES – Modular Autonomous Robot for Environment Sampling

MARETEC – MARine and Environmental TEchnology Research Center

MATLAB – Matrix Laboratory

MCF – Métodos de Cálculo de Fiabilidade

MEA – Modern Equivalent Asset

MOHID – Water Modelling System

MOUSE – Modelling of Urban Sewers

NP – Norma Portuguesa

NPV – Net Present Value

NRC – National Research Council

NRV – Net Realizable Value

NT – Azoto Total

p – Percentil de ordem p

P – Probabilidade / Precipitação

p.ex. – por exemplo

PAS – Publicly Available Specification

PCQA – Plano de Controlo de Qualidade da Água

PDCA – Plan-Do-Check-Act

PE – Ponto de Entrega

PEA – Perdas Económicas Atuais

PEAASAR – Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PEF – Perdas Económicas Futuras

PENSAAR – Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais

PHA – Preliminary Hazard Analysis

PHM – Proportional Hazards Model

PJ – Pressão a Jusante

PLUMES – Visual Plumes Model

PM – Pressão a Montante

PMJ – Pressão Média a Jusante

PNUEA – Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água

PPC – Polipropileno Corrugado

PR – Perdas Reais / Período de Retorno

PRFV – Plástico Reforçado com Fibra de Vidro

PSA – Plano de Segurança da Água

PT – Fósforo

Pump3E – Pump Energy Efficiency Evaluation

PVC – Policloreto de Vinilo

PVC C – Policloreto de Vinilo Corrugado

Q – Caudal

Q_{inf} – Caudal de Infiltração

$Q_{máx\ pluv}$ – Caudal Máximo de Origem Pluvial

$Q_{md\ ts}$ – Caudal Médio de Tempo Seco

Q_{pluv} – Caudal Pluvial

Q_{sc} – Caudal de Secção Cheia

r – Coeficiente de correlação

R – Risco / Retorno

r^2 – Coeficiente de determinação

RDII – Rainfall-Dependent Infiltration/Inflow

RES – Reservatório

RH – Recursos Humanos

RL – Ramais de Ligação

RPM – Resuspension Potential Method

s^2 – Variância

SA – Sistema Autónomo

SAA-Arouca – Sistema de Abastecimento de Água de Arouca

SAR-Trofa – Sistema de Drenagem de Águas Residuais da Trofa

SARN – Sistema de Águas da Região do Noroeste

SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition

SCS – Soil Conservation Service

SIDVA – Sistema Integrado de Despoluição do Vale do Ave

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A.

SMN – Sistema Multimunicipal do Noroeste

SP – Sistema Principal

SST – Sólidos Suspensos Totais

SWMM – Storm Water Management Model

Tab – Tabela

TOR – Tolerability of Risk

TRATAVE – Tratamento de Águas Residuais do Ave, S.A.

TRH – Taxa de Recursos Hídricos

U – Unidade

UE – União Europeia

UF – União de Freguesias

USEPA – United States Environmental Protection Agency

VA – Valor Atual

VEA – Volume Entregue em Alta

VF – Volume Faturado

VISJET – Visualizing Ocean Sewage Discharge Near-field Jet Integral Model

$V_{md\ ts}$ – Volume de Origem Doméstica num Determinado Intervalo de Tempo

VNF – Volume Não Faturado

V_{pluv} – Volume de Afluências Pluviais em Determinado Intervalo de Tempo

VR – Vida Útil Residual

VRP – Válvulas Redutora de Pressão

VSA – Veículos Submarinos Autónomos

VU – Vida Útil Total

WATS – Wastewater Aerobic and Anaerobic Transformations in Sewers

WBGU – German Advisory Council on Global Change

$\bar{X}$ – Média (aritmética)

X_m – Ponto Médio

ZCP – Zona de Combate às Perdas

ZMC – Zona de Medição e Controlo

σ – Desvio padrão

1
INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

A água constitui um recurso natural de elevada importância, evidenciando-se distinto dos outros recursos, uma vez que representa a chave para o progresso e posterioridade, desempenhando um papel crucial na localização, função e desenvolvimento das comunidades (OCDE, 1999). O reconhecimento da água como um recurso natural de importância ímpar e a colocação, nas prioridades da Humanidade, da sua preservação, representam um passo crucial na garantia da sua salvaguarda. A mudança de mentalidade, associada ao consumo e às diversas utilizações da água, deve constituir uma aposta assertiva das entidades envolvidas, refletida em instrumentos legais e de gestão.

O património das infraestruturas poderá considerar-se como um indicador para a capacidade económica das nações. Sem elas, as comunidades limitam-se a uma existência primitiva, e a sociedade que as negligencia perde a capacidade de transportar pessoas e bens, providenciar ar e água, controlar doenças e praticar atividades comerciais. Por se encontrarem no subsolo, sendo invisíveis ou pouco visíveis pelo público em geral, relegam-se, frequentemente, para segundo plano. A sua adequada conceção, execução e exploração devem figurar nos objetivos das entidades gestoras (Sousa, 2012).

A engenharia, em articulação com outras atividades, é responsável por planear, conceber, gerir, monitorizar e reabilitar infraestruturas (vias de comunicação, sistemas de abastecimento de água, sistemas de drenagem de águas residuais, recolha e depósito de resíduos, sistemas de produção e distribuição de energia, canais, entre outras) e estruturas (edifícios habitacionais, edifícios públicos, edifícios industriais, barragens, centrais elétricas, turbinas eólicas, plataformas *offshore*, e outras), salvaguardando pessoas, bens e o meio ambiente, de eventos naturais e provocados pelo homem (Faber, 2009). A "Hidráulica Urbana" apresenta, como objetivo, a disponibilização de meios técnicos indispensáveis para garantir que o aproveitamento do recurso água corresponda às necessidades da sociedade, procurando assegurar que a sua posterior rejeição se efetue sem afetar o equilíbrio global do meio recetor (Tentúgal-Valente, 2007).

Ao longo da História, a engenharia reuniu os conhecimentos e mobilizou as metodologias necessárias para dar resposta aos problemas que a sociedade encontrou, para a resolução das principais necessidades, no domínio das designadas "*utilities*", e onde se integram as infraestruturas básicas relacionadas com a utilização dos meios hídricos. Deparamo-nos, hoje, com novos desafios, relacionados com a gestão patrimonial das infraestruturas existentes, e com necessidade de padrões de eficiência cada vez mais elevados, relativos ao seu desempenho. A disponibilidade de dados de exploração dos sistemas, em grande volume e em tempo real, significa um novo paradigma na abordagem dos problemas.

Os desafios referidos assumem diferente pertinência, de acordo com a perspetiva de cada um dos intervenientes: do ponto de vista político (cobertura, qualidade e acessibilidade económica ao serviço);

dos gestores (planeamento financeiro e exposição financeira da empresa ao risco); da engenharia hidráulica (análise e dimensionamento, operação otimizada dos sistemas e risco de fiabilidade hidráulica); da engenharia de manutenção (soma de ativos individuais e condição ativa dos sistemas); das entidades reguladoras (instrumentos de monitorização dos diferentes agentes); das entidades financiadoras (avaliação de prioridades de investimento, seleção de projetos e análise de resultados); dos utilizadores (indicadores simplificados da qualidade dos serviço e tarifas); das organizações nacionais e internacionais (níveis de cobertura, assimetrias e macro eficiência dos sistemas).

Identifica-se a influência da sociedade civil na gestão da água ao longo das últimas décadas, em particular a partir da década de oitenta do século XX, com uma abordagem mais generalista, por parte das organizações não governamentais relativas ao ambiente, e mais especializada, através de associações técnicas, como, no caso de Portugal, a APRH – Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (Leitão *et al*., 2015). Referem-se algumas das ameaças que a sociedade enfrenta atualmente (Ganoulis, 2009, citado em Sousa, 2012):

- Poluição;
- Perda de biodiversidade;
- Alterações climáticas;
- Questões energéticas;
- Questões socioeconómicas.

Os serviços públicos de água apresentam-se como um exemplo paradigmático, salientando-se que representam serviços públicos essenciais, embora sejam tendencialmente considerados, pela sociedade, como óbvios e pouco valorizados. Estes serviços dependem de infraestruturas de elevados custo e durabilidade, e de visibilidade reduzida (maioritariamente enterradas) (Alegre *et al.*, 2012).

A tomada de decisão, em questões relacionadas com a gestão da água, depara-se com incertezas e riscos. Este recurso natural associa-se a eventos com acentuada variabilidade, a nível espacial e temporal, assim como à incerteza de previsão de cenários futuros. Os riscos relacionados com eventos como as cheias ou o avanço do mar em zonas costeiras motivaram a construção de obras de defesa, com o objetivo de atenuar potenciais danos, e nas quais se definiram critérios de segurança, baseados na experiência acumulada e no conhecimento científico (Almeida, 2011).

Num contexto em que as zonas urbanas se encontram consolidadas e total ou parcialmente infraestruturadas, verifica-se um novo paradigma para a gestão das infraestruturas hidráulicas, para a renovação e para a adequação dos sistemas. O período de vida útil das redes e as novas solicitações identificam-se como propulsores desta nova fase da gestão das infraestruturas hidráulicas (Brandão e Piqueiro, 2011). O avanço tecnológico permite o conhecimento automático de consumos associados a diferentes setores da rede, podendo a utilização de dados reais, no dimensionamento e na exploração de infraestruturas dos sistemas de abastecimento, representar um passo crucial na obtenção de sistemas mais eficientes (Cardoso-Gonçalves, 2014).

A disponibilidade de um elevado volume de dados por parte das entidades gestoras, auxiliada por meios informáticos sofisticados que permitam o seu processamento e a sua organização, aliada a *softwares* de modelação que integrem esses dados, poderá possibilitar a simulação de cenários importantes para a exploração dos sistemas. O controlo em tempo real e a análise da resposta das redes de distribuição de água e de drenagem de águas residuais a diferentes solicitações configuram ferramentas que permitem otimizar a gestão operacional. A utilização, em engenharia, de dados reais, em detrimento de dados hipotéticos, poderá constituir um caminho que aproxime as abordagens mais teóricas da realidade dos sistemas, sendo um ponto de partida para a discussão dos dados-base que se têm em conta em projeto

(sistemas novos, reabilitação e modificação), como é o caso da definição dos períodos de vida e de retorno atribuídos a cada componente do sistema.

O planeamento dos sistemas operacionais de recursos hídricos pode ser realizado ao nível operacional, tático e estratégico, mobilizando competências relacionadas com a informação, a engenharia e a gestão. Consideram-se, como dimensões de análise, a avaliação do desempenho, do risco e do custo de exploração destes sistemas. A gestão operacional pretende responder aos desafios mencionados, partindo de dados de exploração dos sistemas (cadastro, monitorizações, históricos de operação e manutenção), potenciando reduções dos custos de exploração e incrementando a qualidade dos serviços prestados, com base numa exploração otimizada dos sistemas.

A intervenção ao nível da operação das diferentes componentes dos sistemas procura otimizar o seu funcionamento, no que diz respeito a variáveis que se prendem com a sua exploração, tais como consumos energéticos, níveis de conforto dos sistemas, investimentos de reabilitação e substituição, resposta em períodos de ponta, entre outras. Os objetivos específicos para o estudo de modelos de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas relacionam-se com o objetivo comum aos vários setores económicos, na procura constante de sistemas cada vez mais sustentáveis. A análise do risco na exploração das infraestruturas ou na sua conceção, em que se deve confrontar o investimento, o retorno do mesmo e os custos de exploração e de manutenção, com a "alternativa zero", pode constituir uma das abordagens.

As metodologias de atribuição de pesos de "importância" às diferentes componentes de um determinado sistema, tendo em conta a sua influência na eficiência global, o risco que lhe está associado e o investimento relativo a esta, podem significar um período de retorno e risco diferente dos indicados, constituindo uma visão distinta. A gestão do risco, que agrega conceitos como a fiabilidade, a exposição, a vulnerabilidade, a probabilidade de falha e o risco, poderá ser uma abordagem importante nesta matéria. A tomada de decisão menos reativa e mais sustentada no conhecimento das diferentes variáveis potenciará a maximização do retorno.

O estudo de modelos de gestão integrados, aplicáveis a cenários distintos, afirma-se como uma possibilidade de análise, que se poderá tornar pertinente, no decorrer do anteriormente descrito. A tipificação e a caraterização dos critérios de projeto e de exploração de estruturas hidráulicas, potenciando a discussão da pertinência das opções tomadas nas diferentes fases do ciclo de vida das estruturas, sugere-se como uma possibilidade de aplicação de um modelo proposto. As infraestruturas de abastecimento de água, de drenagem e tratamento de águas residuais e de drenagem de águas pluviais, são obras de engenharia que apresentam caraterísticas que se podem investigar do ponto de vista da operacionalidade, do risco e da decisão.

De acordo com a bibliografia relacionada com as temáticas referidas, pretende-se desenvolver uma metodologia de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas (GOIH) que vise a melhoria do serviço prestado pelas entidades gestoras, salvaguardando a sustentabilidade dos sistemas. O conhecimento do ciclo urbano da água, sem esquecer a gestão integrada dos recursos hídricos, e a caraterização dos sistemas de abastecimento de águas e de drenagem de águas residuais, representa um enquadramento à abordagem que se levará a cabo.

A gestão patrimonial de infraestruturas hidráulicas introduz conceitos fulcrais para a gestão otimizada das infraestruturas, nomeadamente em questões relacionadas com o desempenho, o estado de conservação, a manutenção, a reabilitação e a análise de custos. Em conjunto com outras temáticas, podem utilizar-se estes contributos na gestão operacional dos sistemas de abastecimento de águas e de drenagem de águas residuais, analisando diversas questões, ao longo do ciclo de vida de diferentes componentes das infraestruturas que sustentam estes sistemas.

Introduzida concetualmente no estado da arte, a gestão do risco possibilita o desenvolvimento de metodologias que visem a conceção e a exploração das infraestruturas hidráulicas, contemplando questões relacionadas com o risco ligado às diferentes componentes dos sistemas. A gestão informada pelo risco reforça o processo de tomada de decisão, podendo beneficiar a exploração dos sistemas, com ganhos para as diferentes partes interessadas.

A gestão técnica de infraestruturas hidráulicas aborda diversas questões que se relacionam com a gestão dos sistemas de abastecimento de águas e de drenagem de águas residuais, ao nível da organização das entidades gestoras (gestão da mudança), da gestão operacional das infraestruturas (controlo operacional) e de outras questões de caráter mais prático (urbanização e drenagem pluvial, modelação, sistemas de informação geográfica). Com as informações recolhidas na bibliografia, procurou-se reunir conceitos mais práticos da gestão das entidades gestoras que apoiassem o desenvolvimento posterior de metodologias.

Uma vez concluída a recolha bibliográfica e sintetizados os conceitos mais pertinentes, surge a introdução dos casos de estudo. Esta fase identifica-se como de particular interesse, uma vez que permite refletir sobre os diferentes conceitos de GOIH, apoiando o desenvolvimento de metodologias adequadas aos casos de estudo, testando-as nas suas especificidades e flexibilizando-as para aplicações fora do âmbito dos casos de estudo. A aplicação prática dos conceitos debatidos concetualmente valida as metodologias utilizadas e potencia a obtenção de resultados que podem auxiliar as atividades de gestão e reforçar o processo de decisão.

A metodologia de GOIH que se sugere visa desenhar uma estratégia operacional que tenha em conta os conceitos base em temáticas relacionadas com a gestão de infraestruturas hidráulicas (gestão patrimonial; gestão do risco; gestão técnica), abordados no estado da arte, e proponha uma visão integrada e inovadora, particularmente direcionada para soluções práticas e métodos expeditos de apoio à exploração. Procura-se que a metodologia seja flexível e adaptativa a sistemas de dimensões e tipologias, a conceitos abordados no estado da arte e não explorados no âmbito desta investigação, e a outros que determinado contexto possa colocar na agenda da gestão das infraestruturas hidráulicas que suportam os sistemas de abastecimento de água, de drenagem de águas residuais e de drenagem de águas pluviais.

A apresentação de resultados práticos, sistemáticos e particularmente direcionados para questões relacionadas com a gestão operacional dos sistemas, identifica-se como um dos objetivos cruciais da presente investigação. Esta fase encontra-se condicionada pelos casos de estudo selecionados e pela adequação e validação das metodologias mencioadas. A salvaguarda da possibilidade de aplicação prática dos resultados obtidos figura uma preocupação constante na seleção dos casos de estudo e das metodologias a desenvolver.

A discussão dos resultados, refletindo sobre os conceitos recolhidos na bibliografia e as metodologias consideradas, constitui o fecho da investigação e o lançamento das bases para trabalhos futuros. Pretende-se facultar informações, ferramentas e metodologias à gestão operacional, contribuindo para que se otimizem os processos e se reforcem os processos de decisão, caminhando no sentido da sustentabilidade dos sistemas de abastecimento de águas e de drenagem de águas residuais.

1.2. OBJETIVOS

A gestão eficiente dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais encontra-se intrinsecamente ligada ao conhecimento do comportamento associado às infraestruturas hidráulicas, ponderado no seu contexto e mediante as suas condicionantes. O projeto adequado e a operacionalidade eficiente reconhecem-se como pedras basilares de sistemas sustentáveis. Procura-se, através do estudo da GOIH, dar um contributo para a temática referida, particularmente no contexto da exploração.

Define-se, como objetivo central, desenvolver e aplicar uma metodologia de GOIH a casos de estudo, visando a gestão sustentável dos sistemas e o reforço do processo de decisão.

Nesta investigação, a abordagem à GOIH efetua-se no sentido do cumprimento dos seguintes objetivos específicos:

- Enquadrar a temática da GOIH;
- Sintetizar conceitos e metodologias relacionados com a GOIH;
- Selecionar, enquadrar e caraterizar os casos de estudo;
- Desenvolver ferramentas e metodologias de GOIH, adequadas aos casos de estudo;
- Aplicar e validar as ferramentas e metodologias criadas;
- Apresentar resultados da aplicação das metodologias consideradas;
- Sistematizar metodologias, ferramentas e procedimentos GOIH;
- Elaborar uma discussão científica sobre os conceitos introduzidos no estado da arte, as metodologias propostas e os resultados obtidos.

1.3. METODOLOGIA

Explicita-se a metodologia seguida no projeto de tese de investigação:

- Apresentação da temática da GOIH;
- Revisão do estado da arte em temas relacionados com a GOIH, designadamente:
    - Ciclo urbano da Água;
    - Sistemas de Abastecimento de Água;
    - Sistemas de Drenagem de Águas Residuais;
    - Gestão Patrimonial de Infraestruturas Hidráulicas;
    - Gestão do Risco;
    - Gestão Técnica de Infraestruturas Hidráulicas;
- Seleção, caraterização e descrição dos casos de estudo;
- Conceção de ferramentas e metodologia de GOIH;
- Aplicação de ferramentas e metodologia adotadas, aos casos de estudo;
- Validação de ferramentas e metodologia utilizadas;
- Apresentação de resultados da aplicação de ferramentas e metodologia, aos casos de estudo;
- Discussão dos resultados obtidos, das potencialidades da metodologia e da sua aplicabilidade aos casos de estudo selecionados e a outros;
- Recomendação de abordagens para investigações futuras.

1.4. ESTRUTURA

A tese de doutoramento organiza-se em seis capítulos, que se subdividem em subcapítulos mais específicos. Com a exceção do capítulo introdutório e do capítulo final, incluem-se introduções e sínteses parciais, em cada capítulo, de forma a enquadrar e sistematizar a abordagem realizada.

No que respeita ao Capítulo 1, insere-se a temática em investigação, indicam-se os objetivos, estabelece-se a metodologia e sistematiza-se a estrutura do trabalho. Com este capítulo pretende-se contextualizar a temática da GOIH e mostrar como se organiza a investigação.

A organização de bibliografia relacionada com a temática da tese de doutoramento executa-se no Capítulo 2. Este capítulo pretende caraterizar o estado da arte nas seguintes temáticas: ciclo urbano da água; sistemas de abastecimento de água; sistemas de drenagem de águas residuais; emissários submarinos; gestão patrimonial de infraestruturas hidráulicas; gestão do risco; gestão técnica de infraestruturas hidráulicas.

No Capítulo 3, enquadram-se e caraterizam-se os casos de estudo abordados, nomeadamente o Sistema de Abastecimento de Água de Arouca (SAA-Arouca) e o Sistema de Drenagem de Águas Residuais da Trofa (SAR-Trofa), do ponto de vista da sua área de influência, da sua entidade gestora (EG), das suas infraestruturas e dos seus clientes.

Relativamente ao Capítulo 4, refere-se que é nesta fase do trabalho que se integra a metodologia proposta, aplicada aos casos de estudo introduzidos no capítulo anterior. Sintetiza-se o tratamento de dados, sistematiza-se o desenvolvimento e as componentes da metodologia e apresenta-se uma ferramenta de apoio à decisão.

A apresentação de resultados executa-se no Capítulo 5, com a abordagem à aplicação, ao teste e à validação da metodologia. Os resultados direcionam-se para questões práticas, relacionadas com a avaliação de infraestruturas, a otimização da exploração e o apoio ao processo de decisão.

As considerações finais da presente tese de doutoramento constituem o capítulo 6, que se divide em: conclusões; orientações para a investigação futura.

A figura 1.1. sistematiza a estrutura descrita.

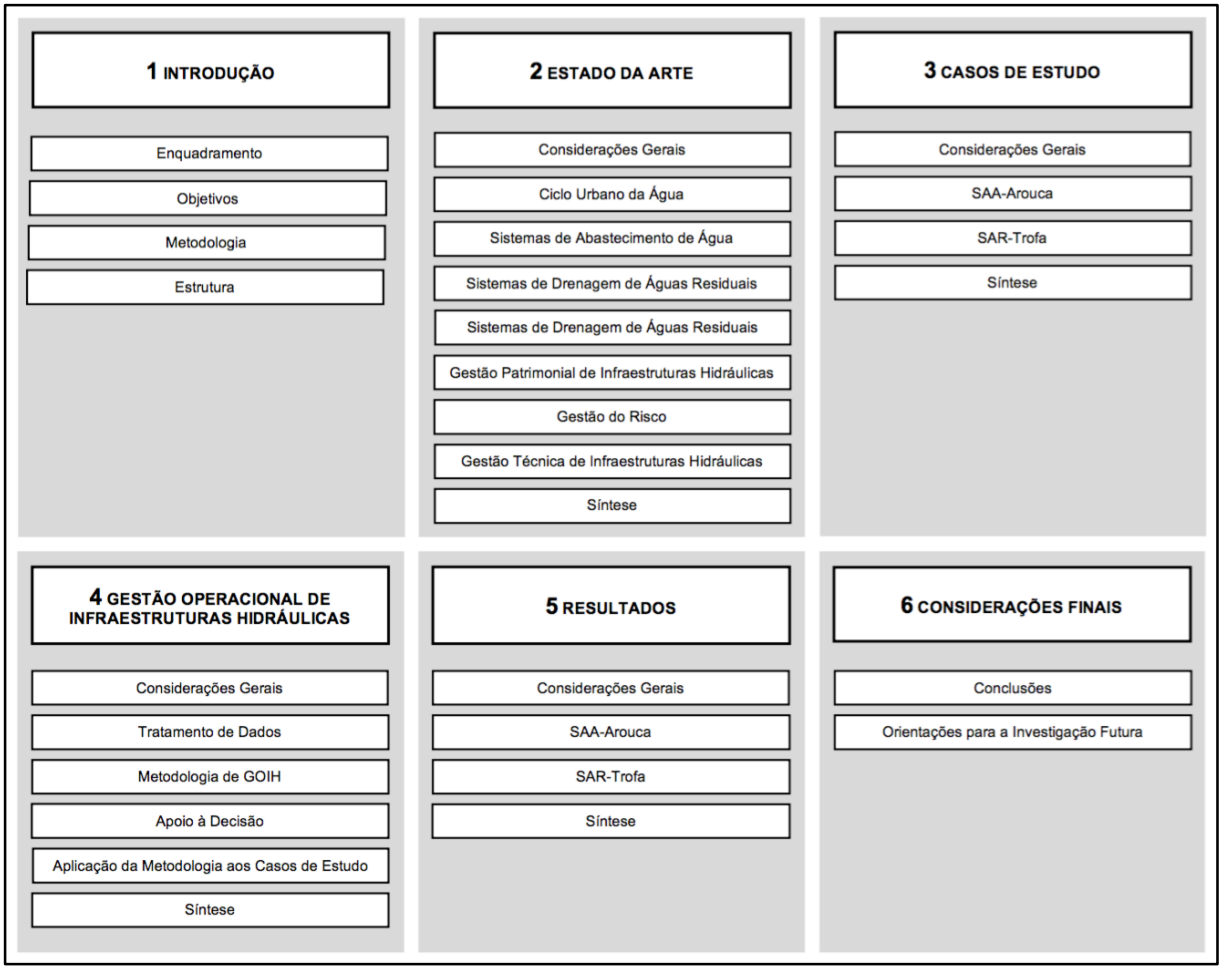


Fig. 1.1 – Representação esquemática da estrutura da tese de doutoramento

2
ESTADO DA ARTE

2.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O desenvolvimento urbano e industrial altera as condições naturais dos recursos hídricos, tornando-se necessário a promoção de políticas adequadas de gestão da água, no sentido da correta renovação dos recursos hídricos, possibilitando às gerações vindouras beneficiarem de condições, se não melhores, idênticas às que vigoraram anteriormente (Tentúgal-Valente, 2007).

Particularizando as questões relacionadas com a água, exige-se uma abordagem global, que integre todos os intervenientes a nível mundial, incluindo a racionalização do consumo de água e a otimização dos processos de tratamento antes das descargas nos meios recetores (Sousa, 2012). No que diz respeito às inundações, constata-se que afetam aproximadamente 520 milhões de pessoas em cada ano, causando uma média de 25 000 mortes e avultados prejuízos para a economia mundial (UNESCO, 2005).

Nas ações de planeamento deve ter-se em conta que, após a utilização da água para consumo humano, a sua qualidade pode encontrar-se degradada, constituindo uma água residual. Refere-se a existência de mecanismos naturais de depuração, que conferem à água as propriedades de recurso renovável, embora estes mecanismos apenas funcionem de forma adequada para pequenas diluições de águas residuais nos meios recetores. Noutras circunstâncias, as águas residuais apenas deverão ser devolvidas aos corpos de águas naturais após serem alvo de um tratamento adequado (Tentúgal-Valente, 2007).

De acordo com uma análise global, embora se reconheça que nem sempre é possível, refere-se a importância dos sistemas serem do tipo separativo, designadamente sob os pontos de vista (Tentúgal-Valente, 2013a):

- Ambiental;
- Económico;
- Técnico;
- Sustentável.

Um sistema de drenagem de águas residuais integra, geralmente, as fases de recolha, tratamento e dispersão. A água utilizada nas atividades antrópicas, não evaporada, necessita de ser devolvida ao meio ambiente. Em áreas metropolitanas amplamente desenvolvidas, as águas residuais domésticas e os resíduos industriais recolhem-se e conduzem-se para locais centralizados, onde se verifica o tratamento e dispersão, através de processos em que a engenharia desempenha um papel preponderante, designadamente na implementação e controlo (Brooks, 1966).

A necessidade de desvio da água precipitada dos locais de escoamento natural conduziu à construção de sistemas de drenagem de águas pluviais. A drenagem pluvial urbana não se apresenta apenas como necessária, mas também como prioritária, uma vez que está diretamente relacionada com a qualidade de vida e segurança das pessoas e dos seus bens (Lima *et. al*, 2013). O escoamento de águas pluviais em

meio urbano, particularmente o escoamento superficial e a acumulação de água nas zonas mais baixas, refere-se como um problema económico e social, agravado nas cidades de maior dimensão, com constrangimentos para as habitações e tráfego, e risco de vida para as populações (Cardoso *et al.*, 2004).

Destaca-se a pertinência de considerar o planeamento da rede pluvial e a ocupação das áreas de risco na elaboração de planos diretores de desenvolvimento urbano, bem como a necessidade de avaliar a interferência, no ambiente urbano, da gestão inadequada da implantação de obras públicas e privadas (Tucci, 1997, citado em Cardoso *et al.*, 2004). As alterações no ciclo hidrológico natural, provocadas pelo crescimento urbano e pela ocupação do solo, apresentam-se como argumentos para que a comunidade científica e os restantes intervenientes atentem nas questões relacionadas com as inundações e a poluição dos meios de descarga. O conhecimento mais aprofundado dos efeitos da urbanização, das estratégias equacionadas e das possibilidades de simulação dos sistemas referem-se como contributos com benefícios para utilizadores, entidades gestoras e sociedade em geral.

A ocupação de áreas de risco, o planeamento da rede pluvial, o escoamento superficial em meio urbano são questões que se relacionam com a qualidade de vida e segurança das pessoas. A análise desta problemática assume-se, por isso, como uma prioridade na intervenção no meio urbano, potenciado o desenvolvimento dos instrumentos que apoiam o seu estudo.

O Decreto-Lei n.º 194/2009, que estabelece o regime jurídico dos serviços municipais de abastecimento público de água, saneamento de águas residuais urbanas e gestão de resíduos urbanos, refere que estas atividades devem prestar-se em conformidade com os seguintes princípios:

- Promoção tendencial da sua universalidade e a garantia de igualdade de acesso;
- Garantia da qualidade do serviço prestado e da proteção dos interesses dos utilizadores;
- Desenvolvimento da transparência na prestação dos serviços;
- Proteção da saúde pública e do ambiente;
- Garantia da eficiência e da melhoria contínua na utilização dos recursos, respondendo à evolução das exigências e às melhores técnicas ambientais à disposição;
- Promoção da solidariedade económica e social, do adequado ordenamento do território e do desenvolvimento regional.

No que se refere aos deveres da entidade gestora dos serviços municipais de abastecimento público de água, do saneamento de águas residuais urbanas e da gestão de resíduos urbanos, o Decreto-Lei n.º 194/2009 refere que as entidades gestoras que sirvam mais de 30 000 habitantes devem promover e manter diversos sistemas, designadamente:

- Sistema de garantia de qualidade do serviço prestado aos utilizadores;
- Sistema de gestão patrimonial de infraestruturas;
- Sistema de gestão de segurança;
- Sistema de gestão ambiental;
- Sistema de gestão de segurança e de saúde no trabalho.

A gestão patrimonial de infraestruturas (GPI) reconhece-se, de forma generalizada, como essencial para a garantia de sustentabilidade dos serviços assentes em infraestruturas físicas de elevado custo de construção e de manutenção (Alegre *et al.*, 2012). Refere-se como um tema que tem adquirido particular relevância, no que se respeita ao cumprimento dos requisitos de desempenho dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais e pluviais. Salientam-se algumas necessidades a que a gestão sustentável dos sistemas deverá procurar responder (Alegre *et al.*, 2011):

- Promoção de níveis de serviço adequados e garantia de fiabilidade do serviço a longo prazo;
- Melhoria da utilização sustentável de água e de energia;

- Gestão do risco, considerando as necessidades dos utilizadores e a aceitabilidade do risco;
- Prolongamento da vida útil das infraestruturas existentes;
- Preparação e faseamento das adaptações necessárias, tendo em conta as alterações climáticas;
- Melhoria das eficiências de investimento e operacionais da organização;
- Justificação clara e sintética das prioridades de investimento.

A Resolução da Assembleia da República n.º 113/2012, no que diz respeito à promoção da acessibilidade, da sustentabilidade e da qualidade dos serviços de abastecimento de água e de saneamento, recomenda a:

- Adoção da acessibilidade, sustentabilidade económico-financeira e ambiental e a qualidade dos serviços de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais, como objetivos essenciais das políticas públicas setoriais, referentes à Administração Pública e ao Setor Empresarial do Estado;
- Promoção da reestruturação do setor do abastecimento de água e do saneamento de águas residuais, considerando os princípios e orientações:
    - Manutenção dos recursos hídricos (água) na propriedade pública;
    - Manutenção da titularidade dos ativos associados à prestação de serviços de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais como pública;
    - Consolidação dos sistemas de "em alta" e "em baixa", nomeadamente pela fusão entre entidades gestoras, designadamente das que pertencem ou são participadas pelo grupo Águas de Portugal;
    - Promoção da verticalização dos serviços de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais, nomeadamente pela integração dos sistemas "em baixa" nos sistemas "em alta";
    - Garantia de abertura a diferentes modelos de gestão operacional dos serviços, permitindo eventuais concessões da gestão operacional dos sistemas "em alta" ou verticalizados;
    - Promoção da coesão territorial ao nível da oferta e das tarifas dos serviços de água, reduzindo as assimetrias entre diferentes regiões do território nacional;
    - Obtenção de sustentabilidade económico-financeira dos sistemas e resolução do défice tarifário acumulado no setor;
- Garantia da acessibilidade económica dos serviços de abastecimento e de saneamento, por intermédio de uma revisão do sistema de tarifas, considerando os objetivos:
    - Fixação de uma tarifa social para as famílias mais carenciadas, que garanta que ninguém fique privado do acesso à água e ao saneamento, por motivos económicos ou sociais;
    - Atenuação das disparidades de tarifas entre diferentes regiões do País, aplicando mecanismos de solidariedade tarifária;
    - Recuperação integral dos custos associados aos serviços, por intermédio das tarifas;
    - Promoção da eficiência, pela oferta (dos sistemas) e pela procura (poupança de água);
- Promoção da sustentabilidade ambiental dos recursos hídricos, visando proteção da qualidade e integridade dos recursos hídricos, assegurando a sua recarga e racionalizando e disciplinando o uso de água, através de diferentes instrumentos:
    - Planeamento;
    - Licenciamento de utilização dos recursos hídricos;
    - Taxas e mecanismos tarifários;
    - Normas de qualidade;

- Reavaliação de políticas de investimento nos sistemas de abastecimento e de saneamento, nomeadamente através da revisão de metas de atendimento, da ponderação da adoção de soluções de atendimento descentralizadas, da conjugação das necessidades de expansão da rede com as de manutenção da rede existente, e da consideração de estimativas mais atualizadas da população e das suas necessidades, no planeamento da expansão;
- Continuação e aprofundamento da aposta na regulação administrativa, independente do setor do abastecimento de água e do saneamento de águas residuais, garantindo mecanismos de gestão orçamental, financeira e recursos humanos necessários à sua execução;
- Promoção da eficiência ao nível da oferta e do consumo de água, considerando:
    - Eficiência dos sistemas (redução de perdas de água, aumento da eficiência energética, aproveitamento das águas pluviais);
    - Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água (abordagem à escassez e degradação dos recursos hídricos, comprometendo os diferentes setores e metas com a redução do consumo de água);
- Base ao reconhecimento do direito à água potável e ao saneamento de águas residuais como um direito humano essencial para o pleno gozo da vida e dos diferentes direitos humanos (plano internacional).

O Despacho n.º 4385/2015 refere a consideração do PENSAAR 2020 (na sequência do PEAASAR I, para o período 2000-2006, e do PEAASAR II, para o período 2007-2016) como um dos pilares da reestruturação do setor das águas, visando a garantia da continuidade, da universalidade, da qualidade e da sustentabilidade, na prestação dos serviços públicos de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais. Este despacho aprova a estratégia para o abastecimento de água e o saneamento de águas residuais, para Portugal continental no período 2014-2020, designada por "PENSAAR 2020 – Uma nova estratégia para o setor de abastecimento de águas e saneamento de águas residuais".
A medição da incerteza, de uma forma qualitativa ou quantitativa, possibilita a distinção entre metas (o que se pretende ambicionar), objetivos (o que se espera obter) e compromissos (níveis de contingência que devem ser adotados). A avalização da incerteza permite analisar a eficiência de diferentes opções, em termos de risco (Sousa, 2012).

Em seguimento do referido nos parágrafos anteriores, expressado por diferentes autores, realça-se a pertinência dos avanços científicos para o estudo de problemáticas relacionadas com as infraestruturas, as funções desempenhadas pela engenharia na sociedade, a abordagem à incerteza, entre outros. O conhecimento mais aprofundado da gestão do risco, das técnicas de análise de fiabilidade e dos emissários submarinos (componentes, funções e riscos) referem-se como contributos com benefícios para utilizadores, entidades gestoras e sociedade em geral.

O enquadramento concetual da gestão do risco apresenta-se com o propósito de integrar uma temática amplamente debatida no meio científico, associada a consensos difíceis de alcançar, mas com um elevado potencial, do ponto de vista da análise de diferentes sistemas e das suas componentes, designadamente na conceção, análise, otimização e operação. A análise de risco e fiabilidade relaciona-se mais com o cálculo probabilístico do risco, reunindo um conjunto de instrumentos e metodologias, que podem colocar-se ao dispor da gestão do risco e, consequentemente, apoiar a intervenção da engenharia na obtenção resultados que apoiem a tomada de decisão.

A caraterização dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, a abordagem ao ciclo urbano da água, o estudo da gestão patrimonial de infraestruturas hidráulicas, o enquadramento da gestão do risco e a análise da gestão técnica de infraestruturas hidráulicas realiza-se no sentido de elaborar um estado da arte abrangente, a complementar com mais informação, aplicável a casos de estudo de vária ordem.

2.2. CICLO URBANO DA ÁGUA

2.2.1. APONTAMENTO INTRODUTÓRIO

A existência de água na Terra refere-se como um fenómeno renovável, enquadrando-se esta renovação num ciclo ou trajetória cíclica da água através da biosfera, designado por "ciclo hidrológico" ou "ciclo da água" (Tentúgal-Valente, 2007). O ciclo hidrológico carateriza o movimento da água na natureza, apresentando como fonte de energia o Sol. A atividade antrópica interfere no ciclo hidrológico, dando origem a dois subciclos, o ciclo "industrial" da água e o ciclo "urbano" da água (Marques e Sousa, 2009).

O reconhecimento da importância associada a uma correta utilização da água para consumo humano, considerando os diferentes aspetos da intervenção antrópica em que esta constatação se deverá encontrar presente, traduzir-se em procedimentos a adotar na captação e distribuição de água em condições de potabilidade e, após a sua utilização, na recolha, no transporte e na devolução aos meios recetores. Este ciclo (captação, distribuição, recolha, transporte e devolução), designado como "ciclo urbano da água", representa uma parte "parcial" do ciclo hidrológico, no qual intervém mais acentuadamente o Homem (Tentúgal-Valente, 2007).

A qualidade da água, após a sua utilização, encontra-se, em grande parte dos casos, degradada, revelando-se necessário tratamento para que a sua devolução às reservas naturais se processe em condições satisfatórias. Refere-se que, em determinadas ocasiões, o tratamento, pode executar-se a um grau que permita a reutilização da água. Noutras circunstâncias pode não ser necessário tratamento prévio. A utilização da água para consumo humano indica-se como uma de diversas hipóteses, salientando-se que a gestão dos recursos hídricos procura uma adequada integração de um ou mais ciclos de utilização da água no ciclo hidrológico (Tentúgal-Valente, 2007).

A qualidade da água a garantir encontra-se dependente da utilização pretendida (*p.ex.* rega, produção de energia, abastecimento industrial, arrefecimento, abastecimento urbano, transporte e depuração de águas residuais e de resíduos urbanos, navegação, recreio, manutenção da vida aquática, manutenção da vida animal e vegetal não aquática), salientando-se que esta utilização se deve verificar satisfazendo as exigências de saúde pública e a manutenção da qualidade e da quantidade de água nas reservas naturais (Tentúgal-Valente, 2007).

A gestão integrada dos recursos hídricos revela-se uma necessidade originada pela complexidade das interações entre os diversos usos da água e as consequências sociais, económicas e ambientais deles decorrentes. Pode afirmar-se que a gestão integrada da água procura, no presente e no futuro, a garantia da água para consumo doméstico e público, produção alimentar, desenvolvimento socioeconómico e conservação de ecossistemas aquáticos importantes, minimizando o potencial conflito resultante de abordagens setoriais (Hipólito e Vaz, 2011).

A gestão dos recursos hídricos integra a utilização destes recursos com o objetivo de obter o máximo benefício para a sociedade, garantindo a sustentabilidade das ações (Cunha *et al*., 1980). Os recursos hídricos ficam sob pressão devido à poluição em rios, lagos e zonas costeiras, derivado da descarga de volumes crescentes de efluentes domésticos e industriais, frequentemente com tratamento reduzido ou ausente (Hipólito e Vaz, 2011).

2.2.2. CICLO DA ÁGUA

2.2.2.1. Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico pode considerar-se formado por dois ramos, designadamente o ramo aéreo (evaporação, transporte das massas de água na atmosfera e precipitação) e o ramo terrestre (precipitação, evaporação direta do solo ou das superfícies líquidas, transpiração das plantas, infiltração, escoamento superficial) (Tentúgal-Valente, 2007).

A água que se evapora, essencialmente nos oceanos e mares, é transportada (sob a forma de nuvens) para os continentes. A evaporação ocorrida nas águas interiores (rios e lagos) e a evapotranspiração das plantas aumentam o teor de humidade da atmosfera, podendo ser precipitada sob a forma de chuva, neve ou granizo. As águas precipitadas podem escoar superficialmente, ser absorvidas pelas plantas, ser utilizadas pelos seres vivos, infiltrar-se no solo ou evaporar-se (Marques e Sousa, 2009).

2.2.2.2. Ciclo Industrial da Água

O ciclo industrial da água refere-se às utilizações da água relacionadas com a produção de energia elétrica (hidroeletricidade) e de arrefecimento em centrais térmicas e termonucleares, e às utilizações associadas à indústria e à agricultura. Relativamente às utilizações de água referidas, salientam-se os aspetos (Marques e Sousa, 2009):

- Produção de energia elétrica – utilizações em que não se verificam alterações significativas da qualidade da água nem perdas consideráveis;
- Indústria e agricultura – utilizações em que se verificam situações de maior expressão, no que se refere à perda de qualidade e de quantidade.

2.2.2.3. Ciclo Urbano da Água

O ciclo de utilização da água (ciclo urbano da água) refere-se a todas as etapas percorridas pela água, desde que é recolhida por um sistema de captação ou coleta de água, passando pela sua utilização (consumo), até à devolução ao meio hídrico recetor (Tentúgal-Valente, 2013). O conceito de "ciclo de utilização da água" tem adquirido uma relevância crescente no âmbito do "ciclo hidrológico". Um sistema através do qual se concretize um ciclo urbano da água exige, tendencialmente, custos sucessivamente mais elevados, principalmente dependentes de (Tentúgal-Valente, 2007):

- Aumento da procura de água;
- Aumento dos volumes de águas residuais.

As águas são captadas, subterrânea ou superficialmente, para posterior utilização pelas comunidades. No caso de a água não obedecer aos requisitos exigidos para a utilização, esta deverá ser sujeita a um tratamento ajustado numa Estação de Tratamento de Água (ETA). Numa fase posterior ao tratamento, a água é conduzida aos locais de utilização e, uma vez utilizada, a sua qualidade altera-se, dando origem às águas residuais. As caraterísticas das águas residuais (odor e aspeto) evidenciam a necessidade de as afastar das povoações, conduzindo-as, por intermédio de sistemas de coletores e emissários, aos meios recetores. Quando o meio recetor não apresenta a capacidade de deputação suficiente para reestabelecer a qualidade satisfatória às águas residuais, revela-se necessário que estas se conduzam a uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), onde recebem um tratamento adequado antes da rejeição ao meio recetor (Marques e Sousa, 2009).

No decorrer do ciclo urbano da água, representado esquematicamente na figura 2, a água transporta-se e transforma-se, através de diferentes órgãos e equipamentos que se integram, essencialmente, em dois sistemas (Tentúgal-Valente, 2007):

- Sistemas de Abastecimento de Água – constituídos pelos órgãos a montante da utilização, englobando a captação, o tratamento (quando necessário), o transporte, o armazenamento e a distribuição;
- Sistemas de Drenagem e Tratamento de Águas Residuais – constituídos pelos órgãos a jusante da utilização, englobando a recolha, o tratamento e a descarga no meio recetor.

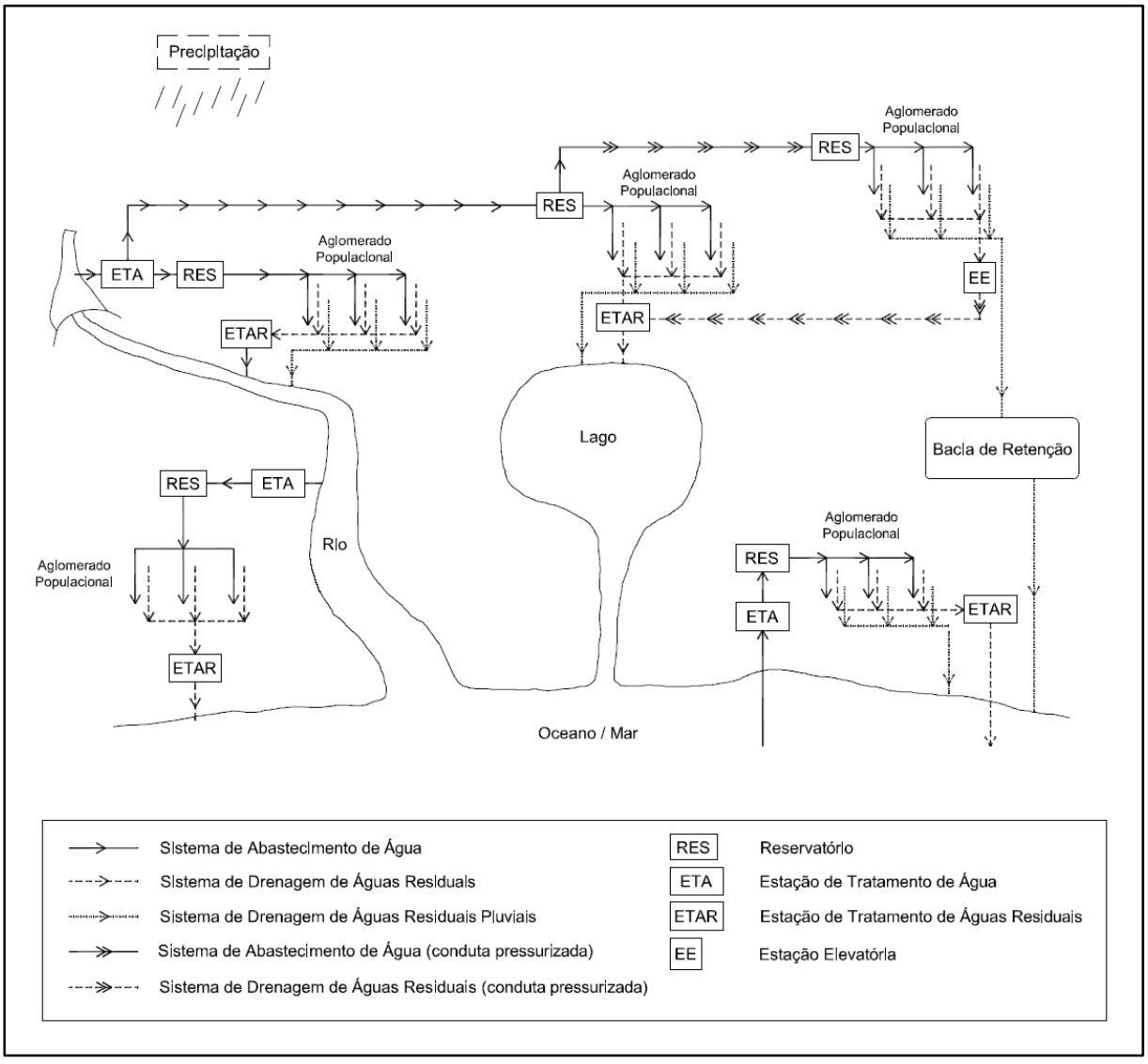


Fig. 2.1 – Representação esquemática do ciclo urbano da água (adaptado de Marques e Sousa, 2009)

Salienta-se que, de acordo com a tendência atual do tratamento de águas residuais, se poderá considerar, na fase de tratamento terciário, a possibilidade de reutilização de efluentes, em detrimento da sua descarga em meio recetor após o tratamento (Santos, 2019).

2.2.3. GESTÃO INTEGRADA DOS RECURSOS HÍDRICOS

2.2.3.1. Abordagem Geral

A gestão integrada dos recursos hídricos pode definir-se como um processo que promove o desenvolvimento socioeconómico e a gestão coordenada dos recursos hídricos, dos solos e outros relacionados, potenciando os benefícios económicos e sociais resultantes, de forma equitativa e sem pôr em causa a sustentabilidade de ecossistemas vitais (GWP, 2000, citado em Hipólito e Vaz, 2011). Identificam-se os principais objetivos da gestão integrada dos recursos hídricos (Correia, 2003b):0

- Garantir a água suficiente para satisfazer as diversas necessidades e adequar as necessidades às disponibilidades;
- Assegurar a proteção das sociedades de desastres naturais ou de origem antrópica, nomeadamente cheias, secas e poluição acidental, mitigando as consequências;
- Garantir, a longo prazo, as origens da água, preferencialmente através da preservação e melhoria da qualidade das massas de água e dos ecossistemas delas dependentes.

A consideração do valor da água em diversas vertentes (económica, social e ambiental) revela-se consensual, ainda que se identifiquem dificuldades na aplicação prática desse reconhecimento, que integra compromissos nem sempre fáceis de obter (Hipólito e Vaz, 2011). A figura 3 representa esquematicamente o equilíbrio entre disponibilidade e procura, enquadradas na gestão da água.

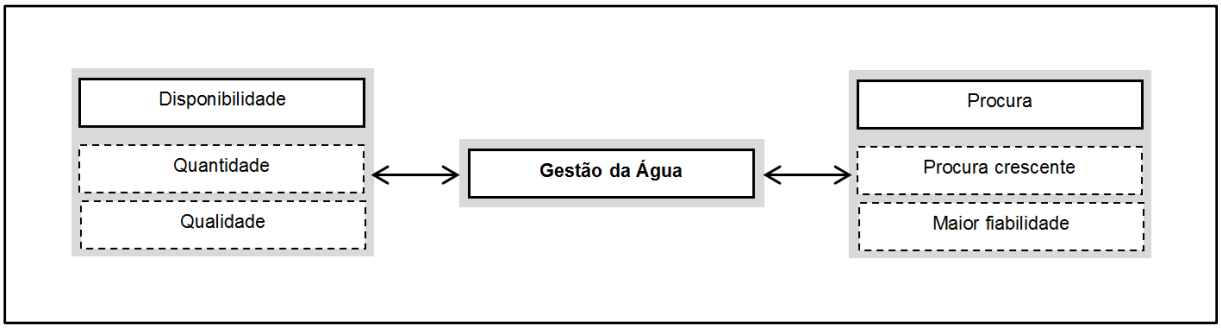


Fig. 2.2 – Equilíbrio entre a disponibilidade e a procura na gestão da água (adaptado de Hipólito e Vaz, 2011)

O princípio do utilizador-pagador aplica-se generalizadamente aos principais consumidores de água, nomeadamente ao consumo urbano (doméstico, público e comercial), ao consumo industrial e à irrigação, por intermédio de tarifas e taxas implementadas de acordo com as condições e legislação de cada país (Hipólito e Vaz, 2011).

2.2.3.2. Implementação da Gestão Integrada dos Recursos Hídricos

Refere-se que uma boa gestão dos recursos hídricos consiste, fundamentalmente, na garantia de um ajustamento permanente entre disponibilidades e necessidades, quantidade e qualidade, economia e aceitabilidade social, no espaço e no tempo, cumprindo, de forma adequada, as funções da água e dos ecossistemas dependentes (Correia, 2003b). A figura 4 representa esquematicamente a relação entre os conceitos de disponibilidade, procura e reserva ambiental.

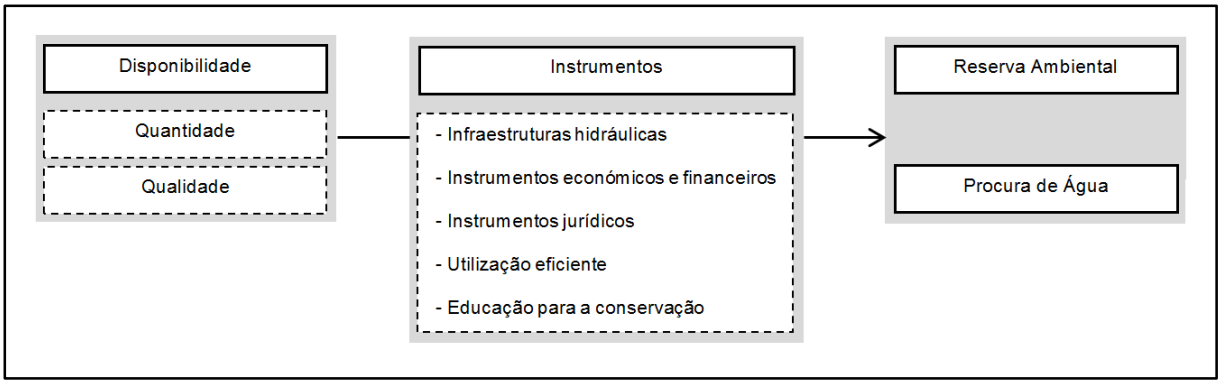


Fig. 2.3 – Disponibilidade de água, procura e reserva ambiental (adaptado de Hipólito e Vaz, 2011)

A integração considera-se um conceito-chave subjacente à Diretiva-Quadro da Água, explicitando-se as suas diferentes dimensões (Correia, 2003a):

- Integração de todos os recursos hídricos considerados de forma conjunta à escala da bacia hidrográfica:
  - Águas superficiais;
  - Águas subterrâneas;
  - Zonas húmidas;
  - Recursos hídricos costeiros;
- Integração dos objetivos ambientais de proteção de ecossistemas aquáticos de elevado valor, garantindo um bom estado de todas as águas:
  - Integração das várias utilizações e funções da água (saúde e consumo humano, ambiente, setores económicos, transporte e lazer);
  - Integração das diversas áreas e conhecimentos (hidrologia, hidráulica, engenharia civil, ecologia, química, biologia, geologia, ciência do solo, economia, direito, sociologia);
- Integração da legislação da água, constituindo um quadro comum e coerente a nível regional, nacional e internacional;
- Integração dos aspetos de gestão e ecológicos relevantes para o planeamento sustentável das bacias hidrográficas, considerando a proteção e prevenção de cheias;
- Integração de um vasto leque de medidas:
  - Estruturais;
  - Exploração de infraestruturas;
  - Económicas e financeiras;
  - Legislativas e regulamentares;
  - Desenvolvimento institucional;
- Integração das diferentes partes interessadas e da sociedade nos processos de análise e decisão:
  - Integração dos diversos níveis de decisão respeitantes aos recursos hídricos (local, regional, nacional);
- Integração da gestão da água de diferentes estados em bacias hidrográficas partilhadas.

A figura 2.4 representa esquematicamente as dimensões da gestão integrada dos recursos hídricos.

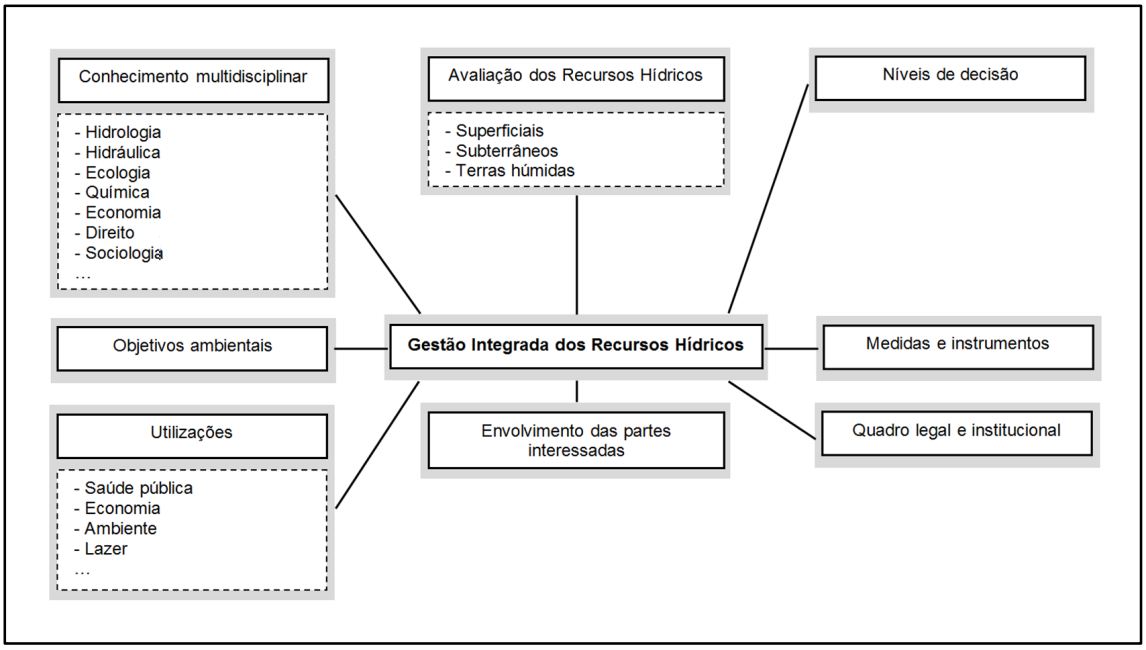


Fig. 2.4 – Representação esquemática das dimensões da gestão integrada dos recursos hídricos (adaptado de Hipólito e Vaz, 2011)

A gestão integrada dos recursos hídricos materializa-se através da execução de um conjunto de funções essenciais, que se relacionam com objetivos a atingir e que resultam da política de águas de cada país. Os recursos humanos, materiais e financeiros disponíveis, bem como o quadro legal e institucional em que a gestão se insere, devem ser tidos em conta (Hipólito e Vaz, 2011). Identificam-se as principais funções da gestão integrada de recursos hídricos (GWP, 2009, citado em Hipólito e Vaz, 2011):

- Monitorização dos recursos hídricos;
- Controlo da poluição;
- Atribuição de direitos de utilização da água e caudais ecológicos;
- Gestão de cheias e secas;
- Gestão económica;
- Gestão da informação;
- Envolvimento das partes interessadas;
- Planeamento dos recursos hídricos.

A figura 2.5 representa esquematicamente um modelo de otimização.

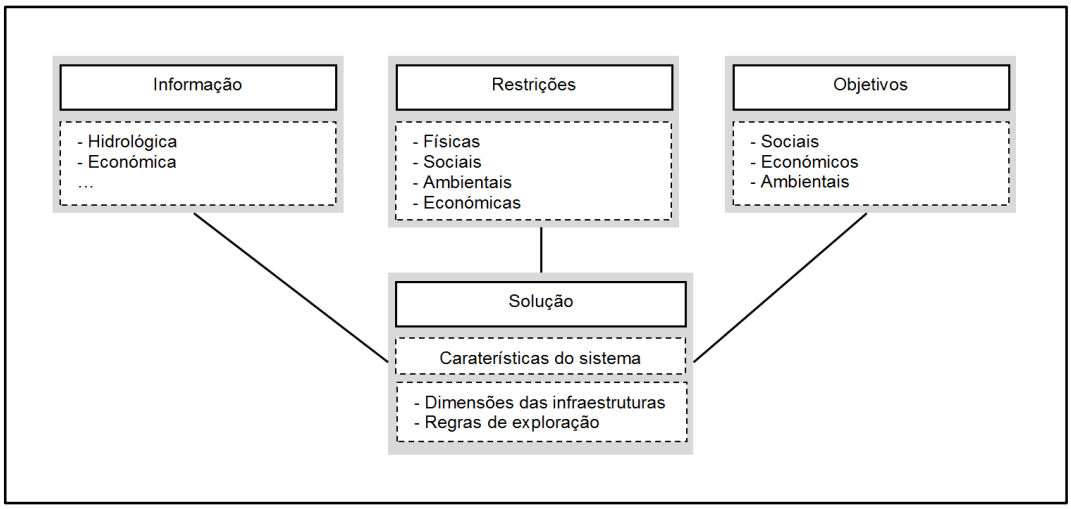


Fig. 2.5 – Representação esquemática de um modelo de otimização (adaptado de Hipólito e Vaz, 2011)

2.2.3.3. Uso Eficiente da Água

A implementação de procedimentos ou tecnologias que promovam o uso eficiente da água, não condicionando a eficácia, designa-se por "medida de uso eficiente da água". Relativamente ao uso urbano, as medidas agrupam-se nos níveis descritos seguidamente (Almeida *et al.*, 2006):

- Sistemas públicos;
- Sistemas prediais e instalações coletivas;
- Dispositivos de instalações residenciais, coletivas e similares;
- Usos exteriores.

No que diz respeito às medidas associadas a sistemas públicos, referem-se as medidas direcionadas para o sistema de abastecimento e, de forma mais indireta, para o sistema público de águas residuais. Referem-se algumas medidas ao nível dos sistemas públicos (Almeida *et al.*, 2006):

- Otimização de oportunidades e procedimentos para o uso eficiente da água;
- Redução de pressões no sistema de abastecimento;
- Utilização de tarifas adequadas;
- Aproveitamento de águas residuais urbanas tratadas;
- Redução de perdas no sistema de abastecimento.

A tabela 2.1 sistematiza a viabilidade da otimização de procedimentos e oportunidades para o uso eficiente da água.

Tabela 2.1 – Viabilidade da otimização de procedimentos e oportunidades para o uso eficiente da água (adaptado de Almeida *et al.*, 2006)

Potencial de Redução	Variável de acordo com o caso, derivado da diversidade de situações em que é aplicável e dos diferentes potenciais de redução que pode proporcionar.
Vantagens	Potencial redução nos consumos de água, do volume de águas residuais geradas e dos consumos energéticos. Imagem de desempenho ambiental adequado.
Desvantagens	Eventual investimento significativo. Dificuldades funcionais associadas a alterações operacionais dos sistemas, relacionadas com a implementação das medidas.
Implementação	Sem dificuldade de aplicação.

Os consumidores, através de intervenções realizadas nos sistemas prediais, de hábitos e de comportamentos, podem desempenhar um papel importante, com benefício para as diferentes formas de vida dependentes da água. Referem-se diversas questões que motivam a gestão criteriosa da água (Rossa, 2006):

- Incremento da eficiência – corresponde à redução dos caudais captados, salvaguardando a segurança do abastecimento e dos recursos;
- Interesse económico – potencia a poupança de água;
- Competitividade empresarial – aumenta a competitividade das empresas nos mercados nacional e internacional;
- Racionalidade de investimentos – Minimização da necessidade de ampliação e de expansão dos sistemas de captação e de tratamento de água;
- Enquadramento no âmbito da Directiva-Quadro da Água.

2.2.3.4. Medidas de Uso Eficiente da Água Aplicáveis no Setor Urbano

As medidas de uso eficiente da água caraterizam-se pela implementação de tecnologias ou pela adoção de práticas que resultem num uso eficiente da água, sem afetar a eficácia. Sistematizam-se as medidas aplicáveis ao uso urbano, agrupadas em três níveis (Almeida *et al.*, 2006):

- Sistemas públicos – Medidas associadas aos sistemas de abastecimento de água e, mais indiretamente, aos sistemas de drenagem de águas residuais:
    - Otimização de procedimentos e de oportunidades para o uso eficiente da água;
    - Redução de pressões nos sistemas de abastecimento de água;
    - Utilização de sistemas tarifários adequados;
    - Utilização de águas residuais urbanas tratadas;
    - Redução de perdas de água nos sistemas de abastecimento de água;
- Sistemas prediais e instalações coletivas – Medidas associadas aos sistemas prediais de distribuição de água aos edifícios ou instalações e aos sistemas prediais de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais:
    - Redução de pressões nos sistemas prediais de distribuição de água;
    - Isolamento térmico dos sistemas de distribuição de água quente;
    - Reutilização ou utilização de água de qualidade inferior;

    - Redução de perdas de água nos sistemas prediais de distribuição de água;
- Dispositivos em instalações residenciais, coletivas e similares – Medidas associadas à adequação de utilização e/ou substituição e/ou adaptação e/ou redução de perdas de diferentes dispositivos:
    - Autoclismos;
    - Chuveiros;
    - Torneiras;
    - Urinóis;
    - Máquinas de lavar roupa;
    - Máquinas de lavar louça;
    - Sistemas de aquecimento e refrigeração de ar;
- Usos exteriores – Medidas associadas à adequação de utilização e/ou substituição e/ou adaptação e/ou redução de perdas de diferentes dispositivos utilizados em:
    - Jardins e similares;
    - Campos desportivos, campos de golfe e outros espaços verdes de recreio;
    - Lavagem de pavimentos;
    - Piscinas, lagos e espelhos de água;
    - Lavagem de veículos.

2.3. SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

2.3.1. APONTAMENTO INTRODUTÓRIO

A água identifica-se como o principal elemento para a sobrevivência dos seres vivos, salientando-se que a sua disponibilidade em quantidade e em qualidade adequadas influencia, de forma preponderante, a qualidade de vida. A importância da água define-se pelos seus atributos de recurso de utilizações múltiplas, constituindo um elemento fundamental para a manutenção da vida e do abastecimento urbano. (Sigiliano, 2005).

Cerca de dois terços do escoamento superficial de água acontece em regime de cheia, ocorrendo uma distribuição temporal assimétrica do escoamento, face às necessidades. A circulação geral de massas de ar e a sua distribuição geográfica provocam assimetrias espaciais. Portugal pode definir-se como um país com recursos hídricos importantes, desfasados das necessidades, temporal e geograficamente. Por razões de saúde pública, imperativos legais e consciência crescente de exigência dos cidadãos, a garantia de qualidade dos sistemas de abastecimento de água, nas sociedades modernas, refere-se como uma necessidade fundamental. As questões de ordem económica assumem-se de particular importância, devendo a água ser distribuída em quantidade e em qualidade adequadas, com o menor custo possível (Marques e Sousa, 2009).

A crescente urbanização e os desenvolvimentos industriais e tecnológicos, ocorridos essencialmente na segunda metade de século XX, potenciaram alterações significativas nos padrões de vida das sociedades, verificando-se um continuado aumento da procura de água e o lançamento de quantidades, cada vez mais elevadas, de resíduos no ambiente (Vieira, 2003). A procura de água carateriza-se pelo volume de água por unidade de tempo estimado para a concretização dos consumos futuros (Bau, 1983). A construção, as dimensões e o tipo de órgãos de abastecimento encontram-se associados aos volumes previstos para os consumos, num determinado horizonte de projeto, incluindo as perdas de água (Loureiro, 2012). O conhecimento da função procura de água encontra-se na base de uma atuação

eficiente das autoridades responsáveis pelo fornecimento de água, das autoridades ambientais e das autoridades responsáveis pela regulação económica (Martins e Fortunato, 2004).

O consumo de água representa o volume de água por unidades de tempo que se consome nos diferentes pontos de uma rede de abastecimento, designando-se por consumo urbano. O Decreto Regulamentar 23/95 divide o consumo urbano em diversas categorias (doméstico, comercial, industrial e similares, público e perdas reais). As entidades gestoras dos sistemas de abastecimento de água utilizam categorias de consumo adequadas à sua faturação, referindo-se que a falta de uniformização de categorias constitui um entrave à realização de estudos relacionados com as ineficiências dos sistemas (Dias *et al.*, 2006, Dias *et al.*, 2007).

O conhecimento dos padrões de consumo em áreas de caraterísticas distintas e a sua influência nas infraestruturas da rede, designadamente nos reservatórios, podem referir-se como uma ferramenta importante na gestão dos sistemas de abastecimento de água. Do ponto de vista da engenharia, a abordagem dos consumos de água deve ser rigorosa, sistemática e direcionada para a realidade das infraestruturas que integram os sistemas de abastecimento (Cardoso-Gonçalves, 2014).

A gestão adequada dos recursos hídricos disponíveis encontra-se associada à adoção de medidas direcionadas para a racionalização dos consumos. A adoção de tarifários mais realistas, que possibilitem o abrandamento de consumos exagerados, pode apontar-se como uma intervenção com um impacto relevante ao nível dos consumos domésticos. A adequação da produção às condições que se verificam em cada local poderá representar uma intervenção ao nível dos consumos da indústria e da agricultura, que constituem a maior parcela de água consumida (Marques e Sousa, 2009).

O Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais, PEAASAR II 2007-2013 (MAOTDR, 2007), define como objetivos a maior articulação entre os sistemas de produção, de transporte e de armazenamento e os sistemas de distribuição de água, e a redução de perdas, constituindo as principais linhas orientadoras da potencialização da eficiência nos sistemas de abastecimento de água (Cardoso-Gonçalves, 2014).

A eficiência do setor encontra-se dependente de medidas proativas que se implementam diariamente, salientando-se que uma boa política de gestão, combinada com uma adequada aplicação das técnicas mais eficazes, representa a chave do sucesso deste processo. As estratégias adotadas que registam bons níveis de eficiência encontram-se diretamente relacionadas com os resultados práticos obtidos a curto, a médio e a longo prazo. Refere-se que os resultados positivos associados às perdas de água em sistemas de abastecimento são proporcionais às poupanças económico-financeiras, refletindo-se na boa prática de tarifas e na qualidade do serviço prestado, de acordo com a satisfação dos consumidores (Oliveira, 2013).

A gestão eficiente dos sistemas de distribuição de água e o potencial associado aos sistemas de telemetria, como geradores de dados de consumo, constituem desafios relacionados com o conhecimento mais aprofundado dos consumos urbanos, particularmente do consumo doméstico. A utilização destes dados em usos de engenharia representa um caminho a percorrer, pela exigência que os referidos usos requerem dos dados recolhidos (Loureiro, 2012).

Da captação em linhas de água até ao momento em que é consumida, a água transforma-se e encontra-se sujeita a diversos processos de tratamento e transporte. No decorrer destes processos, parte da água perde-se, não chegando ao consumidor final e não sendo faturada pela entidade responsável pela sua gestão (entidade gestora), nem aproveitada para outras utilizações autorizadas. Constata-se que uma parte da água é completamente desperdiçada, podendo representar mais de 50% da água entrada no sistema. Constata-se que a redução de perdas de água reais se encontra, cada vez mais, nas prioridades

das entidades gestoras, no sentido de a tornar máxima, baixando a água não faturada. O aumento de eficiência das entidades gestoras possibilita uma atenuação das tarifas em vigor. A redução de perdas favorece a qualidade do serviço e a credibilidade da entidade gestora, enquanto entidade de referência no setor (Oliveira, 2013).

As matérias contidas na água, suspensas ou em solução, podem ser inofensivas, benéficas, necessárias ou prejudiciais. A nocividade varia de acordo com a qualidade e a quantidade de diversos constituintes, podendo causar doenças quando se trata de água de abastecimento. Relativamente à água destinada ao consumo humano, sistematizam-se as propriedades necessárias, em termos qualitativos (Tentúgal-Valente, 2007):

- Ausência de substâncias químicas tóxicas;
- Ausência de microrganismos e vírus causadores de doenças;
- Valores reduzidos para cor, turvação, sólidos suspensos, odor e sabor;
- Corrosão mínima para os materiais;
- Reduzida tendência para incrustações nas condutas e noutras componentes dos sistemas;
- Reduzidos teores em substâncias causadoras de manchas (*p.ex.* ferro e manganês).

A definição decorrente de água potável não se baseia em dados precisos da sua composição, mas na sua inocuidade para o Homem, e nas caraterísticas benéficas que apresenta nas utilizações diretamente relacionadas com a vida doméstica. Define-se como uma água límpida, incolor, inodora, arejada, cozendo bem os alimentos, isenta de matéria orgânica, de substâncias tóxicas ao organismo e de germes patogénicos. A garantia de qualidade da água que se destina ao consumo humano corresponde a assegurar que todos os parâmetros indesejáveis, tóxicos e perigosos se encontrem dentro dos limites definidos pela lei, reconhecendo-se que estes limites, em determinados casos, não se estabeleceram com base em implicações para a saúde pública, mas sim em reclamações dos consumidores (Tentúgal-Valente, 2007).

O abastecimento de água aos aglomerados populacionais apoia-se em infraestruturas que devem ser geridas atendendo a critérios de eficiência que requerem um conhecimento aprofundado dos sistemas de abastecimento de água e das solicitações a que se encontram sujeitos. A caraterização dos consumos, o controlo das perdas de água, a incorporação dos avanços tecnológicos, a presente disponibilidade de dados e a qualidade da água identificam-se como algumas das questões que devem ser observadas pela comunidade científica, pelas entidades reguladoras e pelas entidades gestoras, no sentido de otimizar o serviço prestado aos consumidores, com benefícios económico-financeiros e sociais.

2.3.2. Tipificação e Constituição dos Sistemas

2.3.2.1. Tipos de Sistemas de Distribuição de Água

Os sistemas de distribuição de água, também designados por redes de distribuição de água, referem-se a uma parte dos sistemas de abastecimento de água, constituídos pelo conjunto de condutas e pelos elementos especiais, que asseguram, como um todo, o transporte e a distribuição desde os reservatórios de distribuição até aos utilizadores, em pressões e quantidades ajustadas. Relativamente às redes de distribuição de água, consideram-se as condutas principais, localizadas preferencialmente na proximidade de edifícios que exijam maior grau de proteção contra incêndio, ou junto a blocos de consumos mais significativos, e as condutas secundárias (Marques e Sousa, 2009).

As redes de distribuição de águas, relativamente ao traçado em planta (figura 2.6), podem classificar-se em ramificadas, emalhadas (reticuladas) ou mistas, identificando-se, como casos especiais, as redes por

andares e as redes com diferentes finalidades. Sistematizam-se os diferentes tipos de redes de distribuição de água (Marques e Sousa, 2009):

- Redes ramificadas – Caraterizam-se pelo facto de o escoamento ser bem definido e de o caudal em de cada troço apenas ser função dos consumos de jusante;
- Redes emalhadas – Caraterizam-se pelo facto de as ligações entre as condutas formarem circuitos fechados (malhas), podendo a alimentação das condutas ser efetuada pelos dois extremos, possibilitando a inversão do sentido do escoamento;
- Redes mistas – Caraterizam-se pelo facto de serem formadas pela junção dos dois tipos de redes anteriores, formando malhas nas condutas principais e ramificações nas condutas secundárias;
- Redes por andares – Caraterizam-se pelo facto de se subdividirem em zonas independentes, designadas por andares de distribuição, sensivelmente delimitadas por curvas de nível;
- Redes distintas para diferentes finalidades – Caraterizam-se pelo facto de a distribuição de água se efetuar de forma distinta, de acordo com o fim a que se destina (*p.ex.* rede de água potável, rede de águas industriais, rede de água para combate a incêndios, rede de água para rega).

A opção pelo tipo de rede a adotar (traçado em planta), em cada caso particular, carece de uma análise prévia das vantagens e dos inconvenientes de cada um deles, que se sistematizam, de acordo com o tipo de rede:

- Redes ramificadas (Tentúgal-Valente, 2004):
  - Vantagens – maior economia relativamente a investimento inicial (menor extensão de tubagem);
  - Inconvenientes – reduzida maleabilidade (em caso de rotura, a distribuição encontra-se inviabilizada em toda a rede a jusante) e aparecimento de zonas praticamente estagnadas (extremidades a jusante);
- Redes emalhadas (Tentúgal-Valente, 2004):
  - Vantagens – otimização da exploração (os inconvenientes referidos para as redes ramificadas desaparecem com a possibilidade de alimentação da rede segundo dois sentidos de escoamento);
  - Inconvenientes – maior custo de investimento inicial;
- Redes mistas (Marques e Sousa, 2009):
  - Vantagens: considera-se o tipo de rede de distribuição de água mais racional, formando malhas nas condutas principais e ramificações nas condutas secundárias, e permitindo que se tire partido das vantagens de cada um dos sistemas;
  - Inconvenientes – a junção dos tipos de redes ramificadas e mistas pode evitar, consideravelmente, os inconvenientes de cada uma delas quando implementadas separadamente.

As redes com andares surgem da necessidade de limitar os valores das pressões máximas de serviço, referindo-se que pode ser necessário, pelo menos em zonas acidentadas, subdividir a rede, aproximadamente de acordo com as curvas de nível, em trechos independentes que se designam por "andares de distribuição" (*p.ex.* rede de zona alta, rede intermédia, rede de zona baixa) (Tentúgal-Valente, 2004).

Nas redes distintas para diferentes finalidades, definem-se diferentes origens de água, consoante a sua utilização (água potável para consumos domésticos e água não potável para consumos industriais, rega, limpeza de ruas, entre outras). Neste tipo de redes, embora se reconheça que se pode reduzir o volume de água a tratar ou o recurso a origens de água de menor produtividade, realça-se os inconvenientes gravosos em termos sanitários e de custos. Em termos de saúde pública, refere-se a pertinência de

considerar as consequências associadas à utilização de águas não adequadas para fins domésticos (Tentúgal-Valente, 2004).

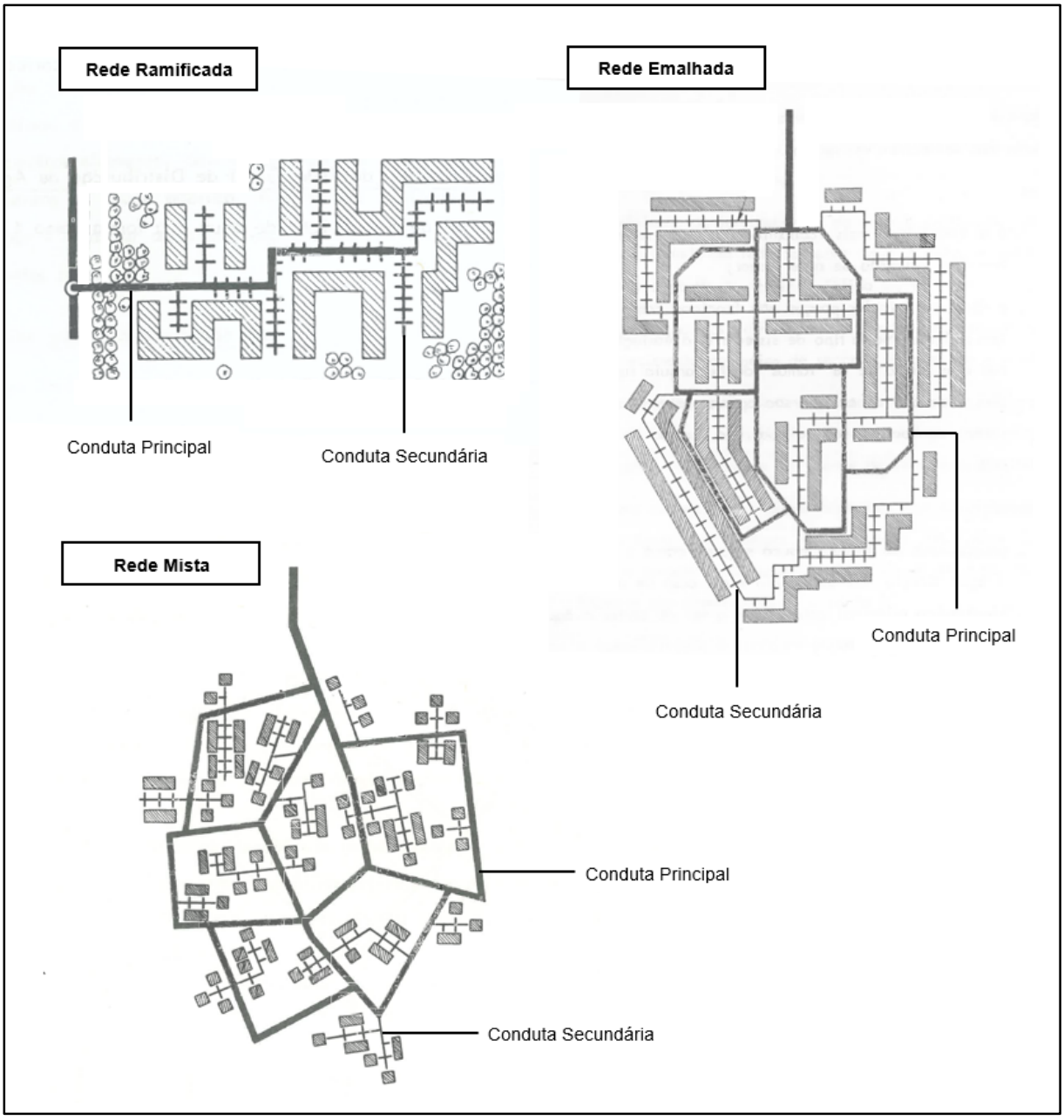


Fig. 2.6 – Representação esquemática dos tipos de redes de distribuição de água (adaptado de LNEC, 1988)

2.3.2.2. Componentes dos Sistemas de Abastecimento de Água

Os Sistemas de Abastecimento de Água são constituídos por diversas componentes, que se referem seguidamente (Sousa, 2001):

- Captações de água – obras de captação de água bruta nas origens (superficiais ou subterrâneas), de acordo com as disponibilidades e com as necessidades;
- Estações elevatórias e sobrepressoras – instalações de bombeamento de água (bruta ou tratada);
- Adutoras, aquedutos e canais – obras destinadas ao transporte de água desde a origem até à distribuição em diferentes regimes:
    - Em pressão – adutoras (por gravidade ou por bombagem);
    - Em superfície livre – aquedutos ou canais;
- Estações de tratamento de água (ETA) – instalações que se destinam à produção de água potável a partir de água bruta, mediante processos físicos, químicos e biológicos. Indicam-se, de acordo com a origem da água, as principais etapas do processo de tratamento:
    - Águas superficiais – correntemente o tratamento engloba estações de:
        - Coagulação;
        - Clarificação;
        - Filtração;
        - Correção química;
        - Depuração;
    - Águas subterrâneas – muitas vezes o tratamento limita-se a:
        - Correção química ou desinfeção;
- Reservatórios – componentes destinadas ao armazenamento de água, dando cumprimento a diversas funções, designadamente:
    - Regularização – compensar flutuações de consumo, face à adução;
    - Reserva de emergência – combater incêndios ou interrupção voluntária ou acidental do sistema a montante;
    - Equilíbrio de pressões – equilibrar as pressões no sistema de distribuição;
    - Regularização de bombagens – regularizar o funcionamento das bombagens;
- Rede de distribuição de água – tubagens e elementos acessórios destinados à distribuição de água. Indicam-se os elementos acessórios:
    - Juntas;
    - Válvulas de seccionamento;
    - Válvulas de descarga;
    - Válvulas redutoras de pressão;
    - Ventosas;
    - Bocas de rega e lavagem;
    - Hidrantes;
    - Instrumentação (*p.ex.* medição de caudal);
- Ramais de ligação – ligações domiciliárias que asseguram o abastecimento predial de água, a partir da infraestrutura até ao limite da propriedade a servir, em condições adequadas de caudal e de pressão;
- Redes interiores dos edifícios – tubagens e elementos acessórios para distribuição de água no interior dos edifícios;

2.4. SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS

2.4.1. APONTAMENTO INTRODUTÓRIO

A evolução demográfica verificada no decorrer da segunda metade do século XX, especialmente na década de 60, alavancou a edificação de complexos habitacionais e equipamentos coletivos, dando origem à construção e à expansão acelerada de infraestruturas de drenagem urbana (Matos, 2000).

O uso da água pelas comunidades tem como consequência a produção de águas residuais domésticas e industriais, sendo as caraterísticas destas expressivamente diferentes daquelas que apresentavam as águas que lhe deram origem. Verifica-se a necessidade da sua recolha e condução a um destino final. Os escoamentos superficiais, com origem na precipitação atmosférica, no caso de não se controlarem de forma adequada, podem provocar inundações com consequências gravosas para pessoas e bens (Marques e Sousa, 2009).

O crescimento urbano originou alterações acentuadas no ciclo hidrológico natural, criando, em aglomerados populacionais e na sua envolvente, constrangimentos ao desenvolvimento urbano e à qualidade de vida. Considera-se que a urbanização, que implica o crescimento da impermeabilização e a concentração de atividades humanas, torna necessária a alocação de meios adequados para o controlo de inundações (Marsalek *et al*., 1992, citado em Matos, 2000).

Apresentam-se, como consequências do aumento da população urbana, as inundações, com constrangimentos de maior ou menor grau e a poluição dos meios recetores, associada a riscos para a saúde pública, fauna, flora e consequentes impactes ambientais, sociais e económicos (Matos, 2000).

O crescimento urbano ocorre preferencialmente na periferia dos núcleos antigos, dotados de sistemas unitários que não apresentam capacidade de resposta para as solicitações resultantes da nova ocupação, provocando o aumento do risco de insuficiência das redes, de inundação e de descargas diretas de efluentes não tratados em menores. A migração das zonas rurais para as zonas urbanas, com tendência de crescimento, é abordada como uma agravante da situação referida (WMO, 1997).

A manutenção de sistemas unitários existentes e a utilização preferencial de sistemas de drenagem separativos nas áreas de expansão urbana revelam problemas associados ao facto de apenas uma parte das águas residuais domésticas e industriais ser sujeita a tratamento em fim de linha, com prejuízo para os meios recetores. No que diz respeito às áreas servidas predominantemente por sistemas de drenagem separativos, os problemas associados prendem-se com o facto de existirem ligações domésticas indevidas à rede pluvial e de a qualidade da água resultante de escorrências superficiais em meio urbano poder comprometer os meios recetores mais sensíveis (Matos, 2000).

As soluções tradicionais de drenagem linear, com a construção de infraestruturas enterradas com progressão para jusante, com redes de coletores e emissários com descargas no exterior da envolvente urbana, constituem uma prática generalizada com vantagens reconhecidas. O sucesso desta abordagem evidencia-se pela erradicação, nas zonas urbanas, de resíduos líquidos potenciadores de propagação de epidemias. A realidade descrita confronta-se com o crescimento de aglomerados e consequente pressão ambiental nos meios recetores, nas últimas décadas, que torna complexa e onerosa a problemática da gestão global do saneamento (Matos, 2003).

Os sistemas de drenagem de águas residuais domésticas do tipo separativo deparam-se com um problema que se designa por afluências indevidas. A existência de volumes de águas parasitas, interpretados como volumes adicionais e supervenientes aos efluentes domésticos e industriais, que são recolhidos pelas redes de drenagem do tipo separativo, refere-se como um fator negativo na exploração das mesmas, potenciando consequências do ponto de vista hidráulico, sanitário, ambiental, social e económico. Nos sistemas de drenagem de águas residuais unitários, embora as afluências se identifiquem como um transtorno, evidencia-se a necessidade da sua aceitabilidade, pela natureza deste tipo de sistemas (Tentúgal-Valente, 2013).

O aumento da assimetria sazonal das precipitações, associada às alterações climáticas, potencia riscos acrescidos de cheias e inundações. Os referidos riscos intensificam-se em zonas urbanas, associados às

alterações das condições de drenagem natural e às percentagens elevadas de áreas impermeabilizadas, com uma incidência particularmente agravada do ponto de vista dos prejuízos. As condições de risco agravam-se pela insuficiência e sobrecarga da rede de drenagem, pela obstrução e cobertura de troços de água e pela ocupação de leitos, margens e leitos de cheia, por construções. A adoção de medidas de caráter preventivo (controlo na origem das águas pluviais, reabilitação dos sistemas, controlo da poluição e sistemas simplificados de tratamento) surgem no sentido de atenuar os efeitos das inundações (Saraiva, 2008).

Os sistemas de drenagem de águas pluviais apresentam duas interfaces, uma com os utilizadores e outra com o meio ambiente em que se encontram implantados. Os sistemas, no caso de pequenos aglomerados populacionais, podem ser sistemas simples e constituídos por um conjunto de valetas e, no caso de grandes aglomerados populacionais, caraterizarem-se por sistemas complexos de canalizações e equipamentos acessórios, com custos de construção e exploração elevados (Lima *et al.*, 2013).

Relativamente aos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas, em pequenos aglomerados populacionais, principalmente em zonas rurais, consideram-se técnica e economicamente apropriados os sistemas individuais de drenagem. Estes sistemas são constituídos por uma fossa séptica para cada habitação, para a qual é drenado o efluente da rede predial, sendo posteriormente encaminhado para um sistema de descarga final, normalmente constituído por poços absorventes ou trincheiras filtrantes (Tentúgal-Valente, 2007).

Os ganhos relacionados com a implementação de um sistema de drenagem de águas pluviais revelam-se de difícil estimativa. Enumeram-se questões a atender (Lima *et al.*, 2013):

- Perdas de bens e serviços;
- Redução de doenças;
- Mortalidade relacionada com as inundações;
- Agravamento da qualidade de vida;
- Constrangimentos visuais na paisagem urbana.

Numa abordagem mais específica, relativamente a um sistema de drenagem de águas residuais pluviais de caraterísticas ajustadas, indicam-se alguns benefícios (Lima *et al.*, 2013):

- Redução das áreas inundadas;
- Proteção do tráfego rodoviário e terrestre;
- Abaixamento de gastos com manutenção de vias públicas e zonas adjacentes;
- Escoamento rápido das águas superficiais;
- Eliminação das águas estagnadas;
- Descida do nível freático;
- Redução da erosão hídrica do solo;
- Eventual reaproveitamento das águas pluviais;
- Aumento da resistência dos solos em zonas verdes (permitindo o trânsito de veículos)

2.4.2. Tipificação e Constituição dos Sistemas

2.4.2.1. Tipos de Sistemas de Drenagem de Águas Residuais

De acordo com a legislação portuguesa em vigor, os sistemas de drenagem de águas residuais podem classificar-se em unitários, separativos, mistos e separativos parciais ou pseudo-separativos (Decreto Regulamentar nº 23/95, 1995).

Carateriza-se, de forma sintética, cada um dos tipos de sistemas mencionados (Lima *et al.*, 2013):

- Sistemas Unitários – Constituídos por uma única rede de coletores para onde confluem águas residuais domésticas, industriais e pluviais. Recebem e drenam a generalidade das águas residuais;
- Sistemas Separativos – Constituídos por duas redes de drenagem, de naturezas distintas, que não se ligam entre si. A drenagem das águas residuais domésticas e industriais efetua-se por uma rede e a drenagem das águas residuais pluviais por outra;
- Sistemas Mistos – Constituídos pela conjugação de redes unitárias e separativas;
- Sistemas Separativos Parciais ou Pseudo-separativos – Constituídos por sistemas para os quais, por inexistência de coletores pluviais, se admite a ligação de águas provenientes de pátios interiores e terraços à rede de drenagem de águas residuais domésticas.

A escolha dos diferentes tipos de sistemas a utilizar tem sido alvo de diversas abordagens, optando-se, primeiramente, por sistemas do tipo unitário e, mais recentemente, do tipo separativo. As novas técnicas de reabilitação de tubagens reabriram a discussão, introduzindo uma variável importante: maximizar o aproveitamento das redes existentes. A escolha do tipo de sistema condiciona-se por diferentes fatores (Lima *et al*., 2013).

No que diz respeito a aspetos regulamentares, indica-se que, de acordo com a legislação portuguesa atualmente em vigor, as redes de drenagem de águas residuais de sistemas novos devem ser do tipo separativo (Decreto Regulamentar nº 23/95, 1995).

2.4.2.2. Componentes dos Sistemas de Drenagem de Águas Residuais

Os órgãos que constituem os Sistemas de Drenagem de Águas Residuais abordam-se, separadamente, para os Sistemas de Drenagem de Águas Residuais Domésticas e para os Sistemas de Drenagem de Águas Residuais Pluviais. No que diz respeito aos Sistemas de Drenagem de Águas Residuais Domésticas, referem-se (Marques e Sousa, 2009):

- Ramais de Ligação – tubagens para condução das águas residuais domésticas provenientes dos sistemas privativos até às infraestruturas;
- Coletores, intercetores e emissários – tubagens para a condução das águas residuais;
- Órgãos Acessórios:
    - Câmaras de visita – permitem a inspeção e limpeza dos coletores;
    - Câmaras de corrente de varrer – apresentam como objetivo a remoção dos sedimentos depositados nas tubagens cujos caudais escoados são pouco significativos (cabeceiras);
    - Descarregadores de tempestade – destinam-se a descarregar caudais, em pontos selecionados, para não sobrecarregar os coletores de jusante ou a ETAR;
    - Sifões invertidos – são canalizações rebaixadas, com escoamento sob pressão, para realizar travessias sob obstáculos que impeçam a passagem da canalização em linha reta;
    - Instalações elevatórias – utilizadas para vencer perfis ascendentes ou contornar profundidades excessivas dos coletores, permitem receber a água residual afluente, aplicar-lhe um tratamento e incrementar a sua energia mecânica total.

Os Sistemas de Drenagem de Águas Pluviais são constituídos por redes de coletores, órgãos acessórios, órgãos especiais e instalações complementares. Abordam-se as diferentes componentes (Lima *et al*., 2013):

- Rede de Coletores – tubagens para a condução de águas residuais pluviais, desde os dispositivos de entrada até ao destino final;
- Órgãos Acessórios:
    - Dispositivos de entrada - sarjetas e sumidouros;
    - Câmaras de visita - permitem o acesso aos coletores, para manutenção e limpeza;
- Órgãos especiais e instalações complementares:
    - Desarenadores – potenciam a deposição de materiais granulares;
    - Bacias de retenção – são estruturas de regulação de caudais pluviais;
    - Bacias de detenção – são estruturas de regulação de caudais pluviais, com água em permanência;
    - Câmaras de infiltração ou drenantes – possibilitam a retenção e a infiltração de água pluvial;
    - Instalações elevatórias – permitem o transporte de água para cotas mais elevadas;
    - Descarregadores de tempestade – viabilizam a descarga dos caudais em excesso, face à capacidade das infraestruturas de jusante.

2.4.2.3. Estações de Tratamento de Águas Residuais

As estações de tratamento de águas residuais (ETAR) podem apresentar dimensões e graus de complexidade muito variáveis, de acordo com a dimensão dos aglomerados e as exigências relacionadas com as caraterísticas do efluente final. Distinguem-se em duas tipologias, designadamente as que se destinam ao tratamento de (Tentúgal-Valente, 2007):

- Águas residuais urbanas (natureza predominantemente doméstica) – Depuram efluentes orgânicos, combatendo, sobretudo, a poluição orgânica e microbiana;
- Águas residuais industriais – Dispõem de tratamento biológico ou químico, de acordo com as caraterísticas do efluente e tratar.

As águas residuais são constituídas, essencialmente, por água que transporta diferentes tipos de substâncias, nomeadamente (Tentúgal-Valente, 2007):

- Sólidos em suspensão sedimentáveis;
- Líquidos não miscíveis (*p.ex.* óleos);
- Sólidos em suspensão não sedimentáveis;
- Substâncias não dissolvidas.

No que diz respeito às estações de tratamento (ETAR) de águas residuais urbanas destaca-se que estas apresentam, como órgãos fundamentais, os dispositivos de tratamento biológico, que tiram partido da atividade bacteriana, para transformar as matérias poluidoras em compostos inócuos e estáveis. Por isso, refere-se a importância de evitar o lançamento, nas redes de drenagem de águas residuais, de substâncias que destruam a vida das bactérias, como desinfetantes em excesso ou produtos químicos nocivos (*p.ex.* cianetos, ácidos), que impossibilitam o tratamento biológico (Tentúgal-Valente, 2007).

Geralmente, as estações de tratamento de águas residuais urbanas integram, na sua fase líquida, diversos dispositivos de tratamento, que se distinguem seguidamente, de acordo com o tipo de tratamento em que se inserem (Tentúgal-Valente, 2007 e Santos, 2019):

- Pré-Tratamento e Tratamento primário – dispositivos de tratamento físico:
    - Orgãos de equalização;
    - Grades e tamisadores;

  - Desarenadores;
  - Desengorduradores;
  - Sedimentadores;
- Tratamento secundário – dispositivos de tratamento biológico:
  - Leitos percoladores;
  - Tanques de lamas ativadas ou de arejamento prolongado;
- Tratamento terciário – dispositivos que assegurem um tratamento que responda a exigências de qualidade superior do efluente, adequadas aos locais de descarga, através de, por exemplo:
  - Coagulação e decantação;
  - Microtamisação;
  - Orgãos de desinfeção final.

Em aglomerados populacionais de muito pequena dimensão ou em edifícios isolados, indica-se que são raros os casos em que se se utilizam os processos de tratamento anteriormente referidos, optando-se por processos simples, como a implementação de uma fossa sética, que recebe as águas residuais domésticas, providenciando-lhes um tratamento físico (sedimentação das substâncias mais densas e ascensão das substâncias menos densas) e um tratamento biológico de fermentação anaeróbia, em que se deverá atingir um ciclo de metano. O efluente da fossa sética, geralmente, infiltra-se no terreno através de poços ou valas drenantes, onde o efluente sofre um tratamento aeróbio final. Salienta-se que deve existir particular precaução na eliminação final do efluente, para se evitar a contaminação de aquíferos subterrâneos (Tentúgal-Valente, 2007).

2.4.3. EMISSÁRIOS SUBMARINOS

2.4.3.1. Abordagem Geral

A zona costeira apresenta uma importância de caráter estratégico a nível ambiental, económico e social. As Bases da Estratégia de Gestão Integrada da Zona Costeira correspondem a uma visão de zona costeira como um território contínuo e estratégico no desenvolvimento nacional, integrando os objetivos (Veloso Gomes *et al.*, 2007):

- Cooperação internacional e integração comunitária;
- Reforço e promoção da articulação institucional;
- Conservação de recursos e património natural e paisagístico;
- Qualificação da zona costeira e desenvolvimento sustentável de atividades e usos específicos;
- Minimização de situações de risco e impactos ambientais, sociais e económicos;
- Conceção de políticas operacionais integradas, com base em previsões a médio/longo prazo;
- Promoção do conhecimento e participação pública;
- Avaliação integrada de políticas e instrumentos de gestão da zona costeira.

A descarga de efluentes residuais previamente tratados no oceano identifica-se como uma prática corrente em diversas cidades costeiras, constituindo uma solução competitiva que, quando corretamente projetada, apresenta resultados relevantes do ponto de vista económico e ambiental. A descarga de efluentes efetuou-se, no passado, de forma não controlada e, em diversas circunstâncias, sem recurso a qualquer tipo de tratamento, em zonas costeiras e cursos de água. Os aglomerados urbanos, dimensão mais reduzida, percecionavam uma capacidade de "autolimpeza" do meio recetor, atualmente designada por capacidade autodepurativa do meio hídrico. A urbanização e o crescimento populacional das cidades

determinaram um aumento significativo do volume de descargas de águas residuais, ultrapassando-se a capacidade natural de autodepuração dos meios recetores (Chaves, 2014).

A necessidade de tratar previamente as águas residuais, antes do seu lançamento no meio hídrico, compatibilizando o grau de poluição da descarga com a sua capacidade autodepurativa, decorre da necessidade de responder a um forte aumento dos indicadores de poluição dos rios e praias, atingindo-se, em diversos locais, um estado de risco para a saúde pública. Os emissários submarinos procuram mobilizar a máxima capacidade autodepurativa do meio recetor, afastando o ponto de descarga da costa, minimizando o grau de tratamento prévio exigido nas Estações de Tratamento de Águas Residuais (Chaves, 2014).

A descarga de águas residuais no meio marinho implica a sua assimilação pelo meio ambiente (Naderi *et al.*, 2013). Realça-se que, no planeamento de um sistema de tratamento de águas residuais com descarga oceânica, existe a necessidade de um condicionamento ou tratamento prévio das águas residuais, do estabelecimento de um programa de minimização de efeitos, de monitorização permanente na ETAR e de programas de emergência e inspeção submarina (Mandaji, 2008).

Constata-se que o oceano cobre aproximadamente 70% da superfície terrestre e que, ao longo da história, tem funcionado como repositório natural para as águas residuais, recebendo águas fluviais, pluviais e de estuários. O acelerado crescimento urbanístico e industrialização ao longo do litoral, com o consequente aumento de descarga de resíduos, alavancou a crescente consciencialização para os possíveis efeitos adversos de descargas contínuas na massa de água oceânica (Chao e Motta Pacheco, 1978).

O litoral configura uma zona particular, ocorrendo aí o contacto entre a água doce e a água salgada e das massas de ar do mar e da terra, referindo-se a sua dinâmica e complexidade. Identifica-se como sensata a proteção do mar e de toda a atividade biológica nele contida, mitigando os efeitos dos detritos produzidos pelo homem. O desenvolvimento da civilização e a crescente expansão populacional e industrial determinam a necessidade de reconhecimento do ser humano como parte integrante do meio ambiente. O meio ambiente consiste no natural e no criado pelo homem (Chao e Motta Pacheco, 1978).

O principal objetivo da redução das descargas para os meios recetores prende-se com a proteção da qualidade da água, evitando impactos adversos para a saúde pública e para o meio ambiente (Koopman, 2006). O padrão de vida e o progresso económico devem ajustar-se à necessidade de manter ambientes desejáveis, através de planeamento racional e tecnologia efetiva (Chao e Motta Pacheco, 1978). A engenharia e gestão costeiras devem procurar soluções tecnicamente viáveis, que apontem no sentido do equilíbrio entre economia e meio ambiente (Kamphuis, 2000).

A Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira (ENGIZC), aprovada na Resolução do Conselho de Ministros 82/2009 (RCM 82/2009), identificou um conjunto de preocupações referentes à orla costeira, das quais se destacam (Sancho, 2014):

- Suscetibilidade aos fenómenos de erosão, às alterações climáticas (subida do nível médio do mar, temporais e situações meteorológicas extremas);
- Potencial económico dos recursos costeiros;
- Falta de sistematização de dados e insuficiente monitorização (limitação do conhecimento das principais dinâmicas e dos seus efeitos na zona costeira).

De acordo com Ramos *et al.* (2009), os emissários submarinos representam importantes fontes de poluentes para os ecossistemas costeiros. A descarga de águas residuais através deste método apresenta vantagens do ponto de vista económico e um impacto relativamente reduzido em termos sociais, levantando simultaneamente preocupações relevantes, relacionadas com questões de saúde pública e de

preservação e qualidade do ecossistema (Hunt *et al.*, 2002, Petrenko *et al.*, 1998, Washburn *et al.*, 1992, Wu *et al.*, 1994).

Brooks (1970) realça que, em condições semelhantes, para assegurar a mesma dispersão e garantia das condições adequadas nas zonas costeiras, o comprimento necessário para o emissário varia inversamente com o número de aberturas do difusor. Este autor refere, ainda, requisitos hidráulicos básicos para o correto funcionamento do sistema:

- Divisão uniforme do escoamento pelas várias saídas;
- Velocidade de escoamento adequada no difusor;
- Facilidade de limpeza;
- Prevenção da erosão salina;
- Perda de carga total relativamente reduzida;
- Conceção adequada das saídas.

O desenvolvimento do conhecimento sobre sistemas costeiros revela-se particularmente importante, por fornecer a explicação dos processos responsáveis pelos resultados obtidos, permitindo ações de prevenção e gestão. A sustentabilidade das áreas costeiras apoia-se no conhecimento fornecido ao processo de decisão (Santos *et al.*, 2010).

Os emissários submarinos identificam-se como estruturas com diferentes particularidades, que se abordam do ponto de vista concetual, das suas componentes, do seu funcionamento, dos riscos que lhe estão associados, entre outros. O contexto que se estabelece para estas estruturas permite abrir o caminho a aplicações futuras, considerando as diversas caraterísticas abordadas. Nesta fase, não se pretende elaborar um estudo detalhado de uma ou mais problemáticas que se possam relacionar com os emissários, mas antes preparar a base teórica necessária à correta abordagem de um caso de estudo numa investigação futura.

2.4.3.2. Constituição e Conceção dos Sistemas

A zona costeira é constituída, genericamente, pela linha de praias, morros e recifes, pela plataforma continental e pelas águas que a cobrem. Incluem-se, ainda, acidentes geográficos (baías, estuários, lagoas e deltas). No que se refere às caraterísticas da água costeira próxima das praias, sintetizam-se algumas considerações (Chao e Motta Pacheco, 1978):

- Circulação – as zonas costeiras encontram-se, de um modo geral, num contínuo estado dinâmico, excetuando-se algumas baías fechadas. Salienta-se a complexidade dos processos de circulação e mistura nas zonas costeiras junto às praias. A circulação pode ser provocada por:
    - Correntes originadas pelo efeito das marés;
    - Ventos;
    - Correntes oceânicas provenientes de mar aberto;
    - Vagas formadas a uma certa distância da costa;
    - Correntes ascendentes localizadas;
- Parâmetros físicos – utilizados para caraterizar as águas costeiras, designadamente:
    - Temperatura;
    - Salinidade;
    - Transparência;
    - Oxigénio dissolvido;

- Parâmetros químicos – o oceano configura um sistema químico de elevada complexidade. A oceanografia identifica o oceano como uma bacia de produtos químicos diluídos, contendo a maioria dos elementos e compostos naturais em solução. As composições químicas da água do mar na zona costeira, regra geral, são diferentes das de alto mar. As variações podem ser determinadas por:
    - Geomorfologia local;
    - Drenagem das águas pluviais;
    - Atividade humana junto à orla marítima.
- Nutrientes e matéria orgânica – alimento de diversas plantas e animais microscópicos, integra nutrientes e matéria orgânica dissolvida. Sistematizam-se algumas das componentes principais:
    - Nitrato – derivado da oxidação de nitritos e amónia;
    - Fosfato – nutriente vital utilizado por plantas, incorporado em protoplasma animal por herbívoros marinhos e, eventualmente, proveniente de dejetos animais ou da decomposição de protoplasma;
    - Matérias estruturais – sílica e carbonato de cálcio, componentes químicos vitais da água do mar;
    - Matéria orgânica dissolvida ou em forma coloidal – representa 80% a 90% do carbono orgânico nas águas oceânicas. Bactérias e outros microrganismos marinhos usam diretamente este constituinte orgânico da água do mar.

Segundo Cheng (2013), a qualidade das águas residuais carateriza-se através de vários parâmetros, realçando-se que, no que diz respeito ao tratamento e descarga final, os parâmetros mais relevantes são os seguintes:

- Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO);
- Sólidos Suspensos Totais (SST);
- Carência Química de Oxigénio (CQO);
- Azoto total (NT);
- Fósforo (PT).

A definição da solução a adotar para o tratamento de águas residuais em zonas costeiras compreende escolha da localização da descarga em função das infraestruturas em terra e da influência no meio recetor, avaliando a sua eventual resposta (Freire, 2007). O nível de tratamento e a solução tecnológica adotada influencia a qualidade da água na zona de descarga, referindo-se que, para descargas no mar, se exige um tratamento prévio de nível secundário, enquanto, no caso de descargas no oceano, devido à sua capacidade de autodepuração, um processo natural permite a redução da concentração dos parâmetros referidos anteriormente (Freire, 2013).

O planeamento e projeto de emissários submarinos integra cinco etapas principais, que se sistematizam (Chao e Motta Pacheco, 1978):

- Planeamento:
    - Seleção preliminar de alternativas para locais de descarga;
    - Determinação de usos, benefícios e padrões de qualidade do meio recetor;
- Anteprojeto e pesquisas oceanográficas:
    - Pesquisas oceanográficas para parâmetros físicos;
    - Pesquisas oceanográficas para parâmetros químicos, biológicos e qualidade da água;
    - Pesquisas geológicas;
- Projeto de Execução:
    - Projeto básico funcional;

    - Projeto hidráulico,
    - Projeto estrutural;
    - Seleção de métodos construtivos e materiais das tubagens;
- Construção;
- Operação e monitorização.

Ao longo do tempo, as águas residuais de aglomerados populacionais próximos de zonas costeiras foram lançadas no mar, devido à sua elevada capacidade de autodepuração, configurando, geralmente, uma solução interessante do ponto de vista económico. Ainda assim, realça-se que essa descarga pode ser nociva para a fauna e para a flora marinhas, e para o Homem, quando executada de forma descriminada e sem controlo. A técnica vulgarmente utilizada consiste na utilização de um emissário submarino, que se carateriza por uma conduta que transporta as águas residuais até uma certa distância na costa, promovendo a sua dispersão nas águas marinhas, regra geral por diversos orifícios estrategicamente distribuídos. O tratamento prévio em terra poderá ser mais ou menos completo. O projeto de um emissário submarino baseia-se na tentativa de controlo de diferentes índices de poluição, admitindo-se que, no caso de esses valores serem garantidos, a qualidade das águas no meio recetor mantém-se dentro de limites aceitáveis (Cascaes, 1991).

2.4.3.3. Conceitos Básicos

Os comportamentos associados ao efeito da descarga de efluentes no meio marinho revela-se de difícil compreensão, devido ao número de variáveis que influenciam o comportamento. Considerando esta complexidade, a generalidade dos estudos apenas foca determinados processos físicos, com o auxílio de ambientes simplificados (estratificação uniforme linear, correntes paralelas ou normais à direção de descarga). Na descarga de um efluente por um emissário submarino, o seu comportamento inicial é influenciado, essencialmente, por (Malhadas, 2008):

- Fluxo de massa – quantidade de massa de fluído que atravessa uma determinada secção do jato por unidade de tempo;
- Quantidade de movimento (momento) – quantidade de matéria em movimento;
- Força de impulsão (força ascensional) – força cuja intensidade corresponde ao valor do peso submerso do corpo e sentido contrário. É originada pela diferença de densidades do meio recetor e do efluente descarregado, forçando o movimento vertical do fluído.

Os diferentes tipos de escoamento que ocorrem na dispersão do efluente descarregado por um difusor submerso dependem dos processos e forças envolvidas na descarga. Sistematizam-se diferentes tipos de escoamento (Malhadas, 2008):

- Jato – escoamento que resulta de uma descarga através de um orifício ou de uma fenda, de um fluído com densidade igual ou próxima da do meio recetor (Fischer *et al*., 1979). Os jatos podem ser divididos em dois tipos:
    - Jatos ascensionais (*buoyant* jets) – fluído descarregado sujeito a uma força de impulsão (ascensional), originada pelas diferenças de densidade. A generalidade das descargas em áreas costeiras apresenta quantidades de movimento inicial e gradientes de densidade entre o fluído descarregado e o meio recetor;
    - Jatos simples – escoamento como um jato propriamente dito, sem diferenças de densidade entre o fluído descarregado e o meio recetor, dependendo essencialmente da quantidade de movimento inicial da descarga;

- Pluma simples – escoamento em que só atua a força de impulsão (ascensional), considerando-se nulos o fluxo de massa e a quantidade de movimento no início da descarga (Roberts, 1979). Uma vez que se considera a quantidade de movimento inicial nula, todas as variáveis do escoamento são função da força de impulsão (ascensional), da viscosidade do fluído e da distância ao ponto onde se efetua a descarga.

Pode afirmar-se que o jato ascensional é influenciado, inicialmente, pela quantidade de movimento inicial, apresentando, nessa fase, um comportamento semelhante ao jato simples. Uma vez ultrapassada uma determinada distância ao orifício de descarga, a quantidade de movimento reduz-se consideravelmente mais rápido do que os gradientes de densidade. Evidenciam-se, desta forma, as forças ascensionais como dominantes, tornando-se a diluição e a trajetória do jato independentes da quantidade de movimento inicial, apresentando um comportamento semelhante às plumas ascensionais, desde que exista uma extensão suficiente para que o jato se desenvolva (Monteiro, 1995).

Realça-se que, uma vez que o jato ascensional se acaba por converter em pluma, uma parte significativa da análise de descargas através de difusores se efetua com base em fórmulas utilizadas para o estudo do comportamento das plumas. Quando atinge a superfície e após a estabilização vertical, o transporte do fluído é independente das condições iniciais de descarga, passando o comportamento (diluição e trajetória) a depender de parâmetros ambientais, designadamente do grau de turbulência e das correntes locais (Fischer *et al*., 1979). A mancha ocupada pela mistura, quando começa a ser transportada por advecção, designa-se de pluma (Malhadas, 2008).

2.4.3.4. Componentes e Funções

A designação "Emissário Submarino" refere-se, na prática, a todo o sistema. Na realidade, o emissário configura apenas a conduta que transporta o efluente desde a câmara de carga até ao difusor (Chaves, 2014). Indicam-se as componentes principais dos emissários submarinos (Freire, 2013):

- Câmara de carga – do ponto de vista hidráulico, apresenta as funções de garantia de que todo o escoamento se processe em carga e elemento regulador da linha de energia (Chaves, 2014);
- Emissário (ou conduta de alimentação) – responsável pelo transporte dos efluentes até ao local de descarga;
- Difusor – trecho final da tubagem, com orifícios abertos espaçadamente, através dos quais é descarregado o efluente. Na situação em que a descarga é feita a um nível superior ao difusor, utilizam-se *risers* (tubos verticais de diâmetro igual aos orifícios).

A exploração da câmara de carga cabe à entidade gestora da ETAR, que deverá compatibilizar as flutuações do efluente tratado com o volume disponível na câmara de carga. O incumprimento do nível mínimo de exploração da câmara de carga não implica a interrupção de funcionamento do sistema, podendo apenas não ser cumpridos os níveis ótimos de velocidade e de diluição projetados (Chaves, 2014).

Os sistemas de drenagem de águas residuais de pequenos aglomerados populacionais, com caudais tipicamente baixos, apresentam dificuldades acrescidas de funcionamento de um emissário submarino. Os caudais baixos implicariam a utilização de diâmetros mais reduzidos ou o estabelecimento de velocidades de escoamento baixas, que conduzem a fenómenos prejudiciais ao funcionamento do sistema, designadamente problemas de sedimentação ou acumulação de gordura no interior do emissário. O dimensionamento do sistema para um funcionamento do tipo intermitente poderá ser uma abordagem para a situação descrita, realçando-se o facto de existirem problemas associados a este regime de funcionamento, como a intrusão salina. Neste caso, o funcionamento da câmara de carga

deverá ter em conta, em função do tempo de retenção máximo e do caudal mínimo para um bom funcionamento do sistema, o volume ótimo de funcionamento (Chaves, 2014).

Nas zonas costeiras de declividade baixa, ocorrem, regra geral, dificuldades em garantir o funcionamento gravítico do sistema, sendo preciso o recurso a bombagem, para fornecimento da energia necessária para que o sistema funcione corretamente. A situação de bombagem revela-se indesejável, pelos custos energéticos associados e pelos problemas de manutenção dos grupos eletromecânicos, configurando uma situação por vezes inevitável (Chaves, 2914).

O emissário constitui o elemento mais oneroso de todo o sistema e que necessita de maior atenção do ponto de vista estrutural. Em projeto, de acordo com os níveis de agitação marítima e com as condições geológicas locais, deve considerar-se a solução mais adequada, referindo-se que o custo associado à tubagem propriamente dita se revela praticamente desprezável, quando equacionado juntamente com o custo das medidas de proteção estrutural e dos meios necessários à sua colocação (Chaves, 2014).

O difusor encontra-se acoplado à extremidade jusante do emissário, identificando-se, como função, a descarga das águas residuais, previamente tratadas, diretamente no oceano. A função desempenhada por este elemento do sistema caracteriza-se como crucial, do ponto de vista hidráulico, sendo responsável pela primeira mistura do efluente com a água marítima. A diluição inicial é o parâmetro que permite avaliar a capacidade de realizar a referida mistura, um dos fatores mais importantes do ponto de vista da eficiência ambiental do sistema (Chaves, 2014). A descarga efetua-se através de dispositivos (*risers*), quando o difusor se encontra enterrado, ou através de orifícios, quando se encontra assente no fundo do mar (Cascaes, 1991).

O número de *risers* associado ao difusor influencia o parâmetro de diluição inicial, salientando-se que, geralmente, quanto maior o número de *risers* maior será a diluição inicial. A complexidade da geometria do sistema difusor poderá contribuir para uma melhor "mistura" entre a água marítima e o volume de águas residuais descarregado, essencialmente pelo facto de estar envolvida, no processo, uma maior massa de água marítima. No entanto, a maior complexidade do sistema difusor conduz a desvantagens, do ponto de vista do desempenho hidráulico do sistema, incrementando as perdas de carga associadas e, consequentemente, provocando uma distribuição de caudal menos regular pelos *risers*, que também poderá conduzir a perdas de eficiência ambiental do sistema (Chaves, 2014). A garantia de estabilidade dos *risers*, em relação ao arrastamento provocado por âncoras de navios, redes de pesca, correntes, alterações do fundo do oceano, revela-se necessária (Cascaes, 1991).

O efluente descarregado, ainda que previamente tratado numa ETAR, apresenta partículas em suspensão e gorduras, cujo risco de acumulação no interior do difusor se indica como gravoso para o seu funcionamento correto, indicando-se que existem diversas circunstâncias em que o difusor se pode encontrar totalmente bloqueado pela deposição de sedimentos e gorduras. A redução permanente da capacidade hidráulica do difusor ao longo dos anos é identificada como uma ocorrência frequente, que conduz a descargas irregulares ao longo da estrutura. Os bloqueios desta componente do sistema podem afetar, com severidade, as velocidades de escoamento e a diluição, recomendando-se a realização e o cumprimento de planos de manutenção direcionados para a mitigação destes efeitos. Refere-se que a extremidade jusante do difusor deverá estar equipada com uma tampa amovível que permita o acesso ao interior do difusor para realização de operações de limpeza (Chaves, 2014).

No que diz respeito aos fenómenos de obstrução do difusor, menciona-se que são mais acentuados em sistemas de funcionamento intermitente, alvo de intrusão salina, durante os períodos de não funcionamento. A água marinha, no interior do difusor, revela-se particularmente prejudicial, propiciando a entrada de sedimentos e a colonização do difusor por seres vivos marinhos, conduzindo a

rápidos bloqueios do sistema. Nos sistemas de funcionamento intermitente aconselha-se a utilização de válvulas do tipo *duckbill* ou semelhantes, que evitem a entrada de água salgada nos sistemas durante o período de não funcionamento do emissário. Em sistemas de funcionamento permanente, pode ocorrer o mesmo fenómeno, quando a velocidade dos jatos de descarga for insuficiente para evitar a ocorrência de intrusão salina primária (Chaves, 2014).

No sentido de evitar a intrusão salina e de possibilitar a limpeza do emissário quando este se encontra preenchido por água do mar, recomenda-se que a razão entre a secção total dos orifícios e a secção do difusor deverá ser inferior à unidade e igual ao produto da razão das secções do orifício e do *riser* pela razão das seções do *riser* e do difusor (Brooks, citado em Cascaes, 1991). A minimização da interferência entre jatos adjacentes refere-se como um critério utilizado para a definição do espaçamento entre orifícios (Cascaes, 1991).

O difusor, como um dos principais elementos do emissário submarino, deverá ser provido de um sistema de proteção estrutural, com o objetivo de evitar o seu movimento, face à ação da agitação marítima. A natureza do fundo marítimo deverá condicionar a solução a adotar, sistematizando-se algumas noções (Chaves, 2014):

- Fundos arenosos – devem efetuar-se estudos de dinâmica sedimentar, para a previsão da máxima variação do nível do fundo marítimo, enterrando-se o difusor a uma profundidade adequada à variação expectável;
- Fundos rochosos – o difusor deverá integrar elementos de proteção estrutural, de acordo com a profundidade a que se encontra e da agitação marítima local, distinguindo-se os níveis:
    - Níveis de velocidade de escoamento elevados em torno do difusor – deverá proteger-se o difusor com um manto resistente de enrocamento;
    - Níveis de velocidade de escoamento mais baixos em torno do difusor – assentamento do difusor diretamente no fundo, através de um sistema de ancoragem adequado (cravação do difusor no solo ou amarração de contrapesos de dimensão adequada).

2.4.3.5. Enquadramento Legal

O Decreto-Lei º 74/90, que aprova as normas de qualidade da água, estabelece, no capítulo VII, as normas referentes à descarga de águas residuais. No artigo 44º determina que (Cascaes, 1991):

- Em águas superficiais interiores e em estuários, proíbe-se a utilização de emissários submarinos, em substituição do grau de tratamento adequado das águas residuais;
- Apenas será admitido o licenciamento de qualquer descarga no mar, através de emissário submarino, quando devidamente justificado, após pareceres vinculativos dos organismos competentes dos Ministérios responsáveis pelas áreas da defesa, do ambiente, da agricultura, das pescas e alimentação e da saúde.

As descargas de águas residuais nos meios hídricos, em Portugal, deverão realizar-se de acordo com os pressupostos estabelecidos pelo Decreto-Lei 152/97 (transposição para a regulamentação portuguesa da Diretiva 91/271/CEE do Conselho), e com o cumprimento dos critérios de qualidade balnear impostos pela Diretiva 2006/7/CE do Parlamento Europeu e do Conselho. Em relação à qualidade balnear das águas costeiras, o áspero primordial a analisar, em relação à descarga de águas residuais previamente tratadas, através de emissários submarinos, será o efeito nos parâmetros microbiológicos das descargas nas zonas de praia. A classificação qualitativa das águas balneares é um aspeto relevante para as entidades autárquicas, atribuída de acordo com as especificações da Diretiva 2006/7/CE (Chaves, 2014).

A possibilidade de eliminação da fase de tratamento terciário e a atenuação ou eliminação do tratamento secundário efetuado na ETAR salvaguardam-se, do ponto de vista regulamentar, na Diretiva 91/271/CEE do Conselho (Chaves, 2014).

2.4.3.6. Autodepuração do Meio Recetor

O designado fenómeno global de autodepuração induz uma redução linear da concentração dos vários agentes poluentes, desde a descarga até à chegada à costa. O processo global de autoepuração (esquematizado na figura 2.7) pode analisar-se através do estudo de três fenómenos básicos, designadamente (Chaves, 2014):

- Diluição inicial;
- Dispersão horizontal;
- Inativação bacteriológica.

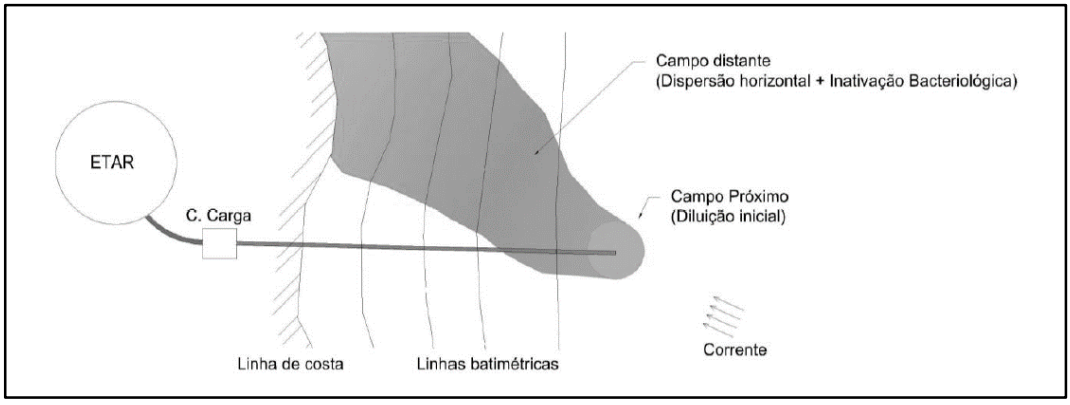


Fig. 2.7 – Representação esquemática dos fenómenos de diluição inicial, dispersão horizontal e inativação bacteriológica (adaptado de Chaves, 2014)

Conceptualmente, a diluição inicial baseia-se no princípio básico de que o aumento da turbulência das condições de interação entre os jatos descarregados e a massa de água adjacente induz uma melhor mistura entre ambos e, consequentemente, uma menor concentração de poluentes resultante. A concentração de poluentes diminui, nesta etapa, apenas pelo aumento da massa de água envolvida no processo, não se verificando uma redução do número total de partículas poluentes. Refere-se a diluição inicial como um dos principais fenómenos que justificam os bons resultados obtidos pela utilização de emissários submarinos, uma vez que, frequentemente, se alcançam valores de diluição inicial na ordem de 10^2 a 10^3. Uma diluição inicial de 10^3 corresponde a uma redução da concentração de qualquer poluente na massa líquida por um fator de 1/1000 (Chaves, 2014).

Xiaodong *et al.* (2004) estabelecem uma metodologia para a determinação da diluição inicial, através de estudos de análise dimensional e de experiências laboratoriais, considerando quatro cenários possíveis para os quais definem expressões de cálculo para determinação da diluição inicial e das caraterísticas geométricas da pluma resultante das descargas (Chaves, 2014).

As correntes oceânicas auxiliam o processo de diluição inicial, indicando-se que, quanto maior a intensidade da corrente, maior o grau de diluição inicial conseguido. A estratificação oceânica, caraterizada por uma variação acentuada do peso volúmico da água do mar, ao longo da coluna de água,

pode ocorrer por diversos motivos, salientando-se que, em locais onde se verifica grande intensidade de radiação solar, a camada superficial da coluna de água atinge temperaturas mais elevadas, propiciando fenómenos de evaporação e consequentemente ocorre o aumento do grau de salinidade nessa camada. A mistura de água doce com água salgada, ocorrida em zonas de foz em ou locais estuarinos, encontra-se na origem de processos de estratificação. Nestes casos, a pluma descarregada pelo emissário submarino pode ficar confinada, não atingindo a superfície, com efeitos ao nível da diluição inicial, designadamente pela alteração do volume de água envolvida no processo. Nas situações em que a pluma não alcança a superfície, refere-se um decréscimo da taxa de mortalidade natural das bactérias coliformes, consequência de uma menor exposição à luminosidade solar, que apresenta uma influência positiva no processo de inativação bacteriológica (Chaves, 2014).

A instalação de um difusor na extremidade do emissário responde à necessidade de, além de realizar a descarga do efluente, permitir uma maior diluição inicial, por meio de jatos turbulentos, com o objetivo de evitar a formação de superfícies em profundidade que inibam a dispersão e a eliminação dos poluentes descarregados, em consequência de diferenças densimétricas (Freire, 2013).

De acordo com Neves (1985), na situação em que os orifícios se encontram muito espaçados, os jatos descarregados comportam-se como um jato individual, enquanto, quando se encontram pouco espaçados, interagem entre si, comportando-se como uma descarga através de uma fenda (Freire, 2013).

No passo que se segue à definição das propriedades do campo próximo, dependentes sobretudo da interação entre os jatos descarregados e as propriedades locais do meio envolvente, poder-se-á estudar o processo de dispersão horizontal. Toda a carga poluente da pluma considera-se conservativa, não sendo considerados quaisquer fenómenos de degradação ao longo do tempo. A concentração de poluentes diminuí por diluição numa massa de água cada vez mais maior (Chaves, 2014).

Embora os parâmetros de diluição inicial e de dispersão horizontal considerem o poluente descarregado como do tipo conservativo, os organismos microbiológicos presentes nas águas residuais (coliformes fecais, entre outros) não apresentam esse comportamento. A entrada em contacto com a água do mar marca o início de um processo de mortalidade natural desses organismos, que poderá ter diferentes escalas, de acordo com as caraterísticas da água. Na caraterização da degradação de um poluente não conservativo, do tipo bacteriológico, num determinado meio ambiente, vulgarmente utiliza-se um parâmetro designado por "*die-off rate*", T_{90}. Este parâmetro define-se pelo tempo (horas) necessário para que ocorra uma redução de 90% da população inicial de bactérias e depende das caraterísticas físicas do meio e do tipo de bactérias em análise (Chaves, 2014).

Na descarga de águas residuais no oceano evidencia-se a pertinência do estudo da mortalidade das bactérias coliformes em meio marinho, apontando-se como fatores determinantes a temperatura, a salinidade e a luminosidade. A redução global da carga poluente pode determinar-se quando se encontram definidos os três fatores que influenciam os principais fenómenos que contribuem para a redução da carga poluente de uma descarga (diluição inicial, dispersão horizontal e inativação bacteriológica) (Chaves, 2014).

2.4.3.7. Tratamento Prévio

O projeto de um sistema de descarga através de emissário submarino deve considerar diversos fatores. A proteção do mar e da vida marinha identifica-se como a preocupação principal, não ignorando a elevada capacidade de diluição dos oceanos, decorrente da turbulência das ondas e das correntes oceânicas das águas costeiras. A capacidade de diluição, quando aproveitada de forma eficaz, pode contribuir para o sistema de tratamento de águas residuais com um pré-tratamento integrado com a

descarga através de emissário submarino. Sistematizam-se, seguidamente, as principais etapas de tratamento das águas residuais (Chao e Motta Pacheco, 1978):

- Pré-tratamento – gradagem (remoção de sólidos de maiores dimensões) e sedimentação (materiais pesados rapidamente sedimentáveis);
- Tratamento primário – incluí o pré-tratamento e remove os restantes sólidos sedimentáveis e os materiais flutuantes, podendo incluir digestão anaeróbia do lodo (sólidos sedimentáveis);
- Tratamento secundário – integra os dois anteriores, removendo matéria orgânica nas formas coloidal e dissolvida, através de células biológicas de aeração;
- Tratamento terciário – após os tratamentos primário e secundário, constitui a última fase de tratamentos e promove a remoção de outros poluentes ou elementos específicos, através de diversos processos físicos, químicos e biológicos.

O tratamento a implementar antes do lançamento de águas residuais no mar encontra-se condicionado por normas regulamentares, que determinam o nível mínimo a exigir, e por um estudo económico do sistema tratamento-emissário, realçando-se que o grau de tratamento influencia o comprimento do emissário, na razão inversa. Refere-se a gradagem para remoção de matérias sólidas de maiores dimensões, a remoção de areias e flotação, para remoção de óleos, gorduras e outros materiais de peso específico baixo, como sendo algumas soluções de tratamento prévio (Cascaes, 1991).

A diretiva CEE de 13 de Novembro de 1989, no sentido de evitar a excessiva deterioração ambiental, introduz a imposição de que as águas residuais deverão ser, normalmente, submetidas a um tratamento secundário. A referida diretiva considera que deverá ser exigido um tratamento mais rigoroso nas zonas sensíveis, enquanto, em zonas marítimas menos vulneráveis, poderá ser suficiente um tratamento primário. Sistematizam-se os critérios de qualificação dessas zonas (Cascaes, 1991):

- Zonas sensíveis – exigem um grau de tratamento superior ao secundário. Consideram-se zonas sensíveis as seguintes:
    - Lagos naturais de água doce, estuários e águas costeiras e marítimas eutrofizadas (ou que possam vir a estar, no caso de não serem adotadas medidas de salvaguarda);
    - Águas doces de superfície destinadas a captação de água potável que poderão atingir um valor superior a 50mg/l de azoto, se não se adotarem medidas preventivas;
    - Zonas em que o tratamento secundário não se verifica suficiente para a proteção ambiental, ou de modo a possibilitar a utilização de água para fins específicos;
    - Zonas de qualidade ecológica superior (em função da fauna e flora) e zonas relevantes do ponto de vista científico;
- Zonas menos sensíveis – admitem um tratamento primário. A realização de estudos aprofundados que indiquem que as descargas dos efluentes não prejudicam excessivamente o ambiente deverão efetuar-se. Consideram-se zonas menos sensíveis as seguintes:
    - Zonas em que a eliminação de águas residuais não degrada o ambiente, pela sua morfologia, hidrologia ou condições hidráulicas específicas;
    - Baías abertas, águas costeiras e marítimas com boa renovação e sem risco de eutrofização ou carência de oxigénio dissolvido após a descarga de águas residuais;
    - Zonas marítimas costeiras que não exigem grande tratamento das águas residuais, em função da utilização prevista.

Segundo a diretiva da CEE, o tratamento primário configura um tratamento físico, com sedimentação das matérias orgânicas em suspensão, através de um processo que garanta que a CBO_5 é reduzida entre

20% e 40%. A mesma diretiva impõe que os estados reexaminem a lista de zonas menos sensíveis, no mínimo, de quatro em quatro anos. No processo de classificação, os estados membros deverão verificar se existem zonas sensíveis que se encontrem fora da sua jurisdição suscetíveis de ser afetadas por descargas com grau de tratamento inferior (Cascaes, 1991).

2.4.3.8. Descarga de Efluentes

Da perspetiva biogeográfica, da interação dinâmica entre os sistemas biológicos e o meio ambiente e paisagístico, diversos setores da zona costeira evoluem num sentido que pode culminar no colapso funcional, em consequência do nível de transformação de usos do solo, de exploração dos recursos e de poluição a que estão sujeitos. As águas litorais e de transição, ricas em espécies de consumo humano, identificam-se como um composto de produtos orgânicos, fertilizantes e pesticidas agrícolas, metais pesados, fármacos, hidrocarbonetos e muitos outros poluentes de primeira e de segunda geração (ANPC, 2010).

A generalidade dos metais encontra-se na natureza, sendo a sua presença essencial para os processos biológicos dos organismos marinhos, incluindo a fotossíntese e o metabolismo celular. No entanto, a presença destes metais em doses elevadas revela-se tóxica, acumulando-se nas células e danificando os órgãos vitais dos organismos superiores. Os metais pesados resistem à biodegradação, não sendo possível a sua decomposição em compostos simples (por parte dos micróbios), permanecendo no ambiente por um período de tempo prolongado (ANPC, 2010).

Enquadrado nas Questões Significativas para a Gestão da Água e respondendo aos objetivos da Lei da Água, a Administração dos Recursos Hídricos do Centro (ARH Centro) compilou um conjunto de problemas associados a pressões e impactos, que se indicam (ANPC, 2010):

- Acidificação da água;
- Agravamento da qualidade da água devido à suspensão de sedimentos;
- Águas enriquecidas em nitratos e fósforo;
- Eutrofização;
- Poluição microbiológica;
- Poluição orgânica (CBO5 e azoto amoniacal);
- Poluição com metais;
- Poluição com substâncias perigosas e substâncias prioritárias (biocidas e produtos fitofarmacêuticos);
- Alterações da dinâmica sedimentar (assoreamento, erosão e composição sedimentar);
- Alterações do regime de escoamento;
- Inundações;
- Competição das espécies pelo espaço e pelo alimento, com consequente desequilíbrio das comunidades;
- Destruição/fragmentação de habitats;
- Alteração das comunidades da fauna e da flora;
- Contaminação de águas subterrâneas.

Realça-se que são diversas as origens de contaminação com impactes ambientais potencialmente graves, referindo-se os efluentes e resíduos hospitalares, ainda pouco monitorizados, incluindo produtos resultantes da sua inceneração (componentes orgânicos e inorgânicos). Os depósitos de medicamentos e a inclusão de resíduos contaminados nos efluentes urbanos são particularmente gravosos, promovendo a disseminação de certas patogenias (ANPC, 2010).

Os metais pesados e os biocidas apresentam especial propensão para se concentrarem nas zonas calmas e de sedimentos finos, vulgarmente ricos em matéria orgânica. Os organismos vivos, essencialmente os sedentários, bioacumulam e bioampliam os poluentes referidos, em proporções que podem revelar-se particularmente perigosas. Nesse sentido, refere-se a importância de dar cumprimento ao estipulado pelos artigos 51º e 60º do Regime de Utilização dos Recursos Hídricos (Decreto-Lei nº22-A/2007), designadamente no que diz respeito aos valores limite das emissões nas águas residuais e às condições exigidas para a imersão de resíduos (ANPC, 2010).

Na situação em que os emissários submarinos integram efluentes industriais, lixiviados de aterros sanitários, e efluentes domésticos, que descarregam no mar uma mistura de matéria orgânica e produtos químicos, ligações e agregações fortes, sintetizam-se alguns efeitos associados (ANPC, 2010):

- Na célula – Envenenamento, danos metabólicos e celulares e mecanismos de desintoxicação;
- No organismo – Transformações fisiológicas e comportamentais, suscetibilidade à doença, redução de larvas viáveis, decréscimo da capacidade reprodutiva e reajustamento funcional;
- Na população – Alteração de idade, tamanho, recrutamento, mortalidade e biomassa. Ajuste da reprodução;
- Na comunidade – Modificações na abundância e distribuição de espécies e na biomassa. Variação das interações tróficas e adaptação do ecossistema.

A avaliação e caraterização das condições ambientais de regiões marinhas e estuarinas pode efetuar-se de diferentes formas, indicando-se a integração de análises granulométricas e geoquímicas dos sedimentos com o estudo de organismos bioindicadores. Os *foraminíferos bentônicos* encontram-se entre os principais organismos bioindicadores, pela sua abundância, ciclo de vida curto e elevada sensibilidade, respondendo rapidamente a alterações físico-químicas, no ambiente. As variações ambientais podem registar-se na composição geoquímica e/ou isotópica das carapaças, sendo possível, através de análises da composição das suas associações e de análises tafonómicas, geoquímicas e isotópicas, compreender o padrão de circulação estuarina e oceânica, identificar massas de água e compreender a dinâmica sedimentar local (Debenay *et al.*, 2001, Debenay e Guillou, 2002, Duleba e Debenay, 2003, Bonfante *et al.*, 2005, Debenay *et al.*, 2005, Armynot du Châtelet *et al.*, 2008). Refere-se que os primeiros estudos acerca de impactes ambientais, utilizando foraminíferos como bioindicadores, foram realizados por Resig (1960) e Watkins (1961), realçando-se que as alterações na composição de foraminíferos, devido a efeitos ambientais, se mencionaram previamente em Zalesny (1959) (Teodoro *et al.*, 2009).

Realizaram-se diversos estudos, no sentido de avaliar e monitorizar a descarga de águas residuais domésticas e industriais em ambientes estuarinos e marinhos, a construção de portos e o derrame de petróleo e metais pesados (Yanko *et al.*, 1994, Alve, 1995, Armynot du Châtelet *et al.*, 2004, Burone *et al.*, 2006, Romano *et al.*, 2008). Teodoro *et al.* (2009) referem que a deposição de grande parte do material particulado contido na pluma pode alterar as condições geoquímicas dos sedimentos. Os valores obtidos podem constituir indicativos de stresse ambiental (Teodoro *et al.*, 2009).

2.4.3.9. Intrusão Salina

A intrusão salina verifica-se particularmente nefasta do ponto de vista hidráulico, no que se refere ao funcionamento do difusor de um emissário submarino. No decorrer do período de descarga, durante o funcionamento da estrutura, na situação em que a velocidade dos jatos descarregados em cada *riser* for insuficiente, poder-se-á assistir a fenómenos de intrusão salina. A diminuição da secção de escoamento

provocada pela intrusão resulta num comportamento global do difusor distinto do previamente pretendido. A entrada de água do mar no interior do difusor representa uma situação manifestamente indesejável, pela entrada de sedimentos e pela potencial colonização do difusor por vida marinha. O aumento de perda de carga associada afeta o equilíbrio hidráulico definido em projeto. Em fase de projeto, a intrusão salina deverá ser controlada com a imposição de velocidades de descarga adequadas (Chaves, 2014).

O processo de intrusão salina no emissário submarino decorre em duas etapas, designadamente intrusão primária e intrusão secundária. A intrusão primária corresponde à situação em que a cunha salina invade apenas a parte superior do *riser*, enquanto a intrusão secundária corresponde à entrada de água no difusor. A cunha salina encontra-se localizada de acordo com a diferença de densidade dos líquidos, com o diâmetro da conduta e com o caudal descarregado. O aumento da descarga removerá a cunha salina, referindo-se que a diminuição de caudal induz a progressão da cunha salina, iniciando-se a circulação de água do mar no sentido inverso, ocorrendo a intrusão secundária (Cascaes, 1991).

As consequências associadas a um processo de intrusão salina secundária são mais gravosas do que as que advêm da intrusão salina primária. No caso de um *riser* ficar sujeito a intrusão salina secundária, o seu caudal fica em desequilíbrio com os restantes, acelerando a intrusão. Posteriormente, o *riser* deixa de descarregar, ocorrendo circulação de água do mar no sentido inverso. A presença de água no interior do emissário provoca resistência à circulação das águas residuais, podendo provocar intrusão no *riser* adjacente, devido à diminuição do caudal descarregado. O fenómeno referido podo propagar-se aos *risers* adjacentes até ao estabelecimento de um equilíbrio hidráulico entre as perdas de carga nos *risers* com fluxo ascendente e a perda de carga densimétrica nos *risers* com intrusão (Cascaes, 1991).

As estruturas de funcionamento do tipo intermitente integram o principal problema relacionado com o fenómeno de intrusão salina. No caso do emissário submarino estar afeto a um volume diário de águas residuais reduzido, verifica-se a impossibilidade de garantia de uma descarga contínua que assegure o cumprimento de requisitos de funcionamento hidráulico estabelecidos, particularmente no que se refere às velocidades de escoamento nos diferentes órgãos do emissário. Nestes casos, comummente, a solução direciona-se para a adoção de sistemas de tipo intermitente, onde se procede, após tratamento, à acumulação de águas residuais num reservatório, ou câmara de carga, de forma a que seja atingido um volume suficiente para a realização da descarga em condições adequadas. No decorrer do período de acumulação, o emissário submarino interrompe o seu funcionamento, ficando preenchido por água do mar (Chaves, 2014). Apontam-se algumas das principais consequências associadas ao processo de intrusão salina (Cascaes, 1991):

- Redução da eficiência hidráulica – na situação em que um *riser* deixa de funcionar, a descarga do mesmo caudal, pelos restantes, incrementará as perdas de carga;
- Diminuição da diluição inicial – a saída de serviço de alguns *risers* reduz o comprimento efetivo do difusor, reduzindo, consequentemente, a diluição inicial;
- Deposição de sedimentos – provocada pela camada de água salgada que fica sob o escoamento de águas residuais, uma vez que aumenta a floculação e impede a remoção dos sedimentos durante os ciclos de bombagem;
- Deterioração do revestimento interior das tubagens (ou do seu próprio material) – deve-se à libertação de gases e ácidos, potenciada pela mistura de água salgada com as águas residuais.

Em emissários de funcionamento intermitente, nos quais, ciclicamente, ao longo dos anos de funcionamento que correspondem ao seu tempo de vida, a água do mar invade o seu interior, formando-se incrustações. Devem adotar-se medidas preventivas, indicando-se como a mais popular a utilização de válvulas do tipo *duckbill*. São válvulas de borracha, com um formato do bico de um ornitorrinco, de

funcionamento autónomo e com o principal objetivo de não permitir o retorno de caudal. As válvulas *duckbill* acoplam-se à extremidade das portas de descarga, vulgarmente através de juntas flangeadas. No decorrer dos períodos de descarga, estas válvulas são submetidas a uma pressão interna positiva, que ultrapassa a rigidez natural e provoca a abertura de um orifício por onde se processa a descarga. Uma vez terminada a descarga, a pressão exterior verifica-se suficiente para que a válvula retome o seu formato original, impedindo a entrada de água (Chaves, 2014).

2.4.3.10. Localização, Profundidade de Descarga, Comprimento e Difusor

A localização do emissário constitui um fator importante no que diz respeito ao impacte ambiental, devendo-se procurar as áreas de menor sensibilidade, evitando excessivos danos em áreas de recreação ou em zonas de pesca. Em sistemas de grande dimensão, quando se verificar viabilidade económica, pode proceder-se a uma subdivisão em duas ou mais partes, evitando-se a concentração de grandes massas poluentes, em zonas restritas do oceano. Salienta-se que constitui uma boa prática a procura de um local que permita a ampliação das instalações de tratamento, em caso de necessidade futura (Cascaes, 1991).

Owen *et al.* (2013) referem que a colocação de emissários submarinos em camadas estratificadas dos meios recetores pode constituir uma solução vantajosa, referindo que o efluente poderá ficar retido nas camadas estratificadas (Fisher *et al.*, 1979), reduzindo o transporte de nutrientes e poluentes para a superfície, identificada como zona produtiva (Li e Hodgins, 2004), e para as áreas de lazer costeiras (Chin, 2006).

O comprimento do emissário e a profundidade de descarga encontram-se relacionados pela topografia. Regra geral, a descarga deverá efetuar-se a profundidades superiores a 20m, no sentido de maximizar a diluição inicial, e pelo facto de, eventualmente, se tratar de profundidades nas quais exista um ambiente suficientemente estratificado, impedindo que os jatos atinjam a superfície e, consequentemente, que a mancha de esgoto permaneça submersa. O comprimento do emissário deverá apresentar um valor que assegure uma diluição que conduza a concentrações bacteriológicas inferiores a valores previamente fixados, de acordo com a utilização das águas (Cascaes, 1991).

A distância entre o ponto de descarga e a zona costeira em estudo apenas influencia o fator de dispersão horizontal e o fator de inativação bacteriológica. O efeito da distância no fenómeno de dispersão horizontal indica-se como reduzido, podendo considerar-se a dispersão horizontal independente da distância à costa. Esta constatação facilita o processo de estimativa preliminar do comprimento do emissário submarino (Chaves, 2014).

A configuração do difusor (em planta) estabelece-se em função da natureza dos fundos, da profundidade de implantação e das correntes marítimas. Geralmente, o difusor apresenta uma orientação perpendicular à corrente dominante, maximizando a diluição inicial. No caso de correntes multidirecionais (correntes sem direção dominante definida), refere-se a sugestão, por parte de alguns autores, da utilização de difusores em forma de "Y" (Cascaes, 1991).

Do ponto de vista hidráulico, realça-se a importância da quantificação das perdas de carga verificadas ao longo do circuito de descarga, particularmente pela sua importância na definição das cotas de exploração adequadas para a câmara de carga. O conhecimento detalhado das perdas de carga localizadas, ocorridas ao longo do difusor, são importantes para a determinação das condições hidráulicas, em cada um dos *risers* (Chaves, 2014).

A caraterização e contabilização de perdas de carga localizadas revela-se controversa, resultando, diversas vezes, de extrapolações experimentais que variam consoante o autor. A geometria adotada, particularmente no caso do difusor, pode variar, de forma acentuada, de caso para caso, devendo as consequentes perdas de carga localizadas ser estudadas detalhadamente em cada projeto (Chaves, 2014).

2.4.3.11. Análise de Custos

A análise económica do diâmetro de um emissário submarino incorpora a análise dos custos de primeiro estabelecimento e dos custos de exploração. O diâmetro mais económico será aquele que minimiza a soma dos investimentos com gastos de energia. Sistematizam-se algumas noções relativas aos dois tipos de custo mencionados (Cascaes, 1991):

- Custos de primeiro estabelecimento – incluem-se os custos de tubagens, de instalação, de sistemas de bombagem e da câmara de carga. O incremento do diâmetro provoca a subida do custo com a tubagem, mas a diminuição dos custos relacionados com os grupos de bombagem e câmara de carga;
- Custos de exploração – incluem-se os custos relacionados com a energia consumida, manutenção, reparação e reposição de pequenos equipamentos. São custos comparativamente mais reduzidos, não apresentando uma variação significativa com o diâmetro.

O custo de primeiro estabelecimento do emissário depende de diversos fatores (comprimento, diâmetro, tipo de material e medidas de proteção necessárias). O troço instalado no mar apresenta um custo com forte influência da agitação marítima, que condiciona o modo de execução, com ou sem recurso a meios mais onerosos. No caso da impossibilidade de funcionamento gravítico do emissário, referem-se os custos da instalação de bombagem e da câmara de carga. A definição de custos envolve três etapas, que se indicam seguidamente (Cascaes, 1991):

- Pesquisa de obras anteriormente executadas;
- Procura de expressões matemáticas que se ajustem, de forma razoável, aos dados conhecidos;
- Interpretação de resultados.

Como complemento às informações disponíveis, estabelece-se uma abordagem na qual os custos por metro de emissário (em terra ou no mar) estimam-se considerando os preços dos materiais e os trabalhos necessários à sua execução. Nesta abordagem incluem-se (Cascaes, 1991):

- Aquisição, transporte e instalação das tubagens;
- Escavação e aterro das valas;
- Transporte de produtos sobrantes;
- Estabilização da tubagem.

Com base nos valores obtidos, através do descrito anteriormente, sugere-se a dedução de uma expressão matemática composta por duas parcelas (instalação em terra e instalação no mar), com base em técnicas de regressão geométrica, considerando o diâmetro da tubagem como variável independente e o custo por metro de comprimento como variável dependente. Para a estimativa do custo terrestre do emissário, referem-se dois tipos de terreno distintos (areia e rocha) e consideram-se as componentes (Cascaes, 1991):

- Escavação em areia ou rocha;
- Recobrimento com material da escavação ou betão simples;
- Transporte do material sobrante;
- Tubagem e seu assentamento;

- Ancoragem das tubagens.

No que diz respeito ao custo do troço marítimo consideram-se duas situações: implantação na zona de rebentação e implementação em alto mar. A zona de rebentação, vulgarmente, estende-se até cerca de 500m da costa, e está associada, na maioria dos casos, à tomada de medidas de precaução acrescidas. Até à cota -2.0m ou -4.0m, refere-se que é usual a construção de um pequeno esporão que permita a utilização de meios terrestres, uma vez que existe a perigosidade associada à aproximação do equipamento marítimo a terra. Para cotas superiores a -2.0m ou -4.0m utilizam-se meios marítimos como (Cascaes, 1991):

- Batelões flutuantes;
- Dragas;
- Plataformas com pés tipo "*jack up*";
- Rebocadores;
- Máquinas abre-valas para trabalhos submarinos;
- Bombas de betonagem;
- Suportes de montagem de tubos no fundo do oceano.

As cotas topográficas associadas à implantação do sistema de drenagem podem impossibilitar a adoção de soluções do tipo gravítico, tornando-se necessária a implementação de instalações de bombagem. O custo associado a estas instalações compreende a construção do edifício e o fornecimento e a montagem dos equipamentos de bombagem. A câmara de carga, vulgarmente é constituída por uma chaminé de equilíbrio e por um pequeno edifício para instalação da tubagem, realçando-se que o diâmetro do emissário vai influenciar, sobretudo, a chaminé de equilíbrio (Cascaes, 1991).

Os custos de exploração encontram-se condicionados pelo diâmetro do emissário, que por sua vez influencia a altura de elevação das águas residuais e, por consequência a potência dos grupos de bombagem e os custos energéticos. De acordo com o horizonte de projeto do emissário submarino, deve contabilizar-se a eventual evolução dos volumes de águas residuais, no decorrer desse período, assim como o preço da energia a as taxas de atualização estimadas. Relativamente à manutenção, os principais custos a considerar relacionam-se com a mão de obra para operação e manutenção do sistema e com os materiais e os equipamentos para manutenção preventiva, corretiva e reposição (Cascaes, 1991).

2.4.3.12. Materiais de Construção e Técnicas de Instalação

A construção de emissários submarinos incorpora as fases de assentamento e preparação das tubagens, em terra, deparando-se com condicionantes relacionadas com a variação dinâmica das zonas costeiras. A execução e o assentamento devem ser compatíveis com os empreiteiros disponíveis e com a sua capacidade construtiva, possibilitando a conclusão da obra dentro do período e dos custos expectáveis. Refere-se a pertinência da compatibilização dos materiais da tubagem, dos tipos de suportes, dos tipos de juntas, dos equipamentos e das técnicas desenvolvidas e disponibilizadas pelas entidades executantes. A obtenção de preços competitivos, a qualidade de execução e a segurança, relacionam-se com a flexibilidade do projeto de execução, permitindo a participação de diversas entidades no concurso da obra (Chao e Motta Pacheco, 1978).

No que se refere à escolha do material da tubagem, dando cumprimento a requisitos como a resistência à corrosão, a execução de juntas seladas contra vazamentos e o elevado grau de resistência e integridade, indicam-se diversos materiais utilizados em emissários submarinos (Chao e Motta Pacheco, 1978):

- Betão armado (emissários de grandes diâmetros);

- Aço revestido de betão (emissários de grandes diâmetros);
- Ferro fundido (emissários de grandes diâmetros);
- Ferro dúctil (emissários de grandes dimensões);
- Poliéster ou outras resinas (emissários instalados em lagoas e estuários);
- Polietileno e polipropileno de alta densidade (até 1.2m de diâmetro, quando instalados em mar aberto, com excelente resultado técnico-económico).

Chaves (2014) realça a diversidade de materiais que podem ser utilizados em emissários submarinos, dependendo a sua escolha de fatores económicos, da tecnologia de assentamento disponível e da disponibilidade de material no local da construção. O tipo de material escolhido poderá condicionar o método construtivo ou vice-versa, existindo métodos construtivos que implicam explorar as capacidades dúcteis de determinados materiais. Identificam-se os materiais mais utilizados em emissários submarinos (Chaves, 2014):

- Polietileno de alta densidade (PEAD);
- Aço inoxidável (AI);
- Ferro fundido dúctil (FFD);
- Betão armado (BA);
- Plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV);
- Túnel escavado sobre rocha.

Destaca-se que o polietileno de alta densidade (PEAD) é o material mais utilizado em projetos de emissários submarinos, uma vez que apresenta diversas vantagens técnicas quando comparado com os restantes. A ductilidade deste material permite que se adapte aos movimentos do fundo marítimo, quer por fenómenos erosivos (quando instalado em fundo arenoso) quer por movimento relativo de maciços rochosos (quando instalado em fundo rochoso). O método de união por soldadura "topo a topo" revela-se uma vantagem do polietileno de alta densidade, por configurar uma técnica expedita a realizar "*in situ"*, dada a necessidade de o transporte de fábrica se efetuar por troços (Chaves, 2014).

No que diz respeito aos métodos de construção de emissários submarinos, sistematizam-se três abordagens (Chao e Motta Pacheco, 1978):

- Tubagens de aço soldadas revestidas de betão – rebocadas para o local de assentamento, pelo fundo do oceano, com a força de impulso controlada;
- Tubagens de betão e ferro fundido – assentadas uma a uma ou em secções;
- Tubagens de polietileno ou polipropileno de alta densidade – praticamente sem juntas, leves e flexíveis, podem rebocar-se em grandes expensões, pela superfície, em diversas condições marítimas, sendo posteriormente submersas com relativa facilidade e elevada precisão.

A escolha do material da tubagem e da técnica de instalação deve considerar as condições climatéricas e marítimas locais. Os dados históricos relativos à ocorrência, frequência e intensidades de ventos e ondas, revela-se importante na minimização de custos de construção e na prevenção de perdas e imprevistos. A opção por um determinado material e método construtivo pode reduzir o tempo de trabalho aquático e subaquático em mar aberto, diminuindo os riscos, imprevistos e custos (Chao e Motta Pacheco, 1978).

A partir dos anos 60 do século XX, os países do Norte da Europa começaram a utilizar emissários submarinos em polietileno de alta densidade (PEAD), sendo as primeiras tubagens produzidas com um comprimento de 12 m e afundadas através de um processo de entrada de água numa extremidade e libertação de ar na outra. As técnicas anteriores de instalação de tubagens apresentavam deficiências ao

nível da junção de troços de menor comprimento, vindo a soldadura topo a topo, utilizada em tubagens de polietileno de alta densidade (PEAD), colmatar esta questão (Freire, 2013).

A *Pipelife Norge As*, empresa especialista em produção de tubagens em polietileno de alta densidade (PEAD), recuperou a técnica referida anteriormente e desenvolveu condutas com comprimentos até 500m e diâmetros entre 50mm e 1600mm. A submersão das tubagens garante-se através da gravidade, de pressão do ar e de impulsão. A instalação de emissários submarinos em polietileno de alta densidade (PEAD) encontra-se descrita num manual disponibilizado pela empresa (Norge, 2002), integrando as etapas que se sintetizam (Freire, 2013):

- Transporte das tubagens (comprimento entre 400m e 600m), por batedores, para o estaleiro de montagem;
- Instalação de anéis (montagem no estaleiro ou no mar), com um espaçamento previamente determinado. As tubagens dimensionam-se para flutuar com os anéis instalados, quando preenchidas por ar, no interior;
- Instalação de flanges cegas nas extremidades. Equipa-se a junta da extremidade marítima da tubagem com uma válvula que controla a saída de ar;
- Submersão das tubagens, após a montagem de todos os troços, delineada através de boias. Inicia-se a submersão com a abertura da válvula controladora da saída de ar e com a aplicação de uma força de tração. A pressão no interior da conduta controla-se através de um manómetro;
- Configuração em "S" do perfil da tubagem em submersão, que expressa o equilíbrio das forças ascendentes (impulsão hidrostática no trecho com ar) e descendentes (peso do trecho já preenchido com água).

2.4.3.13. Construção faseada

A construção faseada de emissários submarinos de menores diâmetros e custos mais reduzidos apresenta diversas vantagens, que se sintetizam seguidamente (Chao e Motta Pacheco, 1978):

- Menor custo e tempo de execução;
- Intercetores de menores dimensões, ao longo das praias;
- Menores profundidades de valas para instalação de tubagens, mitigando problemas associados a escavações, escoramento de valas e abaixamento do nível freático;
- Menor número de instalações elevatórias, com diminuição do investimento e custos de operação e manutenção;
- Divisão dos sistemas em troços de menor extensão.

2.4.3.14. Monitorização, Inspeção e Manutenção

O Programa das Nações Unidas para o Ambiente (PNUA) define monitorização como o processo de observação, de caráter repetitivo, com fins delineados, de um ou diversos elementos do ambiente, em consonância com um planeamento prévio, no espaço e no tempo, através de metodologias comparáveis, para caraterização ambiental e colheita de dados. A Diretiva do Quadro da Água 2006/60/CE (DQA), instrumento orientado da União Europeia (UE), para a gestão das águas superficiais interiores, das águas de transição, das águas costeiras e das águas subterrâneas, indica três níveis para os programas de monitorização (Santos *et al.*, 2010):

- Monitorização de vigilância – orientada para a evolução a longo prazo permite fornecer informação sobre o estado da qualidade da água, identificando a sua condição inicial e avaliando as alterações a longo termo, originadas por atividade natural ou antropogénica;
- Monitorização operacional – orientada para zonas em risco de não atingirem os objetivos de qualidade requeridos pela DQA, permite avaliar o sucesso de medidas tomadas para melhorar uma situação;
- Monitorização de investigação – orientada para a compreensão e quantificação dos processos responsáveis por excessos que conduzem ao incumprimento da DQA, permite avaliar uma poluição acidental ou identificar as causas de um problema.

A monitorização dos sedimentos revela-se fundamental nos estudos de contaminação, uma vez que os sedimentos representam um reservatório de contaminantes e, consequentemente, fonte de contaminantes para a água e para os seres vivos (Baudo *et al.*, 1990 e Loring, 1991).

Os Veículos Submarinos Autónomos (VSA), pela capacidade de recolha de dados (elevada quantidade, natureza diversa, várias profundidades, rapidez) e operação relativamente simplificada, representam uma tecnologia vanguardista na monitorização ambiental, particularmente na avaliação de condições de funcionamento de emissários submarinos (Ramos *et al.*, 2000). O Veículo Submarino Autónomo (VSA) *Isurus*, pelo peso e dimensão reduzidos (facilmente operável e com reduzido apoio logístico), constitui uma solução relevante, que pode utilizar-se em rios, estuários e zonas costeiras até 200m de profundidade (Ramos *et al.*, 2004).

A monitorização através de VSA possibilita a recolha de dados direcionada para a deteção e mapeamento de plumas de efluentes, provenientes de emissários submarinos. Dados como a temperatura, a condutividade e a profundidade, recolhidos a partir de um sensor que mantém a bordo, durante a inspeção, tornam possível o mapeamento da pluma. A tecnologia de inspeção pode apoiar, de forma sustentada, o acompanhamento e a análise de eficiência de emissários submarinos. Os resultados ao nível da deteção e mapeamento da pluma de efluente, proveniente da descarga de emissários submarinos, permitem indicar que a tecnologia poderá conduzir a desenvolvimentos relevantes no conhecimento dos processos hidrodinâmicos de dispersão (Ramos *et al.*, 2004).

O VSA MARES (Modular Autonomous Robot for Environment Sampling), desenvolvido pelo Grupo de Sistemas Oceanográficos da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto/INESC Porto, refere-se como uma tecnologia para a monitorização ambiental de emissários submarinos, identificando-se a existência de resultados recentes, que revelam a elevada sensibilidade da sonda utilizada, permitindo identificar, de forma clara, a extensão da pluma, no meio recetor. Salienta-se que, para estimar a diluição garantida pelo emissário, dado crucial para a avaliação ambiental da descarga, se torna necessário complementar a informação, nomeadamente no que se refere ao campo de escoamento e à quantificação das suas componentes (Ramos, 2009).

Os emissários submarinos, à semelhança de outras estruturas marítimas, encontram-se sujeitos à aleatoriedade da agitação marítima. O risco relacionado com a agitação marítima e com a constante possibilidade de que as cargas de projeto sejam excedidas não se encontra entre os motivos principais da ocorrência de danos, nestas estruturas. Da perspetiva estrutural, os principais motivos pelos quais se devem efetuar inspeções exteriores ao corpo do emissário relacionam-se com (Chaves, 2014):

- Danos estruturais, na fase de construção (em zonas protegidas por enrocamento, pode ocorrer a perfuração da tubagem durante a descarga dos elementos do enrocamento);
- Danos provocados pela âncora de embarcações;
- Movimentações do fundo, por via de erosão sedimentar;
- Terramotos.

No que diz respeito ao funcionamento hidráulico, refere-se que ocorre, com considerável frequência, o bloqueio de alguns elementos do difusor, provocado pela entrada de objetos de grande dimensão em sistemas de diâmetro reduzido, e pela acumulação de sedimentos e gorduras, em torno do perímetro molhado do difusor. Os últimos trechos do difusor funcionam, frequentemente, com velocidades reduzidas, uma vez que transportam caudais baixos, sendo a capacidade de autolimpeza diminuta e, consequentemente, frequentes os bloqueios do sistema. Realça-se que, nos emissários de grandes dimensões, se realizam inspeções ao exterior e interior do difusor, com auxílio de mergulhadores e viaturas de inspeção vídeo, num procedimento semelhante às práticas correntes em sistemas de drenagem de águas residuais (Chaves, 2014).

Chiban *et al.* (2011) refere a existência de diversas estratégias de limpeza de emissários submarinos, salientando que algumas se associam à eliminação de sedimentos, através de meios físicos (equipamentos de raspagem mecânicos, jatos de água de alta pressão e *pigging*), enquanto outras se referem ao revestimento das paredes (superfícies menos rugosas), facilitando o escoamento.

2.4.3.15. Período de Vida Útil

A magnitude dos custos económicos e ambientais, associados à rotura ou ocorrência de danos num emissário submarino, evidencia a necessidade de elevados níveis de segurança, associados ao projeto estrutural. Embora se reconheça a elevada ductilidade de algumas soluções de emissários submarinos, refere-se que estes deverão apresentar a capacidade de resistir estruturalmente à ação de eventos extremos de agitação marítima. O período de vida considerado vulgarmente na conceção de um emissário submarino encontra-se na ordem dos 40 a 50 anos (Cascaes, 1991), embora, em projetos de grande dimensão, se considerem, por vezes, períodos de vida útil até 100 anos (Chaves, 2014).

No decorrer do período de vida útil acima referido, o emissário deverá ser capaz de resistir à ação de ondas de diferentes tempestades e, especialmente, à onda de projeto, associada a um determinado período de retorno. O período de retorno deverá ser definido em conformidade com o nível de risco aceitável para cada projeto. Embora, na maioria dos casos, o número de anos de registo disponíveis se revele significativamente inferior ao recomendado, identifica-se como prática comum, na ausência de outras opções disponíveis, a realização de extrapolações, devendo os seus resultados ser observados com particular prudência. De forma a garantir a independência dos registos, considera-se, usualmente, apenas a altura de onda significativa máxima de cada ano de registo. As distribuições estatísticas utilizadas mais frequentemente na estimativa das condições de agitação marítima extremas são a distribuição normal, log-normal, Weibull e Fisher-Tippet Tipo I e Gumbel (Chaves, 2014).

2.4.3.16. Proteção Estrutural

À semelhança de qualquer outra estrutura sujeita à ação da agitação marítima, os emissários submarinos deverão ser resistentes à repetida ação de ondas e de correntes incidentes. O objetivo da proteção relaciona-se com a estabilização da conduta e a redução do risco de rotura, durante o tempo de vida estimado. A maioria das situações mais gravosas para a conceção estrutural verificam-se durante o assentamento, embora diversas outras situações, que podem ocorrer durante a construção ou manutenção, possam provocar danos na estrutura (Alvarez *et al.*, 2002).

Os emissários submarinos apresentam propriedades peculiares, sendo estruturas enraizadas na costa, que se estendem ao longo de centenas de metros, de forma mais ou menos perpendicular à costa, assentes sobre o fundo marítimo. Uma vez que se trata de estruturas submersas, de reduzida altura, evitam, em

grande parte do seu percurso, o impacto direto da agitação, estando apenas sujeitas aos campos de velocidades, gerados em profundidade, pela passagem das ondas (Chaves, 2014).

Geralmente, o peso próprio de um emissário submarino revela-se insuficiente para garantir a sua estabilidade, face às ações atuantes, registando-se a necessidade de adotar soluções de proteção estrutural. Embora se refira a existência de diversas metodologias de proteção estrutural de emissários submarinos, realça-se que a sua viabilidade dependerá, acima de tudo, das condições geológicas locais e da intensidade da agitação marítima (Chaves, 2014).

A análise hidrodinâmica de um emissário submarino relaciona-se com a avaliação da resposta da estrutura às ações a que se encontra sujeita, nomeadamente a agitação marítima e as correntes. No caso de tubagens protegidas com mantos de enrocamento, considera-se a ação do material do manto que envolve a tubagem (Neves, 2004).

As solicitações a que os emissários se encontram sujeitos podem ser de várias ordens, indicando-se as instabilidades provocadas por forças hidrodinâmicas, durante a construção (enquanto o emissário se encontra desprotegido), os eventuais danos provocados pela colocação do material de aterro ou pelo movimento das proteções. O controlo dos eventos referidos revela-se de particular importância em tubagens plásticas, que apresentam resistências mais baixas do que outros materiais (Alvarez *et al.*, 2002).

No caso de o emissário submarino se executar em tubagens de polietileno de alta densidade (PEAD), o peso próprio da tubagem não é suficiente para garantir a estabilidade da estrutura face à ação da agitação marítima, sendo necessário acoplar, à tubagem, elementos de contrapeso, geralmente em betão. A utilização destes elementos possibilita o aumento do peso global da estrutura, impedindo o seu arrastamento por ação da agitação marítima, e permite elevar a conduta do fundo marítimo. O formato dos anéis de contrapeso revela-se consideravelmente variável, devendo estabelecer um ponto de equilíbrio entre formas hidrodinâmicas e a simplicidade dos métodos construtivos (elementos de cofragem) (Chaves, 2014).

O passo posterior à definição das ações sobre o emissário e da forma geométrica dos anéis será o cálculo da estabilidade, determinando-se o peso a atribuir aos anéis. Embora se dimensione cada anel individualmente, refere-se que a utilização de diversos tipos de anel, num emissário, constitui uma solução antieconómica, pelos custos associados à execução de diversos elementos de cofragem. De acordo com o comprimento do emissário, poderá ser mais económica uma solução com todos os anéis iguais ou com dois tipos de anéis. No caso de emissários muito extensos e de profundidades elevadas poderá ser economicamente mais vantajosa a utilização de mais do que dois tipos de anéis, devendo ser analisada essa possibilidade, caso a caso (Chaves, 2014).

Os anéis de betão podem apresentar funções de proteção estrutural e de afundamento do emissário, em fase de construção. O conjunto que integra o emissário e o volume líquido no seu interior possui uma densidade menor do que a da água do mar, apresentando tendência natural para flutuação. Os anéis de betão permitem o afundamento da tubagem e a garantia de alguma estabilidade, durante o processo construtivo (Chaves, 2014).

No que diz respeito à proteção de emissários submarinos na zona de rebentação, refere-se que o método de proteção estrutural mais comum consiste na instalação enterrada da estrutura. No caso do fundo em que a estrutura assenta ser do tipo arenoso, salienta-se que esta constitui a solução mais económica, do ponto de vista estrutural e construtivo. Em emissários de reconhecida importância, mesmo tratando-se de fundos do tipo rochoso, indica-se que é frequente a execução de túneis na rocha, através dos quais o

emissário submarino é instalado, de forma a proteger a estrutura da ação de rebentação das ondas (Chaves, 2014).

Destaca-se que existe também a possibilidade de proteção estrutural do emissário submarino, através de uma proteção de enrocamento de disposição semelhante a um quebramar submerso. O dimensionamento da proteção de enrocamento de um emissário submarino executa-se, tradicionalmente, com recurso a fórmulas de dimensionamento de quebramares submersos, devido às semelhanças, do ponto de vista do funcionamento estrutural. No entanto, refere-se que existem, diferenças fundamentais entre emissários submarinos e quebramares submersos, que conduzem a críticas à aplicabilidade das fórmulas referidas. A tabela 2.1 apresenta as principais diferenças entre as duas estruturas. Salienta-se que, apesar das diferenças entre emissários submarinos e quebramares submersos, regra geral, a aplicação das fórmulas conduz a soluções conservativas, salvaguardando a segurança da estrutura (Chaves, 2014).

Tabela 2.1 – Principais diferenças entre a proteção de enrocamento de um emissário submarino e um quebramar submerso (adaptado de Chaves, 2014)

Emissário Submarino (proteção de enrocamento)	Quebramar Submerso
Estrutura enraizada, com uma configuração em planta aproximadamente paralela à direção de propagação da agitação marítima.	Configuração em planta aproximadamente perpendicular à direção de propagação da agitação marítima.
Apresenta, como objetivo, a dissipação de energia, para proteção do emissário submarino localizado no seu núcleo.	Apresenta, como objetivo, a dissipação de energia para proteção de elementos localizados após o quebramar.
Cota de fundo e do coroamento significativamente variável de secção para secção.	Cota de fundo e do coroamento aproximadamente constante ou com uma variação reduzida.
Elevado grau de submersão.	Baixo grau de submersão.

A necessidade de novas soluções, ambientalmente sustentáveis, particularmente em zonas vulneráveis, identifica-se como uma temática de particular importância. A utilização de quebramares submersos refere-se como um bom exemplo, possibilitando, frequentemente, melhores níveis de proteção, com um impacto ambiental reduzido (Taveira Pinto e Neves, 2010).

Constata-se que existem diversas soluções a adotar, devendo o projetista definir o perfil transversal mais adequado, atendendo às condições geológicas locais, e tendo em conta outros fatores de caráter construtivo (disponibilidade de blocos de dimensão ajustada, na proximidade, custos e facilidade de transporte), a viabilidade económica das diferentes soluções, a experiência local, entre outros. O dimensionamento deverá contemplar, na zona de rebentação, a alteração das condições de secção para secção, adotando-se um conjunto razoável de soluções de dimensionamento, cuja viabilidade económica deverá ser ponderada, definindo-se o cenário mais favorável (Chaves, 2014).

Sugere-se a homogeneização das soluções encontradas. Na mesma linha do que se refere para a conceção dos anéis de contrapeso de betão, poder-se-á adotar um peso máximo para o manto resistente, de todo o trecho de emissário submarino, adotando-se uma secção transversal tipo, para toda a zona de rebentação. Poder-se-á ainda, estabelecer um cenário em que se adotam duas ou três gamas de blocos, dividindo-se a zona de exposição à rebentação das ondas em trechos com secções transversais, a variar de acordo com a intensidade das ações (Chaves, 2014).

Os níveis de risco devem identificar-se, regulamentar-se e relacionar-se com as caraterísticas e com a capacidade de resposta da costa e com a dinâmica costeira, integrando um sistema costeiro único (Alves *et al.*, 1999). A quantificação do risco numa, análise específica, engloba resultados da análise de vulnerabilidade, das caraterísticas, das formas possíveis de rotura da unidade costeira, do uso do solo próximo da linha de costa, dos cenários alternativos de expansão urbana e dos níveis de risco aceitáveis, considerando critérios socioeconómicos (Veloso Gomes, 1995).

A vulnerabilidade de uma unidade costeira às ações energéticas do mar (agitação, marés, correntes, cheias, ventos) corresponde à sensibilidade dessas ações, expressas através de alterações hidromorfológicas (Veloso Gomes, 1996). A vulnerabilidade ambiental pode definir-se como a capacidade de resposta numa situação de catástrofe, salientando-se que, quanto maior for a capacidade de resposta, menores serão a vulnerabilidade ambiental associada e os danos causados (Alves *et al.*, 1999).

O risco associado a uma unidade costeira corresponde ao produto da média ponderada das consequências de cada uma das ações pela probabilidade de cada forma de rotura. O risco de exposição às ações do mar depende da vulnerabilidade e do tipo de ocupação (Veloso Gomes, 1996). No que diz respeito aos riscos, sistematizam-se algumas noções (Alves *et al.*, 1999):

- Risco Ambiental – caraterização dos potenciais efeitos adversos, resultantes da exposição a perigos ambientais;
- Risco Natural – relacionado com acontecimentos geofísicos extremos, responsáveis por danos, como consequência dos sistemas naturais e das interações na zona costeira;
- Risco Potencial – efeito aleatório, que pode encontrar-se na base do risco, face a um perigo eminente;
- Risco Induzido – risco causado pela ação humana (Gomes, 1995).

O processo de quantificação do risco descreve a utilização de diferentes princípios científicos, de forma a obter estimativas de risco, como suporte ao processo de tomada de decisão e à gestão do risco. Indicam-se as etapas que podem integrar a estimativa (Alves *et al.*, 1999):

- Identificação de perigos potenciais e avaliação da exposição;
- Análise da vulnerabilidade;
- Quantificação do risco e da incerteza da estimativa.

Revela-se crucial a constatação de que situações naturais, particularmente dinâmicas, em zonas vulneráveis a ações do mar, que no passado não requeriam qualquer intervenção, são profundamente contrariadas pelo tipo de ocupação do solo e pelos usos que se verificam nessas zonas. A elaboração de novas cartas de vulnerabilidade e de risco, de delimitação de zonas vulneráveis a acontecimentos extremos e de evolução de dinâmica costeira exige um esforço e consenso da comunidade científica, representando um desafio a médio prazo (Veloso Gomes, 2007).

2.4.3.17. Modelação Hidráulica

A modelação hidráulica de emissários submarinos aborda-se caraterizando sucintamente dois programas que permitem simular o funcionamento dos emissários, designadamente o EPANET e o CORHYD (*Internal Diffuser Hydraulics Design Tool*).

De acordo com Freire (2013), o CORHYD é um programa destinado ao cálculo das caraterísticas hidráulicas do escoamento, em emissários submarinos, com um código escrito em MATLAB, incluindo uma interface gráfica, dos autores Bleninger e Jirka (2005). O programa direciona-se aos projetistas e

aos operadores de controlo de descarga, para modelar, analisar, prever e controlar o comportamento da descarga dos difusores, sob diferentes condições de descarga (Bleninger e Jirka, 2005).

O modelo de cálculo utilizado pelo CORHYD carateriza-se por uma análise orifício a orifício ou *riser* a *riser*, baseando-se os cálculos na aplicação da equação da continuidade e do teorema de Bernoulli. Referem-se as hipóteses de cálculo consideradas pelos autores do programa, na implementação do modelo (Freire, 2013):

- Cálculo de perdas de carga contínuas (rugosidade das paredes das tubagens), contendo funções que determinam automaticamente as perdas de carga localizadas (de acordo com a geometria da instalação). As perdas de carga localizadas, associadas a geometrias especiais, podem ser introduzidas manualmente;
- Coeficiente de perda de carga, à saída da câmara de carga de 0.5m, atribuído automaticamente pelo programa;
- Perdas de carga do difusor:
    - Mudança de diâmetro;
    - Entrada dos *risers*;
    - Saída dos *risers*.

Referem-se os dados de entrada do programa CORHYD, através da interface referida (Freire, 2013):

- *Ambient Data* – nível médio da água do mar e massa volúmica da água do mar;
- *Effluent Data* – caraterísticas do efluente a descarregar (viscosidade e densidade), caudal a descarregar ou altura máxima na câmara de carga;
- *Feeder/Diffuser pipe geometries per section* – configurações geométricas do difusor (planta, perfil e secções);
- *Port/Riser group configurations* – caraterísticas dos orifícios e/ou *risers* (rugosidade dos *risers*, diâmetro dos orifícios/*risers*, comprimento dos *risers*, número de orifícios por cada *riser*). Os orifícios definem-se por grupos, onde cada grupo contém *n* orifícios/*risers*, igualmente espaçados;
- *Additional local losses* – perdas de carga localizadas, introduzidas manualmente;
- *Blocked ports* – simulação de fecho e abertura dos orifícios/*risers*.

O EPANET é um programa de domínio público de modelação de sistemas de distribuição de água, desenvolvido pela *Environmental Protection Agency* (EPA), nos Estados Unidos da América, que permite a execução de simulações estáticas e dinâmicas do desempenho hidráulico de uma rede de distribuição (Freire, 2013). Este programa permite obter os valores de caudal em cada tubagem, da pressão em cada nó, da altura de água em cada reservatório de nível variável e da concentração de espécies químicas, através da rede, durante o período de simulação, dividido em múltiplas etapas de cálculo. A determinação da idade da água e a deteção da origem de água em qualquer ponto da rede podem ser executados pelo programa (Rossman, 2002).

A modelação de um emissário submarino requer a conceção de um modelo, propondo-se um modelo unidimensional cujas fronteiras são (Freire, 2013):

- Montante – câmara de carga;
- Jusante – orifícios/*risers* do difusor.

A câmara de carga modela-se, no simulador EPANET, como um reservatório de nível variável. A alimentação à câmara realiza-se através de uma válvula reguladora de caudal e programa de acordo com os valores de cada cenário. No modelo EPANET, consideram-se os seguintes parâmetros hidráulicos:

- Diâmetro interior da tubagem;
- Rugosidade do material da tubagem;´
- Viscosidade cinemática.

O modelo EPANET utilizado em conjunto com o MATLAB, apresenta algumas vantagens em relação ao CORHYD. O facto de o CORHYD considerar apenas orifícios igualmente espaçados, revela-se uma lacuna, quando se pretende modelar um emissário em que essa situação não ocorre. O EPANET + MATLAB consegue realizar simulações para estes casos (Freire, 2013).

Não sendo possível a introdução da cota real de cada orifício, no CORHYD, o programa efetua interpolações lineares entre secções do emissário, podendo contribuir para resultados incertos, particularmente se o emissário se encontrar instalado numa batimétrica irregular e a grandes profundidades. O modelo EPANET + MATLAB permite introduzir a cota real de orifício (Freire, 2013).

2.4.3.18. Modelação da Dispersão de Efluentes

A caraterização das zonas de mistura, no meio recetor, através de modelos numéricos que simulam os processos de dispersão da pluma de um emissário, configura, atualmente, uma ferramenta de particular importância. A região do campo próximo abordou-se com o recurso a fórmulas empíricas para o cálculo da diluição inicial, nomeadamente as desenvolvidas por Abraham (1963) e Cederwall (1968), através de estudos experimentais de descargas pontuais, sem recurso a análise dimensional ou quaisquer conceitos hidráulicos. Rawn *et al.* (1960) reanalisou os resultados, utilizando parâmetros adimensionais (Malhadas, 2008).

Os modelos numéricos utilizam-se, atualmente, para o cálculo da diluição inicial, realçando-se que grande parte dispõe de um sistema de classificação de escoamentos baseado em parâmetros adimensionais, determinados em função das caraterísticas da estratificação, das correntes do meio recetor e das caraterísticas dinâmicas e geométricas da descarga de (Jirka e Doneker, 1991). Identificam-se alguns modelos, vulgarmente utilizados em engenharia, para estudar as zonas próximas dos emissários (Malhadas, 2008):

- CORMIX (*Cornell Mixing Zone*) – recomendado pela EPA;
- CORJET (*Cornell Buoyant Jet Integral Model*);
- PLUMES (*Visual Plumes Model*);
- JETLAG (*Lagrangean Jet Model*).

Os modelos referidos analisam a pluma do emissário na sua forma integral, admitindo propriedades ambientais estacionárias e podendo ser visualizada como um jato ou como um conjunto de jatos com impulsão. A equação que se encontra na base da análise é a equação da conservação da quantidade de movimento, segundo três direções, em que se admite o efeito da impulsão na direção vertical da mistura, por efeito de corte e de arrastamento, e nas direções tangencial e normal ao eixo da pluma. Salienta-se que os modelos também resolvem uma equação de conservação de massa que apenas considera a mistura por efeito de corte e de arrastamento da pluma, no meio recetor (Malhadas, 2008).

Refere-se que os modelos acima mencionados apenas permitem estudar o campo próximo do emissário. No que diz respeito à resolução do campo afastado, a sua modelação efetua-se recorrendo a métodos eulerianos, ainda que estes apresentem fragilidades no que se refere à representação do termo advectivo. Diversos autores implementaram métodos eulerianos-lagrangeanos para resolver a equação de transporte. Menciona-se que a vantagem dos modelos lagrangeanos face aos eulerianos relaciona-se com o facto de os primeiros permitirem a aplicação a zonas com grandes gradientes (Malhadas, 2008).

Os modelos indicados conceberam-se (anos 60, século XX), inicialmente, com o objetivo de evidenciar as particularidades do escoamento, referindo-se que um "traçador" representa uma porção de matéria cuja trajetória se segue. Nestes modelos, as coordenadas e a origem são as propriedades básicas de um traçador. O aumento da capacidade de cálculo computacional alavancou o desenvolvimento de novas aplicações, particularmente modelos de dispersão, com a finalidade de simular a dispersão de poluentes no meio marinho e o seu efeito no ecossistema. Elencam-se algumas variáveis que podem associar-se a cada traçador (Malhadas, 2008):

- Caraterísticas da matéria transportada:
  - Coliformes;
  - Temperatura;
  - Fitoplâncton;
- Outras propriedades:
  - Volume ocupado;
  - Velocidade de sedimentação;
  - Comprimento de mistura;
  - Velocidade aleatória.

No início dos anos 80 (século XX), generalizou-se a implementação de modelos de dispersão de traçadores, como ferramenta de gestão de emissões pontuais no meio marinho. Salientam-se, como principais aplicações, as seguintes (Malhadas, 2008):

- Simulação de esgotos domésticos (Chu e Gardner, 1986, Monteiro *et al.*, 1992);
- Emissões pontuais de água quente, provenientes de centrais termoelétricas (Bork e Maier-Reimer, 1978);
- Dispersão de manchas de hidrocarbonetos (Shiau, 1991, Mansur e Price, 1992);
- Transporte de sedimentos (Chiu e Chen, 1969);
- Crescimento do fitoplâncton (Dippner, 1993).

Posteriormente, tornou-se possível associar os modelos lagrangianos, que resolvem o campo afastado, e os modelos que resolvem o campo próximo, a sistemas de modelação 4D, possibilitando a modelação espacial (3D) e temporal (1D), do meio recetor. Esta estratégia aplica-se no VISJET (*Visualizing Ocean Sewage Discharge Near-field Jet Integral Model*) (Cheung *et al.*, 2000) e no MOHID (Malhadas, 2008). O desenvolvimento do sistema MOHID iniciou-se na década de 80 do século XX (Neves, 1985), sofrendo, posteriormente, constantes aperfeiçoamentos no seguimento de diversos projetos científicos e tecnológicos (Portela e Neves, 1994, Cancino e Neves, 1994, 1998, Martins *et al.*, 2001, Santos *et al.*, 2002). A abordagem é semelhante àquela que se aplica no modelo JETLAG, para resolver o campo próximo, integrando-se facilmente em sistemas 4D, de modelação do meio aquático, e permitindo resolver os campos próximo e afastado, de emissários submarinos (Malhadas, 2008).

2.5. GESTÃO PATRIMONIAL DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

2.5.1. APONTAMENTO INTRODUTÓRIO

A gestão patrimonial de infraestruturas direciona-se para a gestão estratégica do património existente (infraestruturas de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais), definida como "*Infrastructure asset management*". A terminologia "gestão de ativos" revela-se mais adequada na perspetiva económico-financeira, identificando-se como insuficiente na especificação da abordagem a infraestruturas e inadequada quando se procura incluir, de forma relevante, a perspetiva de engenharia.

O termo "*asset*" utiliza-se na gíria de engenheiros, gestores e economistas, enquanto "ativo" não faz parte da gíria de engenharia. A designação de "gestão de infraestruturas" refere-se como demasiado geral e abrangente, incluindo, por exemplo, a operação. Recomenda-se a terminologia "gestão patrimonial de infraestruturas", realçando-se que se trata da gestão do património em infraestruturas, que se herda e usa, devendo conservar-se, modernizar-se e valorizar-se para as gerações vindouras (Alegre, 2006).

De acordo com a Norma NP ISO 24510:2012, referente às atividades relativas aos serviços de abastecimento público de água e de gestão de águas residuais (recomendações para a avaliação do desempenho e para a melhoria do serviço aos utilizadores), a gestão patrimonial de infraestruturas incorpora os processos que possibilitam, às organizações dos serviços de água, dirigir, controlar e otimizar o abastecimento, a manutenção e a distribuição dos ativos relativos às infraestruturas, incluindo os custos necessários aos desempenhos especificados no decorrer do seu ciclo de vida.

A gestão patrimonial de infraestruturas incide na estruturação de práticas de gestão tradicionais, integrando-as nos princípios de gestão por objetivos e de melhoria contínua, valorizando-as com novas técnicas de análise, de comparação e de comunicação entre partes interessadas (Alegre *et al.*, 2012). A eficácia da tomada de decisão encontra-se relacionada com a necessidade de uma abordagem completa, com vista ao desempenho desejado, com um nível de risco e custos totais aceitáveis. Indicam-se os principais custos considerados (Alegre *et al.*, 2011):

- Custos de construção;
- Outros custos:
    - Custos de operação;
    - Custos de manutenção;
    - Custos de desativação.

Particularizando as infraestruturas de abastecimento de água e de drenagem e de tratamento de águas residuais, referem-se fatores a considerar que as diferenciam de outras infraestruturas, designadamente (Alegre, 2008):

- Suportam serviços que constituem monopólios naturais, nos quais as regras de mercado não se aplicam facilmente, nomeadamente no que diz respeito à concorrência e à forma de avaliação do valor do património existente;
- Apoiam serviços que se assumem como evidentes pelas sociedades industrializadas, sendo pouco valorizados pelas populações;
- Encontram-se predominantemente enterradas, com condições físicas difíceis de avaliar. Frequentemente, releva-se inviável proceder a inspeções diretas completas e sistemáticas, sobretudo nas redes de abastecimento de água;
- Comportam-se como um sistema, e não como o somatório de componentes individuais;
- Distinguem-se de outros ativos de capital, pelo facto de a engenharia apresentar um papel mais preponderante, num processo de gestão adequada.

De acordo com Brown e Humphrey (2005) a gestão patrimonial de infraestruturas define-se como "a arte de encontrar o equilíbrio entre desempenho, custo e risco, a longo prazo". Frequentemente, as abordagens de gestão patrimonial de infraestruturas apresentam visões parciais, de acordo as perspetivas dos intervenientes, designadamente (Alegre *et al.*, 2011):

- Gestores financeiros e contabilistas – a gestão patrimonial de infraestruturas foca-se no planeamento financeiro e no controlo da exposição do negócio/atividade ao risco (Harlow e Young, 2001);

- Engenheiros – a gestão patrimonial de infraestruturas direciona-se para a análise e projeto de redes, para o planeamento, a construção, a otimização da operação e a fiabilidade hidráulica (Alegre e Almeida, 2009);
- Responsáveis pela manutenção das infraestruturas – a gestão patrimonial de infraestruturas constitui-se pela soma de planos, componente a componente, que se estabelecem baseados em análises de condição e de criticidade, considerando-se a infraestrutura como um conjunto de componentes individuais e independentes;
- Gestores de topo (*p.ex.* políticos eleitos) – a gestão patrimonial de infraestruturas orienta-se, tendencialmente, para fatores relacionados com a acessibilidade física e económica ao serviço, bem como à sua qualidade, segundo a perceção dos utilizadores, numa perspetiva de curto prazo.

2.5.2. Conceito de Gestão Patrimonial de Infraestruturas

2.5.2.1. Abordagem Geral

O "património em infraestruturas" ("*infrastructure asset*"), segundo Burns *et al*. (1999) pode definir-se como um conjunto de ativos que não podem substituir-se como um todo, mas antes renovar-se de forma fragmentada, substituindo componentes individuais, mantendo a função do sistema como um todo. O mesmo trabalho salienta que as infraestruturas apresentam um tempo de vida indefinido. No entanto, podem atribuir-se tempos de vida associados às componentes individuais da infraestrutura (Alegre, 2008).

O conceito de "gestão patrimonial" ("*asset management*") apresenta definições que têm evoluído significativamente ao longo do tempo, referindo-se que não existe um conceito totalmente estabilizado, salientando-se que os significados se verificam diferentes para pessoas e entidades distintas. O termo *asset management* começou a utilizar-se com um sentido financeiro. Posteriormente, surgem os conceitos de "integrado" ("*integrated*") e de análise do ciclo de vida ("*life-cicle analysis*"), associados à "gestão patrimonial" ("*asset management*") (Woodward, 1997). A gestão do risco e de desempenho das infraestruturas encontram-se a ganhar relevância no universo do "*infrastructure asset management*" (Alegre, 2008).

Alegre (2008) salienta que existem diversas definições de "gestão patrimonial" ("*asset management*") na bibliografia publicada neste âmbito, referindo-se que a definição proposta pelo *National Research Council of Canada*, em diferentes documentos e adotada no âmbito do projeto *Municipal Infastructure Investment Planning* (Vanier e Rahman, 2004), revela uma aparente aceitação por parte de muitas organizações. Esta definição refere a "gestão patrimonial" ("*asset management*") como um processo de negócio e de apoio à decisão que (Alegre, 2008):

- Abrange o período de vida útil de um ativo;
- Baseia-se na engenharia e na economia;
- Considera um ampla gama de ativos.

Embora aborde conceitos relevantes e reúna ideias sintéticas, a definição apresentada revela-se omissa no que diz respeito à consideração do risco. No âmbito do setor elétrico, Brown e Humphrey (2005) apresentam uma definição, classificada como mais informal, mas eventualmente mais rica e explicativa. Nesta definição, a "gestão patrimonial" ("*asset management*") refere-se como a arte de equilibrar o desempenho, o custo e o risco, salientando que esse equilíbrio requer o apoio suporte de três pilares:

- Gestão;
- Engenharia;

- Informação.

De acordo com Brown e Humphrey (2005), o equilíbrio entre a qualidade do desempenho das infraestruturas, a gestão do risco de falha e o investimento necessário, revela-se complexo, necessitando de um encontro de posições, de modo a gerir os objetivos em conflito. Relativamente às principais bases que sustentam esta definição, sistematizam-se algumas ideias (Alegre, 2008):

- Desempenho – as infraestruturas não valem por si mesmas, mas pelo serviço que proporcionam;
- Custo – o valor económico deve prevalecer sobre o valor contabilístico;
- Risco – não existem infraestruturas 100% seguras, devendo quantificar-se os riscos correspondentes a cada opção de engenharia e de investimento, decidindo-se pelos riscos que se considerem aceitáveis.

Considerando as questões referidas no âmbito das definições, a especificação PAS 55 (IAM/BSI, 2004) apresenta uma definição de "gestão patrimonial" ("*asset management*") que a classifica como o conjunto de atividades sistemáticas e coordenadas, através das quais uma organização gere, de forma otimizada, os seus ativos (desempenho, riscos e custos do ciclo de vida), de forma a alcançar o plano estratégico da organização. Segundo Alegre (2008), esta abordagem apresenta o inconveniente de considerar que a definição da estratégia se revela externa à gestão patrimonial de infraestruturas, não evidenciando que as infraestruturas se comportam como sistemas, sendo mais preponderante otimizar o comportamento do sistema como um todo, em detrimento da soma das comportamentos das componentes, individualmente.

De acordo com o referido nos pontos anteriores, seguindo a abordagem proposta em Alegre (2008) para a "gestão patrimonial de infraestruturas" ("*infrastructure asset management*"), considera-se a definição adotada nessa investigação: "*Gestão patrimonial de infra-estruturas [sic] é o conjunto da estratégia da organização e das atividades e das práticas sistemáticas e coordenadas correspondentes, através das quais a organização gere as suas infra-estruturas [sic] de modo racional, garantindo o equilíbrio entre o desempenho, o custo e o risco que lhes estão associados durante o ciclo de vida dos ativos a que correspondem."*. Realça-se que o equilíbrio referido nesta definição necessita de competências em três pilares fundamentais (gestão, engenharia e informação) e que a gestão patrimonial de infraestruturas deve planear-se a nível estratégico, tático e operacional (Alegre, 2008).

A abordagem à "gestão patrimonial de infraestruturas" ("*infrastructure asset management*") envolvendo mecanismos legais, normativos, incentivos financeiros, sensibilização e investigação sobre a matéria (economia, gestão, direito) pode revelar-se determinante no sucesso da aplicação dos conceitos que lhe estão intrínsecos. No entanto, salienta-se que a "gestão patrimonial de infraestruturas" ("*infrastructure asset management*") tende a interpretar-se como parte integrante da gestão das entidades/organizações que prestam serviços de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais (Alegre, 2008).

2.5.2.2. Conceitos Básicos

A necessidade de reabilitação identifica-se como um dos aspetos críticos, no que diz respeito aos elementos causadores de ineficiências das entidades gestoras portuguesas (IRAR, 2007). A reabilitação pode revelar-se necessária por dois aspetos principais, designadamente (Almeida e Cardoso, 2010):

- Degradação do desempenho funcional dos sistemas;
- Alteração das condições de base que originaram o sistema (*p.ex.* expansão da área de serviço, aumento da área impermeabilizada, alteração dos objetivos do serviço).

O conceito de reabilitação não se revelou estático ao longo do tempo, tendo sofrido evoluções, que ainda não conduziram a um total consenso, no âmbito deste termo. A reabilitação pode definir-se como uma "intervenção destinada a proporcionar um desempenho compatível com as exigências ou condicionalismos contemporâneos" (Abreu e Lucas, 2003).

De acordo com a natureza das anomalias (hidráulica, estrutural, qualidade da água, operação e manutenção), sistematizam-se as respetivas ações associadas (Alegre e Covas, 2010):

- Anomalias estruturais:
  - Renovação;
  - Substituição;
- Anomalias hidráulicas:
  - Renovação (ocasionalmente);
  - Substituição;
  - Reforço;
  - Redução ou atenuação de caudal;
- Anomalias de qualidade da água:
  - Renovação;
  - Substituição;
- Anomalias de operação e manutenção:
  - Renovação;
  - Substituição;
  - Reforço (ocasionalmente).

Os conceitos relacionados com a reabilitação e a gestão patrimonial de infraestruturas sintetizam-se, seguidamente:

- Reabilitação (*Rehabilitation*) (Alegre e Covas, 2010):
  - Renovação (*Renovation*) – intervenção de reabilitação (estrutural, hidráulica, de qualidade da água) sobre uma componente de um sistema existente, promovendo o seu aproveitamento funcional, sem aumento da capacidade de utilização original. Refere-se "restauro" (*refurbishment*") como um sinónimo de renovação, utilizado vulgarmente no âmbito dos equipamentos;
  - Reparação (*Repair*) – intervenção pontual retificativa de uma anomalia localizada, inserindo-se ou não em ações de reabilitação;
  - Substituição (*Replacement*) – intervenção de reabilitação (estrutural, hidráulica, de qualidade da água) sobre uma componente de um sistema existente, incluindo a sua desativação funcional e a construção ou instalação de uma nova componente, com funções e capacidade semelhantes ou distintas das previamente existentes. Indica-se que "reconstrução" (*renewal*) constitui um caso particular de substituição, referindo-se a uma intervenção de reabilitação com a construção de uma nova tubagem, para substituição da existente, com funções e capacidades semelhantes;
  - Reforço (*Reinforcement*) – intervenção de reabilitação hidráulica sobre uma componente do sistema existente, integrando a construção de uma componente adicional, no sentido de complementar a capacidade previamente existente ou de constituir uma alternativa;
- Outros conceitos (Abreu e Lucas, 2003):
  - Anomalia (defeito) – redução do desempenho previsto;
  - Construção – infraestrutura, componente individual ou material de construção;

- Dano – anomalia provocada por ações externas;
- Deficiência – anomalia relacionada com erros de especificação, de projeto, de execução ou de utilização;
- Degradação – alteração progressiva do estado das construções, podendo conduzir à ocorrência de anomalias;
- Deterioração – alteração (progressiva ou não) do estado ou condição, que conduza à ocorrência de anomalias;
- Diagnóstico – processo de identificação de anomalias, baseado nos respetivos sintomas;
- Envelhecimento – redução do desempenho, ocorrida gradualmente no tempo, em condições normais de utilização;
- Patologia da construção – estudo das anomalias das construções, das suas componentes (elementos) ou dos seus materiais;
- Sintoma – forma de manifestação de degradação ou deterioração;
- Sinal – sintoma detetável por observação direta.

2.5.2.3. Administrador, Gestor e Operador de Infraestruturas

A decomposição das funções desempenhadas clarifica as responsabilidades e a concentração de esforços nas atividades a desenvolver, na estratégia da organização para a administração, no planeamento e orçamentação para os gestores das infraestruturas e na concretização de ações e na monitorização de resultados para os responsáveis pela operação. A figura 2.8 sistematiza a forma como se relacionam as funções desempenhadas por cada um dos níveis de decisão, dos quais se refere (Alegre, 2008):

- Administrador – estabelecer os critérios e os objetivos financeiros, técnicos e de risco;
- Gestor – traduzir os critérios estabelecidos pela administração num plano tático;
- Operador – executar as decisões e prestar informações sobre o custo e o desempenho verificados (realidade), sendo o risco avaliado através do desempenho.

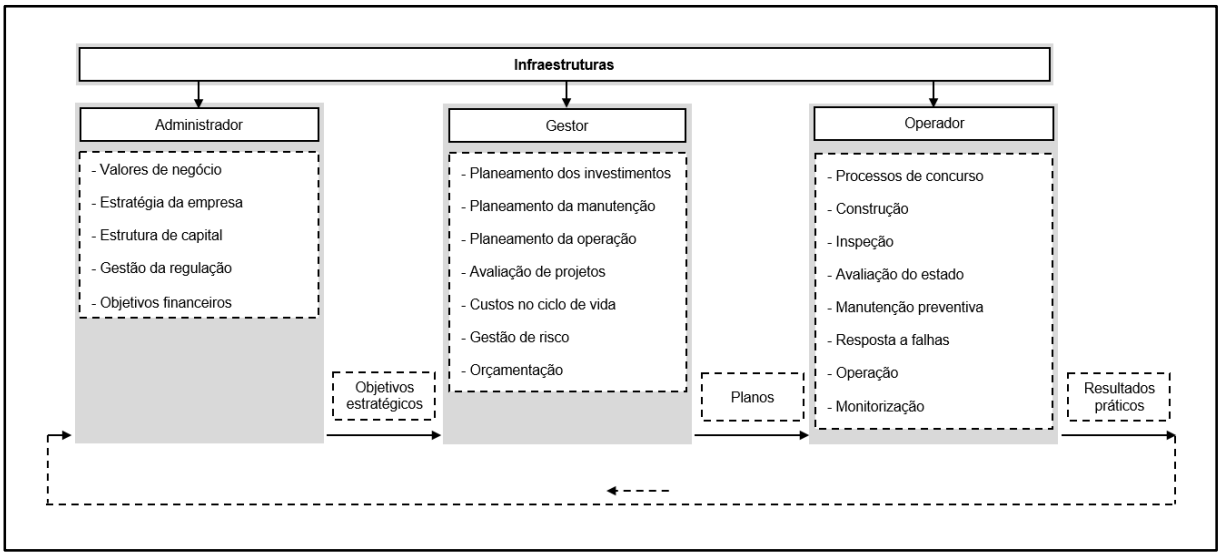


Fig. 2.8 – Representação esquemática do processo de gestão patrimonial de infraestruturas e das funções principais relacionadas (adaptado de Alegre, 2008)

2.5.2.4. Desempenho, Risco e Custo

A gestão patrimonial de infraestruturas hidráulicas refere-se como uma abordagem que se destina a alinhar a estratégia de gestão das infraestruturas com os objetivos da organização, procurando que todas as decisões tomadas pelos diferentes setores da organização, e a diferentes níveis hierárquicos, se encontrem de acordo com um conjunto único de critérios estabelecidos pelos acionistas ou pelos seus representantes (Brown e Humphrey, 2005). Devem especificar-se os objetivos da organização em (Alegre, 2008):

- Desempenho – definição clara de metas, expressas através de valores de indicadores de desempenho interno, em termos de:
  - Qualidade de serviço aos utilizadores (clientes e ambiente);
  - Desempenho interno;
- Risco – Definição de níveis de risco admissíveis;
- Custo – Definição dos objetivos e dos critérios a adotar na organização, no âmbito financeiro.

As organizações pretendem, geralmente, reduzir os custos, os níveis de risco e otimizar o desempenho. No entanto, pode verificar-se o facto de estes três elementos serem conflituantes entre si. Embora a melhoria do desempenho interno possa conduzir a ganhos de produtividade e, consequentemente, à redução de custos, a melhoria do serviço prestado e a redução dos níveis de risco conduzem, regra geral, ao aumento de custos. Salienta-se, por isso, a pertinência de se encontrarem pontos de equilíbrio entre o desempenho, o risco e o custo, referindo-se a gestão patrimonial de infraestruturas como a "arte" de encontrar esse equilíbrio, assegurando um alinhamento entre os objetivos da organização, as decisões de gestão e as decisões técnicas operacionais (Alegre, 2008).

2.5.2.5. Competências e Desafios da Gestão Patrimonial de Infraestruturas

Segundo Brown e Humphrey (2005), uma estrutura robusta de gestão patrimonial de infraestruturas apoia-se em três pilares fundamentais de competências, que se sistematizam na figura 2.9 e se abordam de forma sucinta, seguidamente (Alegre, 2008):

- Gestão – Incluí a gestão financeira e não se verifica indispensável apenas para a função de administração, referindo-se também à gestão das infraestruturas;
- Engenharia – Integra de forma mais evidente as funções de gestão técnica, embora se refira que deve também incluir as equipas técnicas responsáveis pela definição dos objetivos da organização;
- Informação – Viabiliza a disponibilidade de informação relevante (fiável e coerente) para a tomada de decisão a diferentes níveis, verificando-se, por isso, uma competência horizontal.

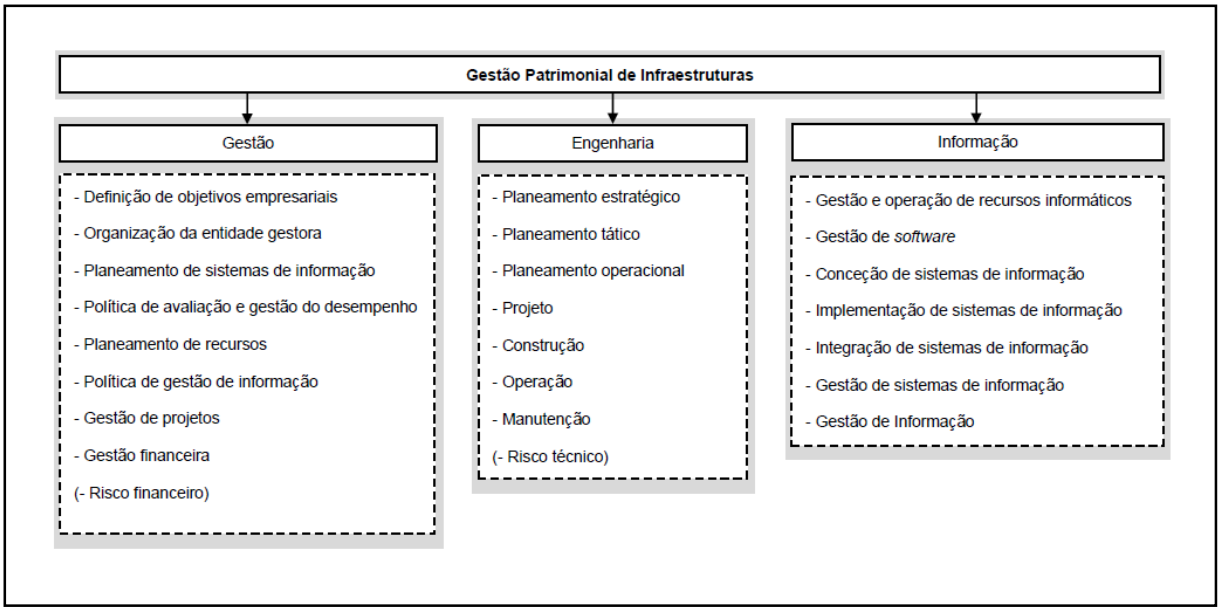


Fig. 2.9 – Representação esquemática dos principais pilares de competências na gestão patrimonial de infraestruturas (adaptado de Alegre, 2008)

As ciências sociais (dimensão humana e economia), as ciências da comunicação (interação entre a organização e a sociedade) e o direito (aspetos jurídicos) referem-se como outras competências que se podem verificar relevantes. A interdisciplinaridade e a globalidade da gestão patrimonial de infraestruturas implica que pessoas com formações diversas comuniquem de forma eficaz entre si, veiculando conhecimentos e informação. A experiência demonstra que a colaboração interdisciplinar não se revela fácil, identificando-se a necessidade de considerar as barreiras existentes e adotar medidas mitigadoras (Alegre, 2008).

2.5.2.6. Programa Global de Gestão Patrimonial de Infraestruturas

As ações/tarefas a realizar no âmbito da gestão patrimonial de infraestruturas podem sintetizar-se segundo um conjunto de questões-chave a responder. As questões podem responder-se de forma mais ou menos sofisticada, recomendando-se que uma organização não deve aguardar por possuir informação credível sobre todos os aspetos envolvidos, para colocar em prática uma abordagem de gestão patrimonial de infraestruturas. Salienta-se que existem técnicas expeditas, que possibilitam que se ultrapassem estas dificuldades, de forma satisfatória. A gestão patrimonial de infraestruturas pode iniciar-se através da implementação de procedimentos simplificados, evoluindo progressivamente, por processo interativo de melhoria contínua da informação e das técnicas de análise utilizadas. Segundo o proposto em USEPA (2005), sintetizam-se cinco questões-chave, divididas em diversas subquestões (Alegre, 2008):

- Qual o estado atual da infraestrutura?
  - De que ativos físicos se dispõe?
  - Onde se localizam?
  - Em que estado de conservação se encontram?
  - Que esperança de vida útil lhes resta?
  - Qual é o seu valor económico?
- Quais os níveis de serviço que se devem garantir com a infraestrutura?
  - Qual a procura dos serviços pelas partes interessadas?

  - Quais os requisitos legais, contratuais e de regulação a cumprir?
  - Qual o desempenho real atual?
- Quais são as componentes mais críticas para assegurar o desempenho requerido de modo sustentável, no sistema atual?
  - Em que circunstâncias ocorrem falhas?
  - Como ocorre a falha?
  - Qual a probabilidade de falha?
  - Quanto custa a reparação?
  - Quais são as consequências das falhas?
- Quais são os custos mínimos no ciclo de vida a prever?
  - Quais são as estratégias atuais de investimento de capital e de operação e de manutenção?
  - Que opções de gestão alternativas existem?
  - Quais são as mais visíveis para a organização?
- Qual a melhor estratégia de investimento a longo prazo a adotar?

A definição de um programa de gestão patrimonial de infraestruturas deve responder às cinco questões-chave anteriormente formuladas. A figura 2.10 representa esquematicamente uma proposta de metodologia geral desenvolvida por Alegre (2008), baseada no processo de programação proposto em USEPA (2005), salientando as relações entre as perguntas-chave e cada etapa.

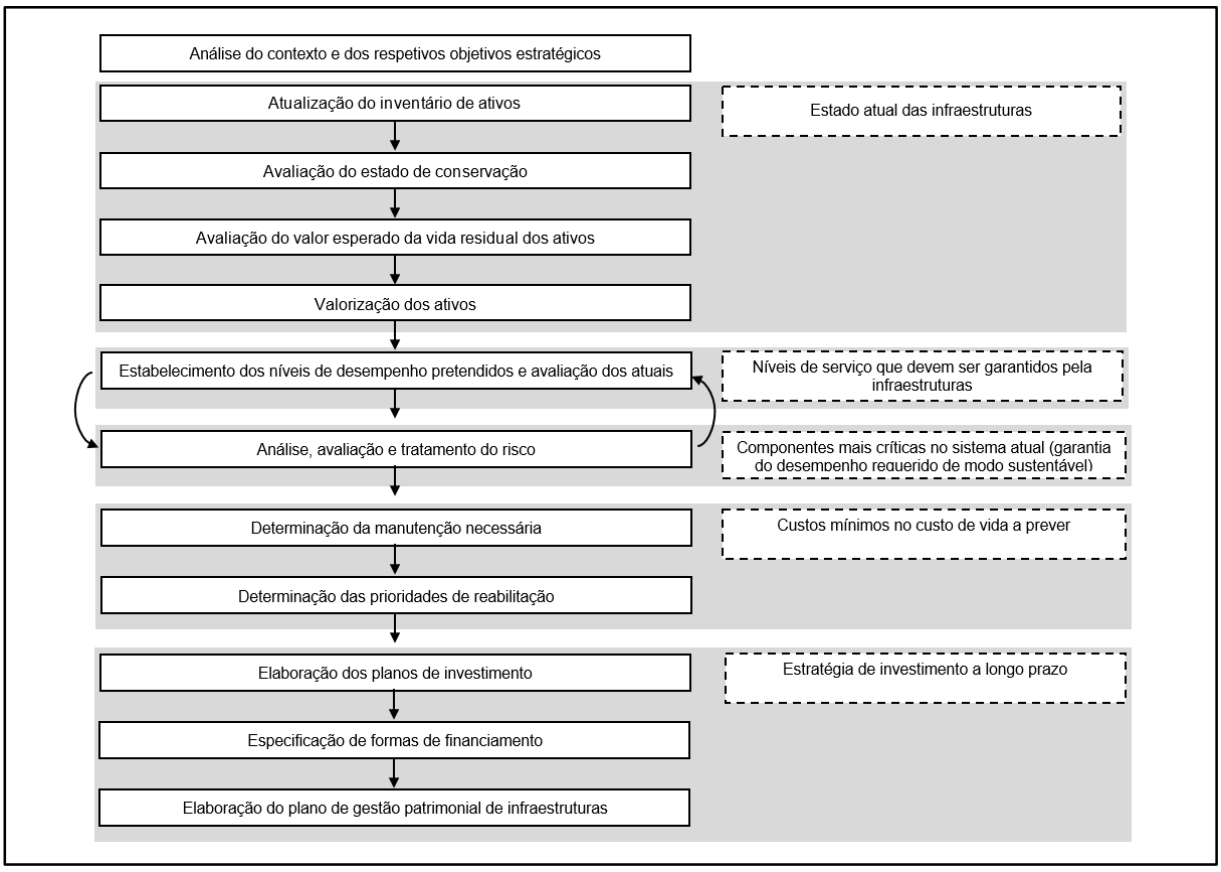


Fig. 2.10 – Representação esquemática do processo de estabelecimento de um programa de gestão patrimonial de infraestruturas (adaptado de Alegre, 2008)

2.5.2.7. Planos Estratégicos, Planos Táticos e Planos Operacionais

A gestão patrimonial de infraestruturas deve planear-se a longo prazo (nível estratégico), a curto prazo (nível operacional) e intermédio (nível tático) (Gordon e Shore, 1998, IIMM, 2002, IIMM, 2006, Vanier, 2000). A cada um dos níveis identificados corresponde planos distintos, com âmbitos temáticos, enquadramento geográficos e horizontes temporais distintos. Os planos que correspondem a horizontes temporais mais curtos devem encontrar-se alinhados com os de nível superior e com os objetivos estratégicos das organizações. Sistematizam-se algumas considerações sobre os diferentes planos (Alegre, 2008):

- Planos estratégicos – aplicam-se a toda a organização e incorporam orientações estratégicas preestabelecidas, geralmente, com um horizonte temporal de longo prazo. Regra geral, a componente financeira destes planos apresenta horizontes temporais na ordem dos 10 a 25 anos. A componente técnica refere-se, tendencialmente, a período de tempo mais longos, de forma a considerar, de modo ajustado, as estratégias de gestão otimizada do ciclo de vida das componentes das infraestruturas. Os planos estratégicos transformam a procura do serviço, por parte dos clientes (disponibilidade e qualidade do serviço) em estratégias de longo prazo que se orientem no sentido dessa procura. Sintetizam-se as principais componentes de um plano estratégico (IIMM, 2006):
    - Declaração acerca da missão da organização (*mission statement*), descrevendo a posição pretendida a longo prazo;
    - Caraterização do contexto organizacional, socioeconómico, ambiental, financeiro, legal, institucional e regulatório;
    - Identificação e avaliação das opções estratégicas resultantes da missão definida;
    - Definição de objetivos estratégicos claros e dos principais resultados esperados;
    - Identificação e avaliação dos objetivos;
- Planos táticos – aplicam-se, frequentemente, num âmbito mais restrito geográfica e tematicamente, apresentando um horizonte temporal de 2 a 5 anos. Definem a tática setorial a adotar, no sentido do cumprimento dos objetivos estratégicos, integrando o desenvolvimento de subplanos autónomos, que convertam os objetivos globais em objetivos setoriais, e selecionem os recursos a mobilizar (naturais, infraestruturais, tecnológicos, humanos e financeiros). Referem-se os planos gerais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais, previstos na atual regulamentação portuguesa (Decreto-Lei n.º 207/94, de 8 de Agosto), como exemplos de planos táticos. De acordo com IIMM (2006), um plano de gestão patrimonial de infraestruturas pode interpretar-se como um plano tático para a implementação de estratégias relacionadas com a infraestrutura.
- Planos operacionais – aplicam-se, geralmente, no horizonte temporal de 1 ano, definindo as ações de curto prazo a implementar em cada unidade operativa. Um pano operacional adequado deve (IIMM, 2006):
    - Refletir adequadamente as prioridades decorrentes dos planos táticos,
    - Garantir que os níveis de serviço esperados se alcançam de forma eficaz e económica;
    - Ser realista e ajustar-se corretamente à organização;
    - Possuir mecanismos auditáveis de avaliação do desempenho;
    - Promover a inovação e a eficiência na prestação do serviço.

De acordo com o *International Infrastructure Management Manual* (IIMM, 2006), a figura 2.11, representa a integração das três figuras de plano no processo global de gestão patrimonial de infraestruturas, e a figura 2.12, esquematiza a relação entre os diferentes planos (Alegre, 2008).

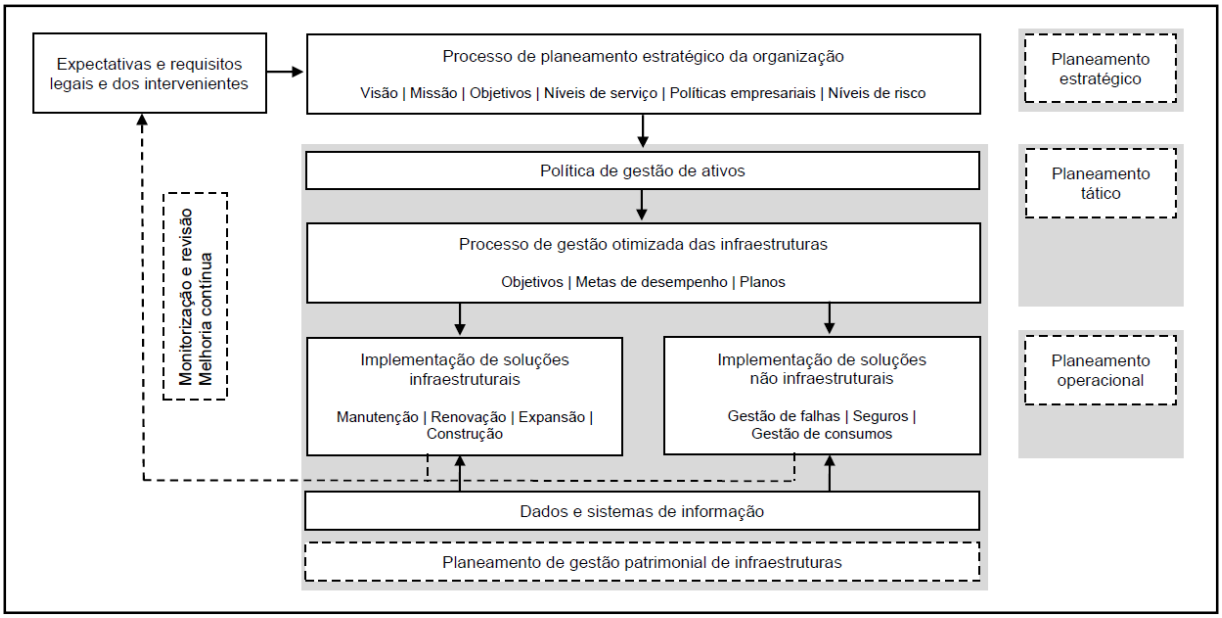


Fig. 2.11 – Representação esquemática do processo global de gestão patrimonial ("*asset management*") (adaptado de IIMM, 2006, citado em Alegre, 2008)

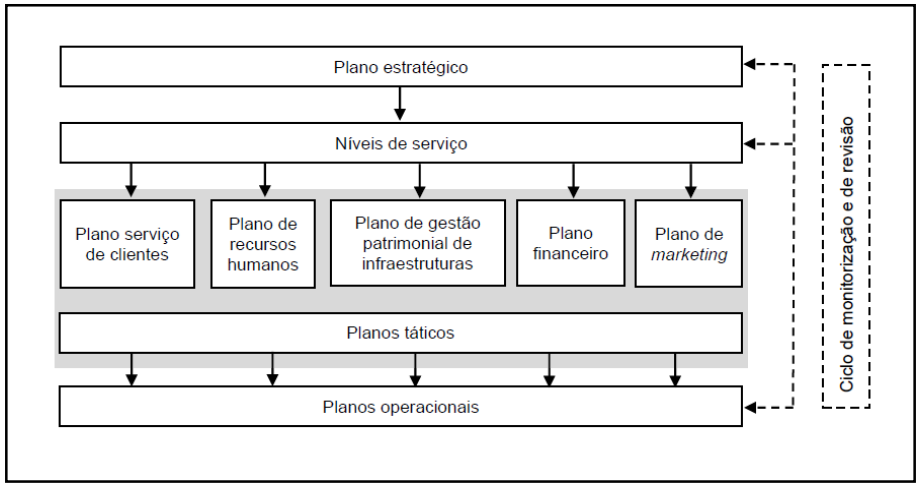


Fig. 2.12 – Representação esquemática das ligações entre os planos estratégicos, táticos e operacionais (adaptado de IIMM, 2006, citado em Alegre, 2008)

2.5.2.8. Implementação da Gestão Patrimonial de Infraestruturas

A implementação da gestão patrimonial de infraestruturas não se revela um processo linear, que se possa seguir passo a passo, segundo uma metodologia recomendada. Realça-se que a implementação pode assumir formas muito distintas, de acordo com as caraterísticas e as prioridades de cada organização. Sistematizam-se algumas diferenças identificadas (Alegre, 2008):

- Abordagens da gestão patrimonial de infraestruturas distintas:

  - Abordagem mais estratégica, investindo prioritariamente no planeamento das infraestruturas;
  - Abordagem concentrada essencialmente na recolha e no arquivo de dados;
- Implementações da gestão patrimonial de infraestruturas:
  - Implementação faseada do processo de gestão patrimonial de infraestruturas, mas em toda a organização, simultaneamente;
  - Implementação do processo de gestão patrimonial de infraestruturas através do desenvolvimento numa área piloto (*p.ex.* departamento, área de negócio).

O IIMM (IIMM, 2002) apresenta um processo de implementação da gestão patrimonial de infraestruturas, no qual o ponto de vista organizacional se encontra patente na abordagem. O fluxograma que se recomenda para o desenvolvimento e para a utilização de planos de gestão patrimonial de infraestruturas encontra-se representado esquematicamente na figura 2.13. Salienta-se que, nesta fase, se aborda o ciclo de vida dos planos no seio da organização, não sendo explorado o conteúdo dos planos nem as etapas específicas desenvolvidas (Alegre, 2008).

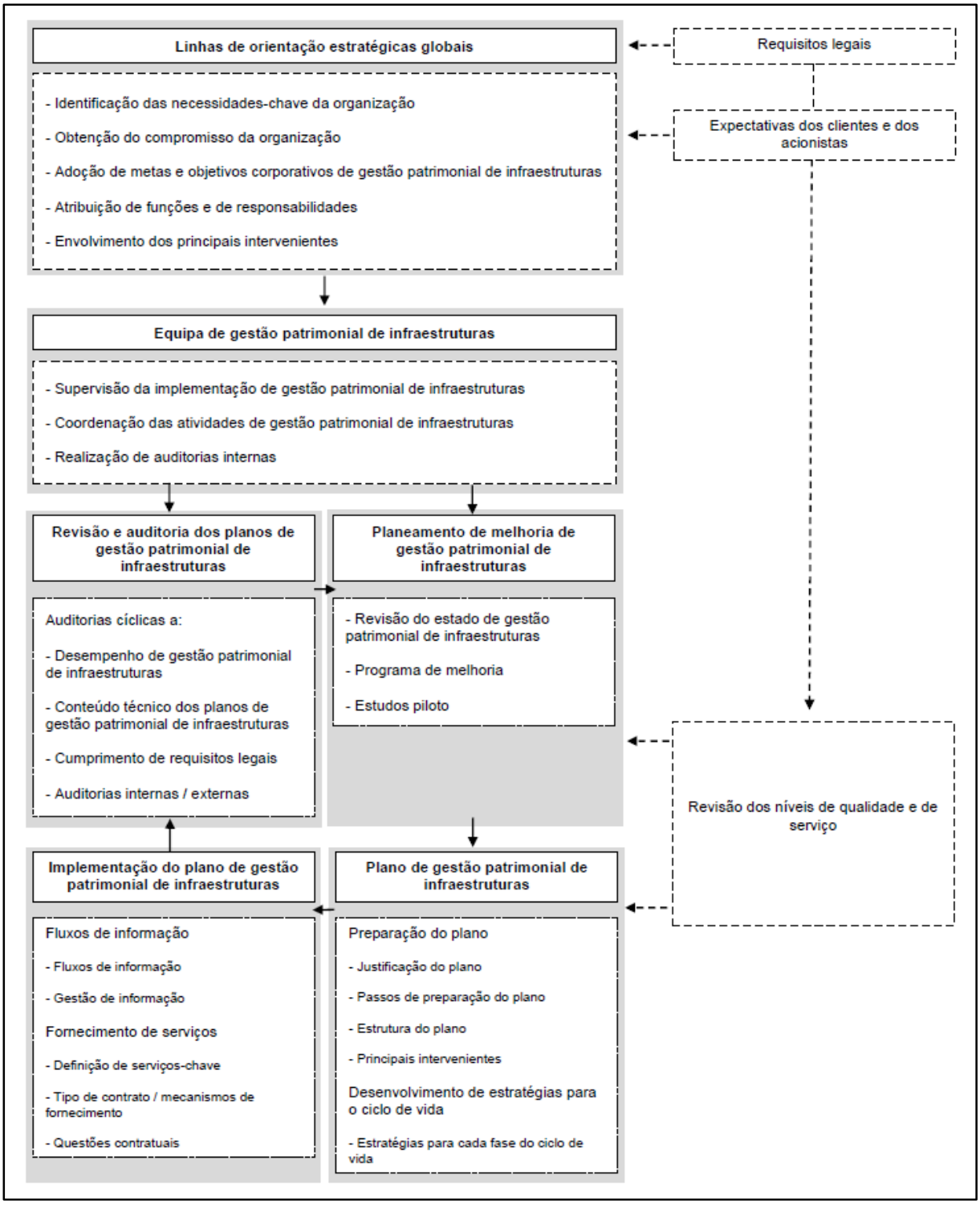


Fig. 2.13 – Representação esquemática do processo de implementação da gestão patrimonial de infraestruturas proposto na edição de 2002 do *International Infrastructure Management Manual* (adaptado de IIMM, 2002 citado em Alegre, 2008)

Na edição de 2006 do IIMM (IIMM, 2006), a proposta do processo de implementação da gestão patrimonial de infraestruturas apresentada na edição de 2002 (IIMM, 2002) sofre algumas alterações, mais de forma do que de conteúdo. A representação esquemática da figura 2.14 refere-se a esta abordagem, indicando-se que introduz mais clareza na compreensão do processo. Indica-se que se pode visualizar uma evolução no sentido do conceito Planear-Executar-Verificar-Atuar (*Plan-Do-Check-Act* – PDCA), realçando-se que se verifica uma ligação mais clara entre os diferentes níveis de planeamento, desaparecendo a referência explícita a auditorias internas ou externas (Alegre, 2008).

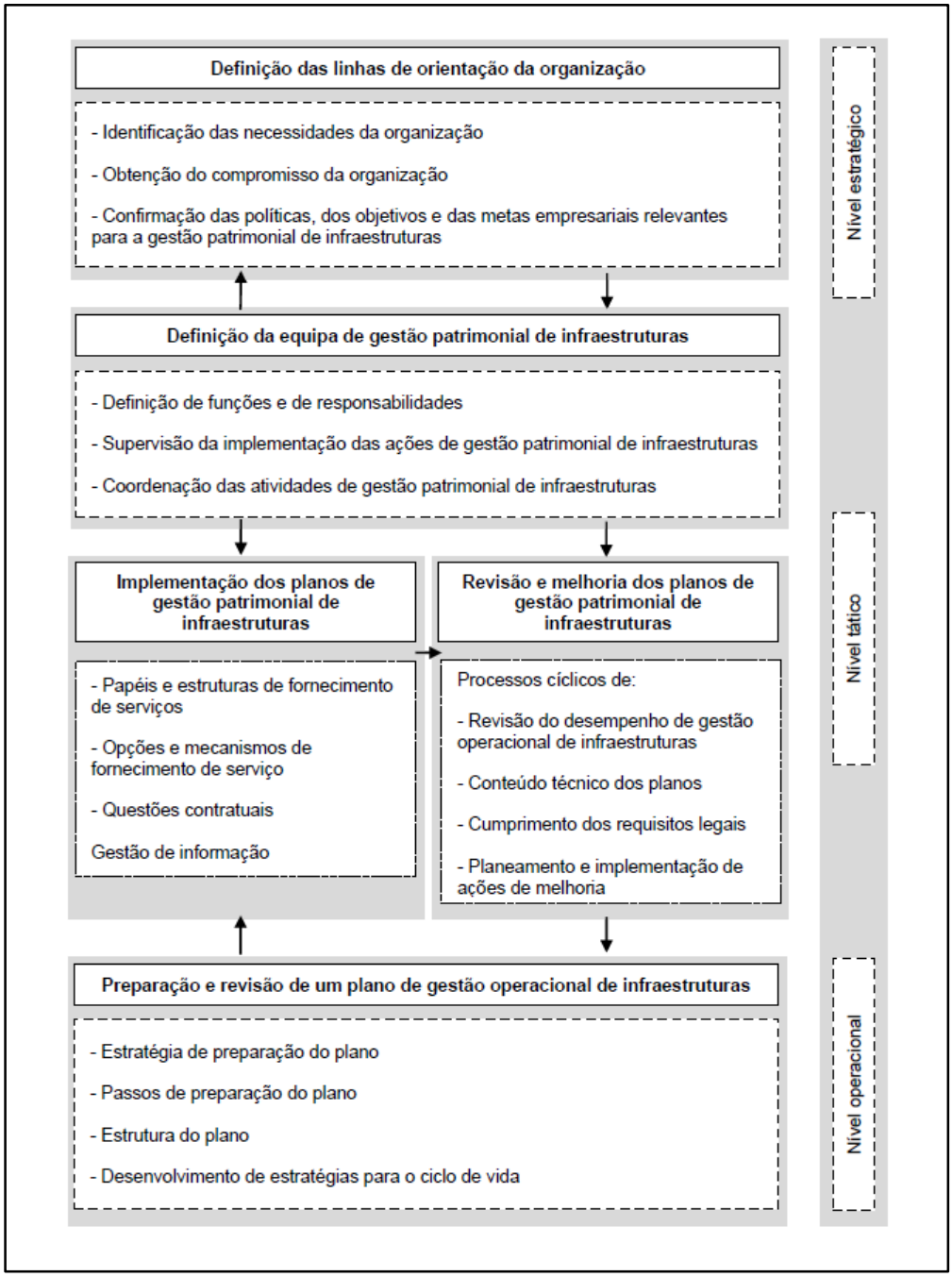


Fig. 2.14 – Representação esquemática do processo de implementação da gestão patrimonial de infraestruturas proposto na edição de 2006 do *International Infrastructure Management Manual* (adaptado de IIMM, 2006 citado em Alegre, 2008)

O *International Infrastructure Management Manual (IIMM)* centra-se nos aspetos organizacionais da gestão patrimonial de infraestruturas, enquanto o *United States Environmental Protection Agency* (USEPA), em diferentes *workshops* que tem organizado, em colaboração com especialistas australianos, realizados em diferentes locais (USEPA, 2005) se tem focado nas atividades a desenvolver. A figura 2.15 representa esquematicamente as etapas de desenvolvimento de um plano de gestão patrimonial de infraestruturas, colocando lado a lado a proposta do IIMM e a do USEPA, facilitando o estabelecimento de uma comparação entre ambas (Alegre, 2008)

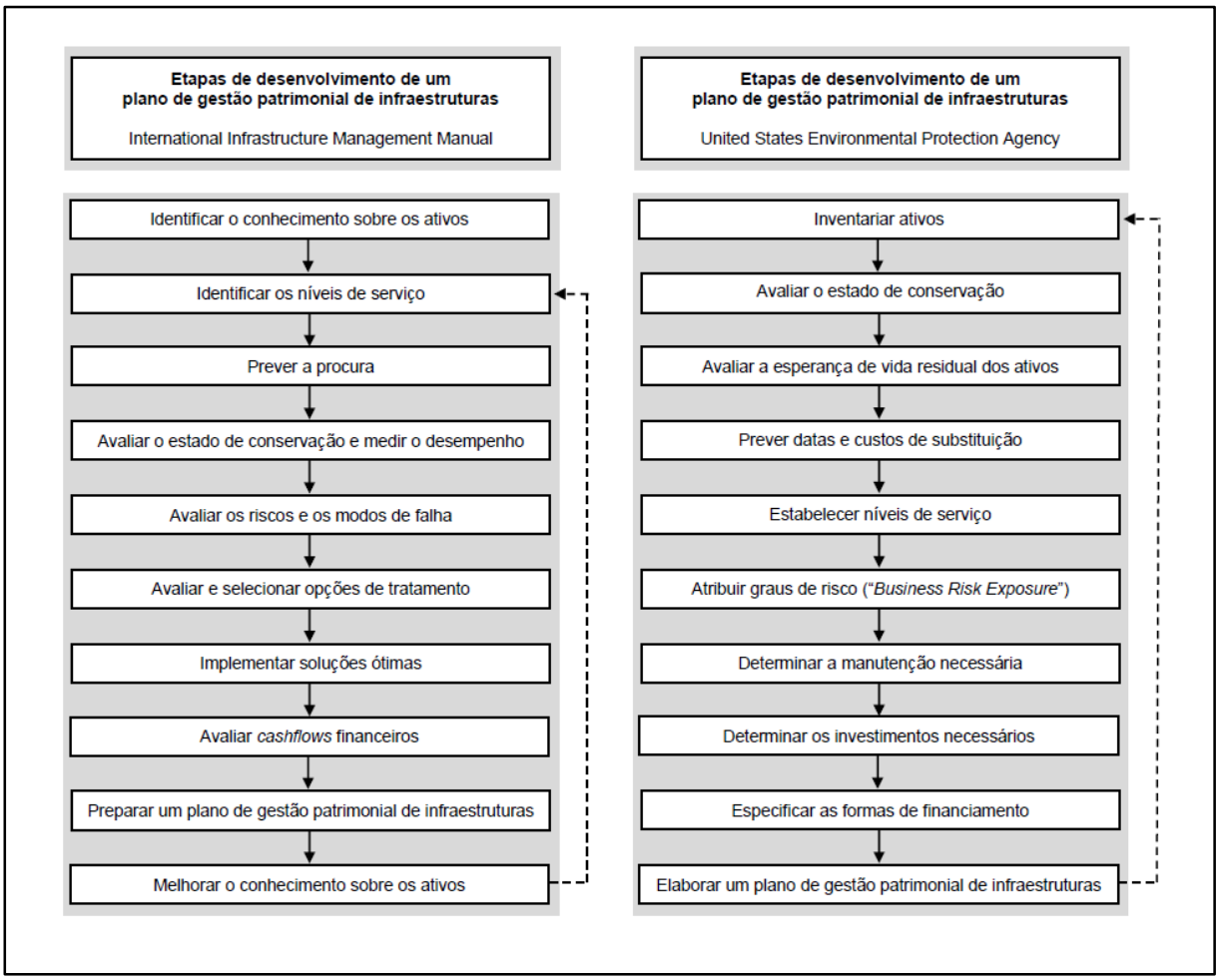


Fig. 2.15 – Representação esquemática da comparação entre as etapas propostas para um plano de gestão patrimonial de infraestruturas segundo IIMM (2006) e USEPA (2005) (adaptado de Alegre, 2008)

Relativamente aos procedimentos representados na figura 2.15, segundo uma análise comparativa das suas etapas, salienta-se (Alegre, 2008):

- Ambos os procedimentos se iniciam pela inventariação de ativos;
- A definição dos níveis de serviço e a avaliação do estado de conservação é inversa. A abordagem da USEPA indica que se deve iniciar a análise pela interpretação do que se dispõe e do seu valor. Refere-se que pode defender-se que o estado de conservação e a vida útil residual dependem dos níveis de serviço que se pretende atingir;
- A gestão do risco aborda-se de forma mais integrada no procedimento do IIMM. A USEPA circunscreve esta análise ao cálculo de graus de risco ("*Business Risk Exposure*"). A forma de

gestão do risco, no âmbito da gestão patrimonial de infraestruturas, deve encontrar-se em sintonia com a gestão do risco da organização como um todo, envolvendo processos de análise, avaliação e tratamento do risco, que transcende o cálculo do *Business Risk Exposure*;

- A manutenção refere-se de forma explícita no procedimento do USEPA, ao especificar os níveis de manutenção a adotar, e de forma implícita no procedimento do IIMM, na referência à avaliação, escolha e implementação de soluções de tratamento do risco;
- A necessidade de procedimentos devidamente fundamentados tecnicamente, para o estabelecimento de prioridades de reabilitação (na fase de caraterização da situação existente, nos objetivos de desempenho estabelecidos e na gestão do risco) não se verifica explícita em nenhum dos procedimentos. Salienta-se a pertinência de os procedimentos integrarem expressamente esta etapa.

2.5.2.9. Informação – Disponibilidades de Dados

A necessidade de dispor de informação que apoie a fase de diagnóstico e avaliação identifica-se como uma questão chave para a gestão patrimonial de infraestruturas. Descreve-se "informação" como o conjunto de dados necessários para sustentar a tomada de decisão e permitir o estabelecimento de ações. As decisões importantes devem basear-se em dados fiáveis, realçando-se que dados incorretos ou incompletos podem conduzir a decisões inadequadas. O primeiro passo da gestão patrimonial de infraestruturas relaciona-se com a disponibilidade de dados atualizados e fiáveis do cadastro das infraestruturas (Alegre *et al,*, 2011). A gestão da informação, abordada em Beleza *et al.* (2011), no que se refere à usabilidade dos dados e à sua transformação em informação, salienta algumas caraterísticas dos mesmos (Alegre *et al.*, 2011):

- Disponibilidade;
- Exatidão;
- Integridade;
- Relevância.

A preponderância dos dados determina que o diagnóstico deve, necessariamente, incorporar a avaliação dos dados disponíveis e a produção de recomendações no sentido da melhoria, nomeadamente nos seguintes aspetos (Alegre *et al.*, 2011):

- Qualidade dos dados:
  - Fiabilidade;
  - Incerteza;
- Coerência (fluxos entre diferentes origens de dados);
- Utilização de dados;
- Integração de diferentes sistemas de informação;
- Constituição de bases de dados;
- Procedimentos de atualização de dados.

2.5.2.10. Contexto e Objetivos Estratégicos

A abordagem integrada da gestão patrimonial de infraestruturas requer um equilíbrio entre o planeamento estratégico, o planeamento tático e a sua gestão patrimonial. Reconhece-se a relevância de abordar os conteúdos dos planos estratégicos mais relevantes para os planos táticos de gestão patrimonial de infraestruturas, identificando-se a análise de contexto e o estabelecimento de objetivos estratégicos como as principais vertentes a reter. A análise do contexto deve incorporar os seguintes aspetos (Alegre, 2008):

- Requisitos legais e contratuais – conjunto de obrigações a satisfazer pela organização, considerando a legislação aplicável (condicionante das opções de gestão patrimonial de infraestruturas) e os requisitos a cumprir, que podem ser de diferentes naturezas:
    - Ambiental;
    - Económica;
    - Financeira;
    - Qualidade de serviço;
    - Institucional;
    - Saúde pública;
    - Segurança;
    - Entre outros;
- Expectativas dos utentes do serviço – são o alinhamento entre as expectativas dos utentes com o serviço que se proporciona, conhecendo a procura atual e as perspetivas de evolução;
- Natureza dos ativos – o incremento do valor dos ativos, da idade e do estado de degradação dos sistemas aumenta o grau de importância de aplicar as técnicas de gestão patrimonial de infraestruturas;
- Exposição ao risco – o aumento da exposição ao risco incrementa as exigências colocadas à gestão patrimonial de infraestruturas. O impacto das falhas pode influenciar:
    - Níveis de serviço;
    - Resultados económico-financeiros;
    - Imagem pública da organização;
- Disponibilidade de recursos – os recursos mobilizados para a gestão patrimonial de infraestruturas devem compatibilizar-se com a sua disponibilidade no contexto da organização e com as necessidades decorrentes de:
    - Requisitos legais e contratuais;
    - Expectativas dos utentes do serviço;
    - Natureza dos ativos;
    - Exposição ao risco.

A definição dos objetivos estratégicos deve considerar o contexto, focando-se na gestão sustentável da organização. Indica-se que se podem estruturar de acordo com os princípios de responsabilidade social empresarial (*corporate social responsibility*). Refere-se que, embora não exista uma definição normativa de responsabilidade social, pode afirmar-se que esta configura a integração voluntária de preocupações sociais e ambientais, nas suas operações e na sua interação com todas as partes interessadas. Desta forma, as organizações procuram assegurar as necessidades dos seus clientes, garantindo as expectativas de trabalhadores, fornecedores e das comunidades locais. Contribuem de forma positiva para a sociedade e gerem os impactes ambientais da empresa, podendo potenciar vantagens diretas para a atividade económica e para a competitividade a longo prazo (Alegre, 2008).

2.5.2.11. Gestão Técnica e Reabilitação

A reabilitação deve integrar-se nas diversas atividades e setores das entidades gestoras, possibilitando uma gestão técnica integrada, que envolva os diferentes níveis de decisão (estratégico, tático, operacional). Refere-se que a reabilitação também deve considerar o contexto em que se insere a infraestrutura (unidades territoriais, sistemas urbanos). Tendo em conta a norma ISO 24511:2007 e a norma EN 752:2008, identificam-se e descrevem-se sucintamente as principais áreas onde se implementar atividades associadas à reabilitação (Almeida e Cardoso, 2010):

- Gestão de atividades e processos – diversas atividades e processos, associados aos diversos níveis hierárquicos, em que se integram aspetos relativos à reabilitação, designadamente:
    - Definição e estabelecimento de políticas;
    - Formulação de estratégias;
    - Desenvolvimento de procedimentos;
    - Cumprimento de requisitos de regulação;
    - Coordenação interna e externa;
    - Operação, controlo e redefinição de processos;
    - Articulação entre as diferentes atividades e processos;
- Gestão de recursos – gestão eficiente dos recursos disponíveis, nomeadamente:
    - Recursos humanos;
    - Materiais e equipamentos (*p.ex.* peças sobressalentes, veículos, produtos químicos);
    - Recursos financeiros (*p.ex.* proveitos, despesas, reservas, investimentos);
    - Recursos naturais (*p.ex.* terrenos, água, energia);
- Gestão patrimonial de infraestruturas – atividades de reabilitação e manutenção de ativos corpóreos, promovendo a gestão sustentável no ciclo de vida. Referem-se diferentes atividades de gestão de ativos relacionadas com a reabilitação:
    - Manutenção de inventários atualizados (*p.ex.* cadastro);
    - Avaliação da condição das componentes da infraestrutura;
    - Manutenção de dados de monitorização;
    - Otimização de amortizações e de reinvestimentos;
    - Gestão do Risco;
- Gestão da relação com os clientes – enquadrada no serviço que as entidades gestoras prestam aos clientes, sendo crucial para o sucesso das organizações. A implementação atempada de técnicas de comunicação ajustadas possibilita a redução significativa dos impactos socioeconómicos da reabilitação. As abordagens de reabilitação devem incorporar as necessidades e expectativas dos utilizadores, particularmente nas seguintes ações:
    - Identificação de disfunções do sistema e das suas componentes que afetam mais diretamente os utilizadores;
    - Seleção de soluções de métodos de implementação que provoquem menores perturbações;
- Gestão de informação - referida como elemento basilar de qualquer abordagem de reabilitação, relacionando-se com a garantia dos fluxos de informação necessários para a boa execução das atividades de reabilitação e a adequada gestão da informação em diversas fases (aquisição, avaliação, registo, atualização e arquivo). A reabilitação deve apoiar-se na informação disponível sobre as infraestruturas, o seu desempenho e a sua condição física, salientando-se que informações inexistentes, incompletas ou incorretas podem ter consequências graves no processo de tomada de decisão;

- Gestão ambiental – princípios e práticas de proteção ambiental, de acordo com uma perspetiva integrada e de longo prazo, designadamente:
    - Consideração do desenvolvimento urbanístico;
    - Utilização eficiente da água e da energia;
    - Prevenção e controlo da poluição;
    - Minimização dos impactos das atividades de construção (*p.ex.* ruídos, perturbações à população);
    - Proteção da saúde pública;
    - Proteção dos meios recetores;
- Gestão do risco e análise da fiabilidade – processo de gestão do risco, no sentido de apoiar a tomada de decisão, tendo em conta a incerteza de possíveis acontecimentos futuros com impactos nos objetivos da organização. A reabilitação contribui para o cumprimento dos objetivos da organização, tendo por objetivo o restauro e o melhoramento do desempenho do sistema e das suas componentes. A gestão do risco deve aplicar-se em situações de operação normal e em situações excecionais, considerando-se diversas tipologias de ameaças a que a entidade gestora se pode encontrar sujeita:
    - Incidentes de poluição causados pela entidade gestora (*p.ex.* derramamento de químicos, descarga de água residual não tratada, libertação de gases tóxicos);
    - Falha de componente (*p.ex.* paragem de estação elevatória, colapso de coletor, falha de processo da ETAR);
    - Incidentes provocados por agentes externos (*p.ex.* incêndio, explosão em componentes do sistema, intrusão em instalações críticas, descarga de substâncias contaminantes, descarga de substâncias inflamáveis no sistema);
    - Incidentes causados por perigos naturais (*p.ex.* inundações, sismos).

2.5.2.12. Reabilitação no Âmbito do Planeamento

A reabilitação integra-se nos diferentes níveis hierárquicos de decisão, associados ao planeamento estratégico, tático e operacional. No que se refere ao planeamento estratégico, realça-se que as linhas de ação da organização podem apresentar diretrizes claras relativas ao cumprimento de metas de reabilitação. Esta podem dever-se a requisitos regulatórios ou contratuais (*p.ex.* cumprimento de indicadores de desempenho da ERSAR relativos a taxas de reabilitação de coletores e ramais) e/ou à necessidade de cumprimento de metas que necessitem de reabilitação para se atingirem (*p.ex.* melhoria da qualidade do serviço ao utilizador). Indicam-se possíveis estratégias de uma entidade gestora (Almeida e Cardoso, 2010):

- Estabelecimento de um plano de reabilitação preventiva;
- Elaboração de um plano de minimização de afluências indevidas aos sistemas.

No âmbito do planeamento tático, a preparação de um plano de reabilitação deverá incluir as seguintes etapas (Almeida e Cardoso, 2010):

- Contexto de desenvolvimento do plano e horizonte temporal;
- Objetivos estratégicos da organização relativamente à reabilitação;
- Critérios de avaliação, medidas de desempenho e metas selecionadas;
- Síntese do diagnóstico;
- Prioridades de intervenção identificadas na avaliação de desempenho;
- Descrição das intervenções propostas (caraterísticas gerais, prazos, custos, faseamento);

- Interação com outras obras ou intervenções planeadas;
- Implicações de operação e manutenção (contribuições para a revisão dos respetivos planos).

No que diz respeito ao planeamento operacional, refere-se que esta fase corresponde ao desenvolvimento da implementação das intervenções definidas no plano de reabilitação elaborado ao nível do planeamento tático e à monitorização do desempenho do sistema. Ao nível operacional, executam-se ações específicas no curto prazo, que integram a construção do projeto e o ajuste dos planos de operação. Este nível de planeamento articula-se particularmente com o planeamento tático, salientando-se que é neste nível que se concretizam as tarefas de monitorização. Referem-se as normas europeias EN 752:2008 e a prEN 14654-2:2009 como as principais normas orientadoras a nível operacional. Sistematizam-se as diferentes etapas necessárias à implantação de um plano de reabilitação, na situação comum de se verificar a necessidade de proceder à execução de obra (Almeida e Cardoso, 2010):

- Programa base – executa-se a apresentação da proposta de projeto com base nas indicações do plano de reabilitação;
- Estudo prévio – elabora-se o projeto precedido de estudo prévio, nos casos em que se justifique;
- Anteprojeto ou projeto-base – desenvolve-se a solução aprovada no estudo prévio;
- Projeto de execução – desenvolve-se o projeto base aprovado;
- Construção – executa-se a obra. Geralmente envolve:
    - Concurso público;
    - Execução da obra de construção civil;
    - Instalação de equipamento (quando aplicável);
    - Realização de inspeções e ensaios de funcionamento;
- Receção da obra – realiza-se a vistoria, a receção provisória e a receção definitiva.

2.5.3. AWARE-P – ADVANCED WATER ASSET REHABILITATION

2.5.3.1. Abordagem Geral

A gestão patrimonial de infraestruturas pode implementar-se de diversas formas, salientando-se que, mesmo tratando-se de uma entidade e de um contexto externo específicos, não existe uma solução única. Ainda assim, refere-se que existem princípios gerais que se têm consagrado de forma consensual na literatura especializada (*p.ex.* INGENIUM e IPWEA, 2011, Alegre e Almeida ed., 2009). Alegre *et al.* (2012) indicam que a abordagem *Advanced Water Asset Rehabilitation* (AWARE-P) se baseia nas melhores práticas de gestão patrimonial de infraestruturas em vigor, desenvolvidas, adaptadas e testadas em entidades gestoras com diferentes caraterísticas.

Os princípios de melhoria contínua, estabelecidos na norma NP EN ISO 9001:2000 (sistemas de gestão da qualidade) e na norma NP EN ISO 14001:2004 (sistemas de gestão ambiental) seguem-se na gestão patrimonial de infraestruturas por intermédio de uma abordagem Planear-Executar-Verificar-Atuar (*Plan-Do-Check-Act* – PDCA), que se representa esquematicamente na figura 2.16 (Alegre *et al.*, 2012).

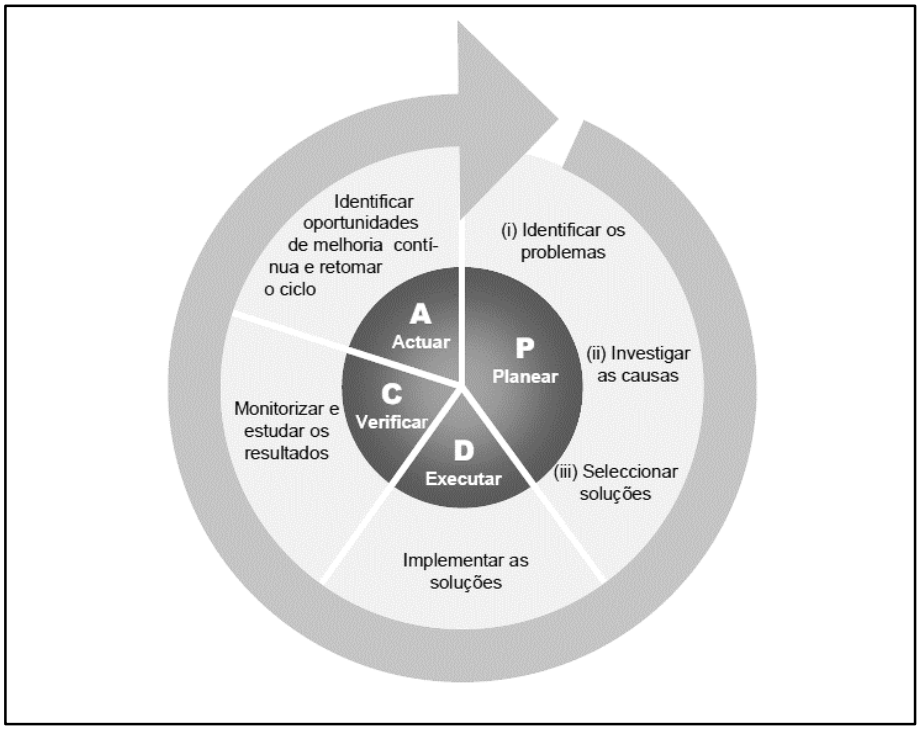


Fig. 2.16 – Representação esquemática da abordagem PDCA de melhoria contínua (Alegre *et al.*, 2012)

Relativamente à metodologia AWARE-P, Alegre *et al.* (2011) salienta que esta considera de forma explícita o facto de as infraestruturas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais e pluviais apresentarem um funcionamento dominante como sistema, não sendo o comportamento das componentes independente entre si. Estes sistemas não dispõem de uma vida finita como conjunto, não podendo ser substituídos na totalidade, mas apenas componente a componente (Burns *et al.*, 1999). Esta metodologia possibilita a avaliação e a comparação de diferentes alternativas de intervenção, partindo de perspetivas de desempenho, de custo e de risco, no decorrer dos horizontes em análise, considerando os objetivos e as metas definidas (Alegre e Covas, 2010, Almeida e Cardoso, 2010). De forma sintética, o objetivo da metodologia prende-se com o apoio às entidades gestoras de sistemas urbanos de água, na resposta aos seguintes desafios (Alegre *et al.*, 2011):

- Posicionamento no presente e serviço prestado;
- Situação total no que diz respeito às infraestruturas;
- Posicionamento desejado a longo prazo;
- Caminho a seguir.

2.5.3.2. Metodologia AWARE-P

A metodologia AWARE-P determina que o processo de gestão patrimonial de infraestruturas deve contemplar níveis de planeamento e decisão distintos, integrando os níveis estratégico, tático e operacional, cujas principais caraterísticas se encontram descritas na tabela 2.2, e os respetivos objetivos se estabelecem de forma sistemática (Alegre *et al.*, 2012):

- Nível estratégico – Definição da direção a seguir a longo prazo, nos aspetos relevantes para a gestão patrimonial das infraestruturas;

- Nível tático – Definição do caminho a seguir a médio prazo, integrando o estabelecimento das prioridades de intervenção e das soluções a adotar;
- Nível operacional – Execução do caminho definido, contemplando a programação a curto prazo e a execução das ações previstas.

Tabela 2.2 – Caraterísticas dos níveis de decisão (adaptado de Alegre e Covas, 2010)

Níveis	Escala	Âmbito	Tipo de ação	Responsável	Resultados	Horizonte temporal
Estratégico	Macro	Sistema global	Define a direção	Administrador	Estratégias	Longo prazo (10 a 20 anos)
Tático	Intermédia	Subsistemas, componentes críticas	Define o caminho	Gestor	Táticas	Médio prazo (3 a 5 anos)
Operacional	Pormenor	Grupos de componentes	Executa	Chefe da Operação	Programa de Ações	Curto prazo (1 a 2 anos)

No que se refere às principais competências associadas ao processo de gestão patrimonial de infraestruturas, indicam-se a engenharia (infraestruturas construídas de funcionamento complexo), a gestão económica organizacional e a gestão da informação. Os níveis de decisão, as competências mobilizadas e o equilíbrio entre desempenho, custo e risco encontram-se sistematizados no designado "cubo AWARE-P", representado na figura 2.17 (Alegre *et al.*, 2012).

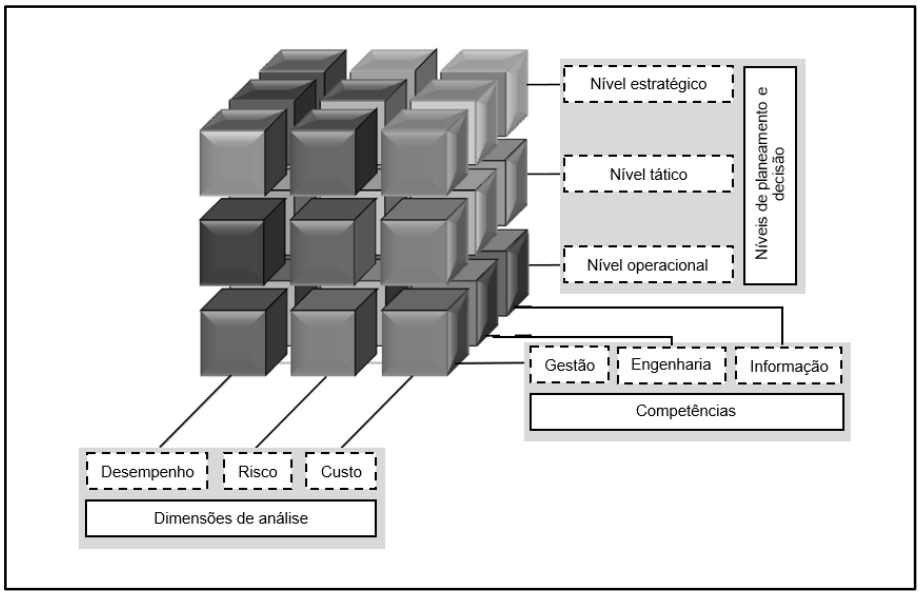


Fig. 2.17 – Representação esquemática do processo integrado de planeamento de gestão patrimonial de infraestruturas e interligações entre os diferentes níveis através do "cubo AWARE-P" (Alegre *et al.*, 2012)

Para cada um dos níveis de gestão e planeamento (estratégico, tático, operacional), Alegre *et al.* (2011) propõem um ciclo estruturado (figura 2.18), que integra os seguintes passos:

- Definição de objetivos e metas;
- Execução de diagnóstico;
- Produção do plano (incluindo a identificação, comparação e seleção de soluções alternativas);
- Implementação do plano;
- Monitorização e revisão.

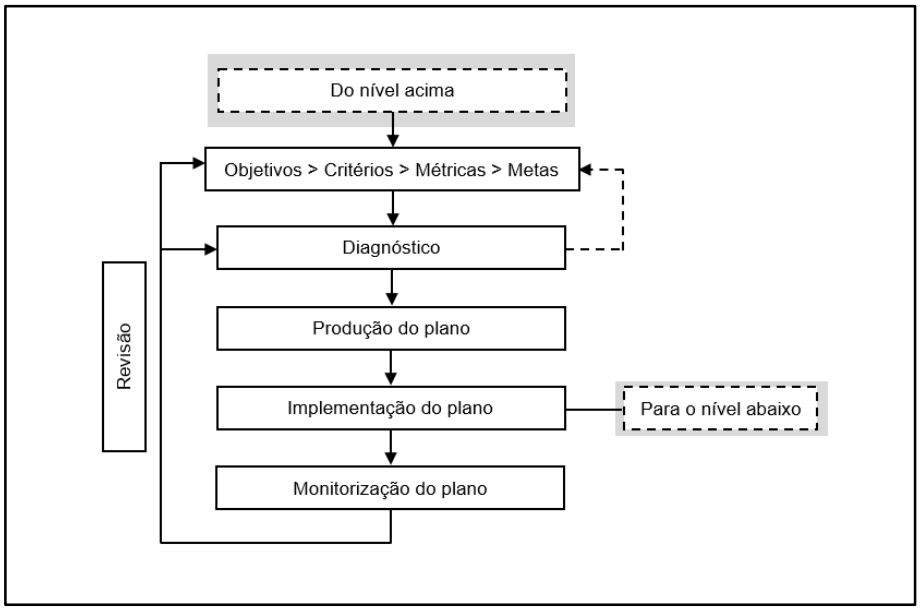


Fig. 2.18 – Representação esquemática do processo de gestão e planeamento em cada nível (adaptado de Alegre *et al.*, 2011)

A generalidade das entidades gestoras têm em prática diferentes elementos deste processo, salientando-se que o que se encontra em falta, em grande parte dos casos, refere-se ao mecanismo de monitorização e revisão (forma de avaliar o cumprimento dos objetivos), assim como um alinhamento efetivo entre diferentes níveis de gestão e planeamento. A determinação de objetivos, critérios, métricas e metas indica-se como um passo crucial para a identificação das direções de ação e para a avaliação dos resultados, através de revisões periódicas regulares, clarificando-se os quatro conceitos, distintos e cruciais (Alegre *et al.*, 2011):

- Objetivos – Fins que a organização pretende atingir. Salientam-se diferentes aspetos relativos aos objetivos:
  - De acordo com as normas ISO 24510:2007, ISO 24511:2007, ISO 24512:2007 e a norma Europeia EN 752:2008, refere-se que a metodologia AWARE-P exige que os objetivos se verifiquem claros e concisos, assim como ambiciosos, atingíveis e compatíveis;
  - Os objetivos devem integrar o propósito final de uma entidade gestora de sistemas urbanos de água, o fornecimento do serviço sustentável à sociedade;
  - A cada objetivo revela-se conveniente que se especifiquem os critérios relevantes de avaliação;

- Critérios – Pontos de vista que possibilitam a avaliação dos objetivos. A cada critério devem selecionar-se métricas de desempenho, risco e custo, tornando possível delinear metas claras, viabilizando a monitorização de resultados;
- Métricas – Parâmetros ou funções específicos utilizados para avaliar quantitativa ou qualitativamente os critérios. Refere-se que as métricas podem ser:
    - Indicadores;
    - Índices;
    - Níveis;
- Metas – Valores a alcançar, para cada métrica, num determinado período (curto prazo, médio prazo, longo prazo).

A garantia de que os planos permanecem atualizados nos diversos níveis de decisão realça-se como importante, identificando-se a necessidade de definir mecanismos de atualização periódica que permitam a existência de orientações inequívocas para os períodos correspondentes aos horizontes dos planos, existindo a necessidade de integrar, no plano alvo de revisão, um novo período, equivalente ao tempo entre revisões. Geralmente, o tempo entre revisões deverá encontrar-se no intervalo de 1/5 a 1/3 da duração do respetivo plano, conduzindo a revisões mais espaçadas ao nível estratégico do que ao nível operacional (Alegre *et al.*, 2012).

O processo de gestão e planeamento encadeia-se através dos níveis de decisão dentro da estrutura da organização, como se representa esquematicamente na figura 2.19. A metodologia global baseia-se nos princípios PDCA, focando-se na melhoria contínua do processo de gestão patrimonial de infraestruturas, distinguindo as noções de alinhamento, comunicação, envolvimento e delegação, das quais se sistematizam algumas ideias (Alegre *et al.*, 2011):

- Alinhamento – Os objetivos e metas estratégicas, táticas e operacionais devem alinhar-se. Refere-se que o alinhamento se revela fundamental, assegurando que os esforços e os recursos não se desperdiçam a longo prazo. A adoção do melhor caminho com recursos limitados não se verifica possível sem um claro alinhamento em todos os setores e níveis da organização;
- Comunicação – O alinhamento não pode ser assegurado apenas através de um processo com um sentido único, desde os níveis superiores para os inferiores (*top-down*), sendo fundamental a existência de mecanismos de comunicação dentro de cada nível e entre níveis;
- Envolvimento e delegação – Os recursos humanos identificam-se como o elemento-chave neste processo. A gestão de topo deve envolver-se na mudança de paradigma, no sentido de uma abordagem integrada de gestão patrimonial de infraestruturas. Salienta-se a pertinência de garantir o envolvimento de toda a organização (desde o presidente do conselho de administração ao operador das infraestruturas) e de delegar capacidade de decisão aos colaboradores, promovendo:
    - Liderança;
    - Coordenação;
    - Colaboração;
    - Aceitação da cultura da organização;
    - Motivação;
    - Compromisso;
    - Conhecimento da organização.

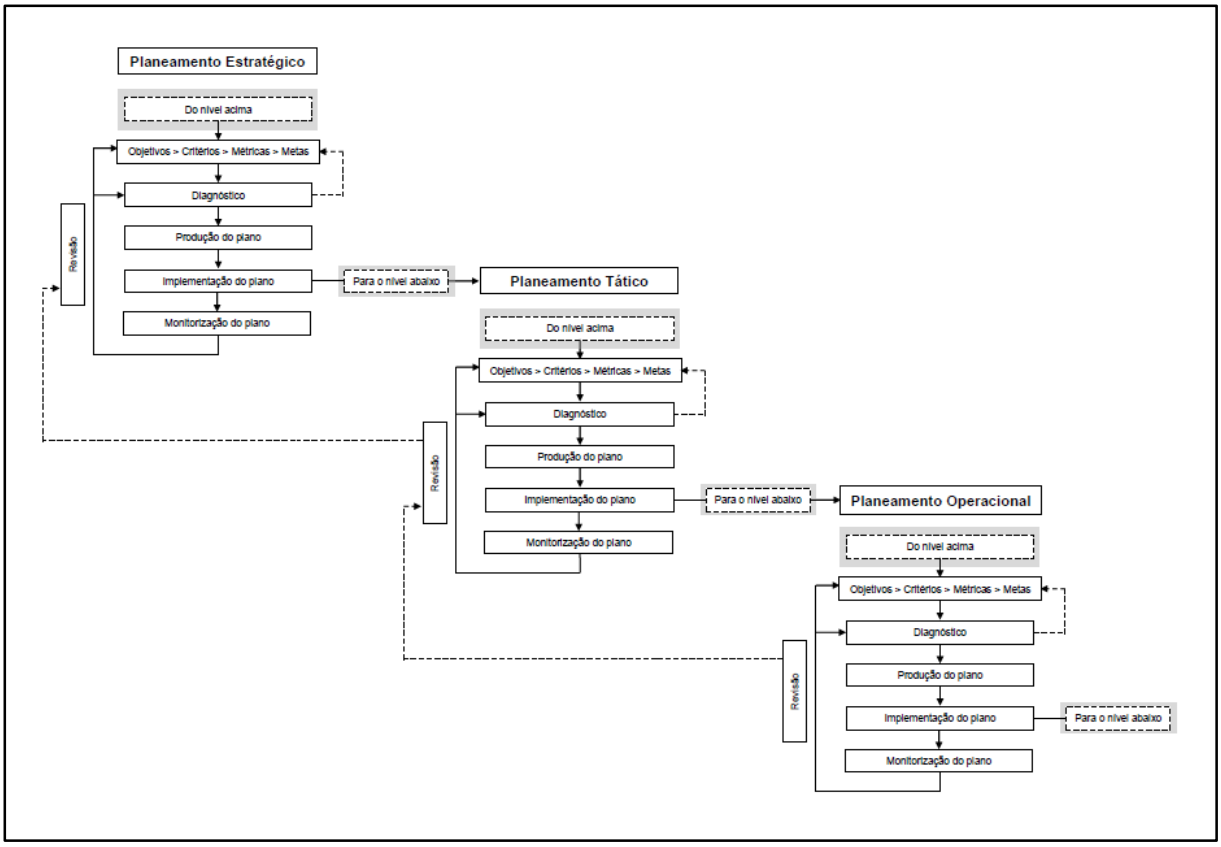


Fig. 2.19 – Representação esquemática do alinhamento e comunicação entre os diferentes níveis de planeamento (adaptado de Alegre *et al.*, 2011)

O compromisso de melhoria contínua não se revela apenas necessário durante a produção dos documentos do plano, constituindo um compromisso contínuo da organização, visando o sucesso estratégico (Plant, 2008). Uma das caraterísticas que diferencia a abordagem AWARE-P relaciona-se com o facto de considerar, de forma explícita, que as infraestruturas que sustentam serviços públicos apresentam vidas indefinidas (Burns *et al.*, 1999). As fases do ciclo de vida de um ativo físico (planeamento, construção, operação, manutenção, reabilitação, desativação/eliminação) coexistem, devendo atender-se ao ciclo de vida dos elementos individuais dos sistemas, indicando-se que não se podem aplicar as metodologias de análise de ciclo de vida à infraestrutura como um todo. A elevada independência funcional entre as componentes de uma rede impossibilita que se apliquem diretamente as técnicas predominantes de gestão de ativos, de acordo com as quais a definição de prioridades de intervenção assenta no comportamento e na condição física de cada componente (Alegre *et al.*, 2012).

O diagnóstico adequado identifica-se como essencial para a decisão relacionada com a localização e a forma de atuação numa infraestrutura, devendo basear-se nos objetivos, critérios, métricas e metas. Estes não se definem apenas com base no nível de planeamento superior, mas também considerando a avaliação preliminar da situação existente e os contributos resultantes dos mecanismos de comunicação existentes. A etapa de diagnóstico inicia-se com a avaliação do sistema existente, mas deve ter-se em conta toda a duração do período de planeamento (1 ano – planeamento operacional; 3 a 5 anos – planeamento tático; 15 a 20 anos – planeamento estratégico) e do período de análise (*p.ex.* 20 a 40 anos). Salienta-se que o período de análise deverá constituir um intervalo de tempo consideravelmente mais longo que o período de planeamento, com o intuito de possibilitar que se avalie se as soluções

implementadas respondem adequadamente às alterações expectáveis (*p.ex.* para o período planeamento de nível tático, 3 a 5 anos, o período de análise não deverá ser inferior a 20 anos) (Alegre *et al.*, 2011).

O diagnóstico deverá realizar-se para a infraestrutura como um todo e para cada uma das suas componentes individualmente. Ao nível estratégico, executa-se uma macroavaliação da infraestrutura, tornando possível a identificação dos problemas globais e principais do sistema. No nível tático, numa primeira fase, a infraestrutura deve dividir-se em pequenos subsistemas (sistema principal e zonas de medição e controlo (ZMC), nos sistemas de abastecimento de água; bacias e sub-bacias, nos sistemas de drenagem de águas residuais ou pluviais), direcionando-se o diagnóstico, nesta fase, para o estabelecimento de prioridades dos sistemas para intervenção, com a identificação das áreas com baixo nível de desempenho, com elevada incidência de problemas (*hot-spots*) ou com desempenho aceitável, mas prioritárias derivado de fatores externos (*p.ex.* coordenação de trabalhos nas vias ou reabilitação municipal). Numa segunda fase do nível tático, conduz-se uma análise mais detalhada para cada um dos sistemas prioritários, analisando as diferentes componentes (*p.ex.* condição, custos de construção e manutenção, criticidade) e o comportamento do sistema (*p.ex.* hidráulico, qualidade da água, energético, condições operacionais, custos) (Alegre *et al.*, 2011).

No que diz respeito às infraestruturas, refere-se a necessidade de uma abordagem holística no estabelecimento de diagnósticos e no estudo de alternativas que considerem as necessidades e as expectativas das partes interessadas, destacando-se a qualidade e a sustentabilidade dos serviços prestados aos utilizadores e a proteção do ambiente. Deve ter-se em conta a condição física e a importância reativa das diversas componentes, de acordo com o estabelecido nas boas práticas de gestão de ativos. O desempenho hidráulico e a qualidade da infraestrutura como um todo revela-se igualmente preponderante. Geralmente, a pressão insuficiente num determinado ponto de consumo de um sistema de abastecimento de água ou a ocorrência de uma inundação pelo extravasamento de águas residuais, num local, encontram-se relacionadas com anomalias existentes noutras componentes, eventualmente em locais geograficamente afastados (Alegre *et al.*, 2012).

A elaboração de alternativas de intervenção e a comparação entre elas, segundo a metodologia AWARE-P, verificam-se diferentes do tradicional, realizando-se com base na resposta de cada alternativa, no período de análise, para cada uma das métricas de desempenho, de custo e de risco selecionadas. O *software* AWARE-P executa um papel importante na visualização e interpretação de resultados. A configuração de um sistema urbano de água existente, que se desenvolveu de modo progressivo e tendo em conta a evolução urbanística, poucas vezes corresponde à configuração ideal para as condições de funcionamento e para os requisitos verificados e previstos para o futuro. A reabilitação deve observar-se como uma oportunidade de melhoria (gradual e progressiva) dos sistemas existentes (Alegre *et al.*, 2012).

No que se refere ao *software* AWARE-P, realça-se que este disponibiliza ferramentas para o desenvolvimento e análise de alternativas (Coelho e Vitorino, 2011), referindo-se que as soluções de engenharia relacionadas com cada alternativa necessitam de especificação (*p.ex.* substituição de coletores, planeamento de inspeções, procedimentos de operação e manutenção) (Alegre *et al.*, 2011).

A perceção de que as soluções alternativas não se podem estabelecer apenas com base na probabilidade de falha de componentes individuais dos sistemas e de que a substituição por componentes semelhantes (*like-for-like*) não se verifica a única opção viável, refere-se como uma das importantes inovações associadas à metodologia apresentada. Salienta-se que o comportamento do sistema não pode ser ignorado, sistematizando-se, seguidamente, algumas noções (Alegre *et al.*, 2011):

- Os níveis de serviço não se podem associar diretamente a componentes individuais, uma vez que a causa do problema e os sintomas associados ocorrem, em diversas ocasiões, em diferentes localizações;
- As redes, regra geral, cresceram gradualmente, dando resposta ao crescimento urbano e às condições de longo prazo do projeto, referindo-se que poucas vezes se adequam às condições de longo prazo do projeto, encontrando-se os sistemas, na sua maioria, distanciados das configurações ótimas para a situação atual e para o futuro expectável.

O desenvolvimento de soluções de planeamento deve ancorar-se numa visão global do sistema, considerando alternativas eficientes no que respeita ao custo que estabeleçam, globalmente, o melhor compromisso entre o nível de desempenho exigido e o nível aceitável de risco. Esta abordagem alavanca a evolução do sistema para uma configuração mais racional e mais aproximada da configuração ótima (de acordo com os objetivos definidos), a médio e a longo prazos, potenciando, eventualmente, a modificação das práticas de operação e de manutenção, no sentido de melhorar a eficiência (Alegre *et al.*, 2011).

No que se refere ao custo, o *software* AWARE-P disponibiliza uma ferramenta direcionada para a avaliação do valor atual líquido de cada alternativa, incluindo custos de investimento, operação e proveitos operacionais que ocorrem durante o período de análise do plano. As ferramentas integradas no *software* baseiam-se numa abordagem qualitativa do risco (Almeida *et al.*, 2011). Refere-se que prevê, também, ferramentas para a avaliação de probabilidades de falha, no caso de roturas de condutas e colapsos de coletores, e as respetivas consequências (Alegre *et al.*, 2011).

Os planos podem produzir-se quando se encontram selecionadas as alternativas (estratégias, táticas ou ações), devendo configurar documentos curtos e claros, nos quais conste (Alegre *et al.*, 2011):

- Âmbito:
  - Geográfico;
  - Temporal;
  - Temático;
- Objetivos e metas:
  - Curto prazo;
  - Médio prazo;
  - Longo prazo;
- Resumo do diagnóstico efetuado e das soluções alternativas selecionadas;
- Procedimentos:
  - Tarefas e responsabilidades;
- Programa de intervenção e respetiva calendarização;
- Plano financeiro;
- Monitorização e revisão (frequência).

2.5.3.3. Apontamento Final

O setor que integra os sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais representa um setor estratégico e relevante do ponto de vista económico-social, sustentado em infraestruturas físicas com elevado valor e períodos de vida longos, e com uma reputação de inércia e pouca eficiência. No contexto atual mundial, refere-se a necessidade da garantia de que os serviços urbanos de água apresentam uma gestão mais dinâmica, racional e eficiente. Salienta-se a urgência da mudança de

paradigma, associada a uma gestão avançada de infraestruturas, garantindo níveis de serviço ajustados, no presente e no futuro, designadamente no que se refere a (Alegre *et al.*, 2011):

- Abastecimento de água fiável e de boa qualidade;
- Utilização eficiente dos recursos naturais;
- Prevenção da poluição e inundações.

A metodologia AWARE-P baseia-se em conceitos avançados de gestão patrimonial de infraestruturas, incorporando e completando-se com conhecimentos e métodos inovadores, com o objetivo de potenciar e apoiar as entidades gestoras de sistemas urbanos de água, na implementação de uma abordagem coerente e estruturada de gestão patrimonial de infraestruturas. O projeto AWARE-P procura alertar para as necessidades descritas através de (Alegre *et al.*, 2011):

- Alteração das práticas atuais;
- Melhoria do conhecimento técnico no setor;
- Fornecimento de ferramentas guia e *software*.

2.5.4. AVALIAÇÃO DO ESTADO DAS INFRAESTRUTURAS

2.5.4.1. Abordagem Geral

A avaliação do estado das infraestruturas apresenta como objetivo a realização de um diagnóstico da situação existente. A identificação das necessidades de intervenção e o estabelecimento de prioridades requer o conhecimento dos ativos existentes (localização, estado de conservação), inferindo a sua vida útil residual e avaliando o valor económico correspondente (Alegre, 2008).

2.5.4.2. Inventário de Ativos

A pertinência da execução e da manutenção de cadastros das infraestruturas reconhece-se consensualmente, referindo-se que não se colocam, a este nível, dificuldades concetuais relevantes relativas à gestão patrimonial de infraestruturas. O grau de degradação a considerar e o grau de pormenor da informação envolvida identificam-se como os principais desafios associados, salientando-se que, para cada componente inventariada, seria útil dispor-se da seguinte informação (Alegre, 2008):

- Identificação;
- Localização;
- Caraterísticas físicas;
- Data de entrada em funcionamento;
- Valor histórico e data do investimento;
- Histórico de falhas / de desempenho;
- Estado de conservação;
- Histórico de intervenções e custos de manutenção;
- Histórico de intervenções e custos de reabilitação.

No que se refere ao detalhe da informação, salienta-se a utilidade de a informação se encontrar tão desagregada quanto possível, dispondo-se do máximo de dados de cada um dos constituintes das diferentes componentes dos sistemas. No entanto, refere-se que mesmo as organizações/entidades gestoras que possuem um nível de sofisticação mais elevado não dispõem de toda a informação. A recolha, a verificação/validação e a atualização sistemática de um volume de dados correspondente ao detalhe de informação desejado podem revelar-se tecnicamente inviáveis, sendo necessário encontrar

um equilíbrio entre o custo de disponibilizar a informação e o retorno correspondente. Os recursos da entidade gestora, a complexidade dos sistemas e o contexto identificam-se como elementos que influenciam a decisão sobre a forma como se inventariam os dados (Alegre, 2008).

Alegre (2008) refere a existência de regras de boa prática, indicando que USEPA (2005) recomenda a adoção de uma estrutura hierárquica de informação, onde cada componente se relaciona com os seus ascendentes e descendentes (Figura 2.20), e com a implementação progressiva do sistema, de acordo com as seguintes etapas:

- Execução do *layout* dos principais processos do sistema;
- Desenvolvimento da hierarquia de ativos;
- Definição de um protocolo de arquivo de dados;
- Inventariação da informação existente;
- Formação nos principais conceitos e técnicas;
- Identificação dos ativos mais críticos (técnicas simples);
- Recolha da informação em falta (elementos mais críticos).

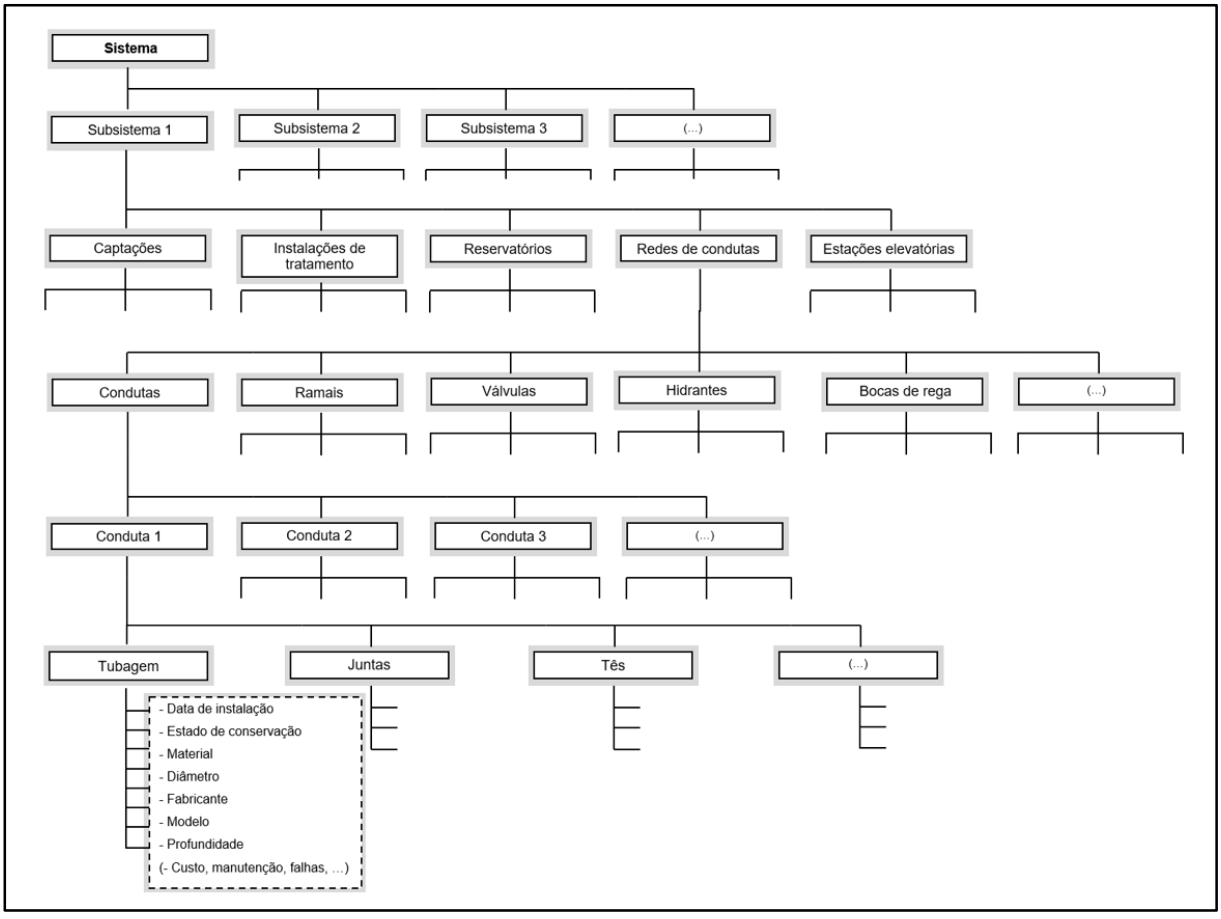


Fig. 2.20 – Estrutura hierárquica de um inventário de ativos (adaptado de Alegre, 2008)

2.5.4.3. Estado de Conservação de Ativos

Alegre (2008) refere que a avaliação do estado de conservação dos ativos representa um elemento crucial na definição de prioridades de intervenção, de manutenção e de reabilitação dos sistemas, podendo definir-se o "estado de conservação de um ativo" como o modo como esse ativo desempenha a função para a qual se projetou, se utiliza ou se pretende utilizar. Identificam-se diferentes técnicas para classificar/ordenar o estado de conservação dos ativos (Vanier e Rahman, 2004):

- Inquéritos aos utentes;
- Avaliações subjetivas;
- Cálculos de engenharia;
- Adoção de fatores de ponderação;
- Métrica "*distress-based*";
- Sistemas híbridos.

No caso das infraestruturas enterradas, a avaliação do estado de conservação dos ativos revela-se mais complexa, referindo-se que, nesta situação, os métodos indiretos de diagnóstico ganham relevância. Salientam-se os projetos europeus CARE-W e CARE-S como estudos aprofundados e abrangentes sobre a avaliação do estado de conservação de redes de água e coletores. Nos sistemas de apoio à decisão, utilizam-se mecanismos de diagnóstico, designadamente (Alegre, 2008):

- Indicadores de desempenho;
- Análise e previsão de falhas;
- Técnicas simplificadas de estimação da vida residual de condutas e coletores.

Na prática, torna-se possível adotar abordagens simplificadas, das quais se destaca a proposta em USEPA (2005), onde o princípio básico se relaciona com a definição de classes de estado de conservação que se relacionem de forma expedita com a esperança de vida útil residual dos ativos. A tabela 2.3 estabelece as classes de acordo com as quais devem ser classificados os ativos, devendo-se em seguida adaptar-se a tabela 2.4 de acordo com a melhor informação disponível (Alegre, 2008).

Tabela 2.3 – Classificação do estado de conservação (adaptado de USEPA, 2005, citado em Alegre, 2008)

Classe	Descrição	Intervenção necessária	Taxa de reabilitação
0	Ativo novo	Manutenção normal	0%
1	Ativo em perfeito ou excelente estado de conservação	Manutenção normal	0%
2	Ativo que apresenta pequenas anomalias	Reparação pontuais	5%
3	Ativo que apresenta anomalias que requerem manutenção curativa significativa	Reparação significativa	10% a 20%
4	Ativo que requer renovação significativa	Renovação	20% a 40%
5	Ativo quase inutilizável	Substituição	> 50%

Tabela 2.4 – Método de avaliação da vida residual (adaptado de USEPA, 2005, citado em Alegre, 2008)

		Classe de estado de conservação / Vida útil residual (anos)				
Tipo de componente	Vida útil média	1	2	3	4	5
Construção civil	75	75	60	45	30	15
Condutas sob pressão	60	60	48	36	24	12
Coletores	100	100	80	60	40	20
Bombas	40	40	32	24	16	8
Motores	35	35	28	21	14	7
Equipamento elétrico	30	30	24	18	12	6
Controlos	25	25	20	15	10	5
Edifícios	60	60	48	36	24	12

2.5.4.4. Esperança de Vida Útil Residual de Ativos

Concetualmente, a avaliação da esperança de vida útil residual dos ativos revela-se complexa, necessitando de uma análise mais aprofundada do que a abordagem simplificada referida no ponto anterior. Sistematizam-se alguns conc3eitos relativos a esta análise (Alegre, 2008):

- Vida útil total – período decorrido entre a instalação e entrada em funcionamento e a desativação final;
- Vida útil técnica – período decorrido após a instalação e durante o qual se cumprem os requisitos de instalação estabelecidos;
- Vida útil contabilística – período de amortização fiscal, geralmente fixado para cada classe de componente;
- Vida útil económica – período decorrido entre a aquisição e o tempo em que a componente já não representa a opção de menor custo, ainda que fisicamente capacitada para o fornecimento do serviço. Quando os custos de manutenção crescem de forma significativa com o envelhecimento, o final deste período pode ocorrer numa fase em que o ativo cumpre os requisitos mínimos de desempenho.

A vida útil contabilística corresponde ao período convencionalmente utilizado para amortizar contabilisticamente o investimento realizado numa componente da infraestrutura. Referem-se diferentes tipos de amortizações, aos quais podem corresponder períodos de tempo distintos (Alegre, 2008):

- Amortização económica – incorpora o desgaste do ativo;
- Amortização contabilística – considera que os custos a reconhecer no ano são os custos referentes às amortizações que constam das contas estatutárias das empresas;
- Amortização financeira – corresponde à operação financeira que consiste no reembolso total ou parcial de um empréstimo.

Alegre (2008) salienta que a vida útil contabilística a considerar deveria corresponder à amortização empresarial, coincidindo com a vida económica média. Reconhece-se que, na prática, se adotam simplificadamente valores convencionados.

2.5.5. Desempenho, Risco, Manutenção e Reabilitação das Infraestruturas

2.5.5.1. Abordagem Geral

A definição dos níveis de serviço a garantir pela infraestrutura, globalmente e por cada componente individual, deve verificar-se em consonância com o contexto identificado e com as linhas orientadoras do plano estratégico. Refere-se que as medidas de desempenho a adotar se devem incluir na estrutura de gestão global das entidades, onde se integra a gestão patrimonial de infraestruturas. A figura 2.21 representa esquematicamente os principais passos da gestão do ciclo produtivo de uma organização, evidenciando-se que a avaliação de desempenho deve possibilitar a comparação de resultados com objetivos estratégicos definidos, permitindo a identificação e a implementação de medidas de melhoria (Alegre, 2008).

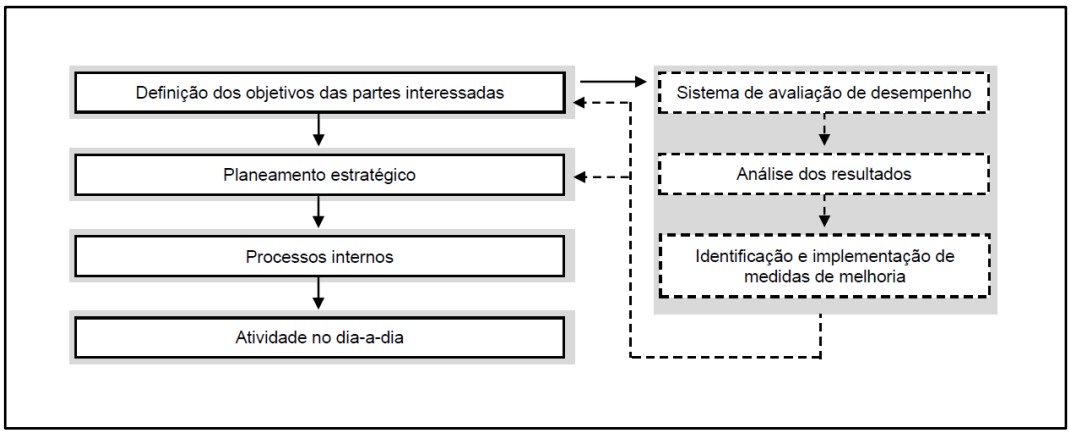


Fig. 2.21 – Representação esquemática de um sistema de avaliação de desempenho das infraestruturas como parte de um sistema global de gestão da organização (adaptado de Alegre, 2008)

Identifica-se a gestão do risco como uma das questões-chave da gestão patrimonial de infraestrutura, integrando a identificação dos perigos e a análise, a avaliação e o tratamento dos riscos. Preferencialmente, a gestão do risco deverá envolver a totalidade da organização, integrando a gestão das infraestruturas e as ações a nível estratégico, a nível tático e a nível operacional, existindo, neste caso, a necessidade de coordenar os programas de gestão de risco com os programas de gestão patrimonial de infraestruturas.

2.5.5.2. Indicadores de Desempenho no Apoio à Gestão Patrimonial de Infraestruturas

No que diz respeito aos indicadores de desempenho, no apoio à gestão patrimonial de infraestruturas, representa-se esquematicamente, na figura 2.22, os principais passos a adotar na definição e na implementação de um sistema de indicadores de desempenho (Alegre, 2008).

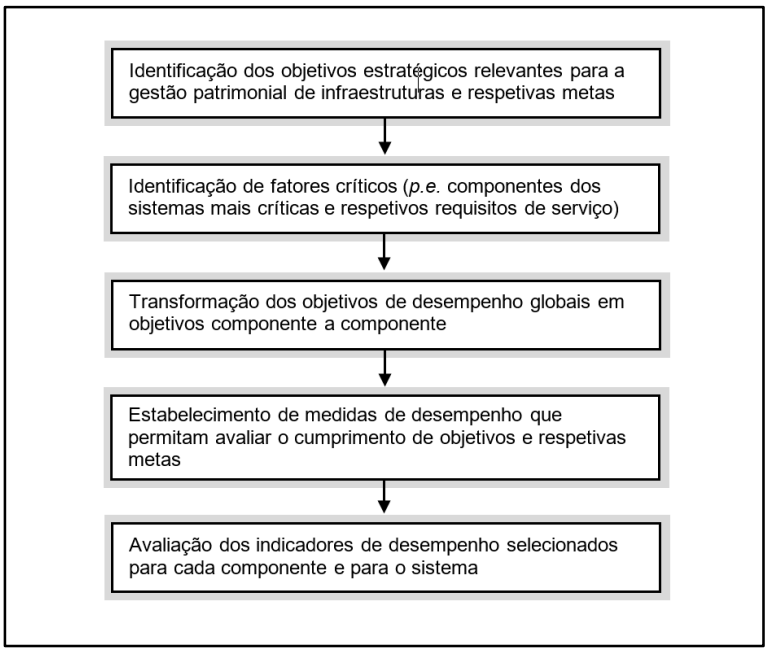


Fig. 2.22 – Etapas de implementação de um sistema de avaliação de desempenho das componentes de uma infraestrutura (adaptado de Alegre, 2008)

2.5.5.3. Análise, Avaliação e Tratamento do Risco

A abordagem ao risco integra a identificação dos modos de falha, a estimação das respetivas probabilidades de ocorrência, a avaliação das consequências e o tratamento do risco. Relativamente a cada componente crítica da infraestrutura, refere-se a necessidade de identificar os principais modos de falha, que se podem relacionar com (Alegre, 2008):

- Capacidade ou disponibilidade (quantidade ou qualidade);
- Fiabilidade (para os níveis de serviço pretendidos);
- Fim de vida útil (componente ainda funciona, mas a probabilidade de falha definitiva revela-se muito elevada);
- Fim de vida económica (componente ainda funciona, mas os custos associados revelam-se excessivos).

O processo de identificação dos modos de falha, mesmo que executado de maneira simplificada, deve seguir um formalismo predefinido, tendo em conta (Alegre, 2008):

- Exposição a perigos (infraestrutura como um todo e componentes individuais);
- Função de cada componente da infraestrutura no sistema.

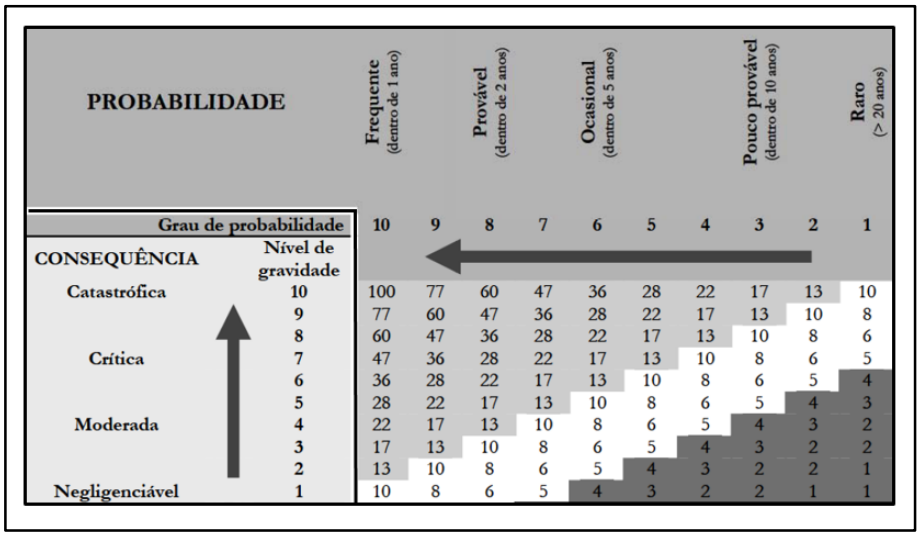
A avaliação das probabilidades de falha dos sistemas revela-se importante e difícil de obter com graus de confiança elevados, sendo necessário o auxílio do tratamento estatístico de registos históricos longos e fiáveis, ou a modelação do comportamento de materiais e de equipamentos. Salienta-se que é frequente a inexistência de informação de base em quantidade e em qualidade desejáveis, referindo-se a pertinência de as entidades gestoras constituírem bons registos históricos, que permitam executar estudos estatísticos bem fundamentados, bem como analisarem e tratarem os dados existentes. Na situação em que não se dispõe de informação de boa qualidade, indica-se a necessidade de utilizar o conhecimento empírico dos operadores, a informação dos fabricantes e os resultados de estudos

previamente elaborados, procedendo-se a uma classificação qualitativa da probabilidade (*p.ex.* muito baixa, baixa, média, elevada, muito elevada) (Alegre, 2008).

A avaliação das consequências das falhas pode executar-se de forma quantitativa ou qualitativa (*p.ex.* muito baixas, baixas, médias, elevadas, muito elevadas). Os efeitos das falhas podem traduzir-se em dois tipos de custos, designadamente (Alegre, 2008):

- Custos diretos:
  - Custos de reparação;
  - Perdas de receitas;
  - Pagamento de coimas;
  - Indemnizações;
- Custos indiretos:
  - Perdas de vidas humanas;
  - Problemas de saúde pública;
  - Danos ambientais;
  - Danos à produtividade e economia da região.

No caso de as probabilidades e as consequências associadas às falhas se expressarem quantitativamente, a avaliação do risco executa-se de forma direta, através do somatório dos riscos parciais associados a cada modo de falha. Quando se baseiam em informação qualitativa ou semi-quantitativa, o risco pode caraterizar-se de forma qualitativa, como se exemplifica na figura 2.23. Mesmo quando se obtém de forma simplificada, a avaliação do risco constitui o cerne da gestão patrimonial de infraestruturas, permitindo identificar as componentes das infraestruturas expostas aos maiores riscos, facultando a estas componentes mais críticas um tratamento preferencial (Alegre, 2008).



Nível de gravidade	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
10	100	77	60	47	36	28	22	17	13	10
9	77	60	47	36	28	22	17	13	10	8
8	60	47	36	28	22	17	13	10	8	6
7	47	36	28	22	17	13	10	8	6	5
6	36	28	22	17	13	10	8	6	5	4
5	28	22	17	13	10	8	6	5	4	3
4	22	17	13	10	8	6	5	4	3	2
3	17	13	10	8	6	5	4	3	2	2
2	13	10	8	6	5	4	3	2	2	1
1	10	8	6	5	4	3	2	2	1	1

Fig. 2.23 – Representação esquemática da avaliação simplificada do risco (adaptado de NRC, 2006, citado em Alegre, 2008)

Reconhecendo-se a necessidade de definir, para cada componente ou conjunto de componentes críticas do sistema, a forma de tratamento do risco a adotar, indicam-se diversas abordagens (Alegre, 2008):

- Eliminação do risco;
- Redução do risco;
- Transferência total ou parcial do risco;

- Aceitação do risco.

2.5.5.4. Necessidades de Manutenção e Prioridades de Reabilitação

Alegre (2008) estabelece, como ponto prévio à análise das necessidades de manutenção e prioridades de reabilitação, a compreensão dos objetivos e do interesse das análises de custos do ciclo de vida, que apresentam como princípio subjacente a comparação de soluções alternativas, incorporando todas as parcelas relevantes dos custos inerentes a cada alternativa, desde o planeamento e projeto até à desativação. Salienta-se o reconhecimento generalizado de que uma solução adotada com base no preço pode revelar-se diferente de uma escolha baseada numa análise económica, que considera:

- Investimento (*p.ex.*: custos de projeto, de aquisição e de instalação);
- Custos de manutenção (*p.ex.*: reparações e reposições em serviço);
- Custos de operação (*p.ex.*: custos dos serviços de emergência, custos de segurança pública e de tratamento de reclamações, de pagamento de coimas e de indeminizações por dano ou por violação dos requisitos legais ou contratuais);
- Riscos de falha;
- Custos de reabilitação;
- Custos de desativação;
- Custos de substituição.
- Custos diretos para os clientes e para os utilizadores indiretos dos serviços (*p.ex.* danos materiais provocados à propriedade, consequências económicas da falta de serviço, consequências de saúde pública, perturbações ao tráfego);
- Custos sociais e ambientais (*p.ex.* perturbação ao bem-estar, poluição ambiental, destruição do *habitat*, redução dos atrativos económicos ou turísticos da região).

No que se refere ao estabelecimento de necessidades de manutenção e de reabilitação, revela-se a necessidade de adotar a estratégia adequada para cada componente ou conjunto de componentes, no decorrer do respetivo ciclo de vida. Frequentemente, refere-se o interesse de optar por uma combinação de alternativas em diferentes fases do ciclo de vida (USEPA, 2005). Referem-se as alternativas fundamentais de intervenção nas infraestruturas que se colocam aos gestores:

- Não intervir;
- Manter as práticas de intervenção vigentes;
- Operar o sistema de modo distinto;
- Melhorar a manutenção:
    - Modo curativo – reparação após a ocorrência de falha;
    - Modo preventivo periódico – manutenção periódica, definida em função do tempo ou do uso;
    - Função do estado de conservação – manutenção preventiva condicionada;
- Renovar;
- Reforçar;
- Substituir;
- Desativar;
- Adotar soluções alternativas e intermédias não infraestruturais (*p.ex.* gestão de pressões, medidas de uso eficiente da água).

O estabelecimento de prioridades de reabilitação (renovação, reforço ou substituição) deve realizar-se com base nos resultados das etapas anteriores e, se exequível, em análises custo-benifício (Alegre, 2008).

2.5.5.5. Estratégia a Longo Prazo

A estratégia de investimento a longo prazo ocorre após a definição das necessidades de manutenção e de reabilitação, com a elaboração dos planos de investimento, a especificação das formas de financiamento e a elaboração do plano tático de gestão patrimonial de infraestruturas. A figura 2.24 representa esquematicamente um exemplo de uma estrutura e dos conteúdos de um plano tático (Alegre, 2008).

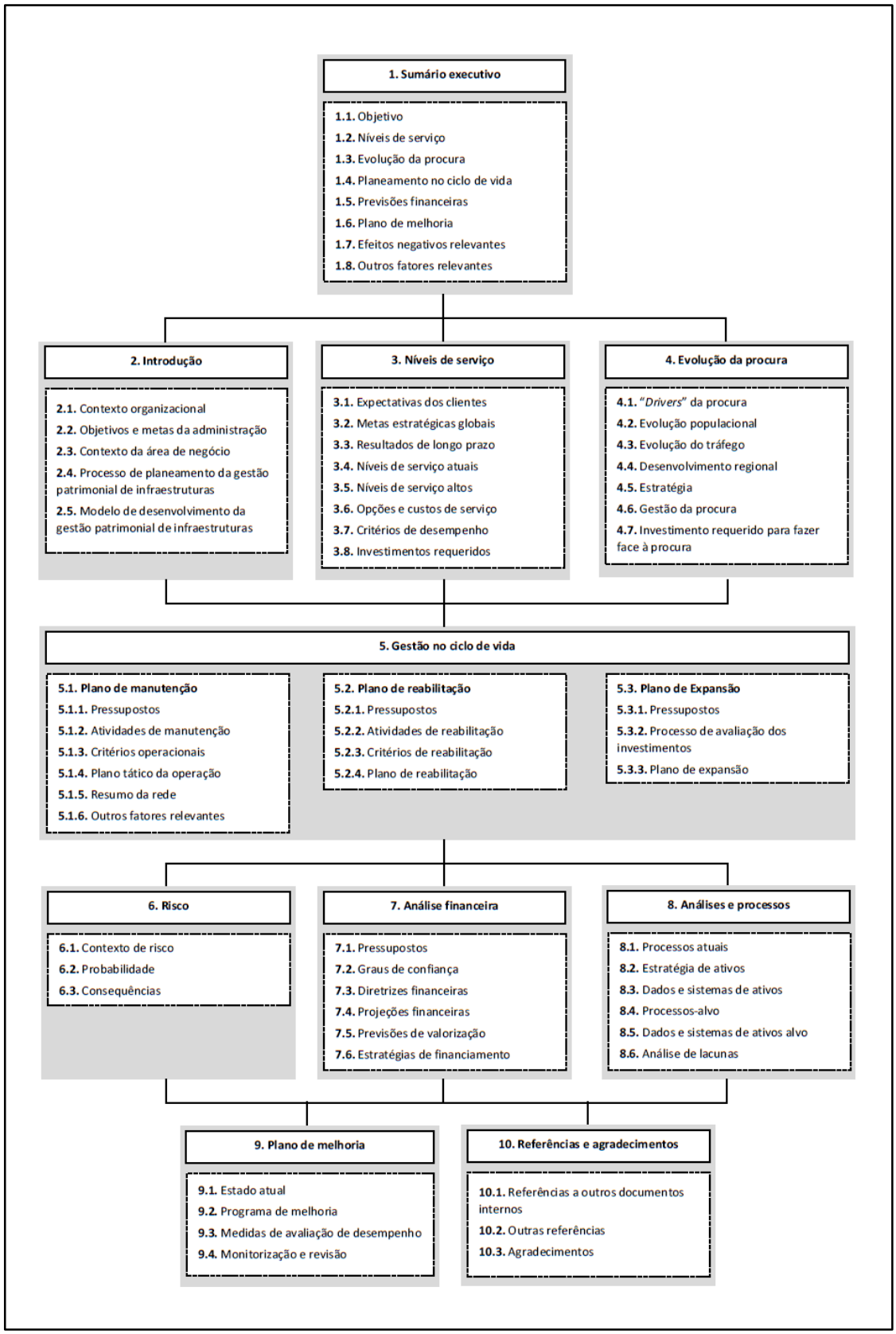


Fig. 2.24 – Representação esquemática de um exemplo do conteúdo de um plano tático de gestão patrimonial de infraestruturas segundo USEPA (2005) (adaptado de Alegre, 2008)

2.5.6. AVALIAÇÃO DE CUSTOS

2.5.6.1. Abordagem Geral

As infraestruturas suportam a prestação de serviços de interesse público, devendo ser valorizadas e geridas. A gestão patrimonial de infraestruturas deve basear-se em avaliações dos custos económicos e de ciclo de vida das infraestruturas. Na vertente da gestão de ativos, a gestão patrimonial de infraestruturas apresenta, como objetivo principal, a racionalização de investimentos e a otimização da eficiência financeira das organizações, sendo determinante a forma como os custos se avaliam e se alocam para dar resposta aos desafios (Alegre, 2008):

- Estimação do valor das infraestruturas;
- Adequação do montante investido na reabilitação;
- Estabelecimento do montante necessário a investir em reabilitação nos anos seguintes;
- Definição das componentes do custo a considerar numa análise de ciclo de vida.

No sentido de dar cumprimento aos desafios elencados, revela-se a necessidade de (Alegre, 2008):

- Avaliar o custo de investimento (custo das infraestruturas existentes);
- Selecionar métodos e períodos de amortização ajustados à gestão patrimonial de infraestruturas;
- Avaliar o valor das infraestruturas considerando a depreciação;
- Definir períodos de observação adequados a uma abordagem dos custos no ciclo de vida, identificando as principais componentes a ter em conta na análise.

2.5.6.2. Métodos de Valorização de Ativos

Uma forma simplificada de obter um valor para as infraestruturas existentes verifica-se através dos custos históricos (imobilizado corpóreo), que se apresentam nas demonstrações financeiras das empresas, regra geral valorizados ao custo de aquisição. Refere-se que a depreciação relevante dos ativos é contabilística e que o custo de capital se calcula com base no valor líquido dos ativos. Os ativos valorizam-se com base no preço pago na data da compra e subsequentes amortizações (ANACOM, 2005). Contudo, existem abordagens mais detalhadas, enquadradas na gestão patrimonial de infraestruturas hidráulicas, que se referem nos parágrafos seguintes.

Considerando a abordagem da valorização dos ativos sem depreciações, isto é, como se as componentes se encontrassem em estado novo, o reconhecimento dos custos baseado em informação histórica revela-se direto, uma vez que estes custos são conhecidos e se encontram disponíveis ou são facilmente produzidos. Esta abordagem não considera variações nos preços dos ativos associadas a evoluções tecnológicas, podendo constituir restrições à substituição. Os custos históricos representam valores contabilísticos, diferentes dos económicos, que se obtêm com base em decisões passadas, em infraestruturas existentes, em práticas instaladas, integrando ineficiências produtivas e custos afundados (*p.ex.* subsídios a fundo perdido). Sintetiza-se a informação contabilística disponível nas organizações sobre o valor das infraestruturas (Alegre, 2008):

- Investimentos sujeitos a amortização – investimentos sujeitos a amortização, de acordo com as regras de contabilidade normalmente aceites;
- Amortização acumulada do imobilizado corpóreo – Valor amortizado total de todo o ativo imobilizado corpóreo, desde a aquisição;
- Imobilizado corpóreo bruto – Valor bruto do ativo imobilizado corpóreo, relativo ou não a infraestruturas;

- Imobilizado corpóreo – Valor líquido das infraestruturas e de outros ativos imobilizados, calculado através da diferença entre o imobilizado corpóreo bruto e a amortização acumulada do imobilizado corpóreo.

Segundo uma perspetiva da gestão patrimonial de infraestruturas, o imobilizado corpóreo bruto refere-se ao valor total investido (referente às datas de realização dos investimentos). As amortizações determinam-se pelo quociente entre o investimento e o período de amortização. O imobilizado corpóreo líquido, que corresponde ao valor contabilístico dos ativos corpóreos, calcula-se pela subtração da amortização acumulada ao imobilizado corpóreo bruto. A informação revela-se insuficiente para suportar uma gestão ajustada das infraestruturas, salientando-se (Alegre, 2008):

- Elevado número de componentes das infraestruturas antigas – se o valor dos investimentos feitos não for atualizado, terá um significado praticamente nulo no que diz respeito ao valor real investido no conjunto das infraestruturas;
- Período de amortização convencionado ou contratualmente definido – ignora o estado de conservação das infraestruturas.

O imobilizado corpóreo líquido representa uma informação incompleta sobre o valor do bem, salientando-se que, em determinadas organizações, se corrige o valor dos investimentos e das amortizações para os custos correntes, facultando valores com um significado mais prático. Mesmo na situação de atualização dos valores, persiste o problema associado à forma como se executa a amortização. A metodologia "Custos Correntes Actuais" (*Current Cost Accounting*") é recomendada por diversas instituições (ANACOM, 2005). Alegre (2008) refere que, de acordo com esta metodologia, os ativos valorizam-se tendo em conta o custo de adquirir hoje o ativo que a empresa/entidade/organização já detém, referindo que num quadro de custos correntes, o valor de um ativo pode obter-se de diferentes formas, designadamente através do (ANACOM, 2005):

- Custo contabilístico – a valorização do ativo não se altera face aos valores da contabilidade geral da empresa, não considerando o valor económico do ativo;
- Custo ajustado à inflação – a valorização dos ativos efetua-se baseada no seu preço histórico, tendo em conta os níveis de desvalorização de preços baseados nos índices de preços publicados anualmente para cada ativo, não considerando o valor económico do ativo;
- Custo de substituição – a valorização do ativo efetua-se de acordo com:
    - "*Net Realizable Value*" (NRV) – Refere-se ao montante que a empresa receberia com a venda do ativo na situação atual. Mais adequado a ativos com valor de mercado;
    - "*Net Present Value*" (NPV) – Refere-se ao valor económico do ativo (soma dos *cash-flows* futuros que o ativo pode gerar no decorrer da sua vida útil). Quando os ativos constituem uma parte do sistema (caso das infraestruturas), a avaliação do *cash-flow* assossiado pode revelar-se complexa ou praticamente impossível;
    - "*Current Replacement Costs*" (CRC) – Refere-se ao custo de substituir o bem por outro com as mesmas caraterísticas.

Em situações de evolução tecnológica acelerada, o ativo que se pretende valorizar pode já não se encontrar no mercado, utilizando-se o "*Modern Equivalent Asset*" (MEA). De acordo com este método, os ativos valorizam-se com base no preço que a empresa necessitaria de pagar para os substituir por ativos equivalentes que utilizem a tecnologia de mercado mais recente. No caso da nova tecnologia incorporar funcionalidades não existentes no ativo substituído, o seu valor deverá reduzir-se. As formas de valorização que se abordaram referem-se a custos de ativos novos. O valor atual real dos ativos deve considerar a depreciação.

2.5.6.3. Métodos de Amortização e Vidas Úteis

A amortização de um ativo pode efetuar-se de acordo com dois métodos que se sistematizam seguidamente (ANACOM, 2005):

- Método de amortização contabilística – os custos a considerar no ano referem-se às amortizações que constam das contas estatutárias das empresas. O método distribui o custo histórico dos ativos pelos períodos em que estes se utilizam, não considerando possíveis variações no valor do ativo. Salienta-se que representa um conceito estático, que se admite no início da vida útil do ativo;
- Método de amortização económica – determina, para cada período, os custos associados à utilização do ativo, considerando a alteração do valor económico do ativo nesse período, a revisão da sua vida útil e a atualização dos *cash-flows* que ainda pode gerar. As amortizações podem ajustar-se de ano para ano, em função do valor económico do ativo e da sua vida útil.

Alegre (2008) salienta que a amortização económica, de um ponto de vista concetual, é a abordagem que melhor se contextualiza com a gestão patrimonial de infraestruturas, representando um conceito dinâmico, que incorpora as variações de preços e a evolução tecnológica, sendo a obsolescência integrada no valor do bem. Comparativamente com a amortização contabilística, a amortização económica revela-se mais trabalhosa e mais subjetiva, e, ainda que teoricamente mais adequada, os resultados podem não ser significativamente diferentes (desde que a amortização contabilística tenha em conta a avaliação do ativo de acordo com o CCA).

A definição das vidas úteis dos ativos, utilizada na amortização contabilística, executa-se com base na legislação em vigor, destacando-se o Decreto Regulamentar n.º 2190, de 12 de janeiro, que estabelece a regulamentação do regime das reintegrações e das amortizações em complemento do definido no Código do Imposto sobre o Rendimento das Pessoas Colectivas, em relação à política fiscal das reintegrações e das amortizações, e a Directriz Contabilística n.º 4/91, de 19 de dezembro – "Contabilização de obrigações contratuais de empresas concessionárias". As cotas máximas anuais de reintegração e de amortização que podem aceitar-se como custo do exercício definem-se no âmbito desta legislação, aplicando-se taxas genéricas especificadas apenas na situação em que, para os elementos do ativo mobilizado, não se verifiquem taxas específicas fixadas. Este decreto regulamentar não indica taxas específicas para obras de águas residuais nem para instalações de tratamento de água. A tabela 2.5 (taxas específicas) e a tabela 2.6 (taxas genéricas) sistematizam a informação mais relevante referente às infraestruturas de abastecimento de águas e de drenagem e tratamento de águas residuais (Alegre, 2008).

Tabela 2.5 – Taxas máximas e períodos de amortização mínimos estabelecidos no Decreto Regulamentar n.º 2190: taxas específicas (Alegre, 2008)

Taxas específicas		
Tipo de ativo	Taxa de amortização	Período de amortização
Construção civil e obras públicas: Equipamentos para obras hidráulicas	0,25 %	16 anos
Eletricidade, gás e água: Grupo 3 – Captação e distribuição de água		
Reservatórios		
De torre ou de superfície	4,00 %	25 anos
Subterrâneos	2,50 %	40 anos
Condutas	4,00%	25 anos
Ferro	5,00 %	20 anos
Fibrocimento ou similares	6,25 %	16 anos
Outras instalações e máquinas de uso específico	12,50 %	8 anos
Aparelhos de medida e de controlo	12,50	8 anos

Tabela 2.6 – Taxas máximas e períodos de amortização mínimos estabelecidos no Decreto Regulamentar n.º 2190: taxas genéricas (Alegre, 2008)

Taxas genéricas		
Tipo de ativo	Taxa de amortização	Período de amortização
Edifícios ou edificações integradas em conjuntos industriais	5,00 %	20 anos
Obras hidráulicas, incluindo poços de água	5,00 %	20 anos
Reservatórios de água		
De torre ou de superfície	5,00 %	20 anos
Subterrâneos	3,33 %	30 anos
Silos	5,00 %	20 anos
Instalações de água, eletricidade, ar comprimido, refrigeração e telefónicas (instalações interiores)	10,00 %	10 anos
Instalações de captação e distribuição de água (instalações privativas)	5,00 %	20 anos
Instalações de armazenagem e de depósito		
De betão	5,00 %	20 anos
De madeira	6,66 %	15 anos
Metálicos	8,33 %	12 anos

Ainda que permitam a reintegração e a amortização de obras de beneficiação (substituição ou renovação), as regras contabilísticas existentes não atendem ao estado de conservação real das infraestruturas. No caso de uma manutenção adequada e de reabilitação executada em momento oportuno, o valor real dos ativos pode ser superior ao que resulta do valor contabilístico calculado de modo tradicional. Quando a utilização ou a manutenção se verificam inadequadas, a vida útil técnica pode verificar-se inferior ao período de amortização e o valor real do ativo inferior ao contabilístico. A abordagem tradicional não fomenta a implementação de procedimentos de manutenção, uma vez que não valoriza o esforço financeiro associado (Alegre, 2008).

2.5.6.4. Índice de Valor da Infraestrutura

Uma vez escolhido o método de valorização do ativo em perfeito estado de conservação, o método de amortização e a vida útil, pode determinar-se o valor atual dos ativos. O quociente entre o valor atual dos ativos e o valor de substituição correspondente representa um índice, que se pode designar por "Índice de Valor da Infraestrutura" (IVI) e que se determina pela expressão (Alegre, 2008):

$$IVI = \frac{\sum_{I=1}^{N}(cs_{i,t} \cdot vr_{i,t}/vu_i)}{\sum_{i=1}^{N} cs_{i,t}} \quad (1)$$

onde:

- t – momento em que se realiza a medição;
- $IVI\ (t)$ – índice de valor da infraestrutura no momento t;
- N – número total de ativos;
- $cs_{i,t}$ – custo de substituição do ativo i em t;
- $vr_{i,t}$ – vida útil residual do ativo i em t;
- vu_i – vida útil total do ativo i.

Relativamente aos valores assumidos pelo IVI, sistematizam-se algumas noções (Alegre, 2008):

- Valores na ordem dos 50% (40%-60%) – indicam situações de infraestruturas estabilizadas, nas quais se investe em reabilitação, em média, o equivalente à depreciação;
- Valores muito acima dos 50% – indicam que se verifica uma das situações seguintes:
  - Infraestruturas jovens (não estabilizadas);
  - Infraestruturas que atravessam uma fase de crescimento, ainda que antigas;
  - Infraestruturas nas quais se está a sobreinvestir em reabilitação;
- Valores baixos – indicam que a infraestrutura se encontra mais envelhecida do que seria expectável, necessitando de investimentos significativos de reabilitação.

Realça-se a utilidade do IVI em diferentes aspetos, designadamente (Alegre, 2008):

- Apoio ao planeamento de estratégias de investimento enquadradas na gestão patrimonial de infraestruturas;
- Estimativa do estado geral de uma infraestrutura no início e no fim de períodos de concessão;
- Estabelecimento de metas contratuais, regulatórias ou internas à entidade gestora;
- Apoio a medidas regulatórias e políticas de reabilitação, em termos nacionais e regionais.

Relativamente à avaliação de empresas, refere-se que, é comum verificar-se se o valor dos investimentos se revela semelhante ao valor das amortizações, isto é, se o investimento em novos ativos ou na reabilitação de ativos existentes compensa a depreciação de investimentos anteriores. A situação descrita corresponde a períodos em que o regime de funcionamento da empresa se encontra estabilizado e o valor

do património se mantém aproximadamente constante. Sugere-se que uma forma expedita de determinar o índice de valor da infraestrutura seria verificar se o valor das amortizações acumuladas corresponde a cerca de 50% do valor do imobilizado líquido. Recomenda-se, para o cálculo do índice de valor da infraestrutura, como primeira aproximação, o seguinte procedimento (Alegre, 2008):

- Definição dos valores de substituição unitários (com base em preços unitários médios para cada tipo de ativo), tabelados em função de caraterísticas relevantes para o preço (*p.ex.* materiais, dimensões, potências) e descritos em preços correntes, no ano em que executa o cálculo;
- Determinação dos valores de substituição de cada ativo ($cs_{i,t}$) existente, partindo dos valores fixados anteriormente;
- Determinação do valor de substituição da infraestrutura ($\sum_{i=1}^{N} cs_{i,t}$), através do somatório dos valores de substituição de cada ativo:

$$\sum_{i=1}^{N}(cs_{i,t}) \quad (2)$$

- Adoção de valores médios da vida útil para cada tipo de ativos, de acordo com a melhor fundamentação disponível;
- Correção da vida útil de cada ativo específico (na presença de razões objetivas para o fazer);
- Determinação do valor de cada ativo ($va_{i,t}$) através do produto do valor da substituição ($cs_{i,t}$) pela razão entre a vida útil residual ($vr_{i,t}$) e a vida útil total corrigida ($vu_{i,}$), escrevendo-se:

$$va_{i,t} = cs_{i,t} \cdot \frac{vr_{i,t}}{vu_i} \quad (3)$$

- Determinação do valor da infraestrutura no ano de referência, através do somatório dos valores de cada ativo:

$$\sum_{i=1}^{N} va_{i,t} = \sum_{i=1}^{N}(cs_{i,t} \cdot vr_{i,t}/vu_i) \quad (4)$$

- Determinação do índice de valor da infraestrutura através da equação 1.

2.5.6.5. Custos Médios de Reabilitação

De acordo com Baur (2006), o planeamento da reabilitação de infraestruturas envelhecidas necessita de uma análise crítica acerca de duas questões principais, nomeadamente: Quanto será necessário investir em reabilitação nos próximos anos, para manter um nível de serviço sustentável, isto é, quanto ativos vão chegar ao fim da sua vida útil? A que componentes do sistema deve ser dada prioridade de reabilitação, de forma a rentabilizar o investimento e evitar riscos elevados? Note-se que, embora as questões se encontrem intimamente ligadas, as abordagens de análise se verificam distintas, relacionando-se a primeira com o planeamento estratégico da reabilitação de infraestruturas, que procura estabelecer as estratégias de investimento a longo prazo, e a segunda com o planeamento tático, a médio prazo (Amaral, 2017).

Feliciano (2016) sugere uma abordagem orgânica na GPI, onde deve incluir-se uma análise à reabilitação, e no desenvolvimento de planos de GPI, podendo a melhoria de resultados ser reforçada por uma avaliação de intervenções, através de diferentes métricas, e considerando alternativas distintas.

2.5.6.6. Custos no Ciclo de Vida

As infraestruturas constituem, geralmente, bens patrimoniais definidos pela função que desempenham (*p.ex.* hospitais, escolas, vias de comunicação, sistemas de abastecimento de água, sistemas de drenagem de águas residuais), sem uma duração definida. Refere-se que não é a infraestrutura, globalmente, que apresenta uma vida útil, mas cada uma das suas componentes, salientando-se que a substituição raramente se realiza na totalidade. Em detrimento de uma intervenção em todo o sistema, reabilitam-se componentes individuais, mantendo ou reforçando a função da infraestrutura como um todo (Burns *et al.*, 1999). Verifica-se que, uma vez identificadas as componentes mais críticas dos sistemas, estas analisam-se individualmente, não se abordando globalmente a infraestrutura, identificando-se esta questão como um ponto particularmente crítico, quando se pretende priorizar intervenções em componentes com vidas distintas (Alegre, 2008).

No seguimento do descrito anteriormente, identifica-se a necessidade de uma visão global da infraestrutura, evidenciando-se a necessidade de adotar um período de análise único, comum às diferentes intervenções. O estabelecimento deste período carece de investigações aprofundadas, sugerindo-se que, numa primeira aproximação, pode utilizar-se a vida útil da componente com maior longevidade como período de análise. Os custos, para a entidade gestora, a considerar nas análises de custo de vida, representam-se esquematicamente na figura 2.25.

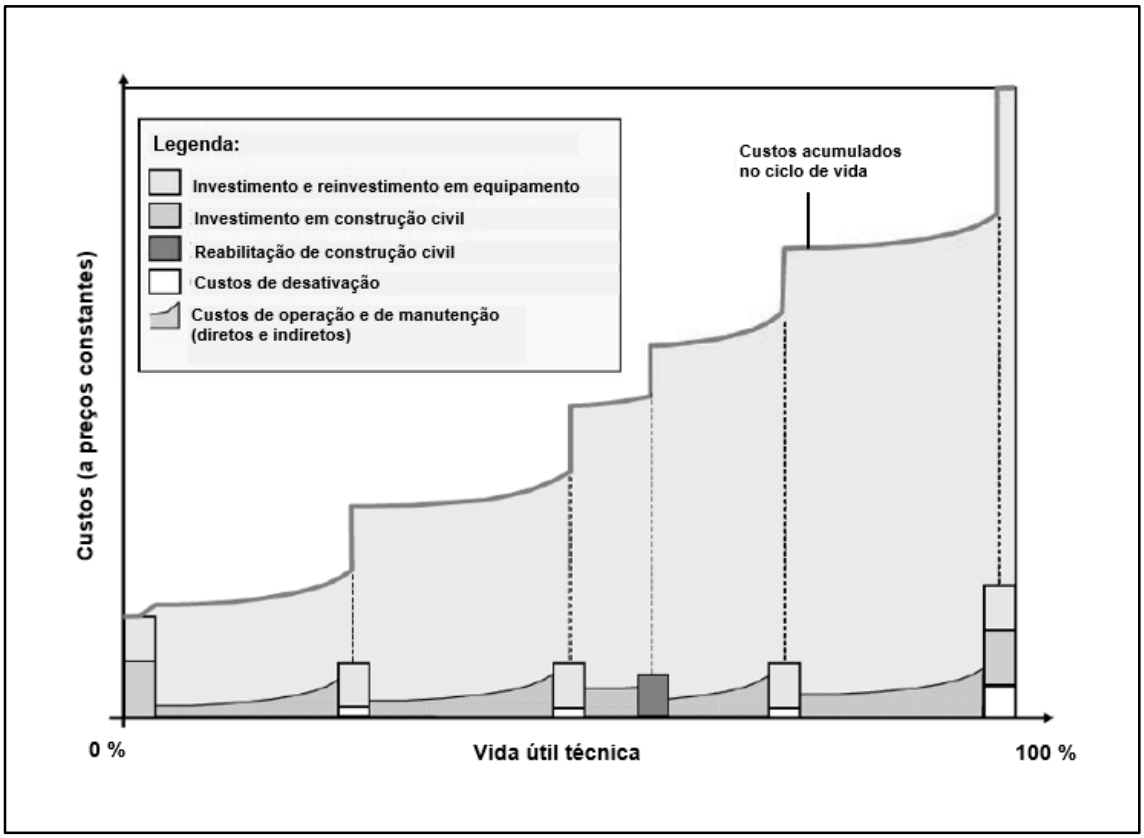


Fig. 2.25 – Representação gráfica das componentes do custo no ciclo de vida (Alegre, 2008)

Alegre (2008) salienta que a análise e a avaliação do risco constituem uma peça fulcral na avaliação dos custos de ciclo de vida.

2.5.7. Sistemas de Abastecimento de Água

2.5.7.1. Abordagem Geral

As infraestruturas que integram os sistemas de abastecimento de águas constituem um suporte crucial na prestação de um serviço público essencial, representando uma parte importante do património de utilidade pública construído, de valor económico considerável. Salienta-se a necessidade de serem geridas de forma sustentável, garantindo a prestação de um serviço de qualidade, a longo prazo, assegurando o desenvolvimento das comunidades e a proteção do meio ambiente (Alegre e Covas, 2010).

A Norma NP ISO 24512:2012, respeitante às atividades relativas aos serviços de abastecimento público de água e de gestão de águas residuais (recomendações para a gestão das organizações e para a avaliação do desempenho do serviço de abastecimento público de água), refere as seguintes componentes de gestão das organizações do serviço de abastecimento público de água:

- Gestão de atividades e processos:
  - Estabelecimento de políticas;
  - Formulação de estratégias;
  - Desenvolvimento de procedimentos;
  - Cumprimento de requisitos regulatórios;
  - Coordenação interna e externa;
  - Operações e controlos;
- Gestão de recursos:
  - Pessoal (recursos humanos);
  - Materiais e equipamentos (ativos não fixos, *p.ex.* peças de reserva, veículos, reagentes);
  - Recursos financeiros (*p.ex.* proveitos, despesas, reservas e investimentos);
  - Recursos naturais (*p.ex.* terrenos, licenças de captação de água);
- Gestão patrimonial de infraestruturas:
  - Manutenção de inventários atualizados dos ativos;
  - Monitorização e registo de dados sobre o estado de conservação dos sistemas;
  - Adoção de uma visão de longo prazo;
  - Planeamento, manutenção ou reabilitação do sistema;
  - Otimização das amortizações e reinvestimentos;
  - Identificação e gestão dos riscos;
- Gestão das relações com os clientes:
  - Identificação de necessidades e expectativas dos utilizadores;
  - Empenhamento na satisfação das necessidades e expectativas dos utilizadores;
  - Registo e tratamento de reclamações;
  - Contabilidade e faturação;
  - Comunicação, educação e difusão da informação;
- Gestão da informação:
  - Aquisição;
  - Avaliação;
  - Registo;

  - Proteção;
  - Atualização;
  - Comunicação;
  - Arquivo;
- Gestão ambiental:
  - Melhoria faseada dos sistemas de abastecimento público de água;
  - Adoção de uma visão de longo prazo;
  - Consideração do desenvolvimento populacional e urbanístico;
  - Examinação das possibilidades de gestão da procura e de reutilização da água;
  - Minimização de impactos de atividades de construção e reparação (*p.ex.* ruído, perturbações da população);
  - Salvaguarda da saúde pública;
  - Proteção das origens de água;
- Gestão de riscos:
  - Condução de análises de risco;
  - Estabelecimento e monitorização dos pontos críticos de controlo;
  - Desenvolvimento de procedimentos normalizados de operação;
  - Desenvolvimento e implementação de programas de manutenção preventiva;
  - Manutenção de inventários acessíveis de materiais e equipamentos críticos;
  - Desenvolvimento e execução de exercícios de simulação de planos de contingência e de emergência.

Diversas redes de distribuição de água e de drenagem de águas residuais europeias construíram-se após as grandes guerras mundiais, estando a atingir o fim da sua vida útil. As tubagens que constituem as redes apresentam sintomas de deterioração, evidenciando-se a tendência para o aumento da ocorrência de roturas, de perdas de água e de reclamações relacionadas com a qualidade da água e a eficiência dos serviços. Ainda que a generalidade das redes instaladas em Portugal seja mais recente, a durabilidade menor dos materiais utilizados coloca-as numa situação semelhante. Refere-se a urgência de se adotarem medidas que permitam a inversão da situação referida, mantendo um nível de serviço aceitável (Alegre e Covas, 2010).

2.5.7.2. Causas de Degradação do Desempenho dos Sistemas

As componentes dos sistemas de abastecimento de água encontram-se sujeitas a diferentes fatores agressivos que contribuem para a degradação do desempenho do sistema (súbita ou continuada), podendo tratar-se da degradação da condição física ou do desempenho funcional (Alegre e Covas, 2010). Os fatores agressivos podem classificar-se em (Batista e Alegre, 2000a, 2000b):

- Condições hidráulicas de escoamento;
- Caraterísticas químicas da água transportada;
- Caraterísticas químicas e físicas dos solos e das respetivas águas intersticiais;
- Condições geotécnicas, sísmicas e mecânicas.

A necessidade de reabilitação dos sistemas de abastecimento de água pode relacionar-se com diversas causas. Identificam-se as principais (Alegre e Covas, 2010):

- Envelhecimento natural das componentes – reflete-se na redução do desempenho que ocorre gradualmente no tempo, em condições normais de utilização, que se traduz, regra geral, na degradação do serviço prestado pela infraestrutura. Os efeitos do envelhecimento podem

verificar-se localmente (*p.ex.* aumento das perdas de água, aumento de frequência de roturas) ou no desempenho funcional do sistema (*p.ex.* pressão insuficiente em pontos de consumo afastado da componente degradada). Pode dever-se a:

- Degradação natural dos materiais constituintes das componentes – depende do tipo de material e das condições de instalação e de utilização;
- Desgaste dos elementos constituintes das componentes – associado, essencialmente, às componentes mecânicas e eletromecânicas (*p.ex.* válvulas, grupos eletrobomba, medidores de caudal mecânicos). As condutas não apresentam desgaste significativo devido ao escoamento (baixa concentração do fluído em sedimentos), mas podem sofrer desgaste devido a fenómenos de cavitação;
- Incrustação dos elementos constituintes das componentes – pode dever-se à deposição de produtos de corrosão (em componentes metálicas não protegidas), ou à deposição de substâncias ou espécies químicas existentes na água (em qualquer tipo de material);
- Desatualização tecnológica – decorre, essencialmente, da obsolescência dos equipamentos, relacionando-se, em geral, com questões de eficiência ou de exigibilidade operacionais ou de manutenção (*p.ex.* indisponibilidade de peças de desgaste no mercado, impossibilidade de inserção de equipamentos de controlo ou de medição em sistemas de automação ou de telemetria, elevada necessidade de mão de obra para operação ou manutenção, baixo rendimento energético, insuficiência de modos de operação face às necessidades). Os elementos de construção civil (*p.ex.* reservatórios) não se desatualizam facilmente, do ponto de vista tecnológico. Referem-se materiais desatualizados devido a conferirem elevada toxicidade à água (*p.ex.* chumbo) ou aos riscos associados à construção ou reparação (*p.ex.* fibrocimento);

- Alteração dos objetivos de serviço – relacionada com as solicitações ou com os requisitos exigidos, designadamente:
  - Solicitações – eventual evolução das solicitações de consumo e de pressão distinta do previsto na fase de projeto e de construção. Vulgarmente traduzem-se num ajusto da capacidade das componentes existentes (*p.ex.* substituição de condutas por outras de diâmetro distinto, construção de novas células em reservatórios) ou na construção e instalação de novas componentes (*p.ex.* nova instalação sobrepressora);
  - Requisitos – eventual alteração dos requisitos do serviço ao longo dos anos, no que se refere à qualidade da água (*p.ex.* proibição de uso de determinados materiais), ao desempenho (*p.ex.* cobertura e continuidade do serviço, taxa de reabilitação de condutas e ramais, frequência de roturas em condutas, perdas de água, eficiência energética);
- Deficiência de conceção e projeto – associada à conceção geral do sistema ou ao projeto do sistema ou de algumas das suas componentes:
  - Conceção geral do sistema – deficiências de conceção que motivam intervenções de reabilitação (*p.ex.* erros de arquitetura, erros de topologia, erros de funcionamento geral dos sistemas). Podem apresentar diversas causas:
    - Visão parcelar do projetista sobre o funcionamento do sistema no seu conjunto (*p.ex.* expansões, diferentes projetistas na conceção de partes distintas);
    - Deficiente previsão da evolução das solicitações de consumo, de pressão e requisitos de qualidade (*p.ex.* populações, capitações, consumos não domésticos, padrões de consumo, usos sem requisitos de potabilidade);
    - Falta de visão integrada dos problemas, tendo em conta aspetos hidráulicos, ambientais, de fiabilidade, económico-financeiros;

        - Falta de análise baseada no ciclo de vida das componentes, considerando-se, tradicionalmente, a conceção baseada num cenário único de ponta, no horizonte de projeto, não garantindo, em diversas ocasiões, os níveis de serviço necessários durante uma parte significativa da vida útil da obra;
    - Projeto do sistema e das suas componentes – deficiências de projeto que motivam intervenções de reabilitação (*p.ex.* erros de conceção de componentes individuais, erros de dimensionamento, disposições construtivas inadequadas, deficiente escolha de equipamentos, de materiais e de acessórios). Referem-se diferentes erros frequentes:
        - Erros de conceção das componentes (*p.ex.* escolha do tipo e da disposição do equipamento de bombagem e de controlo, decisão sobre a colocação e localização de válvulas de seccionamento, válvulas de descarga, válvulas de controlo de caudal ou de pressão e de ventosas, decisão sobre a necessidade de proteção contra o choque hidráulico);
        - Erros de dimensionamento (*p.ex.* deficiente previsão das solicitações de consumo de água ou de pressão, adoção de métodos e pressupostos de cálculo inadequados, erros de cálculo);
        - Inadequação de disposições construtivas (*p.ex.* aspetos relativos à construção de reservatórios, de caixas de válvulas e de valas, questões relacionadas com a instalação de equipamento eletromecânico);
        - Deficiente escolha de equipamentos e de materiais, não atendendo devidamente a diversas questões (*p.ex.* caraterísticas dos materiais, condições hidráulicas do escoamento, qualidade físico-química das águas transportadas, qualidade química dos solos e das águas intersticiais, condições geotécnicas, sísmicas e mecânicas), particularmente as relacionadas com a qualidade da água destinada a consumo humano (*p.ex.* materiais das condutas, de juntas e de revestimentos internos, produtos de desinfeção e limpeza, produtos de lubrificação de equipamentos);
- Deficiências de construção – referem-se às componentes individuais, podendo afetar o desempenho global do sistema e estar associadas à execução inadequada de diversas etapas do processo de construção civil e de montagem de equipamentos e de instalações especiais, designadamente:
    - Controlo da qualidade (*p.ex.* geotécnica, materiais e componentes, execução de estrutura, coberturas, pisos, revestimentos de paredes);
    - Receção das tubagens em obra;
    - Armazenamento das tubagens em obra;
    - Instalação das tubagens;
    - Montagem de equipamentos (*p.ex.* grupos eletrobomba, medidores de caudal, marcos e bocas de incêndio, instalações elétricas e equipamentos de potência, motores elétricos e de acionamentos, infraestrutura de automação, instalações elétricas de sinal, instrumentação);
    - Ensaios de receção e comissionamento de grupos eletrobomba, da instrumentação e de instalações especiais;
- Deficiências de materiais e de equipamentos – associadas à condição ou desempenho insatisfatório dos materiais ou das componentes, por deficiência de conceção, projeto, construção, operação, manutenção ou degradação do material. O desempenho inadequado pode encontrar-se associado a razões inerentes às matérias-primas e aos processos fabris, evidenciando-se a curto e médio prazo, no decorrer da fase de exploração, designadamente:

  - Má qualidade das matérias-primas utilizadas (*p.ex.* má qualidade das colas ou da borracha das anilhas de estanquidade);
  - Deficiências no processo de fabrico ou de montagem em fábrica da componente ou dos elementos que a constituem (*p.ex.* não homogeneidade de caraterísticas de determinados materiais plásticos associados ao deficiente controlo do processo de extrusão, deficiência de montagem dos grupos eletrobomba ou de válvulas);
  - Problemas não detetados, provocados durante o armazenamento e transporte (*p.ex.* exposição solar prolongada de materiais plásticos);
- Deficiências de operação – relacionadas com erros sistemáticos (*p.ex.* incorreta gestão de pressões, uso de válvulas de seccionamento para controlo de caudais) ou erros acidentais (*p.ex.* incorretas manobras de abertura ou fecho de válvulas ou de enchimento de condutas, potenciando a ocorrência de choque hidráulico). Refere-se a necessidade de aumento da eficiência (*p.ex.* redução do consumo de energia, redução de perdas de água) e da eficácia (*p.ex.* garantia de pressões de conforto em toda a rede). Regra geral, encontram-se associadas à inexistência ou incumprimento de:
  - Programa atualizado de operação do sistema (funcionamento normal e situações de emergência);
  - Programa atualizado de avaliação do desempenho operacional do sistema;
  - Programa atualizado de formação dos recursos humanos afetos à operação;
  - Programa de uso racional de energia;
  - Registos cadastrais atualizados das infraestruturas e instalações;
- Deficiências de manutenção – associadas à ocorrência de uma degradação mais elevada da condição física dos sistemas, reduzindo, consequentemente, o nível de desempenho. A manutenção pode classificar-se em curativa ou reativa (ações de reparação de anomalias), preventiva sistemática (ações periódicas de manutenção) e preventiva condicionada (ações periódicas de vistoria aos materiais e eventuais ações de manutenção). Indicam-se as principais deficiências de manutenção que conduzem à necessidade de reabilitação:
  - Ausência ou não cumprimento de um programa atualizado de manutenção do sistema que inclua inspeção, manutenção corrente e reparação;
  - Ausência ou não cumprimento de um programa atualizado de formação dos recursos humanos afetos à manutenção;
  - Ausência ou não cumprimento de um programa de controlo ativo de perdas de água;
  - Ausência ou não cumprimento de um programa de uso racional de energia;
  - Ausência de registos atualizados de dados relevantes associados à inspeção, à manutenção corrente, à reparação e à reabilitação do sistema por componente;
  - Ausência ou deficiência de proteção das zonas de captação, de monitorização da qualidade da água na origem, de inspeção, de manutenção corrente, de reparações ou de reabilitação de captações;
  - Ausência ou deficiência de procedimentos de inspeção, manutenção corrente e reparação de tubagens, válvulas, marcos e bocas de incêndio, medidores de caudal e contadores, sistemas de bombagem, equipamentos elétricos e infraestruturas de automação e instrumentação;
- Causas externas – associadas a acontecimentos externos de degradação, nomeadamente:
  - Danos causados por obras em estruturas contíguas ou em outras infraestruturas:
    - Destruição acidental da componente;

        - Passagem ou colocação temporária de carga excessiva (*p.ex.* equipamento pesado);
        - Alteração das condições geotécnicas locais (*p.ex.* condições de compactação ou de assentamento do terreno envolvente, nível freático);
    - Sismos, podendo destruir a componente de imediato ou acelerar o processo de degradação (*p.ex.* fragilização das ligações, fissuração);
    - Alteração das condições do terreno (*p.ex.* deslizamentos de terreno, abatimentos associados à ocorrência de cavidades na fundação da componente);
    - Passagem de sobrecargas dinâmicas ou ocorrência de sobrecargas estáticas não contempladas em projeto (*p.ex.* passagem de cargas rolantes excecionais, aterros sobre a componente, esforços associados a raízes de árvores);
    - Fenómenos hidrológicos excecionais (*p.ex.* arrastamento de componentes devido a cheias, inundações em estações elevatórias, deslizamento de taludes).

No que se refere às causas e sintomas primários associados aos principais tipos de anomalia, evidencia-se que a deterioração do sistema, globalmente ou de algumas das suas componentes, devido a diferentes causas, se relaciona com a alteração do seu estado ou condição, que se traduz na ocorrência de anomalias. Os sintomas representam evidências da referida degradação ou deterioração, salientando-se que o diagnóstico do sistema constitui uma etapa essencial para a deteção de anomalias. A tabela 2.7 representa a relação entre anomalias (estruturais, hidráulicas, qualidade da água, operação e manutenção), sintomas primários e causas primárias (Alegre e Covas, 2010).

Tabela 2.7 – Relação entre anomalias, causas primárias e sintomas primários (Alegre e Covas, 2010)

Anomalia	**Sintomas Primários**	**Causas Primárias**
Anomalias estruturais		
Falta de estanquidade (fissuras ou orifícios)	- Volume de perdas de água elevado - Roturas frequentes - Afloramento de água em caixas de válvulas ou à superfície do solo - Crescimento de vegetação anormal - Vestígios de escorrências (*p.ex.* paredes de reservatórios) - Fissuras (*p.ex.* superfícies externas ou internas das paredes de reservatórios) - Ruído associado à fuga ou à falta de estanquidade de válvulas	- Excesso de pressão interna - Sobrecargas excessivas - Assentamentos diferenciais - Desgaste mecânico - Danos devido ao transporte, armazenamento, assentamento, manuseamento - Instalação deficiente em vala ou construção incorreta de estruturas de betão armado - Intervenções no subsolo - Danos provocados por terceiros - Corrosão ou lixiviação dos materiais - Deslizamento de taludes - Sismos
Perda de resistência estrutural	- Volume de perdas de água elevado - Roturas frequentes - Fissuras	- Erros de projeto e/ou construção (*p.ex.* seleção inadequada de materiais, construção inadequada de valas e de fundações, proteção contra a corrosão inadequada)

	- Redução da espessura da componente	- Desgaste mecânico (cavitação, desgaste de elementos móveis) - Corrosão ou lixiviação dos materiais - Cargas excessivas - Intervenções no subsolo - Danos provocados por terceiros - Deslizamento de taludes - Sismos
Anomalias hidráulicas		
Insuficiente capacidade de transporte (condutas ou grupos de bombagem)	- Pressão inferior à mínima requerida - Reclamações por falta de pressão - Flutuações de pressão que ultrapassem as máximas admissíveis - Incapacidade de garantir o caudal de incêndio	- Erros de planeamento, projeto e/ou construção - Alteração das condições de exploração - Alteração das solicitações - Redução da secção associada ao aumento da rugosidade (depósitos e incrustações) - Obstáculos ao escoamento (*p.ex.* válvulas inadvertidamente fechadas, raízes, outras obstruções acidentais) - Intervenções temporárias no sistema
Insuficiente capacidade de armazenamento (reservatórios)	- Interrupção do abastecimento - Reclamações - Esvaziamento acelerado do reservatório	- Erros de planeamento, projeto e/ou construção - Alteração das condições de exploração - Alteração das solicitações - Desativação de outros reservatórios
Velocidade muito baixa	- Reclamações relacionadas com a qualidade da água (turvação e sabor devido à deposição e arrastamento de sedimentos) - Concentrações reduzidas de cloro residual em zonas terminais	- Erros de planeamento e/ou projeto - Sobredimensionamento no sentido de dar cumprimento a requisitos regulamentares para situações de incêndio - Redução das solicitações (consumos) - Alteração das condições de exploração
Velocidade elevada	- Desgaste acelerado dos materiais - Rotura/colapso - Fissuras - Períodos de bombagem curtos entre arranques e paragens de grupos hidropressores	- Erros de planeamento, projeto e/ou construção - Alteração das condições de exploração - Alteração das solicitações - Sobredimensionamento de grupos sobrepressores
Anomalias de qualidade da água		

Degradação da qualidade da água devido à entrada de poluentes no sistema	- Parâmetros físico-químicos ou microbiológicos da água superiores aos máximos admissíveis - Problemas de turvação, cor e sabor - Reclamações relacionadas com a qualidade da água - Concentrações reduzidas de cloro residual em zonas terminais	- Erros de planeamento, projeto e/ou construção - Causas associadas à falta de estanquidade (neste quadro)
Degradação da qualidade da água devido ao contacto com os materiais	- Problemas de turvação, cor e sabor - Parâmetros físico-químicos da água superiores aos máximos admissíveis - Reclamações relacionadas com a qualidade da água - Problemas de saúde nos consumidores	- Uso de materiais inadequados - Degradação dos sistemas
Degradação da qualidade da água no seio do escoamento	- Problemas de cheiro e sabor - Concentrações reduzidas de cloro residual em zonas terminais	- Alteração das solicitações - Alteração das condições de exploração - Alteração da origem ou das caraterísticas físico-químicas da água
Anomalias de operação e manutenção		
Ineficiência/degradação da operação e manutenção	- Tempos de reparação prolongados - Períodos de interrupção prolongados - Custos operacionais elevados (recursos humanos e materiais) - Volume de perdas de água elevado - Consumos energéticos elevados	- Erros de planeamento, projeto e/ou construção - Estabelecimento inadequado de andares de pressão, zonas de medição e controlo, e zonas de controlo de pressões - Inadequada quantidade, localização ou manutenção de válvulas de manobra - Utilização de equipamentos de bombagem pouco eficientes - Ausência de padronização de equipamentos e materiais, permitindo que se tornem mais eficientes os procedimentos de reparação - Carência de automatização dos controlos do sistema - Carência de monitorização de caudais e de níveis
Insuficiência de fiabilidade do serviço	- Interrupções de serviço frequentes - Interrupções de serviço prolongadas - Reclamações	- Erros de planeamento, projeto e/ou construção (*p.ex.* falta de redundância, insuficiente capacidade de reserva ou localização inadequada)

	- Alteração das condições de exploração - Alteração das solicitações - Estabelecimento inadequado de andares de pressão, de zonas de medição e controlo e de zonas de controlo de pressões - Inadequada quantidade, localização ou manutenção de válvulas de manobra - Carência de padronização de equipamentos e de materiais, permitindo que se tornem mais eficientes os procedimentos de reparação

2.5.7.3. Consequências da Degradação do Desempenho dos Sistemas

As consequências da degradação do desempenho dos sistemas de abastecimento de água, associadas a uma reabilitação insuficiente ou inadequada, podem avaliar-se de acordo com pontos de vista ou dimensões distintas (técnica, saúde pública e segurança, económico-financeira, ambiental e social). Distinguem-se as diferentes dimensões, que se apresentam seguidamente (Alegre e Covas, 2010):

- Dimensão técnica – consequências associadas ao funcionamento dos sistemas, que podem ser de diferentes naturezas:
    - Hidráulica – capacidade insuficiente de componentes individuais (*p.ex.* falta de capacidade de bombagem de estações elevatórias, falta de capacidade de transporte das condutas, falta de capacidade de armazenamento dos reservatórios) ou inadequação da capacidade do sistema como um todo. Refere-se ao incumprimento das necessidades de serviço (pressões e consumos), em circunstâncias de funcionamento normal ou em situações de emergência (*p.ex.* avaria, incêndio);
    - Estrutural – resistência mecânica insuficiente das componentes relativamente às ações internas ou externas a que se encontram sujeitas, podendo conduzir a falhas parciais ou totais (colapsos), ou à ocorrência de anomalias que potenciam a degradação dos materiais da estrutura (*p.ex.* degradação superficial, fissuras, corrosão de armaduras). Encontra-se na origem da redução de fiabilidade do sistema e das suas componentes, incrementando o número de avarias, as perdas reais e as interrupções do serviço;
    - Operacional – ineficiências das atividades de operação que se refletem, particularmente, no incremento de custos e na redução da fiabilidade do serviço. A ausência de reabilitação que otimize a operação dos sistemas e de atualização tecnológica potencia ineficiências no uso da água e de energia, dos recursos humanos e o decréscimo de conforto para os consumidores;
    - Manutenção – atividades de manutenção inadequadas (*p.ex.* utilização de componentes para as quais deixaram de existir materiais e peças de substituição para eventuais reparações) ou insuficientes, que se traduzem em maiores custos e menor fiabilidade, podendo refletir-se negativamente na qualidade do serviço prestado;
- Dimensão de saúde pública e segurança – consequências da reabilitação insuficiente ou inadequada, associadas a dois principais riscos:

  - Saúde pública (decorrente da degradação da qualidade da água) – pode resultar da qualidade da água proveniente do tratamento, da interação com o material ou com o revestimento (*p.ex.* presença de chumbo), ou de água contaminante de origem externa (falta de estanquidade dos sistemas);
  - Segurança (decorrente de acidentes provocados por roturas) – reflete-se numa probabilidade mais elevada de ocorrência de acidentes provocados por roturas em tubagens e avarias em equipamentos, podendo provocar danos em pessoas e bens;
- Dimensão económico-financeira – consequências associadas à degradação do desempenho dos sistemas de abastecimento de água, do ponto de vista económico-financeiro, que se podem traduzir em:
  - Agravamento dos custos de investimento em reabilitação;
  - Agravamento dos custos operacionais (*p.ex.* reparação de avarias, custos de tratamento associados à degradação da qualidade da água, aumento do consumo de energia, custos associados ao volume de água perdido);
  - Penalizações associadas à redução da qualidade do serviço prestado (*p.ex.* incumprimento de compromissos de serviço, no âmbito de contratos de concessão ou de regulamentos de serviço);
  - Custos intangíveis (*p.ex.* danos causados à imagem da entidade gestora) e externalidades (*p.ex.* custos para consumidores e terceiros);
- Dimensão ambiental – consequências associadas ao desempenho inadequado dos sistemas de abastecimento de água, que pode refletir-se em diferentes aspetos:
  - Utilização ineficiente dos recursos hídricos – maior frequência de avarias e maior número de fugas em condutas e ramais, com o consequente aumento do volume de água perdida (perdas reais);
  - Utilização ineficiente dos recursos energéticos – aumento do consumo de energia associado ao incremento de perdas de água e à redução da eficiência ou da capacidade de determinadas componentes;
  - Impactes ambientais negativos associados a obras – efeitos de intervenções de manutenção curativa (*p.ex.* reparação de uma avaria ou de uma conduta), com impactes acrescidos quando se trata de operações não programadas em detrimento de reabilitação planeada;
  - Gestão inadequada dos resíduos produzidos – intervenções não planeadas e com frequência elevada, não coordenadas com obras executadas em outras infraestruturas podem resultar numa gestão inadequada dos resíduos produzidos;
- Dimensão social – consequências associadas à degradação do serviço prestado aos consumidores e a perturbações causadas a terceiros. Refere-se que as avarias, a interrupção do abastecimento e os custos tangíveis e intangíveis para a entidade gestora, traduzem-se em custos sociais associados aos constrangimentos causados aos consumidores afetados pela interrupção do serviço e a terceiros. Referem-se alguns exemplos:
  - Prejuízos provocados a comerciantes em locais com obras em curso;
  - Custos de interrupção do serviço de outras infraestruturas;
  - Custos de atrasos provocados pela circulação do trânsito em locais com obras em curso;
  - Custos para terceiros relacionados com acidentes decorrentes de avarias.

2.5.7.4. Ferramentas e Metodologias de Apoio à Reabilitação

Sintetizam-se diferentes noções relativamente às principais ferramentas e metodologias de apoio à reabilitação (Alegre e Covas, 2010):

- Ferramentas e metodologias para a recolha de dados:
    - Recolha de dados – integra a recolha de dados sobre os sistemas, subsistemas ou componentes (de forma agregada ou com pormenor):
        - Tarefas habitualmente efetuadas sobre os sistemas e/ou as suas componentes com a finalidade de recolher diretamente os dados – Inspeção e medição:
        - Levantamentos topográficos;
        - Levantamento de cadastros;
    - Inspeção – pontual ou sistemática, para o levantamento da condição estrutural e funcional das componentes dos sistemas. Integra as fases:
        - Definição de procedimento – implementação de um procedimento de observação, regra geral escrito, cujos resultados se registam para permitir, à entidade gestora, executar uma avaliação da operacionalidade das componentes da infraestrutura e implementar medidas corretivas apropriadas.
        - Definição da frequência de inspeções – o planeamento das atividades de inspeção deve integrar o plano de operação e manutenção da entidade gestora. Os critérios a considerar na definição da frequência de inspeção referem-se ao tipo de componente (*p.ex.* reservatório, válvula, estação elevatória), ao tipo de inspeção (*p.ex.* operacional ou estrutural), à condição estrutural, à localização, à relevância funcional da componente e/ou à data da última inspeção.
        - Definição do tipo de inspeções – a inspeção pode contemplar observações diretas (*p.ex.* visuais, por meio de câmara de vídeo, sonar associada ou não a um sistema de vídeo, radar com o registo de anomalias detetadas) ou indiretas (*p.ex.* indicadores de desempenho – frequência de roturas em condutas e ramais, perdas reais, inspeção acústica para localização de fugas, observação sistemática de trechos de condutas e acessórios quando ocorrem roturas/reparações);
        - Inspeção da condição estrutural das condutas – a inspeção integra a determinação da localização da conduta existente (informação de cadastro ou através de georradar), a determinação das dimensões da conduta (*p.ex.* comprimento, diâmetro, espessura e localização de acessórios) (inspeção com dispositivos de vídeo ou com tecnologias de ressonância acústica), a avaliação da condição física e hidráulica da conduta (*p.ex.* material, condição estrutural, ramais, deformações, fugas, corrosão, incrustação) (inspeção com dispositivos de vídeo ou com tecnologias de ressonância acústica), a avaliação da necessidade de assegurar abastecimento alternativo e análise das respetivas soluções (*p.ex.* construção de ramais provisórios) e a inspeção visual da zona circundante à conduta (*p.ex.* fugas) (procura de evidências de anomalias);
        - Deteção de fugas em condutas – o controlo ativo de fugas identifica-se como uma estratégia de controlo de perdas (periódica ou contínua), por intermédio da qual se procede à monitorização da rede, possibilitando a deteção e reparação de fugas e roturas não reportadas (Alegre *et al.*, 2005). As técnicas de escuta direta com vareta de madeira (início do século XX), que figurava um processo pouco eficiente, moroso, e que identificava falsas fugas, substituíram-se por novas tecnologias e equipamentos desenvolvidos (*p.ex.* microfones de solo, sensores acústicos, correladores acústicos, injeção de gás traçador), tornando o processo mais eficiente e eficaz na redução de perdas reais;

        - Campanhas de deteção de fugas - regra geral constituem-se por três fases, designadamente a fase de identificação da localização aproximada das fugas ou das roturas, a fase de localização das fugas ou das roturas e a fase de reparação das fugas ou roturas detetadas;
    - Medição – enquadrada na gestão patrimonial de infraestruturas, apresenta como objetivo a recolha de dados para o diagnóstico do sistema. No contexto da reabilitação, a medição direciona-se para as variáveis que se relacionam com o desempenho dos sistemas. Explicitam-se algumas dessas variáveis e referem-se alguns equipamentos e métodos de medição:
        - Medição de variáveis hidráulicas que possibilitam a avaliação do desempenho funcional dos sistemas (*p.ex.* caudal e pressão em secções dos sistemas, volumes de água consumidos, nível de água nos reservatórios de água);
        - Medição de parâmetros de qualidade da água, podendo efetuar-se com equipamentos instalados localmente ou através da recolha de amostras e posteriores análises laboratoriais;
        - Medições específicas das caraterísticas físicas para a localização ou a avaliação da condição da infraestrutura (*p.ex.* diâmetro interno, espessura, grau de corrosão, permeabilidade do betão, localização de armaduras);
        - Levantamento para complementar a informação cadastral (*p.ex.* cotas topográficas, dimensões das componentes);
        - Equipamentos de medição de caudal – medidores de caudal ou caudalímetros (medem o caudal instantâneo e, regra geral, o volume de líquido escoado), contadores mecânicos (medem apenas o volume de líquido escoado). Os medidores de caudal podem ser de leitura instantânea ou com a capacidade de estar ou não ligados através de *datalogger*. Os equipamentos fixos podem encontrar-se ligados a sistemas de telemedição ou a *dataloggers*;
        - Equipamentos de medição de pressão – transdutores de pressão ou manómetros. Os medidores de pressão podem ser de leitura instantânea ou com a capacidade de estar ou não ligados através de *datalogger*. Os equipamentos fixos podem encontrar-se ligados a sistemas de telemedição ou a *dataloggers*;
        - Métodos de medição de turvação – monitorização contínua da turvação, método de avaliação do potencial de sedimentação das partículas (*Mass Settling Potential Method*) e método de avaliação do potencial de ressuspensão das partículas (*Resuspension Potential Method – RPM*). A medição da turvação refere-se como relevante no estabelecimento de prioridades de intervenção, relacionadas com aspetos de qualidade da água;
- Ferramentas e tecnologias para o armazenamento e gestão da informação:
    - Sistemas de informação estratégicos – sistemas informáticos, em qualquer nível da organização, que integrem informação de suporte associada à mudança de objetivos, de operações, de produtos, de serviços ou de relações de ambiente, possibilitando que a organização obtenha ganhos de produtividade e/ou vantagens competitivas. Distinguem-se dos sistemas de informação direcionados para o apoio a decisões ao nível estratégico, da administração da organização (Synnott, 1987). Referem-se alguns sistemas de informação estratégicos (Alegre, 2007, Coelho *et al.*, 2006):
        - Sistemas de informação geográfica (SIG);
        - Sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*);
        - Sistemas de gestão de clientes;

        - Sistemas de apoio à contabilidade;
        - Sistemas de telemedição e de telegestão (SCADA);
        - Sistemas de informação para a manutenção;
        - Sistemas de gestão da informação laboratorial;
        - Sistemas de informação para apoio à gestão patrimonial de infraestruturas;
    - Articulação entre sistemas de informação:
        - Compatibilidade entre *hardware* e *software*;
        - Bom conhecimento dos fluxos de informação;
        - Adoção de modelos de dados robustos;
        - Adoção de referências comuns entre sistemas de informação;
        - Estabelecimento de redes de sistemas de informação (às quais recorrem as diferentes aplicações);
        - Procedimentos integrados de carregamento e de manutenção;
        - Afetação de recursos humanos ajustada à gestão integrada de sistemas de informação;
    - Estrutura de informação para armazenamento e gestão da informação – implementação da gestão patrimonial de infraestruturas a um nível básico:
        - Inventário de ativos, integrando atributos básicos (*p.ex.* tipo, material, dimensões, quantidade, data de construção/instalação, localização);
        - Informação acerca do estado de conservação;
        - Registo do grau de importância do ativo no funcionamento do sistema;
        - Informação relacionada com a gestão da manutenção;
    - Estrutura de informação para armazenamento e gestão da informação – implementação da gestão patrimonial de infraestruturas mais avançada. Deverá evoluir no sentido de incorporar ferramentas de apoio à decisão, designadamente:
        - Modelação e previsão;
        - Avaliação e previsão do desempenho;
        - Gestão do risco;
        - Avaliação dos custos no ciclo de vida;
        - Comparação das soluções alternativas de intervenção;
        - Gestão financeira e otimização de investimentos;
- Ferramentas e metodologias de processamento e análise de consumos de água:
    - Análise de consumos de água – com um caráter descritivo (sintetização dos dados históricos de consumo disponíveis em informação relevante para o planeamento) ou de inferência (adaptação de funções de distribuição que podem utilizar-se para a produção de padrões de consumo normalizados, associados a bandas de confiança), a análise de consumos refere-se como indispensável para qualquer abordagem de gestão patrimonial de infraestruturas, indicando-se os seus principais objetivos:
        - Caraterização estatística dos consumos atuais e dos caudais nos principais pontos de controlo dos sistemas;
        - Previsão de consumos ao longo do período de observação;
    - Principais etapas do processo de análise de consumos de água – a análise estatística de dados de consumos de água pode integrar diversos procedimentos, variáveis de acordo com o objetivo a que se destinam. Referem-se as etapas que, de um modo geral, deve incorporar:
        - Recolha de dados;

- Tratamento preliminar dos dados;
- Análise preliminar do consumo;
- Identificação de consumos anómalos;
- Processamento dos consumos anómalos e preenchimento de falhas;
- Normalização dos dados;
- Produção de estatísticas descritivas;
- Modelação estatística do consumo de água;

- Ferramentas e metodologias para a modelação:
  - Modelação dos sistemas de abastecimento de água – identifica-se como uma ferramenta fundamental na abordagem da gestão patrimonial de infraestruturas, destacando-se as utilizações mais comuns, relativas ao planeamento da gestão patrimonial de infraestruturas, designadamente:
    - Dimensionamento de alterações no sistema (*p.ex.* procura de melhores tipologias, definição de materiais e diâmetros para as condutas, dimensionamento de reservatórios e de instalações elevatórias);
    - Apoio à elaboração de planos de desenvolvimento estratégico (*p.ex.* simulação das grandes opções, sem pormenorização, mas com projeções no tempo, nomeadamente de consumos);
    - Análises de sensibilidade do sistema a eventuais alterações futuras (*p.ex.* consumos, rugosidades, perdas);
    - Previsão do funcionamento do sistema em situações excecionais (*p.ex.* situações de emergência, como combate a incêndios e falhas em componentes críticas);
    - Apoio à programação das intervenções de reabilitação, otimizando a oportunidade dos investimentos e a minimizando o impacto negativo das obras no utilizador;
  - Metodologia de construção e utilização de modelos de simulação – o desenvolvimento de modelos de simulação deve abordar-se sistematicamente, otimizando o esforço e os recursos envolvidos, na solução inicial e na manutenção do modelo ao longo do ciclo de vida. Indicam-se as etapas propostas em Coelho *et al.* (2006), para o faseamento do desenvolvimento de um modelo:
    - Planeamento do modelo;
    - Construção do modelo – descrição física do sistema;
    - Construção do modelo – consumos;
    - Construção do modelo – controlo operacional;
    - Implementação da solução base;
    - Calibração do modelo;
    - Exploração do modelo;
  - Principais dados necessários para a construção do modelo:
    - Dados descritivos das caraterísticas das componentes físicas dos sistemas (*p.ex.* condutas, reservatórios, válvulas, bombas), integrando a referenciação de coordenadas e cotas de nós que os caraterizam e o traçado da rede resultante;
    - Dados de consumo e de caudal, que traduzem a distribuição espacial e o comportamento temporal das solicitações ao sistema, nos cenários em análise;
    - Dados acerca do funcionamento operacional do sistema, refletindo o modo como as suas componentes controláveis (*p.ex.* grupos elevatórios, válvulas) se operam, em diferentes cenários de funcionamento;

- Principais resultados produzidos pelo modelo:
  - Variáveis hidráulicas relativas ao escoamento nos trechos de conduta (*p.ex.* caudais, velocidades, perdas de carga totais e unitárias);
  - Variáveis aleatórias em pontos discretos (*p.ex.* reservatórios, interceções de trechos de conduta, bombas elevatórias, órgãos de controlo), nomeadamente cotas piezométricas e pressões;
  - Resultados de funcionamento operacional dos sistemas, que refletem os pontos de funcionamento das diferentes componentes controláveis, em qualquer instante simulado (*p.ex.* funcionamento de bombas elevatórias, abertura ou fecho de válvulas);
  - Resultados importantes para o controlo de qualidade da água (*p.ex.* tempos de percurso, concentrações de cloro residual, percentagem de mistura de água de cada origem e em cada ponto do sistema);
- EPANET – desenvolvido pela USEPA (*U.S. Environmental Protection Agency*), apresenta diversas capacidades de simulação hidráulica e de qualidade da água, designadamente (LNEC, 2016):
  - Cálculo de perdas de carga contínuas e localizadas;
  - Modelação de bombas de velocidade constante ou variável;
  - Cálculo de energia e custos de bombagem;
  - Modelação de principais tipos de válvulas;
  - Modelação de reservatórios de armazenamento de nível variável;
  - Atribuição de categorias de consumos nos nós, com padrões específicos de variação no tempo;
  - Modelação de dispositivos com caudais dependentes da pressão verificada no nó (*p.ex.* aspersores de rega);
  - Introdução das condições de operação, por intermédio de controlos simples ou controlos com condições múltiplas;
  - Modelação do transporte de um constituinte não reativo através da rede, no decorrer do tempo (*p.ex.* um traçador);
  - Modelação do transporte, mistura e transformação de um constituinte reativo, no decorrer do seu decaimento (*p.ex.* cloro residual) ou crescimento (*p.ex.* subproduto de desinfeção) ao longo do tempo;
  - Modelação do tempo de percurso da água através da rede;
  - Determinação da percentagem de caudal, originário de um determinado nó, que alcança outro nó ao longo do tempo (*p.ex.* cálculo da importância relativa de duas origens distintas de água);
  - Modelação de reações de decaimento de cloro no seio do escoamento e nas paredes das tubagens;
  - Atribuição de padrões temporais de variação de concentração ou de entrada de massa em qualquer ponto da rede;
  - Modelação de reservatórios de armazenamento de nível variável como reatores de mistura completa, de escoamento em êmbolo ou de mistura de dois compartimentos;
- Outras aplicações computacionais:
  - InfoWater (*ArcGIS*);
  - H_2OMap Water (*Solutions Geospatial*);

- H_2Onet (*Solutions AutoCAD*);
- H_2OView Water e InfoView Water (solução web) (*MWHSoft*);
- MikeUrban (*DHI Software*);
- InfoWorks^{TM}WS (*Wallingford Software*);
- SynerGEE Water® (*Advantica/Stoner Software*);
- WaterGEMS, WaterCAD, HAMMER, SCADAConnect, DarwinCalibrator, Darwin Designer e Skelebrator (*Bentley / Haestad Methods*);
- OptiDesigner, OptiGA, OoptiUnits 1.0, FireFlow 2 (*OptiWater*);
- Wadiso SA (*GLS Software Consulting*);
- AQUIS Operation (*7-Technologies A/S*);
- InfraSIG (*ESRI Portugal*);
- Euraclito (*PROTEO S.p.A.*);
- Stanet (*Fischer-Uhrig Engineering*);

- Ferramentas e metodologias de avaliação do desempenho:
  - Avaliação de desempenho – constitui um dos pontos cruciais para uma abordagem de gestão patrimonial de infraestruturas (nas diferentes fases e níveis de planeamento), apresentando-se como principais objetivos os seguintes:
    - Medidas de desempenho – possibilitam que se explicite quais os objetivos e metas a atingir;
    - Avaliação do desempenho no momento e previsão do desempenho futuro dos sistemas – possibilita que se estabeleçam diagnósticos dos problemas existentes e que se antecipem outros;
    - Previsão do desempenho relacionado com medidas alternativas de intervenção, possibilitando a fundamentação da escolha de soluções a implementar;
    - Monitorização dos planos estratégicos, táticos e operacionais – recorrendo-se à avaliação real do desempenho e à sua comparação com as metas definidas, identificam-se os desvios e selecionam-se e implementam-se medidas de melhoria;
  - Sistema de avaliação de desempenho para apoio à gestão patrimonial de infraestruturas – O estabelecimento e implementação do sistema de avaliação de desempenho pode executar-se de acordo com uma metodologia que, nos seus princípios gerais, se aplica aos três níveis de planeamento, a qualquer das utilizações pretendidas e aos diversos tipos de medidas de desempenho (indicadores, índices e níveis). Metodologia representada esquematicamente na figura 21.
  - Indicadores de desempenho – a seleção de indicadores deve dar cumprimento a um conjunto de requisitos relativos a cada indicador e relativos ao conjunto de indicadores;
  - Índices para avaliação do desempenho técnico – podem complementar os indicadores de desempenho, introduzindo os níveis de desempenho técnico, permitindo a adoção de um procedimento normalizado para medir o desempenho presente ou passado e prever o futuro de um sistema ou das suas componentes, de acordo com os pontos de vista que se considerem relevantes e com condições de funcionamento e configurações distintas;
  - Aplicações computacionais disponíveis – diversos sistemas de avaliação de desempenho encontram.se associados a aplicações computacionais:
    - Sistema de indicadores de desempenho da IWA (programa SIGMALITE);
    - Sistema de indicadores do banco mundial (IBNET);
    - Sistema de indicadores de desempenho da ERSAR (portal da entidade);

        - Sistema de indicadores de desempenho do sistema CARE-S (aplicação PI-Tool/S);
- Ferramentas de apoio à avaliação de perdas de água:
    - Avaliação de perdas de água na gestão patrimonial de infraestruturas – a avaliação de perdas de águas refere-se como particularmente relevante no contexto da gestão patrimonial de infraestruturas de sistemas de abastecimento de água. Elencam-se motivos dessa preponderância:
        - Elevadas perdas reais (*p.ex.* fugas, extravasamentos) refletem-se numa deficiente condição física dos sistemas;
        - Elevadas perdas reais apresentam consequências na eficiência da utilização de recursos hídricos, na eficiência económica das organizações e na saúde pública, constatando-se que a redução de perdas constitui, frequentemente, uma das alavancas da reabilitação;
    - Balanço hídrico – principal forma de avaliar as perdas de água, consiste no cálculo dos seguintes volumes de água:
        - Água entrada no sistema;
        - Consumo autorizado (consumo autorizado faturado e consumo autorizado não faturado);
        - Perdas de água (perdas aparentes e perdas reais);
    - Análise de caudais noturnos – análise pormenorizada dos caudais durante o período de menor consumo, no decorrer do qual uma parte muito significativa do consumo se deve a perdas reais;
- Ferramentas e metodologias de análise e previsão de falhas em condutas:
    - Principais tipos de técnicas de análise e previsão de falhas – a elevada frequência de roturas (principal tipo de falha estrutural dos sistemas de abastecimento de água) refere-se como uma das principais razões que motiva a reabilitação dos sistemas pelas entidades gestoras. A análise de desempenho, de risco e de custo encontra-se significativamente dependente da forma como a frequência de falhas evoluí. A previsão de ocorrência de falhas nas componentes dos sistemas de uma infraestrutura representa um caminho crítico da reabilitação, amplamente estudado, com diversos desenvolvimentos tecnológicos e com muitas variantes, que integram diferentes grupos. A seleção de modelos de previsão de falhas deve atender à quantidade e qualidade dos dados de base, bem como às condições de aplicabilidade, limitações e pressupostos de base dos modelos, domínio da técnica pelo utilizador e acesso a ferramentas de cálculo. Salienta-se que o uso de métodos mais sofisticados nem sempre se traduz em resultados mais fiáveis, recomendando-se a adoção de modelos com fundamentos conhecidos, na sua essência, pelo utilizador, encontrando-se este consciente das potencialidades e das limitações dos métodos. Explicitam-se quatro grupos de modelos:
        - Modelos baseados em análises de Markov – observam uma sequência de eventos e analisam a tendência de um evento ser seguido por outro. Refere-se a sua utilidade na análise de eventos aleatórios interdependentes. Permite que se giram novas sequências de eventos aleatórios interrelacionados;
        - Modelos baseados em regressões de Poisson – assumem que a distribuição de *Poisson* descreve, de forma adequada, o comportamento estatístico das falhas. Determinan o valor médio de falhas por grupos de componentes;

        - Modelos baseados em análise de sobrevivência (*survival data analysis*) – preveem a probabilidade de falha em sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, destacando-se o modelo PHM (*Proportional Hazards Model*), utilizado para prever falhas em condutas e coletores. Este modelo analisa o tempo decorrido entre falhas ou o fim do período de observação. O modelo PHM integrado no CARE-W utiliza simulações do método de Monte Carlo para determinar o número de falhas previsível, após determinação das funções de Weibull, baseada no número de falhas anteriores (Eisenbeis *et al.*, 2002);
        - Modelos baseados em redes neuronais – técnicas de inteligência artificial, associadas ou não a algoritmos genéticos, referidas como soluções com potencial. Identificam-se como sistemas computacionais estruturados, numa aproximação à computação baseada em ligações;
- Ferramentas e metodologias de análise de custos:
    - Análise de custos – numa abordagem de gestão patrimonial de infraestruturas, a análise de custos apresenta como objetivos:
        - Conhecimento do valor atual da infraestrutura e das suas componentes;
        - Avaliação dos custos globais correspondentes a diferentes alternativas de intervenção (relacionadas com a reabilitação ou com outras intervenções);
- Ferramentas integradas de apoio à reabilitação:
    - Sistema CARE-W (*Computer Aided Rehabilitation of Sewer Networks*) – constituído por uma abordagem publicada em Sargrov *et al.* (2005) e pelo protótipo de uma aplicação informática (*CARE-W Prototype*), este sistema integra diferentes ferramentas de avaliação, análise e planeamento. A abordagem CARE-W incorpora as atividades:
        - Avaliação do desempenho da rede, baseada no cálculo de indicadores de desempenho;
        - Análise do histórico de falhas na rede e previsão do número de ocorrências futuras, em cada tipo de conduta;
        - Avaliação da importância relativa de cada conduta, no que diz respeito à fiabilidade hidráulica da rede;
        - Planeamento, a longo prazo, de intervenções de reabilitação e comparação do impacto de alternativas distintas;
        - Planeamento, a curto prazo, das intervenções, permitindo a identificação de prioridades de intervenção conduta a conduta.

2.5.7.5. Técnicas de Reabilitação

As técnicas de reabilitação das principais componentes dos sistemas de abastecimento de água referem-se a intervenções em condutas e em reservatórios. Sistematizam-se as diversos procedimentos e técnicas de reabilitação, associadas a condutas (tabela 2.8) e reservatórios (Alegre e Covas, 2010):

- Faseamento de intervenções de reabilitação em condutas de adução e de distribuição:
    - Execução do projeto:
        - Inspeção prévia;
        - Elaboração do projeto de execução;
    - Trabalhos preparatórios:
        - Preparação do local da obra (*p.ex.* delimitação do local da obra, desvio de tráfego);

        - Inspeção com CCTV (*Closed circuit television*) (se necessário);
        - Execução de ramais provisórios;
        - Suspensão do abastecimento;
        - Remoção de órgãos e acessórios (se necessário);
        - Limpeza e polimento (se intervenção de renovação);
    - Aplicação da técnica:
        - Abertura de poços de acesso à conduta (se intervenção de renovação ou de substituição sem vala aberta);
        - Abertura de vala (se intervenção de substituição com vala aberta);
        - Controlo da receção dos materiais em obra (*p.ex.* espessura das condutas);
        - Execução da intervenção;
        - Controlo da qualidade da execução da intervenção (*p.ex.* soldadura);
        - Substituição de ramais (se necessário);
    - Acabamento e controlo:
        - Ligação de ramais;
        - Inspeção com CCTV (se necessário);
        - Instalação de órgãos e acessórios;
        - Ensaio de estanquidade;
        - Limpeza e desinfeção;
        - Reposição de abastecimento;
        - Reposição das condições no local da obra;
- Ações de limpeza – integra o conjunto de técnicas que possibilitam remover materiais soltos, depósitos ou incrustações, no interior de condutas ou reservatórios. Refere-se que as ações de limpeza podem incluir a aplicação de jato de água, a raspagem e a limpeza com ar e com jato de pressão, podendo constituir uma operação corrente (operação e manutenção) ou enquadrar-se no âmbito da reabilitação. Indicam-se duas fases das ações de limpeza, quando integradas na reabilitação:
    - Fase de trabalhos preparatórios – Carateriza-se pela preparação das condutas para a aplicação das técnicas de reabilitação selecionadas. Aplica-se em todas as intervenções de renovação que não incluam intervenções de substituição nas quais a conduta é removida ou destruída. Distinguem-se os processos:
        - Descarga da conduta (*flushing*) – efetua-se através da abertura de hidrantes. A limpeza ocorre por arrastamento de partículas, com o escoamento a velocidade elevada;
        - Jatos de ar comprimido no seio do escoamento (*air scouring*) – efetuado, regra geral, entre dois hidrantes, injetando-se ar num deles e fazendo-se a descarga no outro. A limpeza ocorre através da turbulência da mistura ar-água que arranca e arrasta os sedimentos e algumas incrustações da parede da conduta;
        - Jatos de água a alta pressão (*high pressure power jetting*) – aplica-se a condutas de qualquer dimensão;
        - Tampões raspadores de borracha revestidos com materiais abrasivos (*abrasive pigging*) – acionam-se por guinchos mecânicos ou por ação da água a montante. Aplica-se a condutas com diâmetros compreendidos entre 75 e 1025mm;
        - Raspadores de aço com pás metálicas e rolos de borracha (*drag scraping*) – acionam-se por guinchos mecânicos. Aplica-se a condutas com diâmetros compreendidos entre 75 e 300mm;

- Raspadores do tipo escovas rotativas com lâminas de aço (*pressure scraping*) – Movem-se por ação do escoamento. Aplica-se a condutas com diâmetros superiores ou iguais a 300mm;
- Polimento da superfície interna – efetua-se, comummente, após a realização de limpezas, através de escovas mais finas, adequadas para o polimento (*polishing brushes*) ou lixas de polimento (*scraping sheet*);

  - Fase de acabamento final – Carateriza-se pela preparação das condutas para a ligação do abastecimento ao consumidor, integrando a conduta reabilitada. Aplica-se independentemente da técnica de reabilitação utilizada. Regra geral, implementam-se processos menos agressivos, como a descarga da conduta durante um período de tempo até que se verifique a saída de água totalmente limpa (*p.ex.* descarga efetuada através de marcos de incêndio);

- Técnicas de renovação não estrutural de condutas – reparação pontual de anomalias localizadas (*p.ex.* reparação de juntas ou trechos curtos de condutas) ou do revestimento interior da conduta existente. Salienta-se que não conferem nem integridade nem resistência estrutural às condutas. Aplicam-se para reparar pequenas fugas, controlar a corrosão interna da conduta e resolver problemas relacionados com a qualidade da água. Distinguem-se as técnicas:
  - Reparação generalizada de juntas ou de fissuras em condutas – Carateriza-se pela selagem de juntas ou de fissuras. Em sistemas de abastecimento de água resumem-se, frequentemente, à reparação (pontual) da superfície interna de juntas defeituosas de condutas (*internal joint seals*) ou de casos pontuais de fissuras (*internal pipe sealing*), conferindo-lhes estanquidade. Distinguem-se dois métodos de aplicação desta técnica:
    - Selagem com juntas de borracha sintética pré fabricadas – preenchimento de vazios através da injeção de argamassa de cimento ou de material flexível, aplicando-se posteriormente uma borracha sintética EPDM (terpolímero composto por três unidades de monómeros: etileno, propileno e dieno), de forma cilíndrica, de forma manual (condutas visitáveis) ou através de robot (condutas não visitáveis);
    - Selagem *in situ* com resinas *epoxi* e fibras de vidro ou carbono – enchimento da junta ou fissura com poliestireno (esponja de enchimento), após a limpeza da superfície a reparar, aplicando-se posteriormente uma camada de mástique flexível de selagem, regularizando a superfície. Após os procedimentos indicados, executa-se uma pintura das juntas com uma resina *epoxi*, garantindo a aderência, e aplica-se um tecido com base em fibra de vidro ou de carbono. A última etapa refere-se à pintura com várias demãos de resinas *epoxi* de enchimento e de acabamento. O procedimento pode apresentar uma duração até 2 ou 3 dias (cura dos materiais), interrompendo-se o abastecimento de água no decorrer desse período;
  - Revestimento interior – carateriza-se pela colocação de uma argamassa ou resina na superfície interna da parede de uma conduta. O revestimento pode aplicar-se através de meios mecânicos (*p.ex.* guincho, robot) ou manualmente, de acordo com o diâmetro e a extensão da conduta a reabilitar. Identificam-se dois tipos de revestimento interior, de acordo com o material utilizado (Selvakumar *et al.*, 2002, prEN 15885:2008):
    - Revestimento com argamassa de cimento (*cement mortar spray-lining*) – utiliza-se, vulgarmente, em condutas metálicas com um grau de corrosão interna elevado. Refere-se que confere à conduta uma proteção ativa (desenvolvimento de um ambiente altamente alcalino no seio da argamassa,

com um efeito inibidor no processo de oxidação do ferro) e passiva (isolamento físico da parede metálica da conduta, impedindo a progressão da corrosão);
        - Revestimento com resina *epoxi* (*epoxi spray-lining*) – identifica-se como uma alternativa competitiva do ponto de vista económico, para condutas de pequeno diâmetro (até 300mm). Refere-se que podem utilizar-se resinas clássicas (*p.ex.* ELC 173/90) e/ou resinas com elevada resistência e durabilidade (*p.ex.* ELC 257/91);
- Técnicas de renovação estrutural de condutas – inserção de uma nova conduta (resistente e estanque) no interior da conduta a reabilitar, integrando a conduta existente, sem recurso à abertura de vala. Refere-se que os processos de entubamento representam os únicos métodos de renovação estrutural que atribuem integridade e resistência estrutural (total ou parcial) à conduta existente. Distinguem-se as principais técnicas de entubamento em condutas de abastecimento:
    - Entubamento com tubagem contínua (*lining with continuous pipe*) – carateriza-se pela inserção de uma tubagem flexível contínua (*p.ex.* tubos soldados entre si *in situ*, tubagem em rolo) no interior de uma conduta existente. Vulgarmente efetua-se com uma tubagem de menor diâmetro. Envolve a abertura de dois pontos de acesso (poços) nas extremidades da conduta a reabilitar, normalmente em zonas específicas (*p.ex.* mudanças de direção, acessórios). No decorrer da aplicação desta técnica, o trecho a reabilitar encontra-se fora de serviço, desimpedido de órgãos e acessórios (*p.ex.* tês, curvas, válvulas);
    - Entubamento com trechos de tubagem (*lining with discrete pipe*) – carateriza-se pela inserção de trechos de tubagem de comprimento inferior ao da conduta a reabilitar (unidos após o processo de inserção). O diâmetro dos trechos inseridos verifica-se menor do que a tubagem preexistente. Distinguem-se os métodos de inserção:
        - Inserção por compressão;
        - Inserção por tração;
        - Colocação direta na posição final;
    - Entubamento com tubagem ajustada (*lining with close-fit pipe*) – carateriza-se pela inserção de uma tubagem contínua de secção transversal previamente reduzida, no sentido de facilitar a instalação no interior da conduta preexistente. Após a instalação, o processo de redução reverte-se, garantindo-se um ajustamento à parede da conduta existente (sem espaço entre as duas). De acordo com o tipo de deformação e reversão, distinguem-se os métodos:
        - Entubamento com tubagem dobrada (*fold and form*);
        - Entubamento com tubagem deformada (*rolldown, drawdown, swagelining* ou *deformed/reformed*);
    - Entubamento com tubagem curada *in situ* (*lining with cured-in-place pipe*) – carateriza-se pela inserção de uma tubagem flexíel (manga) embebida com uma resina termorrígida (reforçada ou não com fibra de vidro), que endurece e forma a nova tubagem, decorrido o processo de cura (ISO 11295:2008, prEN 15885:2008). De acordo com o processo de inserção na conduta existente, distinguem-se as técnicas:
        - Inserção por reversão (*inverted-in-place*) – introdução do tubo/manga através de pressurização interior com ar ou água;
        - Inserção por guincho (*winched-in-place*) – introdução do tubo/manga recorrendo a um guincho e cabo, que o arrastam ao longo do troço de conduta existente a reabilitar;

  - Entubamento com manga adesiva por reversão (*lining with adhesive-backed hose*) – carateriza-se pela inserção de uma manga resistente com uma camada adesiva que adere à parede da conduta existente. Esta técnica confere apenas resistência semiestrutural (ISO 11295:2008). A sua aplicação necessita de pontos de acesso à conduta por intermédio de caixas de válvulas ou de poços executados para o efeito;
- Técnicas de substituição de condutas com abertura de vala – construção de uma nova componente do sistema, integrando a função da componente preexistente (desativada), mantendo-se ou não a localização, com recurso à abertura de vala. Referem-se dois métodos de abertura de vala (Selvakumar *et al.*, 2002, Stein, 2001):
  - Métodos convencionais de substituição com abertura de vala (*conventional open trench method*) – carateriza-se pela escavação do terreno longitudinalmente, ao longo da conduta a reabilitar, desde a cota do solo até à cota de soleira da conduta a intervencionar;
  - Métodos não convencionais de substituição com abertura de vala reduzida (*narrow trench and mole ploughing*) – carateriza-se pela escavação de uma vala estreita, alinhada com o eixo da conduta pré-existente, por intermédio da qual esta se remove gradualmente, empurrando-se a nova tubagem através de uma galeria de acesso, onde se localiza o equipamento de introdução;
- Técnicas de substituição de condutas sem abertura de vala – inserção de uma nova conduta ao longo (ou na proximidade) de uma conduta preexistente, sem recurso à escavação em todo o seu desenvolvimento. Executam-se apenas poços de acesso. Este tipo de técnicas utiliza dispositivos que aplicam forças (contínuas ou intermitentes) ao solo ou às condutas existentes, a partir de um poço de entrada até um poço/ponto de saída. A conduta e/ou o solo deslocam-se ou removem-se na frente de perfuração (NP EN 12889:2008). Refere-se que estas técnicas se aplicam com a mínima perturbação da área de intervenção e com um decréscimo significativo dos custos sociais e ambientais associados à abertura de vala (*p.ex.* congestionamento de trânsito, impacto visual de obras em locais turísticos, prejuízos a comerciantes em locais com obras). Distinguem-se dois tipos de técnicas:
  - Técnicas dirigíveis – caraterizam-se por disporem de dispositivos de controlo (*p.ex.* sistemas de laser), que asseguram um alinhamento exato da conduta, evitando danos em infraestruturas enterradas adjacentes. Referem-se diferentes tipos de técnicas dirigíveis:
    - Construção de microtúnel ou microgaleria (*pipe eating* ou *modified microtunneling*) – destruição da conduta preexistente, remoção dos seus fragmentos por escavação e inserção de uma nova conduta através de equipamento controlado remotamente e orientado por sistema laser. Distinguem-se dois métodos de aplicação desta técnica, designadamente a construção de microgaleria sem cravação de tubo piloto (*micotunelling*) e construção de microgaleria com cravação prévia de tubo piloto (*pipe jacking with pipe bore*);
    - Perfuração dirigida (*directional drilling*) – método dirigível para a instalação de tubagens, com dispositivos de controlo que asseguram um alinhamento exato da conduta, utilizando equipamento de perfuração. A aplicação em substituição de condutas designa-se por *pipe reaming*;
  - Técnicas não dirigíveis – caraterizam-se pela sua aplicabilidade em situações em que a instalação da tubagem não requer uma elevada exatidão de alinhamento. Referem-se dois tipos de técnicas não dirigíveis:

- Rebentamento da conduta existente (*pipe bursting*) – destruição por rebentamento da conduta existente e, em simultâneo, inserção de uma nova tubagem de diâmetro igual ou superior (Simicevic e Sterling, 2001, NRC, 2003, Heijn e Larsen, 2004, Grilo, 2007, NP EN 12889:2008) Refere-se diferentes métodos de rebentamento da conduta existente, designadamente método pneumático ou de percussão, método hidráulico de expansão e método estático de tração;
- Esmagamento da conduta existente (*pipe implosion* ou *pipe crushing*) – destruição da conduta (do exterior para o interior), afastando-se os fragmentos para fora do perímetro de inserção (sem os remover) e inserindo-se a nova tubagem;
- Corte longitudinal da conduta existente (*pipe splitting*) – destruição da conduta preexistente por corte longitudinal, inserindo-se a nova tubagem (Simicevic e Sterling, 2001). Identifica-se como uma técnica muito utilizada em materiais de rotura dúctil (*p.ex.* ferro fundido, aço), onde a a destruição por rebentamento ou por esmagamento se revela difícil;
- Extração da conduta existente (*pipe ejection*, *pipe extraction* ou *pipe pulling*) – remoção por tração ou por impulso da tubagem existente (sem destruição), inserindo-se, posteriormente, a nova conduta (Simicevic e Sterling, 2001, NP EN 12889:2008). Refere-se a existência de dois métodos de aplicação desta técnica, designadamente o método sem cravação prévia de tubo piloto (*pipe ejection*, *pipe extraction* ou *pipe pulling*) e o método com cravação prévia de tubo piloto (*pipe ejection with pilot pipe*);
- Outras técnicas não dirigíveis – sistema de impacto (*impact moling*), percussão em tubo fechado numa extremidade (*pipe ramming with a pipe closed at its leading edge*), impulso com barra munida de expansor (*rod pushing with expander*), percussão ou impulso com tubo aberto (*pipe ramming/pushing with an open ended pipe*), perfuração com trado (*auger boring*), perfuração com martelo (*hammer drilling*), perfuração com barra munida de mandril (*rod pushing with a reamer*);

- Técnicas de reabilitação de reservatórios – as intervenções em reservatórios de distribuição de sistemas de abastecimento de água podem classificar-se em intervenções de manutenção, de renovação, de substituição e de reparação. As ações de reabilitação referem-se a ações de renovação e substituição. Sistematiza-se, seguidamente, a classificação das intervenções em reservatórios, bem como diversas técnicas de revestimento:
  - Classificação das intervenções em reservatórios:
    - Manutenção (*maintenance*) – não se refere a operações de reabilitação e inclui operações de limpeza e desinfeção, operações de inspeção e ensaios de estanquidade;
    - Renovação (*renovation*) – refere-se a operações de reabilitação e incorpora a pintura interior e exterior, o tratamento com tintas *epoxi*, o revestimento e a impermeabilização interior e exterior (*coating*), a construção de novos circuitos hidráulicos, a construção de componentes novas de construção civil (*p.ex.* septos), alterações na fundação, na camada de assentamento da soleira, nas lajes de fundo e de cobertura, ou na estrutura, a subtiruição de equipamentos

acessórios do reservatório (*p.ex.* escadas, sistema de ventilação, sistema de descarga) e o reforço da soldadura de equipamento de aço;
- Substituição (*replacement*) – refere-se a operações de reabilitação como desativação e substituição;
- Expansão (*expansion*) – não se refere a operações de reabilitação e integra operações como a construção de novas células e respetivos circuitos hidráulicos;

o Soluções de revestimento – identifica-se como um dos principais problemas associados aos reservatórios de distribuição em betão armado o risco relacionado com a oxidação das armaduras de aço. A generalidade das intervenções encontra-se relacionada com a necessidade de proteção do betão com materiais que impeçam a oxidação de armaduras (isolamento físico da parede de betão ou proteção química por promoção de um ambiente alcalino inibidor da oxidação do ferro). Distinguem-se três tipos de revestimento:
- Argamassas cimentícias de elevada compacidade;
- Resinas *epoxi*;
- Poliuretano ou poliureia.

Tabela 2.8 – Síntese de caraterísticas de técnicas de reabilitação de condutas (Alegre e Covas, 2010)

Técnica de Reabilitação	**Resistência não estrutural**	**Resistência semiestrutural**	**Resistência estrutural**	**Capacidade hidráulica**	**Gama de diâmetros típica (mm)**	**Extensão máxima**	**Execução de curvas**	**Área necessária**	**Custo (€/cm de diâmetro /m de comprimento)**	**Custo qualitativo**
Técnicas de Renovação										
Reparação pontual de juntas	X			→	250 - 6000	200	-	+		€
Revestimento interior										
A: instalação por meios mecânicos					200 - 1600	100				
B: instalação manual					≥ 1600	s/lim.	s/lim.	+		
- Argamassa de cimento	X			↑					3-8[3]	€
- Resina *epoxi*	X			↑					23-38[3]	€€
Entubamento com tubagem contínua			X	↓	100-2000	300	difícil	+/++	10-15[3]	€€
Entubamento com trechos de tubagem										
- Compressão ou tração			X	↓	100-600	150	difícil	+		€€
- Método combinado			X	↓	600-4000	150				
Entubamento com tubagem ajustada						500	até 45º		10-15[3]	€€

- Tubagem dobrada		X	X	↑	100-500			+		
- Tubagem deformada		X	X	↑	200-1500			++		
Entubamento com tubagem curada *in situ*									15-35[3]	
A: inserção por inversão					100-2800	600				
B: inserção com guincho				↑	100-2800	150	até 90º	+		
- Manga termorrígida		X	X							€€€
- Manga têxtil com elastómero		X	X							€€€
- Membrana de elastómero	X									€€
Entubamento com manga adesiva por reversão		X		↑	50-1500	150	até 90º	+		€€
Técnicas de Substituição										
Execução com vala aberta			X	↑↑	s/lim.	s/lim.	s/lim.	+++		€€
Rebentamento da conduta			X	↑↑	50-1200 [1][2]	150[1] 400[2]	difícil	++	18-23[3]	€€€
Esmagamento da conduta			X	↑↑	-	-	difícil	++	18-23[3]	€€€
Corte longitudinal da conduta			X	↑↑	-	-	difícil	++		€€€
Extração da conduta			X	↑↑	-	-	difícil	++		€€€
Construção de microtúnel			X	↑↑	300-3000[1] 200-2500[4]	200[1]	difícil	++	40-60[3]	€€€
Perfuração dirigida			X	↑↑	100-1200[1]	500[1]	difícil	++	25-63[3]	€€€

Legenda: ↑↑ aumento significativo; ↑ aumento mediano; → mantém; ↓ diminuição significativa.

+ área mínima; ++ área média; +++ área elevada; € custo reduzido; €€ custo médio; €€€ custo elevado

[1]NRC (2003); [2]Simicevic e Sterling (2001); [3]Selvakumar *et al.* (2002); [4]Orchard (2006)

2.5.8. Sistemas de Drenagem de Águas Residuais

2.5.8.1. Abordagem Geral

Os sistemas de drenagem de águas residuais e pluviais prestam um serviço crucial para a saúde e bem-estar das populações e para a preservação do ambiente, permitindo os consequentes benefícios sociais e económicos. As infraestruturas que suportam o serviço prestado representam uma importante parcela do património construído, associada a elevados investimentos realizados no passado e a levar a cabo no futuro, que se deve proteger e manter (Almeida e Cardoso, 2010).

A Norma NP ISO 24511:2012, referente às atividades relativas aos serviços de abastecimento público de água e de gestão de águas residuais (recomendações para a gestão das organizações e para a avaliação do desempenho do serviço de gestão de águas residuais), refere as seguintes componentes de gestão das organizações do serviço de gestão de águas residuais:

- Gestão de atividades e processos:
  - Estabelecimento de políticas;
  - Desenvolvimento de procedimentos;
  - Formulação de estratégias;
  - Cumprimento de requisitos regulatórios;
  - Coordenação interna e externa;
  - Operações/controlos/reengenharia dos processos;
- Gestão de recursos:
  - Pessoal (recursos humanos);
  - Materiais e equipamentos (ativos não fixos, *p.ex.* peças sobresselentes, veículos, reagentes);
  - Recursos financeiros (proveitos e despesas);
  - Recursos naturais (*p.ex.* terrenos);
- Gestão patrimonial de infraestruturas:
  - Manutenção de inventários atualizados dos ativos;
  - Monitorização e registo de dados;
  - Avaliação do estado de conservação do sistema;
  - Planeamento, manutenção ou reabilitação do sistema;
  - Otimização de amortizações e reinvestimentos;
  - Identificação e gestão dos riscos;
- Gestão da relação com clientes:
  - Identificação de necessidades e expectativas dos utilizadores;
  - Empenhamento na satisfação de necessidades e expectativas dos utilizadores;
  - Registo e tratamento de reclamações;
  - Contabilidade e faturação;
  - Comunicação, educação e difusão de informação;
- Gestão de informação:
  - Gestão dos dados;
  - Aquisição;
  - Avaliação;
  - Registo;
  - Atualização dos dados;
  - Difusão dos dados;
- Gestão ambiental:
  - Estratégia de longo prazo para a proteção ambiental;

  - Consideração do desenvolvimento populacional e urbanístico, da proteção da saúde pública e da mitigação dos riscos de inundação;
- Gestão do risco:
  - Abordagens proativas para assegurar a continuidade do serviço em situações de emergência (*p.ex.* falhas tecnológicas, desastres naturais);
  - Medidas proativas que integrem a prevenção ou resposta a atos criminosos de vandalismo ou terrorismo.

A expansão das redes de drenagem traduz o desenvolvimento no que se refere a materiais, componentes, técnicas e qualidade de construção, apresentando elevada heterogeneidade. Geralmente, quanto mais distante se encontrar a data de início de construção dos sistemas de drenagem, maior será a heterogeneidade relativamente a (Almeida e Cardoso, 2010):

- Tipos de secção transversal e dimensões;
- Materiais;
- Tipos de juntas;
- Métodos de dimensionamento;
- Técnicas de construção.

2.5.8.2. Causas de Degradação do Desempenho dos Sistemas

A degradação do desempenho de componentes dos sistemas de drenagem de águas residuais pode ocorrer devido a diferentes tipos de causas. Identificam-se os principais (Almeida e Cardoso, 2010):

- Causas internas – associadas ao funcionamento em condições normais de utilização, incluindo o desgaste natural dos materiais, resultado de condições de escoamento e/ou agressividade da atmosfera interior da componente, ou à estrada de material sólido e ocorrência de condições de escoamento propícias. Sistematizam-se algumas ideias relativas às causas internas:
  - Condições de escoamento – desgaste físico, químico ou biológico associado às condições de escoamento e ao tipo de afluências, decorrentes da utilização contínua da infraestrutura;
  - Agressividade da atmosfera no interior da componente – degradação da infraestrutura associada à atmosfera dos sistemas de coletores. A principal causa associa-se ao ataque dos materiais, acima da superfície líquida, por ácido sulfúrico (H_2SO_4);
  - Acumulação de material sólido – obstrução ou criação de obstáculos associados à entrada de material sólido de diferentes tipos, dimensões e formas;
- Causas externas – associadas a fatores externos à infraestrutura. As causas externas mais comuns, potencialmente significativas para a degradação do desempenho, podem classificar-se em:
  - Sobrecargas (estáticas ou dinâmicas) – problemáticas devido às caraterísticas resistentes da estrutura (*p.ex.* aterro, edificações, rodovias, ferrovias, tráfego rodoviário, trafego ferroviário), particularmente quando excêntricas;
  - Escavações na proximidade da estrutura do coletor (*p.ex.* construção de edificações, colocação ou reparação de outras infraestruturas, sondagens);
  - Ocorrência de sismos e subsidência do solo – identificam-se como principais causas dos danos, associados a sismos, os movimentos transientes dos solos decorrentes da propagação de ondas sísmicas, os deslizamentos de terras e a flutuação da infraestrutura

originada pela liquefação do solo (Torres-Vera e Canas, 2003, Datta, 1999, Trifunac e Todorovska, 1997);
    - Movimento de água no solo – refere-se que poderá causar o arrastamento de material fino do solo, podendo originar vazios, potenciadores de deslocamentos das componentes da infraestrutura;
    - Agressividade do solo ou da água intersticial – afere-se através de caraterísticas que integram pH, sulfatos, amónia, magnésio, resistividade, dióxido de carbono agressivo, correntes vagabundas);
    - Intrusão de raízes – indica-se que apresenta maior probabilidade de ocorrência em componentes instaladas a menores profundidades, mais próximas de árvores e arbustos, em áreas permeáveis, ou que possuam pior condição estrutural;
    - Ocorrência de fenómenos hidrológicos excecionais (*p.ex.* arrastamento de componentes devido a cheias, inundações de estações elevatórias, deslizamentos de taludes);
    - Danos por terceiras entidades (*p.ex.* danos ocorridos durante a execução de obras em estruturas e infraestruturas)
- Incorreções de conceção e projeto – associadas a opções ou erros de projeto, que resultam em deficiências que podem ter um impacto significativo no desempenho global do sistema ou de determinadas componentes. Salientam-se os seguintes aspetos:
    - Conceção e dimensionamento sem considerar o funcionamento global dos sistemas, incluindo instalações de tratamento e meios recetores – refere-se como uma prática consideravelmente generalizada;
    - Estimativas de caudais afluentes sem considerar a informação e o conhecimento da exploração (*p.ex.* utilização de caudais reais ocorridos nos sistemas, não consideração das ocorrências comuns de caudais indevidos);
    - Implantação dos sistemas sem considerar a topografia (pode potenciar-se o escoamento superficial em canais ou depressões), a rede de drenagem natural (pode utilizar-se para a redução da extensão da rede de coletores pluviais e das afluências a sistemas unitários) e a hidrogeologia (a instalação de coletores abaixo do nível freático potencia a ocorrência de infiltrações);
    - Opções que não incorporam soluções direcionadas para a renaturalização do ciclo urbano da água (*p.ex.* soluções de controlo na origem) e para o incremento da sustentabilidade ambiental do sistema globalmente (*p.ex.* separação das águas residuais na origem, com o intuito de aplicar soluções técnicas adequadas);
    - Consideração limitada dos aspetos associados à qualidade da água (*p.ex.* potenciar as condições aeróbias nos coletores) e à segurança (*p.ex.* adotar soluções técnicas e materiais compatíveis com a redução dos perigos das atividades de operação e manutenção dos sistemas);
    - Aplicação reduzida de sistemas de controlo adequados, que possibilitem a flexibilização da exploração dos sistemas e a melhoria global do desempenho;
    - Falta de consideração de dispositivos de pré-tratamento na ligação de instalações específica (*p.ex.* separadores de gorduras e óleos em unidades de restauração, separadores de hidrocarbonetos em estações de serviço e em grandes superfícies pavimentadas, como parques de estacionamento e aeroportos, pré-tratamento em unidades industriais);
- Práticas de construção inadequadas – associadas a erros de execução de várias fases da obra, podendo manifestar-se a curto prazo (*p.ex.* deformações em tubagens de material plástico por má compactação das camadas de enchimento das valas) ou a médio/longo prazo (*p.ex.* falta de

proteção anticorrosão em ambientes agressivos). As práticas de construção inadequadas podem encontrar-se associadas a diferentes etapas do processo de construção, designadamente:

- Insuficiente consideração das condições locais (*p.ex.* condições geotécnicas);
- Incumprimento das especificações de projeto em obra;
- Inexistência de controlo de qualidade dos materiais, de equipamentos e de execução da obra;
- Desadequação dos procedimentos de receção, de manuseamento, de armazenamento e de instalação de materiais e equipamentos (*p.ex.* ocorrência de danos no transporte e na montagem das tubagens, longa exposição das tubagens plásticas a radiação solar);
- Inadequada execução do assentamento de tubagens (*p.ex.* má colocação ou execução de juntas) e da compactação das camadas de enchimento das valas, considerando os materiais utilizados e as condições locais;
- Escassa exatidão no alinhamento e assentamento das tubagens (*p.ex.* troços instalados com inclinações indevidas);
- Deficiente execução de ligações de ramais ou de coletores, a coletores existentes (*p.ex.* ligação indevida de pluviais a sistemas separativos domésticos ou de domésticos a pluviais, ramais salientes nos coletores, falta de estanqueidade das ligações);
- Deficiente execução de câmaras de visita (*p.ex.* tampas não niveladas com o pavimento, coberturas não estanques, juntas deficientes);
- Ausência de inspeção visual para verificação da condição estrutural, antes da entrada em serviço;
- Ausência de limpeza, prévia à entrada de funcionamento, de resíduos de construção;

- Insuficiências de manutenção e operação – associadas a erros nas ações de operação (*p.ex.* inspeção periódica dos sistemas para levantamento de anomalias e necessidades de atuação em coletores, câmaras de visita, estações elevatórias, descarregadores e estruturas de retenção, dispositivos de entrada, separadores, entre outros; operação de estações elevatórias, de comportas, de válvulas e de outros reguladores; atuação em caso de contingência) e de manutenção (*p.ex.* limpeza preventiva dos coletores; limpeza reativa dos coletores; conservação do equipamento eletromecânico; execução de ações pontuais para correção de ligeira degradação das componentes, mantendo o normal funcionamento do sistema). Destaca-se que as principais insuficiências de operação e manutenção resultam de:
  - Inadequação, inexistência ou incumprimento de planos de operação e/ou de manutenção;
  - Inadequação, inexistência ou incumprimento de procedimentos escritos para as diferentes tarefas específicas;
  - Inexistência de procedimentos de registo para as diferentes atividades, com recurso a relatórios-padrão, assim como de incorporação de informação relevante dos sistemas de informação;
  - Falhas de formação, de base e de especialização, e de atualização de conhecimentos dos recursos humanos, afetos a diferentes atividades de operação e manutenção;
  - Inadequação das estratégias de operação de reguladores (*p.ex.* níveis de atuação mal definidos);
  - Insuficiente manutenção de válvulas e de outros reguladores, que deve executar-se de forma regular, devido à sua suscetibilidade à degradação dos materiais constituintes e à acumulação de materiais que causam perturbações ao funcionamento normal (*p.ex.*

falha de válvulas de maré por acumulação de resíduos que impedem o seu fecho completo);
    - Insuficiente monitorização dos locais críticos dos sistemas (*p.ex.* inexistência de manutenção nos coletores e nos descarregadores);
    - Incorreta seleção ou utilização de técnicas de manutenção (*p.ex.* determinados métodos de limpeza dos coletores, se provocarem a destruição de camadas de proteção, podem potenciar o desgaste do material e a ocorrência de corrosão);
- Outras causas – associadas a outros fatores que podem causar a degradação dos sistemas, incluindo a obsolescência de equipamento, relacionando-se com questões de eficiência ou flexibilidade operacionais ou de manutenção, designadamente:
    - Indisponibilidade de peças no mercado;
    - Reduzido rendimento energético;
    - Insuficiência de modos de operação dos equipamentos, face às necessidades.

A taxa de erosão depende de diversos fatores, designadamente (Stein, 2001):

- Material dos coletores;
- Diâmetro dos coletores;
- Densidades e composições dos fluídos (conteúdo em sólidos);
- Tipologias, dimensões e formas dos materiais transportados/arrastados;
- Agressividade química dos fluídos;
- Velocidade dos escoamentos;
- Ângulos de contacto entre os fluídos e a superfície;
- Regimes dos escoamentos (laminares ou turbulentos).

Stein (2001) salienta que, no que se refere ao valor absoluto de redução da espessura, os materiais que apresentam maior resistência média serão o PVC, o ferro fundido com revestimento cimentício e o grés, e aquele que apresenta menor resistência será o fibrocimento. Relativamente à corrosão, o mesmo autor sistematiza os seguintes pontos:

- Principais fatores de que depende a corrosão:
    - Agressividade do meio (tipo e concentração);
    - Disponibilidade e suscetibilidade do material;
    - Temperatura;
- Materiais particularmente suscetíveis à corrosão:
    - Materiais cimentícios (*p.ex.* betão, fibrocimento),
    - Materiais metálicos (*p.ex.* aço, ferro fundido).

Almeida e Cardoso (2010) referem que, no caso de não existir capacidade de autolimpeza dos coletores, existe a possibilidade de se verificarem zonas com acumulação de sedimentos. A acumulação de material sólido nos sistemas de drenagem de águas residuais e pluviais pode revelar-se através de diversas vertentes, nomeadamente (Almeida e Cardoso, 2010):

- Desempenho hidráulico – redução da capacidade de escoamento;
- Desempenho ambiental – acumulação de poluentes nos sedimentos;
- Desempenho estrutural – eventual contributo para a concentração de sulfuretos;
- Impactos socioeconómicos – potencial aumento da formação de gases (*p.ex.* gás sulfídrico, metano), incrementando o risco de ocorrência de odores e o risco associado à operação e manutenção, tendo implicações nos custos associados.

2.5.8.3. Consequências da Degradação do Desempenho dos Sistemas

As consequências da degradação do desempenho dos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas e pluviais podem avaliar-se de acordo com distintos pontos de vista ou dimensões, ou através dos aspetos técnicos e económico-financeiros utilizados tradicionalmente. Distinguem-se as diferentes dimensões, que se apresentam seguidamente (Almeida e Cardoso, 2010):

- Dimensão técnica – consequências associadas ao funcionamento dos sistemas, que podem ser de diferentes naturezas:
    - Hidráulica – falta de capacidade de transporte do sistema ou suas componentes, condicionamento do escoamento, velocidade de escoamento diferente da recomendada, aumento da rugosidade dos materiais;
    - Estrutural – redução da capacidade resistente das diversas componentes (falha parcial ou colapso), deformação dos elementos, anomalias que potenciem a degradação dos materiais da estrutura;
    - Ambiental – fugas de água residual para o solo e para as águas subterrâneas, inundações por extravasamento da água residual do sistema, descargas de águas residuais não tratadas para os meios recetores, redução da eficiência das instalações de tratamento, ligações indevidas de águas residuais domésticas a coletores pluviais;
- Dimensão económico-financeira – consequências do desempenho em termos económico-financeiros, que integram:
    - Agravamento dos custos operacionais (*p.ex.* custos de bombagem e tratamento por aumento dos volumes afluentes ou de redução de eficiência) e de manutenção (*p.ex.* aumento da frequência de desobstruções e de reparações);
    - Redução do valor residual do sistema;
    - Penalizações decorrentes do incumprimento de obrigações contratuais, legais ou regulamentares, relacionadas com níveis de desempenho intoleráveis (*p.ex.* sansões definidas no Decreto-Lei n.º 152/97);
    - Custos para terceiros associados a falhas no desempenho, implicando danos para pessoas ou bens alheios à entidade gestora (*p.ex.* danos em propriedades privadas, danos noutras infraestruturas ou estruturas, danos pessoais);
    - Externalidades correspondentes à valoração económica de impactos sociais (*p.ex.* perturbações ao tráfego de pessoas e veículos, ruído relacionado com as obras, perdas económicas de atividades comerciais) e ambientais (*p.ex.* efeitos da poluição derivada de descargas nos meios hídricos, aumentos das emissões de carbono) do desempenho deficiente;
- Dimensão saúde e segurança públicas – consequências que podem ter riscos para a saúde e segurança públicas (em geral), e para o pessoal das entidades gestoras (em particular):
    - Inundações decorrentes de sistemas com afluências de águas residuais domésticas (*p.ex.* sistemas de drenagem unitários, sistemas de drenagem e águas residuais domésticas, sistemas separativos de drenagem de águas residuais pluviais com afluências indevidas);
    - Descargas para o meio recetor, especialmente quando consideradas águas balneares;
    - Exfiltração para águas subterrâneas, contaminando a água para consumo humano, por intermédio de captações ou de condutas com falta de estanqueidade;
    - Aumento do número de acidentes relacionados com o mau estado de conservação de dispositivos colocados na via pública (*p.ex.* tampas de câmaras de visita salientes ou

partidas, acumulação de lençóis de água nas rodovias por drenagem deficiente, sarjetas ou sumidouros danificados);
    - Incremento da exposição a abatimentos de terreno derivados do colapso de coletores em mau estado de conservação;
    - Danos para pessoas no seguimento da ocorrência de inundações (*p.ex.* quedas, arrastamento);
    - Aumento do risco para técnicos da entidade gestora (ou entidade subcontratada) podem associar-se à não garantia das condições recomendadas na legislação aplicável (*p.ex.* Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de Agosto, Portaria n.º 762/2002 de 1 de Julho);
- Dimensão ambiental – consequências ambientais que podem apresentar reflexos variáveis no tempo (*p.ex.* sazonalidade da precipitação) e no espaço (*p.ex.* sensibilidade do meio), realçando-se os potenciais impactos:
    - Poluição causada por inundações, descargas nos meios hídricos e exfiltração, integrando a destruição da fauna e da flora;
    - Impactos relacionados com o aumento das emissões de carbono, designadamente pelo aumento do consumo de energia;
    - Uso ineficiente dos recursos (*p.ex.* redução da eficiência dos equipamentos e instalações de tratamento, aumento do volume de água bombada);

2.5.8.4. Ferramentas e Metodologias de Apoio à Reabilitação

Almeida e Cardoso (2010) apresentam uma abordagem para a reabilitação que necessita de informação, instrumentos e metodologias. O conhecimento dos sistemas explorados encontra-se associado à informação disponível, salientando-se que, em relação aos sistemas de drenagem de águas residuais e pluviais, se considera a informação relativa a (Almeida e Cardoso, 2010):

- Inventários das infraestruturas;
- Condição das infraestruturas;
- Operação e manutenção das infraestruturas;
- Gestão dos serviços:
    - Informações financeiras;
    - Informações de clientes;
    - Informações de recursos humanos.

Sintetizam-se diferentes noções relativamente às principais ferramentas e metodologias de apoio à reabilitação (Almeida e Cardoso, 2010):

- Ferramentas e metodologias para recolha de dados:
    - Recolha de dados – incorpora a recolha de dados sobre os sistemas, subsistemas ou componentes:
        - Dados de cadastro dos sistemas;
        - Dados sobre o desempenho funcional e estrutural das componentes;
        - Dados de operação e manutenção dos sistemas;
        - Dados das afluências aos sistemas;
    - Inspeção – inclui diferentes atividades, com vista à obtenção de observações objetivas que possibilitem, após a análise de dados, avaliar o desempenho funcional das componentes. De acordo com a finalidade, a inspeção pode ser:

        - Externa (inspeção pessoal da superfície do terreno ao longo do alinhamento dos coletores, aplicação de métodos geofísicos como o georradar, escavação exploratória, entre outros);
        - Interna (inspeção visual direta ou indireta através de vídeo, câmara fotográfica ou espelhos, inspeção com sonar, levantamentos com anel laser, inspeção com radar);
    - Medição – integra a medição de variáveis que possibilitam a caraterização do desempenho funcional dos sistemas:
        - Medição de variáveis hidráulicas para caraterização do escoamento;
        - Medição da precipitação para caraterização das afluências pluviais à rede;
        - Medição das variáveis de qualidade da água (através de equipamentos instalados no local ou amostragem e apoio laboratorial);
        - Medições específicas das caraterísticas físicas, para localização ou avaliação da condição da infraestrutura;
        - Levantamentos para complemento da informação cadastral (cotas topográficas, dimensões das componentes);
- Ferramentas e tecnologias para armazenamento, processamento e disponibilização de dados:
    - Gestão da informação – representa um dos processos-chave da atividade de gestão de sistemas de águas residuais e pluviais, designadamente no apoio à decisão. Salienta-se a existência de diversas ferramentas de apoio à gestão da informação:
        - Bases de dados;
        - Desenho e projeto assistidos por computador – CAD;
        - Sistemas de informação geográfica – SIG;
        - Sistemas de gestão de manutenção;
        - Sistemas de gestão de informação laboratorial – LIMS;
        - Sistemas de gestão patrimonial de infraestruturas – GPI;
        - Sistemas de gestão de clientes; sistemas de apoio à contabilidade;
        - Sistemas "*Enterprise Resource Planning*" – ERP;
        - Sistemas de telemedição e telegestão – SCADA;
    - Processamento e análise de dados de caudais e de precipitação – inclui o processamento e seleção de informação essencial de séries temporais extensas:
        - Caraterísticas dos eventos de precipitação (hietogramas, estatísticas de síntese dos eventos);
        - Caraterísticas dos caudais de tempo seco (padrões diários adimensionais, valores médios, valores máximos, valores mínimos);
        - Caudais introduzidos pela precipitação em diferentes pontos dos sistemas;
- Modelação matemática de apoio à reabilitação:
    - Modelação matemática – ferramentas computacionais que possibilitam a simulação do comportamento de um sistema ou de um processo, podendo utilizar-se a diferentes níveis:
        - Planeamento;
        - Dimensionamento;
        - Operação e manutenção;
        - Reabilitação;
    - Metodologia para desenvolvimento e utilização de modelos matemáticos – incorpora as fases de:

        - Definição do âmbito e objetivos de modelação;
        - Seleção do programa computacional;
        - Construção do modelo;
        - Caraterização funcional e das afluências ao sistema;
        - Análise de sensibilidade;
        - Calibração do modelo;
        - Validação do modelo;
        - Simulação de cenários;
    - Dados necessários – a construção e calibração de um modelo necessita de:
        - Dados que descrevem as componentes físicas dos sistemas;
        - Dados hidrológicos;
        - Dados hidráulicos;
        - Dados de qualidade das águas residuais;
        - Dados relativos às solicitações ao sistema, referentes à precipitação e aos caudais;
        - Dados de fronteira;
        - Dados de calibração;
        - Dados acerca do funcionamento operacional;
    - Resultados produzidos:
        - Resultados setoriais do modelo hidrológico (hidrogramas de caudal);
        - Resultados do modelo hidráulico (séries temporais de variáveis hidráulicas);
        - Resultados do modelo de qualidade da água (concentrações de poluentes, cargas lançadas no meio recetor);
- Ferramentas e técnicas de avaliação de desempenho:
    - Avaliação de desempenho – aplicado nos três níveis de planeamento, representa um meio de quantificar, de forma objetiva, as potencialidades e as deficiências dos sistemas, constituindo um suporte às medidas corretivas de reabilitação adotadas e possibilitando o estabelecimento de comparações independentes e em bases normalizadas;
    - Sistema de avaliação de desempenho para apoio à reabilitação – metodologia representada esquematicamente na figura 21, com princípios gerais aplicáveis aos diferentes níveis de planeamento;
    - Indicadores de desempenho – a seleção de indicadores deve dar cumprimento a um conjunto de requisitos relativos a cada indicador e relativos ao conjunto de indicadores;
    - Índices para avaliação do desempenho técnico – permitem avaliar o comportamento de cada elemento ou subsistema de um sistema em estudo, estabelecendo um termo comparativo com valores de referência, a diferentes níveis:
        - Hidráulico;
        - Ambiental;
        - Estrutural
        - Socioeconómico;
    - Aplicações computacionais – diversos sistemas de avaliação de desempenho encontram-se associados a aplicações computacionais:
        - Sistema de indicadores de desempenho da IWA (programa SIGMALITE);
        - Sistema de indicadores do banco mundial (IBNET);
        - Sistema de indicadores de desempenho da ERSAR (portal da entidade);

        - Sistema de indicadores de desempenho do sistema CARE-S (aplicação PI-Tool/S);
- Abordagens baseadas em análises de custos:
    - Índice de valor da infraestrutura – medida que traduz o grau de juventude, de maturidade ou de envelhecimento da infraestrutura, obtido pela razão entre o valor atual da infraestrutura e o respetivo valor de substituição;
    - Análise económica de alternativas – análise económica comparativa de alternativas de intervenção na infraestrutura, que se pode realizar através de uma análise custo-benefício, num período alargado de análise;
- Metodologias para avaliação da condição estrutural:
    - Avaliação da condição estrutural – essencial no diagnóstico estrutural, designadamente na identificação de situações críticas (*p.ex.* coletores críticos, com um elevado risco de falha, associado à má condição estrutural ou aos danos elevados associados à sua falha). Vulgarmente baseia-se nos resultados de inspeção às componentes;
    - Metodologia de avaliação estrutural – procedimento que possibilite a associação de medidas de desempenho estrutural às componentes do sistema, constituindo uma base de informação sobre a condição estrutural de todo o sistema. A abordagem proposta em WRc (2001) procura basear-se em conceitos de avaliação do risco, selecionando as prioridades de inspeção e de reabilitação proporcionalmente ao risco de falha;
- Metodologias para controlo de afluências indevidas:
    - Afluências indevidas – identificam-se como uma causa importante na deterioração do desempenho funcional dos sistemas de drenagem de águas residuais e pluviais. Frequentemente desconhece-se a dimensão real do problema, constatando-se apenas evidências de um número desconhecido de ligações ou descargas indevidas, ou episódios de caudais excessivos que podem causar inundações, descargas, entre outros.
    - Exfiltração – saída de caudais, através de anomalias, para o solo confinante, podendo causar arrastamento de solo e originar vazios. No caso de sistemas separativos domésticos ou sistemas unitários ocorre a contaminação dos solos pelas águas residuais não tratadas. Embora não constitua uma afluência indevida, encontra-se associada ao mesmo tipo de anomalias que a infiltração, ocorrendo uma ou outra de acordo com o nível freático e o tipo de solo;
    - Enquadramento legal – diversos documentos abordam o controlo das afluências indevidas, entre elas:
        - Decreto Regulamentar n.º 23/95de 23 de Agosto;
        - Lei da água (Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, que transpõe para o direito nacional a Diretiva Quadro da água, Diretiva 2000/60/CE);
        - Decreto-Lei n.º152/97 de 19 de Junho;
        - Directiva 2006/7/CE;
    - Abordagens metodológicas gerais – utilização de metodologias expeditas para priorizar as zonas mais afetadas no planeamento de intervenções, uma vez que se revela inviável um levantamento exaustivo;
    - Métodos para identificação de causas e apoio ao diagnóstico – métodos que se utilizam na fase de identificação de causas e no apoio ao diagnóstico da situação existente:
        - Monitorização de caudais e de precipitação;
        - Inspeção visual;
        - Testes de fumo;

        - Testes com traçadores;
        - Ensaios de estanquidade;
        - Questionários a residentes;
        - Inspeção e monitorização dos pontos de descarga nos meios recetores;
        - Modelação para apoio à definição de programas de minimização de afluências indevidas e exfiltração;
    - Medidas de desempenho específicas:
        - Monitorização de caudais – Processamento da informação, com vista à avaliação quantitativa da dimensão do problema e da causa predominante das afluências indevidas;
        - Indicadores de desempenho – Consideração dos indicadores de desempenho específicos que se possam calcular com a informação disponível (macro escala e microescala);
- Ferramentas integradas de apoio à decisão em reabilitação:
    - Sistema CARE-S (*Computer Aided Rehabilitation of Sewer Networks*) – considerado uma referência, no que respeita a sistemas integrados para apoio à reabilitação de sistemas de águas residuais e pluviais. A aplicação computacional integra (Saegrov, 2005):
        - Ferramenta de cálculo de indicadores de desempenho importantes para as decisões de reabilitação;
        - Procedimento para definição de deficiências e riscos socioeconómicos e ambientais;
        - Base de dados de tecnologias de reabilitação para apoiar uma opção adequada;
        - Ferramentas de avaliação de desempenho hidráulico, ambiental e estrutural;
        - Ferramenta direcionada para o estabelecimento da melhor estratégia de reabilitação a longo prazo;
        - Ferramenta de análise multicritério para auxiliar a decisão na seleção de projetos de reabilitação com elevada prioridade;
        - Programa computacional que possibilita que os consultores e prestadores de serviços possam utilizar as ferramentas descritas.

As afluências indevidas aos sistemas de drenagem de águas residuais e pluviais podem identificar-se de acordo com o tipo de sistema, designadamente (Almeida e Cardoso, 2010):

- Sistemas de drenagem separativos domésticos:
    - Afluências pluviais diretas – resultado de ligações ilícitas de ramais pluviais de edificações ou de outras instalações, de ligações indevidas de ramais de sumidouros, de falta de estanquidade de componentes do sistema (*p.ex.* tampas de câmaras de visita), de ligações de coletores pluviais a sistemas domésticos ou de interligação entre redes pluviais e domésticas;
    - Afluências pluviais retardadas – resultado da infiltração através do solo localizado a pequena profundidade, por anomalias dos componentes (*p.ex.* fissuras, juntas sem vedação);
    - Afluências da rede natural de drenagem – resultado da entrada de caudal pelos coletores de descarga que não dispõem de válvulas antirretorno (*p.ex.* válvulas de maré ou bico de pato);
    - Afluências de água das redes de distribuição de águas, de drenagem de caves ou outras – resultado de fugas;

  - Infiltração com origem em águas subterrâneas – resultado de os coletores se encontrarem instalados abaixo do nível freático, por anomalias dos componentes (*p.ex.* fissuras, juntas sem vedação), apresentando flutuações de acordo com a variação sazonal do nível freático;
  - Afluências de águas residuais industriais com caraterísticas inadequadas ou não autorizadas – resultado da falta de pré-tratamento adequando, por não cumprimento do estabelecido na licença de descarga, ou por falta de licença;
- Sistemas de drenagem separativos pluviais:
  - Afluências de águas residuais domésticas – resultado de ligações de ramais domésticos de edificações ou de outras instalações;
  - Afluências de águas residuais industriais – resultado de ligações indevidas de coletores ou ramais de indústrias;
- Sistemas de drenagem unitários:
  - Afluências de águas industriais com caraterísticas inadequadas ou não autorizadas – resultado da falta de pré-tratamento adequado, por não cumprimento do estabelecido na licença de descarga, ou de falta de licença;
  - Afluências excessivas de caudais pluviais – resultado de expansão de zonas urbanas ou de ligações de drenagem de redes viárias ou outras, ultrapassando a capacidade dos coletores unitários;
  - Afluências pluviais retardadas – resultado da infiltração através do solo localizado a pequena profundidade, por anomalias das componentes (*p.ex.* fissuras, juntas sem vedação);
  - Infiltração com origem em águas subterrâneas – resultado de os coletores se encontrarem instalados abaixo do nível freático, por anomalias das componentes (*p.ex.* fissuras, juntas sem vedação), apresentando flutuações, de acordo com a variação sazonal do nível freático.

2.5.8.5. Técnicas de Reabilitação

As técnicas de reabilitação de componentes dos sistemas de drenagem de águas residuais e pluviais referem-se a intervenções em coletores e caixas de visita, podendo, algumas, aplicar-se a ramais e a outras componentes. Salienta-se que os efeitos da reabilitação das componentes podem ser (Almeida e Cardoso, 2010):

- Estruturais (*p.ex.* reforço da capacidade resistente);
- Hidráulicos (*p.ex.* redução das infiltrações, redução da rugosidade);
- Ambientais (*p.ex.* redução da exfiltração de águas residuais).

De acordo com o adotado na norma prEN 15885:2010, as técnicas de reabilitação classificam-se, vulgarmente, em três tipos (renovação, substituição e reparação) (CEN, 2010). Sistematizam-se as diferentes técnicas de reabilitação, associadas aos três tipos de intervenções, e as técnicas de reabilitação específicas de câmaras de visita (Almeida e Cardoso, 2010):

- Técnicas de renovação – associadas a intervenções em componentes dos sistemas vigentes, incorporando o material existente (total ou parcialmente), com vista à melhoria do seu desempenho corrente. Indica-se que são técnicas sem abertura de vala que, na sua maioria, permitem o reforço da integridade e da resistência estrutural. Utilizam-se, por vezes, com caráter preventivo. Referem-se as seguintes técnicas:

- Entubamento com tubagem contínua (*Lining with continuous pipe*) – carateriza-se pela inserção de uma longa tubagem flexível que é contínua num coletor, sendo esta continuidade feita previamente à inserção no coletor existente. A colocação executa-se por arrasto, ligando-se uma cabeça à tubagem, na qual se aplica uma força de tração. Pode aplicar-se na:
  - Extensão total entre câmaras de visita;
  - Extensão entre poços de acesso escavados para o efeito;
  - Extensão que necessita de intervenção;
- Entubamento com tubagem ajustada (*Lining with close-fit pipe*) – Carateriza-se pela inserção, num coletor, de uma tubagem flexível contínua cuja dimensão transversal se reduziu, no sentido de facilitar o processo de instalação no interior do coletor existente. Numa fase posterior à instalação, reverte-se o processo para que a tubagem instalada volte ao diâmetro inicial, ocorrendo um ajuste à tubagem existente, não se verificando espaço entre as duas. A aplicação executa-se, normalmente, por arrasto, ligando-se à tubagem uma cabeça através da qual se aplica uma força de tração. Distinguem-se dois processos, classificados de acordo com o tipo de deformação e de reversão aplicados à tubagem:
  - Entubamento com tubagem dobrada;
  - Entubamento com tubagem deformada;
- Entubamento com tubagem curada *in situ* (*Lining with cured-in-place pipe*) – Carateriza-se pela inserção, num coletor, de um tubo ou manga flexível impregnado com uma resina termo-endurecível que origina uma tubagem após o processo de cura da resina. Refere-se a existência de diversas técnicas deste tipo no mercado e, de acordo com o modo de inserção, classificam-se em pois principais tipos:
  - Inserção por inversão – introdução do tubo/manga através de pressurização interior com água ou ar;
  - Inserção por guincho - introdução do tubo/manga recorrendo a um guincho e cabo, que o arrastam ao longo do troço do coletor existente a reabilitar;
- Entubamento com troços de tubagem (*Lining with discrete pipes*) – Carateriza-se pela inserção, num coletor, de troços de tubagem com um comprimento inferior à extensão que se pretende reabilitar, unidos com juntas durante a inserção, no sentido de formar uma tubagem contínua. A seção transversal mantém-se constante no decorrer do processo, podendo a colocação ser aplicada por:
  - Inserção por arrasto – ligação do primeiro troço de tubagem a uma cabeça, através da qual se aplica uma força de tração;
  - Inserção, por empurre, dos troços de tubagem que se vão unindo na câmara de visita, de acordo com o tipo de junta;
  - Colocação individual no local, com a execução das juntas *in situ*;
- Entubamento com banda em espiral (*Lining with spirally wound pipe*) – Carateriza-se pela formação de uma nova tubagem a partir de uma banda que se coloca em espiral, podendo a montagem da espiral obter-se através de vários processos, designadamente:
  - Encaixe;
  - Vedação;
  - Soldadura;
- Entubamento formado *in loco* (*Lining with formed in place pipe*/*anchor hose process*/*twin-walled composite lining*) – Carateriza-se pela formação de uma nova tubagem no local, sobre a superfície do coletor existente, vulgarmente com a colocação

de um revestimento exterior com dentes na sua face interior para assegurar espaçamento e injeção de uma argamassa de elevada resistência entre as duas camadas;

- Entubamento com segmentos de tubagem (*Lining with pipe segments*) – Carateriza-se pela renovação executada com recurso a segmentos de tubagem introduzidos nos coletores visitáveis, através das câmaras de visita, aberturas, ou acessos escavados. O coletor existente pode apresentar qualquer forma de secção transversal e a instalação pode ser manual, com ou sem recurso a equipamentos de transporte ou fixação. Identificam-se três tipos de intervenções:
  - Renovação parcial da soleira;
  - Renovação parcial do coroamento;
  - Renovação total (com ou sem injeção de argamassa);
- Revestimento projetado ou com cofragem (*Lining by sprayed, trowed or cast-in-place material*) – Carateriza-se pela renovação com revestimento, podendo ser aplicado reforço ou armadura na superfície que ficará embebido no revestimento, que pode ser executado de três formas distintas:
  - Projetado com meios mecânicos;
  - Projetado manualmente;
  - Aplicado com recurso a cofragem;

- Técnicas de substituição – associadas à construção de uma nova componente do sistema, incorporando a função da componente existente que é desativada, alinhada ou não com a componente existente. Referem-se as técnicas:
  - Substituição com abertura de vala (*Open cut or trench replacement*) – Carateriza-se pela semelhança com a construção de novos coletores, refere-se como a técnica mais utilizada para intervenções de reabilitação de coletores;
  - Substituição com abertura de vala reduzida (*Semi-open cut replacement*) – Carateriza-se pela escavação de uma vala estreita, centrada com o eixo do coletor existente, através do qual este se remove, empurrando-se simultaneamente a nova tubagem a partir de uma galeria de acesso, onde se instala o equipamento para a introdução da nova tubagem. Esta técnica aplica-se a coletores visitáveis;
  - Substituição em galeria sem intervenção humana (*Unmanned trenchless replacement*) – Carateriza-se pela colocação da tubagem com recurso a forças aplicadas de forma contínua, por precursão ou vibração, a partir de uma câmara de entrada até uma câmara ou ponto de saída. O solo desloca-se ou remove-se na frente de perfuração (NP EN 12889:2008);
  - Substituição em galeria com intervenção humana (*Manned trenchless replacement*) – Destaca-se o cravamento de tubagem (*pipe jacking*), que se carateriza pela instalação de um novo coletor a partir de um poço ou câmara de entrada em direção a um poço ou câmara de saída, com a aplicação contínua de forças com recurso a um sistema hidráulico;
- Técnicas de reparação – associadas à retificação de anomalias localizadas. Utilizam-se, frequentemente, também, na manutenção. Referem-se as técnicas:
  - Reparação com injeção de argamassa não retráctil (*Repair by injection sealing*) – Carateriza-se pela reparação através da injeção, sob pressão, de argamassas não retrácteis nas anomalias, podendo dividir-se em:
    - Injeção de argamassa não retráctil (*grout*) com recurso a robot;

        - Injeção manual de argamassa não retrátil, em coletores visitáveis, vulgarmente com recurso a bomba de injeção;
        - Injeção de enchimento com argamassa não retrátil, utilizado para preenchimento de vazios no material ou no solo adjacentes, associados a juntas ou a fissuras;
    - Reparação com remendo curado *in situ* (*Repair with cured-in-place patch*) – Carateriza-se pela reparação de anomalias com remendos ou mangas curtas, que se sujeitam a um processo de cura, após a sua aplicação no local. Podem aplicar-se em juntas, fissuras radiais, fissuras longitudinais e locais com material fragmentado;
    - Reparação com material projetado (*Repair with trowelled material*) – Carateriza-se pela reparação, com ou sem reforço, com material projetado. Estas técnicas podem introduzir melhorias ao nível da resistência a agentes físicos, químicos e biológicos, e no que se refere à estanquidade. O revestimento pode aplicar-se de diferentes modos, designadamente:
        - Aplicação por meios mecânicos – Vulgarmente acionados por um guincho ou através de um robot;
        - Aplicação por dispositivos mecânicos rotativos do tipo jato difuso (*spray*) – Inserem-se na extremidade de uma mangueira e projetam o material na superfície interna do coletor;
        - Aplicação manual;
    - Reparação com vedação por meios mecânicos (*Repair by sealing with internal mechanical devices*) – Carateriza-se pela colocação de elementos, com a finalidade de executar a vedação em anomalias pontuais (*p.ex.* juntas, fissuras radiais), que são instalados e mantidos no local, mecanicamente;
    - Reparação da ligação de ramal (*Repair with lateral connection colar*) – Carateriza-se pela reparação da ligação de ramais sem abertura de vala, utilizando um colar ou tê, integrando a sua vedação pelo interior do coletor. A reparação pode efetuar-se com mangas impregnadas em resinas curadas *in situ* ou utilizando materiais plásticos fixados localmente, através de fusão ou com argamassa;
- Técnicas de reabilitação de câmaras de visita – associadas a técnicas específicas de reabilitação destas componentes, nomeadamente:
    - Reposição de escadas e degraus;
    - Reposição de tampas, aros e juntas;
    - Reparação do corpo da câmara de visita;
    - Nivelamento da tampa da câmara de visita;

A opção pela técnica de reabilitação a implementar em cada caso deve considerar diferentes aspetos, que se sistematizam seguidamente (ISO/DIS 11295:2008, WRc, 2001):

- Avaliação das deficiências de funcionamento da componente;
- Definição dos requisitos de desempenho funcional pretendido para as componentes do sistema, em diferentes vertentes:
    - Desempenho hidráulico;
    - Desempenho estrutural;
    - Desempenho ambiental;
    - Condições operacionais;

- Identificação das opções de reabilitação tecnicamente viáveis, no sentido de dar cumprimento ao desempenho funcional pretendido, considerando os requisitos de desempenho e as condições locais (*p.ex.* ocupação do espaço público, tráfego, simultaneidade com outras intervenções);
- Comparação de custos das técnicas aplicáveis e seleção da técnica a implementar.

A tabela 2.9 apresenta uma síntese das condições de aplicações das diferentes técnicas de renovação, substituição e reparação.

Tabela 2.9 – Síntese das condições de aplicação das técnicas de reabilitação (Almeida e Cardoso, 2010)

Técnica de Reabilitação	**Reforço da resistência estrutural**	**Capacidade de escoamento**	**Estanquidade**	**Secção transversal**	**Gama de diâmetros típica (mm)**	**Extensão máxima típica (mm)**	**Execução de curvas**	**Ocupação do espaço público**	**Aplicação**
Técnicas de Renovação									
Entubamento com tubagem contínua	↑	↓	↑	C/O	100 - 2000	300	P	+/++	L/R
Entubamento com tubagem ajustada	↑	→	↑	C/O	100 – 500 200 - 1500	500	P	+/++	L/R
Entubamento com tubagem curada *in situ*	↑	→	↑	C/O	100 - 2800	600 150	P	+	L/R/ V
Entubamento com troços de tubagem	↑	↓	↑	C/O	100 – 600 600 - 4000	150	-	+	L/R/ V
Entubamento com banda em espiral	↑	↓	↑	C/O	200 - 1200	100	P	+	L/V
Entubamento formado *in loco*	↑	↓	↑	C/O	200 - 2000	200	P	+	L/V
Entubamento com segmentos de tubagem	↑	↑ →	↑ →	C/O	Até 4000	-	-	+	L/V
Revestimento projetado ou com cofragem	↑ →	↑	↑ →	C/O	Visitáveis; Robot: 200 - 600	- 100	P	+	L/V
Técnicas de Substituição									
Substituição com abertura de vala	↑	↑	↑	C/O	-	-	P	+++	L/R/ V
Substituição com abertura de vala reduzida	↑	↑	↑	C/O	Visitáveis	200	P	+++	L/R
Substituição em galeria sem intervenção humana	↑	↑	↑	C	-	-	P	++	L/R

Substituição em galeria com intervenção humana	↑	↑	↑	C/O	Visitáveis	-	-	++	L/R
Técnicas de Reparação									
Reparação com injeção de argamassa não retrátil	→	→	↑	C/O	Visitáveis; Robot: 150 – 750	1200 200	-	+	L/V
Reparação com remendo curado *in situ*	→	→	↑	C/O	Visitáveis; Robot: Min 100	- 200	P	+	L/V
Reparação com material projetado	↑	→↑	↑	C/O	Visitáveis; Robot: Min 150	- 200	P	+	L/R/V
Reparação com vedação por meios mecânicos	→	→	↑	C	Visitáveis; Robot: Min 150	- 200	P	+	L/R
Reparação da ligação de ramal	→	↑	↑	C/O	Visitáveis; Robot: 150 - 800	- 200	-	+	L/V

Legenda: ↑ aumento possível / melhoria do desempenho; → mantém; ↓ diminuição.

C – circular; O – outra; P – possível; L – escoamento em superfície livre;

R – escoamento em pressão; V – aplicável a câmaras de visita.

+ reduzido; ++ médio; +++ elevado

2.5.8.6. Procedimentos Operacionais

Os trabalhos de reabilitação necessitam, muitas vezes, de procedimentos, designadamente trabalhos preparatórios (*p.ex.* inspeção, limpeza, desvio de caudais), testes, inspeções, medições e ensaios funcionais adequados para o acompanhamento das obras (*p.ex.* controlo de qualidade ou verificação da funcionalidades das componentes) e monitorização. Refere-se que os procedimentos operacionais incluem (Almeida e Cardoso, 2010):

- Inspeção visual ou com recurso a outros métodos;
- Inspeção e monitorização de pontos de descarga nos meios recetores;
- Medição de caudais e de precipitação;
- Teste com fumo e com traçadores;
- Ensaios de estanquidade com água ou com ar;
- Limpeza de componentes.

2.6. GESTÃO DO RISCO

2.6.1. APONTAMENTO INTRODUTÓRIO

O conceito de risco reconhece-se, publicamente, como sendo um elemento significativo em processos de decisão e apreciação nos diferentes domínios de atuação. Conclui-se que o risco, conceito simultaneamente abrangente e ambíguo, representa uma função relevante na estruturação do comportamento da sociedade, face a incertezas e ameaças, contribuindo para (Almeida, 2011):

- Considerar ocorrências incertas (desvios relativos a objetivos e situações de referência);
- Motivar e justificar medidas de proteção ambiental e segurança de pessoas e bens;
- Hierarquizar alternativas em processos de decisão;
- Fundamentar decisões e ação de gestão.

O potencial perigo que determinados acontecimentos possam provocar na humanidade evidenciou-se como a perceção mais aproximada de risco, inicialmente mais orientada para os riscos naturais e menos aproximada dos constrangimentos causados pela ação antrópica. Os estudos efetuados ao longo dos tempos tenderam a abordar um conceito mais alargado de risco, considerando também uma vertente social (Beck, 1992, citado em Santos, 2011).

A constatação de que a causa de um elevado número de riscos se relaciona diretamente com os recursos naturais não significa que a ação antrópica não deva ser tida em conta (Rebelo, 2003, citado em Santos, 2011). Quando determinados fenómenos, de origem natural ou antrópica, expõem a sociedade a diferentes perigos, pode falar-se em risco (Gonçalves, 2003, citado em Santos, 2011). O risco encontra-se intrinsecamente ligado a conceitos socialmente relevantes como a incerteza, a segurança e a responsabilidade (Almeida, 2011).

A definição de risco não é consensual, constatando-se que a relação entre risco e incerteza gera divergências significativas consideráveis, com autores a defenderem o risco como a incerteza quantificável, e outros como uma forma de lidar com a incerteza (Meacham, 2001, 2004). Aponta-se a segmentação que caraterizou o desenvolvimento da área da análise de risco como o principal motivo da referia falta de consenso (Covello e Merkhofer, 1993, citado em Sousa 2012).

Do ponto de vista da análise racional, admite-se que a ocorrência de determinados acontecimentos potencialmente perigosos e as respetivas consequências podem ser previsíveis, mas de ocorrência incerta. Neste caso, a incerteza considera-se como uma variabilidade natural ou aleatória, ou resultante de um conhecimento incompleto ou insuficiente. A apreciação da incerteza revela-se crucial, uma vez que permite separar os processos considerados no contexto do risco, de outros que possam ser tido como "certos", ou de previsão quase garantida (Almeida, 2011).

A abordagem do risco depende do contexto em que este se insere (saúde, segurança, economia, tecnologia, política ou ambiente), salientando-se que, nas ciências puras, o risco tende a ser interpretado como um valor numérico em função da probabilidade de ocorrência de um acontecimento e das suas consequências (Meacham, 2001, 2004, citado em Sousa, 2012), enquanto nas ciências sociais, existem diversas perspetivas diferenciadas (Krimsky e Golding, 1992, Calow, 1998, citados em Sousa, 2012).

Relativamente ao conceito de risco, à semelhança do conceito de desempenho, observa-se um esforço de concentração de consensos, do ponto de vista da regulamentação. Referem-se algumas das abordagens do risco, em diferentes áreas (Sousa, 2012):

- Energia nuclear - Scarborough (1993), Chapman (1993), Specter (1993), Sauter (1994), Thadani *et al.* (1994), Dey (1995, 1996), Garrick (1995), Moody (1995), Zucchetti (1995), Saji (2003) e Modarres (2009);
- Saúde – Lloy-Bostock e Hutter (2008) e Phipps *et al.* (2011);
- Banca e Finanças – Stone e Zissu (1994) e Black (2004);
- Engenharia Civil – Almeida *et al.* (2010) e Meacham (2010);
- Abordagem genérica – Flueler e Seiler (2003) e Black e Baldwin (2010).

Do ponto de vista organizacional, realça-se uma maior convergência na abordagem ao risco, motivada, em grande parte, pela publicação de várias normas nacionais e internacionais (ISO/IEC Guide 73:2002, AS/NZS 4360:2004, entre outras), e no reunir de experiência, que conduziu à publicação da norma ISO 31000:2009 e da ISO Guide 72:2009. Salienta-se que a ISO 31000:2009 representa um consenso internacional alargado, definindo-se nela o risco como "o efeito da incerteza nos objetivos" e estabelecendo-se os requisitos para a aplicação da gestão do risco em organizações (Sousa, 2012).

No que diz respeito aos riscos públicos, realça-se a elevada consideração, por parte dos decisores políticos, a vários níveis, referindo-se a possibilidade destes serem avaliados pela gestão destes riscos e pelos resultados alcançados. Menciona-se que o risco não é um fenómeno físico, mas antes um conceito com elevada carga cultural e psicológica, integrando valores sociais, económicos e ambientais (Almeida, 2011).

Considerando a complexidade associada aos diferentes tipos de riscos que se verificam, identifica-se a necessidade de direcionar os riscos que se pretendem abordar (Santos, 2011). A gestão da água, associada a um dos setores mais estratégicos da sociedade, associa-se a esta tendência, em particular nos aspetos relacionados com questões ambientais, segurança das pessoas e eficiência de decisões estratégicas (Almeida, 2011).

A gestão do risco pode considerar-se como uma componente da gestão integrada dos recursos hídricos, incluindo-se a variável risco nos diversos processos de decisão respeitantes a eventos futuros, propiciando a minimização das consequências adversas expectáveis, com o objetivo de melhorar a sustentabilidade da gestão da água. Neste domínio, que envolve incertezas aleatórias e incertezas decorrentes do nosso conhecimento incompleto (incertezas epistémicas), realçam-se alguns exemplos de aplicação da gestão do risco (Almeida, 2011):

- Acontecimentos extremos de origem natural:
  - Cheias;
  - Inundações;
  - Secas;
  - Erosão costeira;
- Acidentes de origem tecnológica:
  - Rotura de barragens;
  - Rotura de diques;
  - Rotura de condutas;
- Práticas de gestão evolvendo processos de decisão:
  - Planeamento;
  - Seleção de critérios de dimensionamento;
  - Seleção de soluções alternativas de projeto;
  - Exploração de sistemas hidráulicos;
  - Gestão de serviços e obras relevantes.

Em Portugal, os critérios probabilísticos de dimensionamento ou de projeto, os procedimentos de emergência associados a eventuais acidentes e a estruturação de serviços de proteção civil sugerem-se como exemplos dos contributos dos estudos no âmbito do risco. No âmbito da gestão do risco, elencam-se diferentes domínios de aplicação de metodologias e procedimentos, associados à água (Almeida, 2011):

- Análise do risco, em barragens, e gestão do risco, nos vales a jusante (Almeida e Viseu, 1997, Almeida, 2001, Almeida *et al*., 2003, Viseu, 2006, Caldeira, 2008, Baptista, 2009, Viseu e Almeida, 2009, ANPC e INAG, 2009);
- Proteção contra cheias, secas, erosão e instabilidade costeira, geotecnia e qualidade da água (Braunschweig *et al.*, 2010, Santos *et al.*, 2011, Pereira *et al.*, 2010 e Oliveira *et al.*, 2011);
- Acidentes de poluição (Oliveira *et al.*, 2002);
- Infraestruturas de abastecimento, de drenagem e de tratamento de águas residuais (Alegre, 2007, Moreira, 2008, Vieira e Morais, 2005, Cunha e Sousa, 2008, Cunha *et al.*, 2009);
- Adaptação às alterações climáticas (Dias, 2010);
- Geografia física dos recursos naturais (Rebelo, 2003, 2010, Lourenço, 2004 e Zezere *et al.*, 2008).

A importância social de um tipo de risco relaciona-se com a frequência e a relevância das consequências de acidentes ou de desastres que se verifiquem, de modo persistente. Classificam-se, de forma simplificada, as situações que são objeto de análise de risco (Almeida, 2011):

- Incidente – acontecimento que diminui a segurança de sistemas ou a eficiência de instalações/organizações, sem provocar danos significativos;
- Acidente – acontecimento que provoca danos significativos, designadamente perda de vidas humanas e danos económicos, ambientais ou culturais;
- Desastre – Acontecimento associado a prejuízos ou danos muito relevantes em vidas humanas e bens económicos, ambientais ou culturais. Pode afetar a estrutura social e as principais funções da sociedade, em determinada área, referindo-se a possibilidade de atingir os níveis de catástrofe ou de calamidade.

Relativamente à recolha de dados, refere-se que a recolha de dados sistemáticos e fiáveis, à escala mundial, diz respeito, muitas vezes, aos eventos com a gravidade de desastres e catástrofes, salientando-se o facto de um número significativo de incidentes e acidentes em sistemas hidráulicos ou sistemas naturais, ainda que potencialmente relevantes a nível local ou empresarial, não são alvo de um tratamento estatístico integrado (Almeida, 2011).

Os desastres provocados por eventos hidrometereológicos constituíram o grupo mais frequente dos desastres ocorridos desde 1900, representando 88,5% dos mil eventos mais danosos registados a nível global. Entre 2004 e 2006, ocorreram 1047 desastres relacionados com a água, originando 272 000 vítimas mortais e afetando 429 milhões de pessoas. Realça-se que o número mortes tem vindo a diminuir, apesar do aumento da população mundial. A tabela 2.10 apresenta os números e as consequências humanas de desastres relacionados com a água, nomeadamente cheias (em zonas costeiras e interiores), tempestades (furacões, tornados, tempestades consideradas relacionadas com a água), secas, deslizamentos (deslizamentos, avalanches, quedas de blocos) e ondas (ondas de maré e maremotos), considerando as percentagens relativamente ao total de desastres naturais (ICHARM, 2009, citado em Almeida, 2009).

Tabela 2.10 – Números Associados a Desastres Relacionados com a Água (1900-2006) (adaptado de ICHARM, 2009, citado em Almeida, 2011)

	Número de eventos	Número de vítimas	Número total de pessoas afetadas
Cheias	3 050 (29.8%)	6 899 095 (18,5%)	3 027 693 701 (48,3%)
Tempestades	2 758 (26,9%)	10 088 806 (26.8%)	752 843 507 (12.0%)
Secas	836 (8.2%)	1 208 806 (3,2%)	2 239 624 826 (35,7%)
Deslizamentos	508 (5.0%)	55 980 (0.2%)	10 206 768 (0.2%)
Ondas	52 (0.5%)	295 813 (0.8%)	2 596 663 (---)

Refere-se, como causa de desastres potencialmente perigosos, os acidentes em obras hidráulicas de retenção ou de proteção, salientando-se as cheias e as inundações desencadeadas por roturas de barragens. As roturas de condutas ou avarias nos equipamentos hidromecânicos podem causar danos pessoais, perdas de eficiência e prejuízos económicos indiretos relevantes (Almeida, 2011).

No que diz respeito aos acidentes associados à poluição, abordam-se os meios hídricos como potenciais recetores e transmissores de poluição resultante de acidentes de vária ordem (unidades industriais, unidades mineiras, transporte de mercadorias perigosas). Os acidentes referidos relacionam-se com potenciais consequências para a saúde pública e ambiente, com custos associados às ações de recuperação e de controlo das situações (Almeida, 2011).

Os dados históricos e as previsões científicas são a base da identificação de situações perigosas passíveis de constituir riscos, podendo a capacidade de previsão permitir identificação de ameaças emergentes que apenas se podem confirmar no futuro. As alterações climáticas e o seu impacto nos recursos hídricos e nos eventos hidrometereológicos fundamentam-se em projeções de alterações climáticas futuras do clima, obtidas por modelos climáticos globais (modelos matemáticos baseados em equações e hipóteses consideradas razoáveis, face aos conhecimentos atuais, mas com incertezas associadas. No seguimento das simulações efetuadas e dos cenários estabelecidos, indica-se como provável que as alterações climáticas tenham efeitos em alguns processos associados à agua, que se sistematizam seguidamente (Almeida, 2011):

- Alteração nos padrões de precipitação, de ocorrência de cheias, secas e outros eventos extremos;
- Variação da disponibilidade de água;
- Alteração da temperatura média da atmosfera;
- Subida do nível médio da água do mar.

Os eventos ocorridos colocam desafios à engenharia, que procura desenvolver modelos/hipóteses, com auxílio da física e da matemática, simulando as situações reais de acordo com o conhecimento disponível. Os modelos informam acerca dos custos e benefícios associados a determinadas opções, dando a conhecer a decisão. No entanto, a incerteza separa os modelos da realidade. Os dados disponíveis e a experiência servem de base ao desenvolvimento e aplicação dos modelos. A incerteza associa-se à precisão dos modelos, à insuficiência de dados, à variabilidade natural e à subjetividade da experiência (Faber, 2009).

2.6.2. CONCEITO DE RISCO

2.6.2.1. Abordagem Geral

Conceito de aplicação corrente na sociedade contemporânea, destaca-se o facto de o risco não ter uma definição rigorosa, simples e unânime. A etimologia do vocábulo e o seu emprego ao longo da história realçam a complexidade da tarefa de definir, com precisão, o risco, como grandeza associada a emoções ou sentimentos, ou como variável de decisão, traduzindo um valor quantificável (Almeida, 2011).

O risco encontra-se presente no dia a dia do Homem, desde sempre, embora o conceito de risco seja recente, sendo a sua origem etimológica não consensual e, para muitos, desconhecida. Apontam-se o latim, o grego ou o árabe como possíveis fontes (Althaus, 2005, citado em Sousa, 2012). A latina associa-se às palavras *riscare*, relativa a "correr perigo" (Bernstein, 1996, Gomes *et al.*, 2001, Oxford English Dictionary) e *resecum*, *resicum*, *riscum* ou *riscus*, termos relacionados com viagens marítimas, referentes ao "perigo oculto no mar" (Merna e Al-Thani, 2008, Jorion, 2007, Skjong, 2005, citados em Sousa, 2012). No contexto marítimo, refere-se a palavra grega *rhiza* como sendo a origem etimológica de risco (Skjong, 2005 e British Medical Association – BMA, 1987, citados em Sousa, 2012). A palavra árabe *risq*, que se relaciona com "qualquer coisa dada por Deus, da qual se obtém benefícios", indica-se como outra possível origem (Wharton, 1992, Merna e Al-Thani, 2008, citados em Sousa, 2012).

Concetualmente, o risco não pode ser dissociado da incerteza. A incerteza apresenta uma longa história documentada que remonta à Grécia Antiga, quando a palavra *eikos* é definida por Sócrates (470-399 A.C.) como "semelhança com a verdade" (Bernstein, 1996, Olsson, 2006, citados em Sousa, 2012), significando "plausível" ou "provável", com sentido semelhante ao conceito moderno de probabilidade. Refere-se que, na Grécia Antiga, a verdade era apenas o que se demonstrava pela lógica e a partir de axiomas, pelo que o referido conceito apenas se associava a "um certo grau de certeza" (Junior, 2006, citado em Sousa, 2012).

A palavra "risco" emerge, no castelhano, no século XIV (*riesgo)*, nas restantes línguas latinas, no século XVI (*risico*, *risco*, *rischio*, *risqué*) e na terminologia anglo-saxónica no século XVII (*risk*) (Skjong, 2005, Spink, 2001, citados em Sousa, 2012). A palavra *risk* adotou-se do francês *risqué* (Flanagan e Norman, 1993, citados em Sousa, 2012), ou do português ou do espanhol, relacionado com a exploração marítima (Giddens, 1999, citado em Sousa, 2012). No que diz respeito ao Alemão, identificam-se as primeiras referências no século XVI, associadas à discussão de possíveis investimentos pelos mercadores (Urban, 2006, Plapp, 2003 citados em Sousa, 2012).

Do ponto de vista organizacional, a gestão do risco visa garantir que o planeado se executa de forma a cumprir os objetivos do investimento (Flanagan e Norman, 1993, citados em Sousa, 2012). Caratariza-se como uma ferramenta pró-ativa de apoio à decisão, vocacionando-se a identificar e a avaliar eventuais oscilações relativamente aos objetivos traçados, implementando e monitorizando intervenções direcionadas para a otimização do desempenho global da atividade. A gestão do risco, abordada de forma adequada, permite reforçar a fiabilidade e a resiliência das decisões, maximizando os ganhos (Sousa, 2012).

2.6.2.2. Enquadramento Histórico

A gestão de ganhos e perdas em função das incertezas apresenta-se como uma realidade que pode ser tão antiga quanto a Humanidade, salientando-se a existência de evidências históricas da forma como essa gestão foi observada e como foi progredindo no correr do tempo (Bernstein, 1998, citado em Almeida, 2011). Refere-se que, numa primeira fase, a experiência direta era o suporte de decisões

baseadas no risco, e que só mais tarde os dados transmitidos ao longo de gerações apoiaram as decisões (Calow, 1988 e Ljungquist, 2005, citados em Sousa, 2012).

Os Asipu, um grupo que viveu na planície do Tigres e Eufrates, cerca de 3200 A.C., indicam-se como o exemplo mais referenciado da primeira aplicação da gestão de risco. O referido grupo tinha como principais funções a consultoria em decisões com risco, incertas ou difíceis, envolvendo a identificação das dimensões dos problemas, a definição de ações alternativas e a recolha de dados sobre os resultados expectáveis (Covello e Mumpower, 1985, citados em Sousa, 2012). Referindo-se igualmente ao contexto religioso, desde o século IV A.C. que se encontram diferentes tratados com análises de risco quantitativas, direcionadas para a avaliação da probabilidade de haver alguma forma de existência após a morte (Baker, 1997, citado em Sousa, 2012).

A inclusão das probabilidades na gestão do risco verifica-se após o desenvolvimento da teoria das probabilidades, por Pascal (1623-1662), no século XVII (Covello e Mumpower, 1985, citados em Sousa, 2012). Mencionam-se os avanços significativos que se registaram na teoria das probabilidades nos séculos XVIII e XIX, referenciando-se os contributos de diversos autores como Arbuthnot (1667-1735), Halley (1656-1742), Bernoulli (1700-1782) e Bayes (1702-1761) (Sousa, 2012). No século XX, a teoria das probabilidades associa-se às ciências físicas (Jonkman, 2007, citado em Sousa, 2012).

O início do conceito contemporâneo de risco e da sua utilização no vocabulário industrial relaciona-se com a introdução do conceito matemático de risco, introduzido por Pascal (1623-1662) em 1654, em correspondência com Pierre de Fermat (1601-1665). No século XVIII, introduz-se o conceito na indústria seguradora, no âmbito do seguro marítimo. A economia adota o conceito no século XIX (Flanagan e Norman, 1993, citados em Sousa, 2012).

A adoção da gestão do risco como atividade profissional e a abordagem sistemática ao estudo do risco indicam-se como sendo mais recentes (Aven e Renn, 2010, citados em Sousa, 2012). Os programas de exploração espacial referem-se como o ponto de partida, por alguns autores (Kolluru *et al.*, 1996), enquanto outros indicam o trabalho de Chauncy Starr (1912–2007), sobre risco e voluntariedade, como a origem (Starr, 1969, Kates e Kasperson, 1983, Covello e Mumpower, 1985, citados em Sousa, 2012). Segundo outra perspetiva, as primeiras análises de risco associam-se à indústria nuclear (RS, 1992, citado em Sousa, 2012).

No âmbito da engenharia, a génese da gestão do risco aponta-se em indústrias complexas do ponto de vista tecnológico e com potenciais consequências adversas significativas, como a nuclear, a química, a aeroespacial e a eletrónica (Ljungquist, 2005, citado em Sousa, 2012). No que diz respeito à engenharia civil, a engenharia sísmica e a engenharia hidráulica (no ramo da análise de problemas de cheias) são as áreas onde os conceitos de gestão do risco têm sido mais aplicados. Recentemente, verifica-se a transversalidade de aplicação da gestão do risco às diferentes áreas da engenharia civil, como a segurança e a saúde, o controlo de custos e de prazos, a qualidade e o ambiente (Sousa, 2012).

A implementação de estratégias para lidar com o risco, independentemente do tratamento de um modo mais ou menos formal, indica-se como uma prática ancestral, referindo-se diferentes exemplos (Sousa, 2012):

- Os seguros utilizaram-se há 3900 anos, na Mesopotâmia, como estratégias de tratamento do risco;
- O Código de Hammurabi, em 1950 A.C., formalizou contratos para empréstimos, contendo prémios para a eventual perda de navios e cargas, estratégia adotada pelos Gregos, em 750 A.C.;
- No século XIII, no âmbito dos seguros para a marinha, identifica-se como prática comum o cálculo de tabelas da esperança de vida;

- Em Inglaterra, emitiu-se o primeiro seguro de vida em 1583 (Molak, 1997, citado em Sousa, 2012).

Sistematizam-se os principais marcos no desenvolvimento recente da análise e gestão do risco (Almeida, 2011):

- A industrialização alavanca a pretensão de dominar os perigos através da ciência e da técnica, designadamente contra avarias e acidentes em sistemas mecânicos e eletrónicos;
- O comportamento dos agentes, as probabilidades (subjetivas e objetivas) e os modelos de decisão racional na economia e nos mercados financeiros são abordados por diversos autores como Frank Knight (1885-1972), J. Meynard Keynes (1883-1946), Von Neumann (1903-1957), Oskar Morgenstern (1902-1977) e Kenneth Arow. As contribuições dos autores referidos influenciam a teoria da decisão em ambiente de incerteza. Em 1950, surge, na "Harvard Business Review", o termo "*risk manager*", introduzindo-se o conceito de gestão do risco nas comunidades associadas à gestão financeira e nos seguros;
- A energia nuclear, na década de setenta, potencia o desenvolvimento de metodologias e procedimentos que estruturam a gestão do risco e obras de engenharia de outras tipologias;
- Referem-se alguns acidentes que vão acelerar o interesse pela gestão operacional de riscos tecnológicos:
    - Seveso (1976);
    - Three Mile Island (1979);
    - Bhopal (1984);
    - Challenger (1986);
    - Tchernobyl (1986).

A gestão do risco, na transição século XX para o século XXI, representava uma área em manifesto desenvolvimento e com uma aplicação crescente. A segurança e a aplicação de medidas eficazes de proteção revelaram-se exigências das sociedades mais desenvolvidas. Referem-se dois acontecimentos que lançaram uma reflexão crítica sobre a natureza e a eficácia do modo de executar a gestão do risco (Almeida, 2011):

- Crise financeira de 2007-2008 – direcionaram-se diversos recursos para o desenvolvimento e implementação de instrumentos complexos de gestão do risco financeiro;
- Acidente nuclear de Fukushima (2011) – demonstrou falhas na análise de cenários compostos de acontecimentos possíveis (sismo, tsunami, inundação, falha de energia e acidente) e nas medidas de projeto.

As perspetivas técnica e cultural do risco nem sempre caminharam de forma convergente e articulada (Almeida, 2011). Realça-se o enriquecimento da história da gestão do risco com os trabalhos de investigação antropológica e de base cultural. Salienta-se o contributo de Mary Douglas (1921-2007), com o estudo das formas de gestão integradas nos rituais de controlo e prevenção contra medos, em povos distantes do ocidente, realçando-se a convicção de que o risco não poderia ser um conceito objetivo e mensurável, mas antes um conceito construído social, cultural e politicamente (Douglas, 1985 e 1992, Douglas e Wildavsky, 1982, citados em Almeida, 2011). Ulrich Beck (1944-2015) e Anthony Giddens abordam, no final do século XX, o conceito de risco segundo uma perspetiva sociológica, ajustando as caraterísticas do risco e da gestão do risco às caraterísticas sociais e políticas da sociedade contemporânea (Almeida, 2011).

No final do século XX, verificou-se a aplicação de análises quantitativas e de gestão de riscos, como suporte aos processos de decisão, em diferentes indústrias, serviços e atividades, públicas ou privadas.

Identifica-se como principal objetivo o incremento do nível de desempenho e de qualidade dos produtos e das organizações, tal como a otimização das medidas de segurança e de proteção contra riscos públicos (Almeida, 2011).

2.6.2.3. Enquadramento Legal

A gestão do risco formal, como é vista nos dias de hoje, é recente, observando-se, apenas a partir de meados da década de 90, do século XX, um desenvolvimento na publicação de documentos normativos. A publicação da ISO 31000:2009 associa a gestão do risco a um guia internacional genérico para a sua aplicação, alvo de um consenso alargado. A tabela 2.11 sintetiza as normas e revisões associadas à norma ISO 31000 (Sousa, 2012).

Tabela 2.11 – Normas da família da ISO 31000 (adaptado de Sousa, 2012)

Número	Título	Observações
ISO Guide 73:2009	*Risk management – Vocabulary – guidelines for use in standards*	Substitui a ISO/IEC Guide 73:2002
ISO 31000:2009	*Risk management: Guidelines on principles and implementation of risk management*	
ISO/IEC 31010:2009	*Risk management – Risk assessment techniques*	

A ISO 31000:2009, segundo a *Federation of European Risk Management Associations* – FERMA, deve constituir um guia de referência e não uma norma, admitindo que se encare a mesma como um guia para a implementação de sistemas de gestão de risco (FERMA, 2007). A norma ISO 31000:2009 não se destina a um processo de creditação, indicando-se que a gestão de risco não deve ser padronizada, mas antes ajustada a cada caso concreto, de forma a assegurar a sua eficácia e a eficiência. A generalidade formal da norma permite a adoção das orientações nela patentes, aos diferentes níveis e nas diversas áreas em que a gestão do risco figura (Sousa, 2012).

2.6.2.4. Dimensões do Risco

Evidenciam-se diferentes dimensões do conceito de risco, relacionadas com a evolução histórica e com as diversas perspetivas de análise e de aplicação, que se destacam seguidamente (Almeida, 2011):

- Dimensão técnica – relacionada com uma definição técnica, direcionada para uma caraterização objetiva e quantitativa do risco, associada essencialmente à engenharia, aos cálculos técnicos e à gestão;
- Dimensão subjetiva – relacionada com a perceção individual do risco e com o comportamento psicológico de cada indivíduo em situações de ameaça ou perigo em ambiente de incerteza, associada essencialmente à psicologia, à economia e à gestão;
- Dimensão social – relacionada com a perceção social do risco, com o comportamento coletivo das sociedades, com a participação pública e com a interação com a comunicação social em questões relacionadas com o risco, associada essencialmente à psicologia e à sociologia social;
- Dimensão cultural – relacionada com a evolução da sociedade e com a forma como esta enfrenta as ameaças, a nível coletivo e individual. A identificação e a análise de crenças, mitos, rituais e tradições culturais de sociedades organizadas, contextualizadas no tempo e no espaço, são

algumas etapas identificadas nesta dimensão, associada essencialmente à antropologia e à história, podendo também integrar a dimensão religiosa que se relaciona com o risco;

- Dimensão filosófica – associada essencialmente à filosofia (ética e filosofia da ciência e das probabilidades) relaciona-se com três vertentes:
    - Conhecimento (epistemologia) e metodologias associadas à caraterização científica dos fenómenos;
    - Significado e realidade do risco;
    - Ética face aos dilemas morais e questões postas pelo risco;
- Dimensão económica e financeira – relacionada com os comportamentos face aos mercados e às consequências económicas, aos impactos na criação de serviços e de produtos e à gestão comercial e empresarial, associada essencialmente à economia e à gestão empresarial;
- Dimensão jurídica – relacionada com o direito e com a forma como o risco se considera na aplicação da legislação, na resolução de conflitos e na definição de responsabilidades, associada essencialmente ao direito e à justiça.

Genericamente, a maioria dos autores considera o risco segundo uma perspetiva bidimensional, integrando a probabilidade de ocorrência de um evento e as suas consequências (Sousa, 2012). De acordo com a definição proposta pelo *German Advisory Council on Global Change* (WBGU), elencam-se os diferentes critérios para a avaliação dos riscos (WBGU, 2000, citado em Sousa, 2012):

- Extensão das consequências – efeitos adversos em unidades naturais;
- Verosimilhança das consequências – estimativa da probabilidade;
- Dúvida – indicador das diferentes componentes da incerteza;
- Ubiquidade – dispersão geográfica das potenciais consequências;
- Persistência – extensão temporal das potenciais consequências;
- Reversibilidade – possibilidade de restaurar a situação ao estado anterior às consequências;
- Efeito retardado – intervalo de tempo entre o evento e a manifestação das consequências;
- Violação da equidade – discrepância entre quem beneficia e quem suporta o risco;
- Potencial mobilização – violação de interesses e valores individuais, socias ou culturais.

De acordo com os critérios supramencionados, estabeleceu-se um sistema de classificação do risco composto por categorias designadas a partir da mitologia Grega, que se referem seguidamente (WBGU, 2000, citado em Sousa, 2012):

- *Damocles* – perigos conhecidos, com consequências elevadas e probabilidades de ocorrência reduzidas;
- *Cyclops* – riscos em que apenas uma das dimensões (geralmente as consequências) pode ser estimada;
- *Pythia* – riscos que podem implicar consequências severas, cuja caraterização em termos de probabilidade de ocorrência, extensão de danos e a sua alocação e distribuição se revela incerta;
- *Pandora* – riscos praticamente desconhecidos, para os quais apenas se podem efetuar presunções relativamente à probabilidade de ocorrência e às consequências;
- *Cassandra* – riscos com probabilidades e consequências conhecidas, que apenas se realizarão no futuro;
- *Medusa* – riscos bem caraterizados no que diz respeito a probabilidades e as consequências, ainda que em algumas circunstâncias, sejam difíceis de provar com exatidão. Representam alterações ou receios relevantes junto do público.

O *International Risk Governance Council* (IRGC) carateriza o risco segundo uma perspetiva que permite relacioná-lo com a equipa, com o tipo de abordagem mais ajustado e com a estratégia de tratamento mais adequada (Sousa, 2012). Indicam-se os riscos previstos no sistema de caraterização referido (IRGC, 2005 e 2008):

- Riscos simples – situações de complexidade reduzida, pouco duvidosas e sem ambiguidades, sendo possível estimar, com algum rigor, os eventos e as respetivas consequências (Aven e Renn, 2010);
- Riscos complexos – situações em que é difícil identificar e quantificar as relações causais entre as diferentes causas e os efeitos específicos. As dificuldades relacionam-se com as interações entre os vários fatores em jogo, designadamente sinergias, antagonismos, ciclos positivos ou negativos, efeitos cumulativos e intervalos de tempo (Aven e Renn, 2010);
- Riscos duvidosos – situações em que o conhecimento não permite prever os eventos ou as suas consequências com um grau de confiança razoável, pelo facto de o fenómeno ser naturalmente aleatório ou de o conhecimento ser demasiado rudimentar, podendo o grau de dúvida relativamente ao risco ser elevado. A incapacidade de reduzir a complexidade refere-se como uma possível fonte de dúvida (Aven e Renn, 2010);
- Riscos ambíguos: Situações em que as diversas partes interessadas apresentam perspetivas significativamente diferentes, no que se refere aos aspetos (Aven e Renn, 2010):
    - Relevância, significado e implicações em que se baseia a tomada de decisão;
    - Valores a salvaguardar e prioridades a estabelecer.

2.6.2.5. Principais Conceitos e Definições

Salientam-se as dificuldades em obter definições consensuais para incerteza e risco, referindo-se a intensificação do debate com a expansão do conceito de risco, integrando oportunidades e perigos. Apresentam-se duas posições principais (Hillson, 2002, citado em Sousa, 2012):

- Risco como conceito primordial:
    - Oportunidades – riscos com consequências positivas;
    - Perigos – riscos com consequências negativas.
- Incerteza como conceito primordial:
    - Oportunidades – incertezas com consequências positivas;
    - Riscos – incertezas com consequências negativas.

O risco pode encarar-se como uma barreira (perigos) ou uma fonte (oportunidades) para o sucesso. Realça-se a relação intrínseca da incerteza na parcela da verosimilhança de ocorrência de um acontecimento e na das consequências resultantes (Sousa, 2012). O risco aborda-se como a impossibilidade de prever a estrutura, os resultados e as consequências, num processo de decisão, incluindo, assim, a incerteza e os resultados da mesma (Herz e Thomas, 1983).

Segundo a ISO 31000:2009, a incerteza define-se como "*um estado, mesmo que parcial, de informação deficiente relativamente à compreensão ou conhecimento de um evento, as suas consequências ou verosimilhança*". A incerteza refere-se a algo que não pode ser previsto com total rigor e certeza, por não ser completamente conhecido ou compreendido (Sousa, 2012).

Distinguem-se, de um modo geral, dois tipos principais de incertezas (Morgan e Henrion, 1990, Hoffman e Hammonds, 1994, Ferson e Ginzburg, 1996, Winkler, 1996, Haimes, 1998, Cullen e Frey, 1999, van Asselt e Rotmans, 2002, Walker *et al.*, 2003, Daneshkhah, 2004 e Agarwal, 2008, citados em Sousa, 2012):

- Incertezas epistémicas (também designadas por subjetivas ou limitações de conhecimento):
    - Incerteza de modelo – envolve as limitações dos modelos para representar a realidade, dividindo-se em incerteza da estrutura, decorrente da representação imperfeita da realidade, e incerteza dos parâmetros, consequência das limitações de informação para calibrar o modelo (Willems, 2000, van Gelder, 2000);
    - Incerteza estatística – pode dividir-se em incerteza relativamente ao tipo de distribuição e incerteza relativamente aos parâmetros de distribuição (Willems, 2000 e van Gelder, 2000). A incerteza estatística é composta pelo modelo probabilístico e pela aplicabilidade do modelo (Knudsen e Smith, 2000).
- Incertezas aleatórias (também designadas por objetivas, inerentes ou básicas):
    - Incerteza do tempo – representa a impossibilidade de prever fenómenos aleatórios no futuro, desconhecendo-se previamente as flutuações de um processo aleatório no tempo (Willems, 2000, van Gelder, 2000). A disponibilidade de informação infinita não permite reduzir este tipo de incerteza, uma vez que o conhecimento de todos os acontecimentos do passado não permite prever, com total exatidão, o futuro;
    - Incerteza do espaço – refere-se à variabilidade, no espaço, de um fenómeno aleatório. Difere da incerteza do tempo na medida em que a disponibilidade de mais informação possibilita a redução da incerteza do espaço, indicando-se que a recolha de informação em mais pontos no espaço permite compreender melhor a variabilidade de um local para outro (Willems, 2000, van Gelder, 2000).

No que diz respeito às diferenças entre os dois principais tipos de incertezas, salienta-se o facto de as incertezas epistémicas evoluírem com o aumento do conhecimento, constatação particularmente relevante quando se abordam decisões com consequências longas no tempo (Sousa, 2012). Realça-se que não se considera a incerteza e o conhecimento como um sistema de vasos comunicantes. Por definição, mais conhecimento não implica menor incerteza e vice-versa (van Asselt 2000, 2005, citados em Sousa, 2012). A incerteza pode permanecer em situações em que se verifica uma disponibilidade acrescida de informação, embora a nova informação possa diminuir ou aumentar a incerteza (Sousa, 2012).

Em Sousa (2012), assume-se que o desconhecimento incluí tudo aquilo em que não exista certeza, designadamente:

- Variabilidade – situações em que não é possível prever exatamente o que vai ocorrer, conseguindo-se estabelecer, com algum grau de confiança, os limites para o que pode acontecer;
- Ambiguidade – situações em que não é possível determinar o que vai ocorrer, por não ser possível estabelecer a consequência;
- Dúvida - situações em que não é possível determinar o que vai ocorrer, por não ser possível estabelecer a probabilidade;
- Ignorância – situações em que nem se conseguem definir as probabilidades nem as consequências.

Em diversos casos gera-se controvérsia entre os conceitos de incerteza e de risco (Sousa 2012). Estabeleceu-se a distinção entre ambos, definindo risco como quantificável e a incerteza como não quantificável (Knight, 1921). De uma outra perspetiva, contrapõe-se esta posição, referindo-se o facto de poder minimizar a importância fundamental da incerteza como uma caraterística inerente (Nowotny *et al.*, 2001, Vercelli, 1995). Diversos autores (Al-Bahar e Crandall, 1990, Flanagan e Norman, 1993, Chapman, 1997, del Caño e de la Cruz, 2002), normas (JISQ2001:2001, ISO/IEC Guide 73:2002,

AS/NZS 4360:2004) e guias (ICE, 1998, IRM/ALARM/AIRMIC, 2002, PMI, 2004) não estabelecem explicitamente uma relação entre risco e incerteza.

A evolução conceptual do risco aborda-se segundo a premissa de que a compreensão do risco está associada a um contexto histórico e sociocultural específico, referindo-se que, no início do século XVI, o conceito de risco se usava para definir eventos não controlados pelo Homem. As disciplinas de estatística e probabilidades, nos tempos modernos, reajustaram o conceito de risco, no sentido de algo mensurável, calculável, evitável. Nos dias de hoje, o conceito de risco utiliza-se de uma forma ampla, definindo primordialmente perigos, ameaças, azares ou eventos desagradáveis (Lupton, 1999, citado em Sousa, 2012). Apesar de amplamente utilizado, verifica-se um debate em torno do conceito teórico de risco, particularmente desde a consolidação e crescimento da literatura científica na área, a partir do final da década de 1960 (Johansen, 2010, citado em Sousa, 2012). Indicam-se algumas definições utilizadas em diferentes contextos (Thompson, 1986, citado em Sousa, 2012):

- Risco objetivo – a variação que ocorre quando os resultados diferem do esperado;
- Risco subjetivo – o estado mental de um indivíduo, em situação de incerteza ou dúvida, no que se refere ao desfecho de um evento;
- Risco real – a combinação da probabilidade com as consequências que existem na realidade;
- Risco observado – quantificação da combinação anterior, mediante a construção de um modelo da realidade;
- Risco aparente – estimativa rudimentar do risco real, por um indivíduo inexperiente e sem treino.

No que diz respeito às aplicações técnicas da análise quantitativa dos riscos, refere-se como consolidada a definição geral do risco, que tem como ponto de partida a hipotética ocorrência, no futuro e em determinado sistema, de um acontecimento com consequências negativas ou positivas (Almeida, 2011):

$$Risco = Probabilidade \cdot Consequencias \tag{5}$$

Contextualizado na abordagem do risco, os acontecimentos podem caraterizar-se no que diz respeito à capacidade de causar danos no sistema (magnitude ou intensidade do evento) e em relação à incerteza do evento, no horizonte temporal em análise (probabilidade de ocorrência do evento). A expressão (1) refere-se à esperança matemática das consequências associadas à ocorrência, no futuro, de um determinado acontecimento, traduzindo o produto do valor estimado das suas consequências pela respetiva probabilidade de ocorrência. Indica-se um modo equivalente de definir o risco (Almeida, 2011):

$$Risco = \begin{array}{c} Valor\ da\ Esperança\ Matemática\ das \\ consequências\ associadas\ a\ um\ acontecimento \end{array} \tag{6}$$

A norma que se refere à Gestão do Risco, ISO 31 000:2009 (E), apresenta a definição de risco (Almeida, 2011):

$$Risco = Efeito\ da\ incerteza\ nos\ objetivos \tag{7}$$

A expressão (5) reflete a definição técnica geral de risco, vocacionada para uma análise quantitativa do mesmo. Considerada na sua forma mais simples implica as etapas (Almeida, 2011):

- Definição de um sistema a analisar, sujeito a possíveis desvios relativamente aos objetivos (perdas ou danos), e dos fatores de risco (fatores de enquadramento), que influenciam o comportamento e resposta do sistema;
- Hipotética ocorrência, num espaço e num período de tempo futuros, que foram definidos, de acontecimentos perigosos identificados e caraterizados de forma adequada;
- Estimação do valor da probabilidade de ocorrência de cada acontecimento, com a correspondente intensidade, que quantifica a incerteza natural ou intrínseca do fenómeno;
- Estimação do valor associado às potenciais consequências de cada acontecimento incerto.

Refere-se a perspetiva de que a fragilidade da definição da ISO 31000:2009 se relaciona com o facto de se focar nos efeitos e não na incerteza, podendo conduzir a que a gestão do risco se concentre na gestão dos efeitos, em detrimento da gestão das causas (Hilson, 2011).

A figura 2.26 representa, de forma esquemática, a estrutura básica da definição técnica de risco, referindo-se que se trata de uma forma compacta de caraterizar e quantificar o risco, apropriada a acontecimentos dominantes que incidem no sistema, com a capacidade de provocar um conjunto de efeitos decorrentes diretamente do processo perturbador e da resposta do sistema (Almeida, 2011).

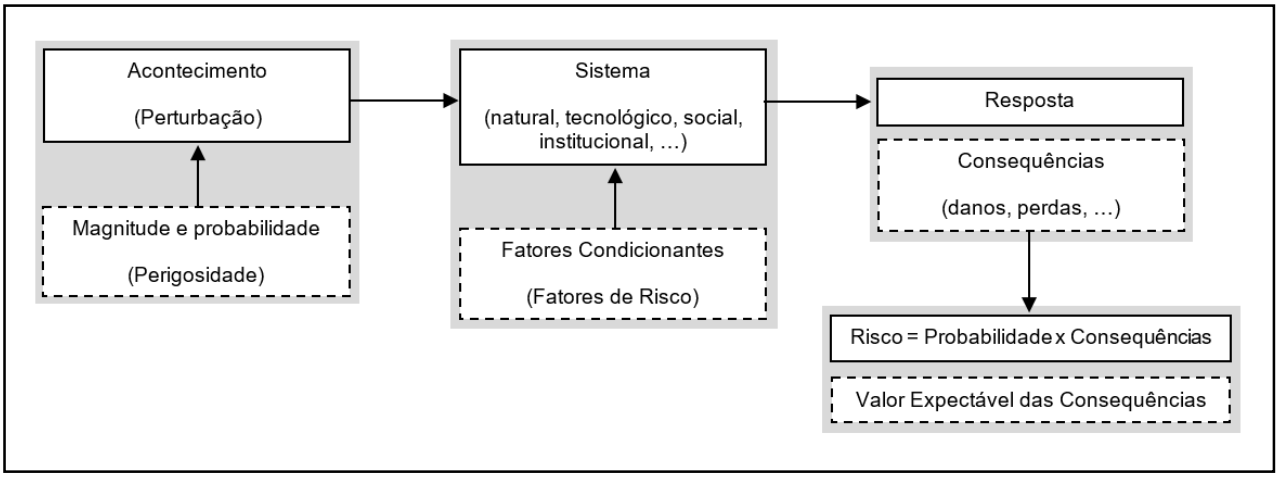


Fig. 2.26 – Representação esquemática da definição do conceito de risco aplicado a um conceito perigoso dominante (adaptado de Almeida, 2011)

A aplicação da expressão (5), de acordo com o esquema da figura 2.26, pressupõe que as caraterísticas do acontecimento e as consequências associadas são dependentes, de uma forma hipoteticamente determinística, das caraterísticas do próprio acontecimento e de cada tipo de bem, não sendo considerada nenhuma incerteza adicional associada à estimativa do valor total das consequências. Em diversas situações reais, este modo de quantificação do risco pode ser insuficiente (Almeida, 2011).

No que diz respeito aos cenários múltiplos, realça-se o facto de um determinado tipo de ameaça poder ocorrer sob diferentes modos, com magnitudes distintas. Cada modo realiza-se associado a uma probabilidade de ocorrência, e o valor expectável das consequências associadas ao conjunto dos modos de realização da ameaça será igual à soma dos valores expectáveis para cada modo (Almeida, 2011):

$$Risco = P_1 \cdot C_1 + P_2 \cdot C_2 + \cdots = \sum_{i=1}^{n} P_i \cdot C_i \quad (8)$$

Representando *n* o número total de modos de realização considerados, designa-se por "cenário" cada modo de realização ou concretização da ameaça, incluindo o modo de ocorrência do acontecimento desencadeador e os modos ou condições de resposta do sistema. As consequências terão que ser quantificadas numa unidade comum de valor (homogeneidade), para que seja admissível a adição. Indica-se a possibilidade de serem consideradas transformações de equivalência que permitem obter valores monetários supostamente equivalentes a danos intangíveis, designadamente através da função utilidade (ou desutilidade). Realça-se a impossibilidade de considerar, como consequências, o número de vítimas e prejuízos contabilizados em unidades monetárias. O risco total, resultante de diferentes tipos de ameaças, com eventuais processos de ocorrência paralelos no horizonte de tempo considerado, poderá ser considerado em análises mais abrangentes (Almeida, 2011):

$$Risco_T = \sum_{j=1}^{m} Risco_j = \sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{nj} P_{ij} \cdot C_{ij} \quad (9)$$

sendo *m* o número de ameaças, n_j o número de cenários considerados para cada ameaça e $Risco_T$ o risco total. Teoricamente, a independência dos processos perigosos, nomeadamente no que diz respeito às consequências, não é condição de validade da expressão (5). Realça-se, no entanto, que, se a ocorrência de um cenário alterar significativamente a resposta do sistema poderá ser oportuno considerar essa interação, na estimativa das restantes consequências (Almeida, 2011).

Relativamente às respostas contingentes dos sistemas, realça-se o facto de, em diversas situações reais, a resposta do sistema em análise não ser rígida ou determinística. A resposta a uma perturbação pode depender da resposta incerta de um conjunto de componentes ou subsistemas do sistema em análise, por exemplo, componentes estruturais, ambientais ou sociais. As consequências estimadas que se associam aos diferentes cenários poderão corresponder aos efeitos resultantes dos modos de resposta do conjunto de subsistemas, integrando a resposta em "cascata". Refere-se que a probabilidade associada a cada cenário será composta pela probabilidade de perturbação e pelas probabilidades condicionadas das respostas dos diferentes subsistemas (Almeida, 2011).

Os riscos podem ser classificados de acordo com o tipo de consequências associadas, indicando-se alguns exemplos (Almeida, 2011):

- Riscos pessoais ou individuais – afetam indivíduos isolados, de forma voluntária ou involuntária, consciente ou inconsciente;
- Riscos públicos ou sociais – abrangem grupos relevantes da sociedade, independentemente da respetiva vontade;
- Riscos de segurança – afetam a operacionalidade ou funcionalidade de um sistema, pondo em causa pessoas ou bens;
- Riscos de saúde – refletem-se na saúde individual ou pública;
- Riscos de gestão – incidem nos resultados de ações de gestão ou de planeamento a médio ou a longo prazo;
- Riscos ambientais – incidem nas condições ambientais, gerais ou específicas.

2.6.2.6. Conceitos Relacionados

A adoção de diversos conceitos associados ao risco, relacionados com a operacionalização da definição técnica de risco, revela-se útil na caraterização do processo e na procura de uma comunicação mais eficaz dos resultados. Abordam-se, seguidamente, alguns desses conceitos (Almeida, 2011):

- Perigo – processo ou acontecimento que pode provocar perdas ou danos. No âmbito do risco não há certeza do tempo, modo e espaço em que ocorre;
- Severidade – caraterística associada a um acontecimento e à respetiva capacidade de provocar danos ou perdas, em função da magnitude e expressa por um ou mais parâmetros;
- Perigosidade – combinação da severidade e probabilidade de um determinado acontecimento. A estimativa da frequência com que um acontecimento severo poderá vir a ocorrer no futuro revela-se crucial na avaliação e caraterização da perigosidade do mesmo;
- Exposição – valor estimado dos bens do sistema, suscetíveis de sofrer danos associados aos efeitos do acontecimento;
- Vulnerabilidade – grau de danos nos elementos do sistema, identificados como expostos, em consequência de um acontecimento com determinada severidade ou magnitude. Distingue-se entre vulnerabilidade física, que traduz o grau de destruição ou a perda de funcionalidade, e a vulnerabilidade social, associada à suscetibilidade da sociedade ao impacto de determinadas ameaças;
- Suscetibilidade – propensão para um determinado subsistema ou componente sofrer danos com gravidade (ANPC e DGOTDU, 2009, citados em Almeida, 2011)
- Segurança – conceito sensível para a sociedade, correspondente a um objetivo relacionado com a manutenção de uma situação desejável. Refere-se uma condição de estar livre de perigos, acidentes e condições que possam provocar danos, avarias ou perdas. Associa-se também a procedimentos direcionados para impedir eventos prejudiciais. A manutenção da segurança de forma absoluta revela-se impossível pela incerteza e impossibilidade de conhecimento absoluto dos sistemas, pela resistência limitada das componentes dos sistemas ou pelo custo desproporcionado para a garantia da mesma;
- Fiabilidade – probabilidade de um sistema funcionar de modo satisfatório, em determinadas condições e durante um determinado período de tempo;
- Incerteza – associada ao conceito de risco e de futuro, relaciona-se com a falta de um conhecimento "*a priori*" das condições de ocorrência de um determinado acontecimento (quando, onde e como). No domínio da economia, estabeleceu-se, como condição básica para a incerteza ser considerada na avaliação do risco, o facto de ela ser quantificável, com base em probabilidades, sendo o risco uma incerteza mensurável. Podem agrupar-se em incertezas aleatórias e epistémicas;
- Probabilidade – referem-se diferentes definições, de acordo com o tipo de significado concetual que se adotar, designadamente:
    - Interpretação clássica (ou de Laplace) – razão entre o número de acontecimentos favoráveis e o número total de acontecimentos possíveis;
    - Interpretação frequencista – frequência limite de acontecimentos favoráveis num número tendencialmente infinitos de ensaios;
    - Interpretação subjetiva – grau de crença da ocorrência do acontecimento favorável, no conjunto de acontecimentos possíveis.

O conceito de resiliência introduziu-se na definição do risco, como uma medida do nível de preparação existente face à incerteza. Termos como "resiliência", "gestão da vulnerabilidade", "estratégias de

resposta robustas", entre outros, emergem de uma abordagem alternativa ao risco, que procura desenvolver estratégias de coexistência com o risco, em detrimento da procura de mais conhecimento acerca das componentes da incerteza (Klinke e Renn, 2002).

As caraterísticas de severidade de um determinado evento podem estar na base da estimativa da probabilidade de este ocorrer. Realça-se que, nos eventos naturais de elevada severidade, a probabilidade de ocorrência tende a ser inversamente proporcional à respetiva magnitude. No caso da probabilidade de ocorrência ser baixa e a severidade elevada, coloca-se um problema de difícil decisão, no que se refere à abordagem do risco (Almeida, 2011).

Da perspetiva operacional, a determinação do valor do risco associado a um determinado evento pode basear-se na expressão (Almeida, 2011):

$$Risco = Probabilidade \cdot Exposição \cdot Vulnerabilidade \quad (10)$$

A expressão (10) demonstra que o risco resulta da conjugação da perigosidade potencial dos acontecimentos ou eventos iniciadores do processo com a exposição e a vulnerabilidade dos elementos envolvidos. Apresenta-se uma sequência de operações para a estimação das consequências de um determinado cenário (Almeida, 2011):

- Considera-se que um acontecimento de determinada magnitude afeta um zona de um sistema em análise;
- Estima-se a exposição ao perigo associado, na zona afetada e correspondente ao cenário i, considerando o valor total dos elementos expostos antes do impacto;
- Estima-se o valor do operador de vulnerabilidade, correspondente ao impacto sobre os elementos expostos no cenário *i*;
- O produto da exposição pelo operador vulnerabilidade conduz às consequências associadas ao cenário *i*.

A fiabilidade pode definir-se como a probabilidade de não ocorrência de falhas, como se indica na expressão seguinte:

$$Fiabilidade = 1 - Probabilidade\ de\ Falha \quad (11)$$

As metodologias utilizadas na avaliação da fiabilidade dos sistemas, designadamente para o cálculo de probabilidades de ocorrência de falhas, referem-se como potencialmente aplicáveis na análise dos riscos (Pedro, 2007, citado em Almeida, 2011). A distinção entre o conceito de risco e os conceitos de segurança e fiabilidade decorre da possibilidade de o risco incorporar as consequências associadas às respostas dos sistemas e da sua versatilidade de aplicação a sistemas de qualquer natureza (Almeida, 2011).

A análise de eventuais ocorrências futuras depara-se com condicionalidades aleatórias (ou pseudoaleatórias) e com incertezas epistémicas irredutíveis, associadas à previsão. As incertezas aumentam com o menor grau de controlabilidade dos acontecimentos e com o incremento do horizonte temporal da análise. Antoine-Augustin Cournot (1801-1877) reduziu este assunto filosófico ao esquema concetual de múltiplas séries causais que se cruzam, duas a duas, para constituírem acontecimentos (Almeida, 2011).

A abordagem ao conceito de risco depara-se com a realidade de existirem diferenças na definição, que podem constituir um elemento dificultador da comunicação (Fischhoff *et al.*, 1984, Short, 1984, Krimisky e Golding, 1992 e Vlek, 1996). Identifica-se como elemento comum nas diferentes definições de risco a distinção entre realidade e possibilidade (Evers e Nowotny, 1987, Markowitz, 1991 e Klinke e Renn, 2001). O termo "risco" não faria sentido se o futuro fosse pré-determinado ou independente das ações antrópicas no presente (Sousa, 2012).

2.6.2.7. Perceção do Risco

A perceção do risco refere-se à forma como os indivíduos interpretam e experienciam os fenómenos. Nos casos em que é possível obter uma estimativa quantitativa do risco, considerando a probabilidade de ocorrência e magnitude do fenómeno, a perceção do risco pode verificar-se significativamente diferente, de acordo com as crenças e experiências individuais, sociais e culturais de cada indivíduo (Sousa, 2012). Dependente do facto dos indivíduos se focarem nas probabilidades ou nas consequências, a perceção dos riscos será diferente (Drottz-Sjoberg, 1991). Identificam-se dois aspetos relacionados com a perceção do risco (Aven e Renn, 2010): importância percecionada para o risco; tolerância ao risco.

Os aspetos referidos são influenciados por diversos fatores, designadamente (Sousa, 2012):

- Familiaridade com a fonte do risco (Ittelson, 1978);
- Controlo sobre as situações (Rachman, 1990);
- Caráter dramático dos eventos (Lichtenstein *et al.*, 1978).

A análise da perceção do risco envolve diversas áreas, designadamente a psicologia, a sociologia ou a antropologia, identificando-se três perspetivas (Sousa, 2012): psicológica; social; ultural. As perspetivas sociais sobre o risco podem enriquecer e informar a gestão do risco de diversas formas, nomeadamente (Fischhoff, 1985):

- Identificar e explicar preocupações do público, em relação à fonte do risco;
- Explicar o contexto de situações em que se assume o risco;
- Conceber programas com vista à participação e tomada de decisões conjuntas;
- Elaborar programas para avaliação do desempenho da gestão do risco.

2.6.2.8. Aplicação do conceito de Risco

A gestão do risco deve integrar os processos de gestão das organizações, empreendimentos, projetos e produtos. Nota-se que a sua implementação, de forma isolada das principais atividades e processos da organização, pode comprometer a sua eficiência, uma vez que, regra geral, se levantam problemas de veiculação de informação e repetição de operações. De acordo com a ISO 31000:2009, a eficiência do processo de gestão do risco depende da capacidade de satisfazer os seguintes princípios (Sousa, 2012):

- Integrar os procedimentos da organização;
- Integrar os processos de tomada de decisão;
- Criar e proteger os valores;
- Abordar explicitamente a incerteza;
- Apoiar-se na melhor informação possível;
- Adequar-se a cada caso específico;
- Considerar aspetos humanos e culturais;

- Verificar-se sistemático, estruturado e periódico;
- Revelar-se abrangente e transparente;
- Ser dinâmico, interativo e adaptável à mudança;
- Facilitar a melhoria contínua da organização.

A implementação e a manutenção adequadas da gestão do risco, enquadradas numa estrutura coerente, como a definida na ISO 31000:2009, possibilitam às organizações (Sousa, 2012):

- Cumprir requisitos legais e regulamentares;
- Melhorar o reconhecimento de oportunidades e de ameaças;
- Aumentar a confiança e a segurança dos diversos intervenientes;
- Incrementar a confiança no planeamento e na tomada de decisão.

Um sistema de gestão do risco procura contribuir para o aumento da probabilidade de as organizações alcançarem os seus objetivos, designadamente através de (Sousa, 2012):

- Incremento da eficiência e eficácia operacional;
- Otimização do desempenho em segurança e saúde no trabalho e proteção ambiental;
- Minimização de perdas.

A gestão do risco revela-se multidisciplinar, integrando aspetos técnicos e questões relacionadas com segurança e saúde, ambiente e qualidade, podendo a sua operacionalização contribuir para sistemas de gestão integrados. O risco revela-se um conceito complexo, pela multidimensionalidade e pela multidisciplinaridade associadas, despoletando debate a diversos níveis (Sousa, 2012).

2.6.3. Operacionalização da Gestão do Risco

2.6.3.1. Abordagem Geral

A análise do risco deve integrar uma estrutura operacional organizada de acordo com princípios bem definidos, adotando metodologias robustas e consistentes com o significado de risco. A gestão do risco corresponde ao conjunto de atividades que se associam à operacionalização do conceito de risco, podendo constituir um ponto fulcral da gestão estratégica e organizacional de uma instituição ou estrutura (Almeida, 2011).

Moreno (2009) apresenta a "gestão do risco" como um processo de identificação, avaliação, seleção e implantação de ações, para reduzir os riscos para a saúde humana e ecossistemas, devendo ser eficaz e de confiança, do ponto de vista científico, e visar o estabelecimento de ações integradas que possibilitem a redução ou a prevenção de riscos, levando em consideração os aspetos sociais, culturais, éticos, políticos e legais.

A seleção dos objetivos de desempenho identifica-se como o aspeto que maior impacto apresenta na gestão do risco, sendo alvo de abordagens divergentes. O estabelecimento dos critérios de risco e a organização dos riscos identificados baseiam-se nesta seleção. Os objetivos de desempenho estabelecidos, sobre os quais a gestão do risco vai incidir, dependem da entidade que promove e implementa a gestão do risco. A conversão de objetivos em critérios de risco e a avaliação e tratamento do risco revelam-se diferentes, consoante a ótica de cada interveniente no processo (Sousa, 2012).

A estrutura da gestão do risco possibilita o estabelecimento de uma ligação entre a gestão do risco e as restantes componentes de gestão das organizações, devendo enquadrar-se no organigrama, nas estratégias, nas políticas e nas práticas das mesmas. Refere-se que a sua integração nas componentes mencionadas é crucial para o sucesso da gestão do risco, dependendo ainda da eficácia com que a

estrutura suporta a incorporação na organização no seu todo e a diferentes níveis (Sousa, 2012). A estrutura da gestão do risco deve garantir (ISO 31000:2009):

- Melhoria contínua;
- Responsabilização integral pelos riscos;
- Aplicação da gestão do risco em todas as tomadas de decisão;
- Comunicação contínua;
- Integração total na estrutura governativa.

2.6.3.2. Processo de Gestão do Risco

O risco, em situações perigosas e incertas, apresenta um significado prático e operacional, referindo-se a necessidade de controlar a variável "risco" da forma mais eficaz possível, procurando evitar ou atenuar potenciais consequências negativas. Progressivamente, consolidou-se uma estrutura designada por "gestão do risco", adaptável a cada situação, considerando-se que o processo geral proposto pela ISO 31000:2009 (E) é abrangente para ser tido como exemplo. O processo de operacionalização (Figura 2.27) inclui as componentes principais que se indicam e descrevem de forma simplificada (Almeida, 2011):

- Definição do contexto – corresponde à definição do âmbito do processo e dos objetivos, integrando a definição do sistema, o conjunto de fatores condicionantes e os recursos disponíveis para o desenvolvimento do processo;
- Avaliação do risco – conduz à estimação, quantitativa ou qualitativa, do valor do risco, envolvendo as etapas:
    - Identificação de perigos e riscos – reconhecimento sucinto dos perigos e eventuais consequências, reunindo um conjunto de riscos a ter em conta na análise posterior;
    - Análise do risco – avaliação do risco, detalhada e justificada, integrando a consideração das causas, a caraterização da origem dos perigos, as cadeias de eventos associados aos diferentes cenários e a estimação das respetivas consequências. Esta análise engloba a estimação das probabilidades associadas a cada cenário e a caraterização das incertezas envolvidas no cálculo do risco, com um grau de detalhe ajustado à disponibilidade de dados e de recursos e à importância do caso em análise. Pode ser designada por quantitativa, semiquantitativa, qualitativa, ou mista, de acordo com os métodos utilizados, com as circunstâncias e com o contexto do processo;
    - Apreciação do risco – análise da importância dos valores dos riscos previamente obtidos, correspondentes aos cenários considerados na análise. Compreende a comparação destes com os valores de referência, a hierarquização das situações de perigo e a proposta de ações adequadas, com o objetivo de informar, de modo consistente, o processo de decisão;
- Decisão e tratamento do risco – fase de decisão, envolvendo a seleção de medidas a implementar, com vista ao cumprimento dos objetivos do processo. Componente decisiva na gestão dos riscos, cujas opções se integram em metodologias de decisão em conjunto com outros fatores adicionais (custos, valores sociais e políticos, princípios éticos e jurídicos). De acordo com os resultados da apreciação do risco, o processo de decisão envolve dois momentos:
    - Aceitação ou não aceitação do risco associado a uma situação em análise;
    - Decisão de selecionar e hierarquizar medidas de tratamento dos riscos (medidas de controlo e medidas de mitigação);
- Comunicação e consulta – revela-se crucial na perceção social do risco, na mobilização da participação para a implementação de medidas e na reflexidade destas. De acordo com as

caraterísticas do processo, a consulta e a intervenção das partes interessadas podem ser eticamente desejáveis e uma condição para o sucesso;

- Monitorização e revisão – identifica-se como fundamental na garantia da eficiência da aplicação do processo de gestão do risco, englobando:
    - Monitorização das variáveis que podem afetar diretamente o valor do risco;
    - Monitorização da implementação das medidas resultantes do processo de decisão.

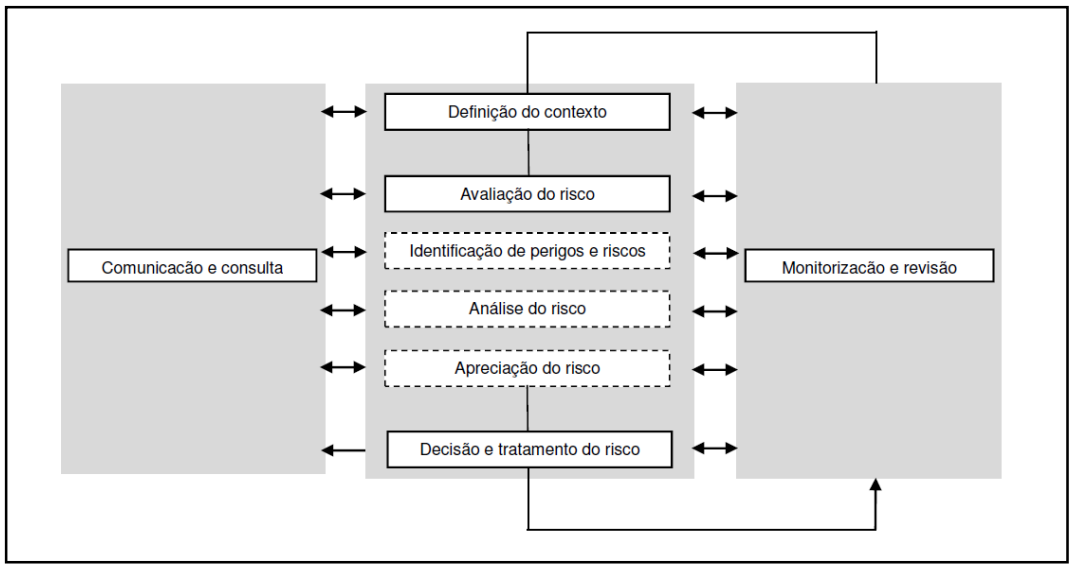


Fig. 2.27 – Representação esquemática do processo de gestão do risco (adaptado da norma ISO 31000:2009)

Com génese no modelo desenvolvido nos Estados Unidos da América, pela National Academy of Science (National Research Council) e adotado pela Environmental Protection Agency (EPA), encontra-se a abordagem em que a apreciação do risco concentra as actividades de identificar, analisar e avaliar o risco, e a gestão do risco integra o tratamento, a revisão e a comunicação (NRC, 1983, Kolluru et al., 1996, USEPA, 2004). Refere-se o modelo proposto pelo IRGC para "governação do risco" ("risk governance"), que segue esta abordagem (IRGC, 2008). O NRC apresenta uma estrutura para o processo de gestão do risco que inclui a formulação e o âmbito do problema, o planeamento e a apreciação do risco, e a gestão do risco (NRC, 2011).

A Figura 2.28 representa esquematicamente o modelo proposto pelo IRGC, realçando-se a abordagem para a relação entre os diferentes níveis. A separação da apreciação do risco e da gestão do risco justifica-se pela necessidade de separar a componente técnica e científica, associada à apreciação do risco, da componente política, relacionada com a gestão do risco, integrando ambas o processo global de tomada de decisão, informada pelo risco (Sousa, 2012).

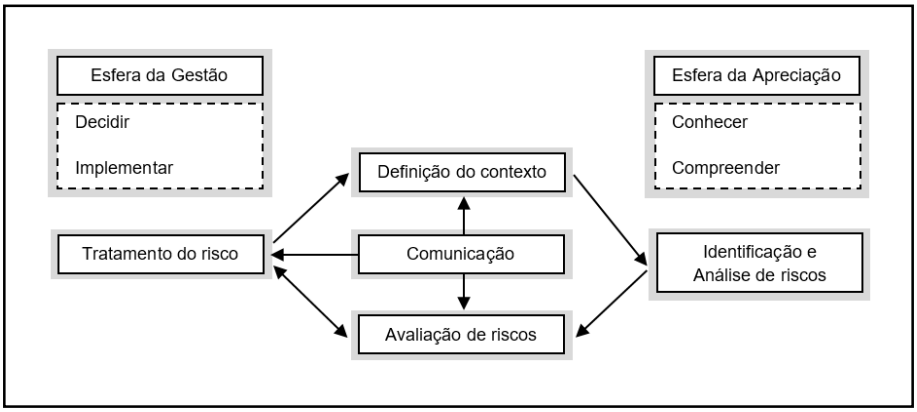


Fig. 2.28 – Representação esquemática do modelo de governação do risco, do IRGC (adaptado de Sousa, 2012, IRGC, 2008 e Renn, 2008)

No que se refere à resposta a crises e acidentes, o processo de gestão de riscos deve incluir o planeamento de medidas de resposta a potenciais crises ou acidentes identificados na análise dos cenários considerados na avaliação do risco, designadamente (Almeida, 2011):

- Preparação de sistemas de aviso e alerta;
- Planos de emergência;
- Planos de alívio;
- Planos de proteção civil (caso de riscos públicos);
- Ajuda e recuperação no pós-acidente;
- Preparação de planos especiais de atuação para recuperação e correção de desvios em relação aos objetivos de referência.

A norma ISO 31000:2009 indica que a organização deve definir "critérios para serem usados na avaliação da significância do risco". A definição inclui a seleção de indicadores, o estabelecimento de parâmetros e, quando adequado, a atribuição de ponderações (Figura 2.29). Os critérios do risco devem traduzir o efeito do risco nos objetivos definidos, de forma quantificável, sendo especialmente acautelado que os critérios do risco se adequam à natureza e tipo de processo de gestão do risco (Sousa, 2012).

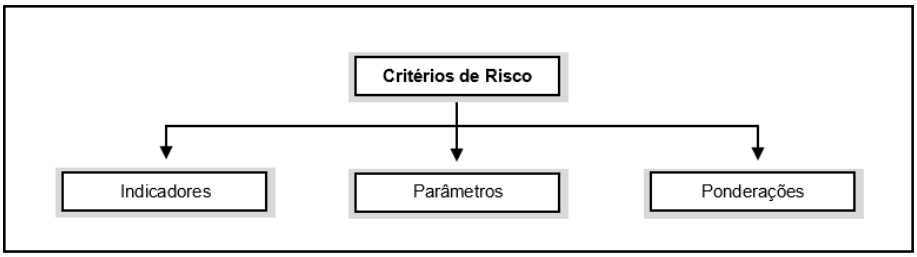


Fig. 2.29 – Representação esquemática da tarefa de definição dos critérios do risco (adaptado de Sousa, 2012)

Um processo de gestão do risco eficiente consiste em duas atividades principais (Carr, 1997):

- Conhecimento sistemático e atempado dos perigos e oportunidades com influência nos objetivos, com a necessária apreciação regular do risco, identificando, analisando e avaliando os riscos envolvidos;
- Garantia da adoção de ações adequadas, para gerir perigos e oportunidades, integrando o desenvolvimento de planos de tratamento do risco e a atribuição de responsabilidades aos

elementos mais bem-preparados para gerir riscos, garantindo que os custos do processo são ajustados à importância dos riscos envolvidos (Cooper *et al.*, 2005).

Para adotar decisões informadas sobre os riscos, de uma forma contínua, refere-se como necessário a recolha de informação suficiente para interpretar os riscos e escolher a solução mais ajustada a cada situação (Sousa, 2012).

O processo de gestão do risco deverá representar uma componente da gestão das organizações, adequadamente integrado na sua cultura, prática e processo de negócio (ISO 31000:2009). O processo poderá ser implementado a diferentes níveis, nomeadamente (Sousa, 2012):

- Estratégico: objetivos e planeamento;
- Processual: administração/gestão e departamentos/unidades orgânicas;
- Operacional: empreendimentos e atividades e operações.

Realça-se que, pelo facto de a gestão do risco lidar com a incerteza, verifica-se necessário, em diversas situações, recorrer à opinião de especialistas (Sousa, 2012).

No que se refere aos modelos de gestão do risco, indica-se a existência de diferentes modelos que estruturam as diversas fases do processo de gestão do risco (Raz e Michael, 1999, del Caño e de la Cruz, 2002). Os modelos mais simples integram as três fases que constituem o núcleo processual do risco, designadamente (Perry e Hayes, 1985, Perry, 1986, Keizer *et al.*, 2002):

- Identificação;
- Avaliação;
- Tratamento.

De notar que outros autores consideram quatro fases (Baker *et al.*, 1995, Vaughan e Vaughan, 2001, Banks, 2004 e Kim *et al.*, 2005), com a inclusão da monitorização, ou cinco fases (Mehr e Hedges, 1963, Eloff *et al.*, 1993, Nummedal *et al.*, 1996 e Ale, 2002), integrando a análise.

2.6.3.3. Operacionalização e Análise

A estrutura operacional básica suporta um quadro operacional com dois tempos de ação (Almeida, 2011):

- Reconhecimento de futuros possíveis:
  - Considerar a sua ocorrência,
  - Efetuar uma análise causa-consequências;
  - Valorar da plausibilidade de realização;
- Definição e medidas:
  - Intervir e controlar eventuais cenários desfavoráveis;
  - Favorecer objetivos do decisor.

Destaca-se como objetivo principal a prevenção de eventuais danos associados a eventos futuros, com base num conhecimento mais alargado do comportamento dos sistemas em análise, nomeadamente no que diz respeito às vulnerabilidades (Almeida, 2011).

2.6.3.4. Probabilidades e Incertezas

Relacionado de forma intrínseca com a caraterização das incertezas do tipo aleatório (variabilidade natural), associadas a acontecimentos intervenientes no processo, o conceito de probabilidade revela-se

fundamental na definição quantitativa do risco. No contexto da análise de risco, explicita-se a intervenção do conceito de probabilidade (Almeida, 2011):

- Fator moderador do valor das consequências estimadas em consonância com a definição de risco quantitativo e a incerteza nas realizações futuras;
- Componente que carateriza a perigosidade de um processo relativamente a elementos expostos;
- Parâmetro de apoio à decisão num contexto de incerteza.

As probabilidades que sejam consistentes com a axiomática do cálculo e as regras operacionais correspondentes apresentam, como primeira função, a caraterização possível da incerteza aleatória. O valor entre zero e a unidade pode considerar-se como uma medida da propensão do fenómeno. De forma genérica, pode considerar-se, para a caraterização do risco, as probabilidades de natureza objetiva e de natureza subjetiva, podendo, assim, a probabilidade ser observada como uma medida do grau de convicção no modo de ocorrência de um acontecimento. Na caraterização do processo, na estimação de probabilidades e na avaliação de eventuais consequências, refere-se também a incerteza epistémica, resultado do conhecimento insuficiente do processo. Na gestão do risco e na tomada de decisão, pode revelar-se adequado separar os dois tipos de incerteza, particularmente na fase de apreciação de resultados da gestão do risco (Almeida, 2011).

Na caraterização das componentes de propagação e de impacto dos processos, os modelos de simulação representam uma fonte de incertezas epistémicas, designadamente pelas incertezas associadas à aproximação matemática e numérica utilizada e à calibração dos respetivos parâmetros (Almeida, 2011).

A estimação das probabilidades intervenientes numa análise de risco pode enquadrar-se em diversos contextos. Podem ocorrer situações em que as probabilidades podem ser idealizadas segundo um determinado número de configurações possíveis e equiprováveis, possibilitando a dedução de probabilidades exatas, e situações que envolvem processos complexos com resultados considerados aleatórios ou pseudoaleatórios, procurando-se ajustar uma distribuição de probabilidades baseada em amostras, séries de resultados ou opiniões estruturadas de especialistas (Almeida, 2011).

A dedução de probabilidades exatas, através da formulação de configurações possíveis e equiprováveis, conduz à necessidade de adotar hipóteses simplificativas, que se consideram razoáveis, embora não sejam totalmente ajustadas à realidade. Na situação em que se procura ajustar uma distribuição de probabilidades, em processos complexos com resultados aleatórios, realça-se a incerteza epistémica associada à estrutura do processo em análise que se admite. Assume-se, em vários casos, a hipótese de o comportamento do sistema ser aleatório, ainda que se trate de um comportamento caótico, de um sistema complexo não-linear ou pseudoaleatório. O modelo de distribuição de probabilidades e os valores atribuídos aos respetivos parâmetros dependem de amostras (resultados conhecidos) e da comprovação de um ajustamento aceitável da lei selecionada (Almeida, 2011).

A caraterização das incertezas, do tipo aleatório ou epistémico, e das respetivas incidências no valor final do risco, pode verificar-se relevante na tomada de decisão, realçando-se o facto de o valor expectável das consequências poder variar, relativamente ao valor considerado como correto, ou apresentar um intervalo significativo de incerteza (Almeida, 2011). Na perspetiva da análise de risco, identificam-se as seguintes fontes de incerteza (Kiureghian e Ditlevsen, 2009, citado em Almeida, 2011):

- Variabilidade intrínseca às variáveis básicas aleatórias, no tempo ou no espaço;
- Incertezas na adoção de modelos de distribuição de probabilidades e na estimação dos parâmetros;

- Incertezas provenientes da seleção de modelos matemáticos e da estimação de dados de entrada e parâmetros;
- Incertezas na recolha e tratamento de dados de base para estimação de parâmetros;
- Incertezas nos resultados da implementação de modelos matemáticos, resultantes de erros ou aproximações numéricas;
- Incertezas relativas aos comportamentos humanos.

Refere-se o facto de ser possível adotar diferentes níveis de tratamento das incertezas (Paté-Cornell, 1996), realçando-se os seguintes (Almeida, 2011):

- Caraterização das incertezas aleatórias das varáveis básicas, admitindo que os valores das probabilidades respetivas podem ser conhecidos, sendo viável obter uma única curva de distribuição das probabilidades e das consequências. Neste caso, o risco corresponde ao valor expectável das consequências;
- Caraterização diferenciada dos dois tipos de incertezas (aleatórias e epistémicas) relacionadas com as diversas fontes, ao longo do processo de avaliação do risco;
- Caraterização integrada dos dois tipos de incertezas (aleatórias e epistémicas) relacionadas com uma única distribuição de probabilidades.

Indica-se a definição de famílias de curvas de distribuição de probabilidades de excedência das consequências como um exemplo da caraterização diferenciada das incertezas, podendo estas curvas associar-se a níveis de confiança de um parâmetro do modelo adotado. A caraterização das incertezas dos diferentes dados e parâmetros de um modelo matemático, através de distribuições probabilísticas, torna possível a adoção de uma caraterização integrada de incertezas aleatórias e epistémicas. Um método adequado de propagação de distribuições (*p.ex.* o método de Monte Carlo) permite a construção de uma distribuição de probabilidades dos resultados que integre as incertezas intervenientes (Abrahamsson, 2002, Vose, 2003, citados em Almeida, 2011).

Na determinação dos valores do risco, utilizam-se, frequentemente, intervalos de variação dos parâmetros considerados críticos e selecionam-se as condições médias ou as mais desfavoráveis. A execução de análises de sensibilidade refere-se como uma abordagem para o reconhecimento dos parâmeros ou das situações mais críticas. Realça-se que a imprecisão de alguns dados pode ser relevante (Almeida, 2011).

2.6.3.5. Implementação da gestão do risco

De acordo com a estrutura definida na figura 2.27, a implementação da gestão do risco analisa-se nas seguintes etapas: definição do contexto; avaliação do risco; decisão e tratamento do risco; monitorização e revisão; comunicação e consulta.

Definição do Contexto

A ISO 31000:2009 recomenda que a implementação do processo de gestão do risco, ao nível estrutural, na organização, observe os seguintes aspetos (Sousa, 2012):

- Definição do momento e estratégia para a implementação da estrutura;
- Aplicação do processo e da política de gestão do risco aos procedimentos da organização;
- Cumprimento de requisitos legais e regulamentares;
- Garantia de que as decisões são compatíveis com os resultados dos processos de gestão do risco;
- Realização de sessões de formação e informação.

A implementação do processo de gestão do risco pressupõe que se defina previamente, e de forma clara, um conjunto de aspetos, que se explicitam seguidamente (Almeida, 2011):

- Sistema em análise – delimitação (fronteiras físicas, institucionais, legais ou outras) e definição do horizonte da análise;
- Objetivos e âmbito do processo;
- Entidades responsáveis pelo processo, decisões e consequências;
- Fatores definidores ou limitadores do processo de análise (recursos disponíveis, critérios predefinidos, partes interessadas, procedimentos de recolha e trocas de informação).

Avaliação do Risco

Refere-se que, após a definição do contexto do processo, segue-se a identificação e a caraterização das componentes cruciais para a análise, designadamente as seguintes (Almeida, 2011):

- Perigos e riscos – acontecimentos iniciadores de um processo que poderá provocar consequências negativas no contexto da análise. A caraterização incorpora as origens e a gama de magnitudes a considerar, dependendo de critérios de razoabilidade;
- Situações de risco – cenários-base para as análises dos processos, nomeadamente no que diz respeito à propagação e impactos;
- Incertezas – consideradas na estimação das probabilidades e das consequências e na estratégia a adotar.

O reconhecimento dos acontecimentos iniciadores, a considerar na seleção e avaliação de cenários, resulta de critérios que envolvem (Almeida, 2011):

- Grau de possibilidade de ocorrência e de controlabilidade do acontecimento (afastando condições de impossibilidade lógica);
- Severidade potencial estimada e suscetibilidade provável dos elementos expostos (afastando situações ou condições para as quais o resultado da análise se verificaria claramente não significativo).

O estabelecimento de cenários-base depende de cada situação particular, designadamente do reconhecimento da origem da perturbação, das caraterísticas genéricas das cadeias de propagação causa-efeito e dos fatores influenciadores. Podem definir-se classes de cenários de risco, em função do nível de probabilidades e da gravidade das consequências, conduzindo a metodologias mais ajustadas. Realça-se que os cenários com probabilidade muito elevada e consequências sociais diversas são considerados na gestão corrente de recursos e bens (sem risco identificado), enquanto os cenários com probabilidade elevada e consequências sociais relevantes podem considerar-se cenários de emergência ou crise (Almeida, 2011).

De acordo com a ISO Guide 73:2009, a identificação dos riscos define-se como o "processo de encontrar, reconhecer e descrever os riscos", integrando a identificação das fontes, dos eventos, das áreas afetadas, das origens e dos potenciais efeitos. A identificação dos riscos incluí a pesquisa, a estruturação e a atribuição dos riscos (Figura 2.30). Indica-se como objetivo desta etapa gerar uma lista compreensiva de riscos, baseada nos eventos que possam criar ou evitar, potenciar ou comprometer, acelerar ou atrasar a prossecução dos objetivos da organização (Sousa, 2012).

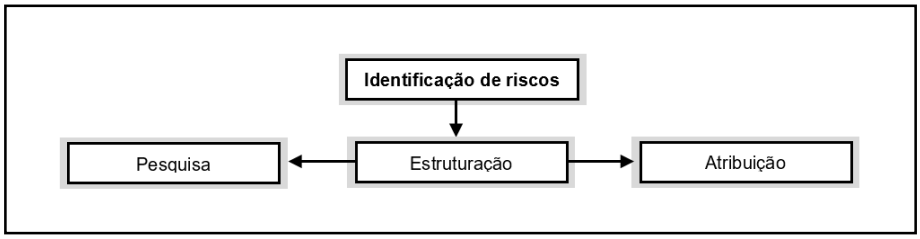


Fig. 2.30 – Representação esquemática da fase de identificação de riscos (adaptado de Sousa, 2012)

No que se refere à análise de risco, realça-se o facto de esta ser a componente da avaliação que permite uma melhor compreensão do comportamento do sistema, relativamente ao impacto dos potenciais processos perigosos, e uma estimação do valor do risco. Em consonância com a definição geral, indica-se a necessidade de estimar as probabilidades e as consequências associadas aos acontecimentos identificados e aos cenários de risco correspondentes. Destaca-se o facto de o conceito de cenário apresentar duas definições possíveis, designadamente (Almeida, 2011):

- Conjunto de condições (fatores de risco) selecionadas, que estabelecem variáveis envolventes, integrando a ocorrência do evento iniciador ou de um conjunto de eventos iniciadores da resposta do sistema;
- Sequência de causas-efeitos (resposta) do sistema, provocada por um evento iniciador, até ocorrer um efeito ou consequência.

Uma vez identificados os riscos, torna-se necessário "desenvolver a compreensão sobre os riscos" (ISO 31000:2009), destinando-se a análise dos riscos a cumprir este objetivo. A análise dos riscos inclui a determinação de cada risco, o respetivo nível, a eventual multidimensionalidade, a consideração das fontes e origens dos riscos, as potenciais consequências (positivas e negativas) e a respetiva verosimilhança. Os fatores que influenciem as consequências ou a verosimilhança devem identificar-se, ponderando-se a eficiência e a eficácia das medidas de controlo, envolvendo tarefas de estudo e de combinação (Figura 2.31). A análise de riscos, na generalidade dos casos, revela-se a etapa mais difícil de executar, a que mobiliza mais recursos e a que mais influencia as decisões tomadas. Os resultados da análise de riscos suportam a avaliação dos riscos, encontrando-se na base das decisões relativas à necessidade de tratamento do risco, e na definição de estratégias e de métodos de tratamento.

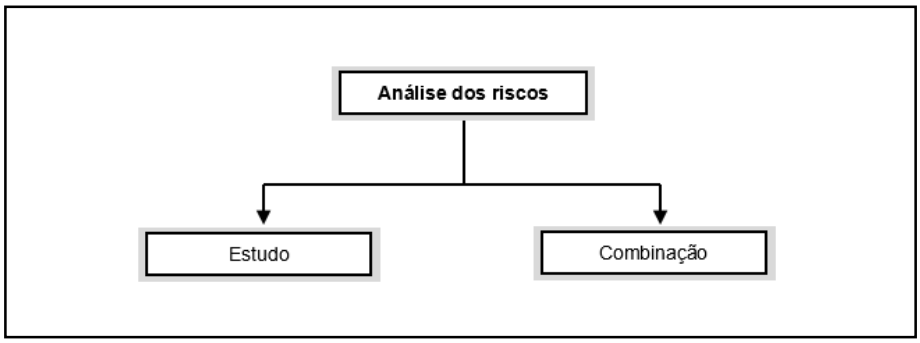


Fig. 2.31 – Representação esquemática das tarefas da fase de análise de riscos (adaptado de Sousa, 2012)

A análise de riscos pode classificar-se, de acordo com o tipo e a natureza das abordagens para determinar a verosimilhança e as consequências, em (ISO 31000:2009 e ISO/IEC 31010:2009):

- Análise quantitativa;
- Análise qualitativa;

- Análise semiquantitativa.

A classificação do tipo de análise e das ferramentas existentes para auxiliar a análise dos riscos não se revela consensual, podendo a forma como a ferramenta se aplica alterar a respetiva classificação. Na literatura técnica, podem encontrar-se as ferramentas e técnicas de análise de risco classificadas de diversas formas, por diferentes autores (Sousa, 2012). Considerando a fonte de informação utilizada, a análise do risco pode classificar-se, segundo a sua natureza, em (Adams, 2006):

- Objetiva;
- Subjetiva.

A estimação dos valores dos riscos associados a cada cenário pode apoiar-se em diferentes métodos, com diversos níveis de exigência, rigor e natureza (quantitativos. semiquantitativos e qualitativos). A opção por um determinado método, em detrimento de outros, depende de vários fatores, designadamente a complexidade envolvida, os recursos e os dados disponíveis e a importância da situação de risco. Salientam-se três métodos aplicáveis à análise do risco (Almeida, 2011):

- Análise de Árvore de Falhas (AF) – Representação gráfica das combinações lógicas dos fatores que podem constituir as causas de uma falha na segurança ou no comportamento de uma determinado componente ou de um subsistema. As diversas cadeias de causalidade convergem para o acontecimento resultante (processo "dedutivo");
- Análise de Árvore de Eventos (AE) – esquematização das sequências causais, mutuamente exclusivas, de eventos possíveis, provocados por um evento ou acontecimento iniciador, podendo conduzir a consequências (processo "indutivo");
- Análise de Causa-Consequência – Combinação das técnicas de árvores de falhas e de eventos, baseada num evento crítico iniciador.

A análise da fiabilidade de sistemas (ou estruturas), designadamente a estimação de probabilidades de falha ou insucesso, efetua-se através de métodos de cálculo de fiabilidade (MCF). Baseiam-se na definição de uma função de desempenho que depende das variáveis de base que caraterizam os parâmetros de ação e de resistência da componente em análise. A probabilidade de falha corresponde à probabilidade de o valor da ação exceder o valor da resistência (Almeida, 2011).

Em diversas situações, revela-se pertinente adotar metodologias simplificadas para a avaliação dos riscos, em detrimento da execução detalhada da análise quantitativa dos riscos. A matriz de risco (Figura 2.33) e os índices de risco são métodos simplificados que podem justificar-se pela importância da situação, ou quando se integram numa análise preliminar dos problemas. Estas duas abordagens destacam-se, também, como elementos de comunicação eficazes dos resultados de análises quantitativas de riscos (Almeida, 2011).

A matriz do risco é constituída por uma tabela de dupla entrada (probabilidade-frequência versus consequência), integrando uma escala de cores ou classes de valores para probabilidades e consequências (severidade). Referem-se cinco classes que podem ser selecionadas, nomeadamente "muito baixa", "baixa", "média", "alta" e "muito alta" (Figura 2.32). Os níveis de risco (apreciação) que se atribuem a cada célula da matriz relacionam-se com os níveis de probabilidade e de consequência, podendo contemplar uma eventual ponderação suplementar de apreciação (fator de aversão a riscos ou consequências elevadas). Indica-se que as escalas de entradas podem ser gamas de valores numéricos (Almeida, 2011).

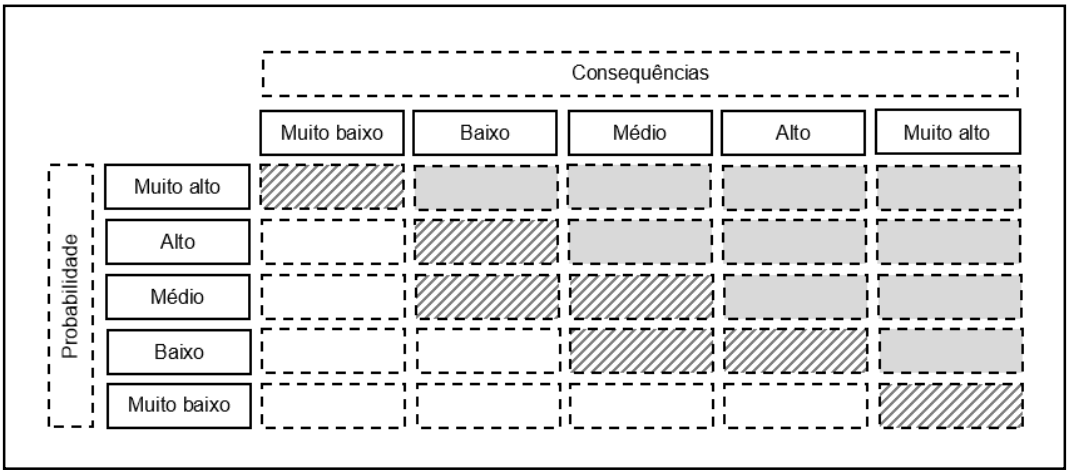


Fig. 2.32 – Exemplo de uma matriz do risco (adaptado de Almeida, 2011)

A atribuição das classificações de entrada executa-se, frequentemente, com base na opinião de especialistas e em protocolos de correspondência, designadamente entre a expressão verbal e o valor numérico da probabilidade (Vick, 1997 – Tabela 2.12). A metodologia referia apresenta limitações na definição inequívoca das escalas e na consistência da hierarquização dos níveis de risco correspondentes às células (Almeida, 2011).

Tabela 2.12 – Correspondência entre descritor verbal e probabilidades (adaptado de Almeida, 2011)

Descritor verbal	Probabilidade equivalente convencionada e gama de variação
Virtualmente (quase) impossível	0,01 (0,00 – 0,05)
Muito pouco provável	0,10 (0,02 – 0,15)
Completamente incerto (duas situações possíveis)	0,50 (0,45 – 0,55)
Muito provável	0,90 (0,75 – 0,90)
Virtualmente (quase) certo	0,99 (0,90 – 0,995)

Uma vez efetuada a análise quantitativa do risco, segue-se a apreciação do significado do valor obtido, explicitando-se algumas das questões que se colocam (Almeida, 2011):

- Relevância dos riscos estimados;
- Aceitabilidade e tolerabilidade dos riscos;
- Hierarquização dos riscos estimados.

A apreciação do risco destina-se à obtenção de informação e a um estudo devidamente sustentado em evidências demonstráveis, permitindo a tomada de decisões informadas sobre a necessidade de tratamento do risco, devendo incluir informações sobre o tipo, a natureza e o nível do risco (Sousa, 2012). Os riscos podem dividir-se em puros (apenas perdas) ou especulativos (possibilidade de ganhos ou perdas), podendo os seus impactos incidir sobre as organizações, o ambiente, a indústria, o mercado, o empreendimento ou o indivíduo. Os efeitos caraterizam-se pela verosimilhança, pela magnitude das consequências e pela sua previsibilidade (Flanagan e Norman, 1993). Apresentam-se dois aspetos fundamentais a ter em conta nos processos de apreciação do risco (Almeida, 2011):

- Natureza e âmbito das consequências:
    - Risco associado a uma empresa, instituição ou grupo particular de pessoas envolvidas na decisão;
    - Risco associado ao público, valores ambientais ou culturais relevantes, e a potenciais prejuízos relevantes na sociedade;
- Os critérios de apreciação dos riscos são resultado de opções estratégicas, económicas, éticas, culturais ou políticas, manifestadas por decisores (gestores empresariais ou autoridades com poder político). Não é possível deduzir critérios gerais de apreciação através de metodologias científicas neutras. A avaliação do risco pode informar a decisão e esclarecer as partes interessadas. A fundamentação da decisão final compete aos intervenientes.

A avaliação do risco constituí uma preparação para a fase de decisão, central no processo de gestão do risco. Explicitam-se os principais critérios de apoio à apreciação dos riscos (Almeida, 2011):

- Implementação de critérios gerais para os diferentes tipos de risco, com enfoque nos valores das probabilidades e na relevância das consequências;
- Comparação com decisões anteriores, em situações semelhantes;
- Definição de critérios caso a caso, atendendo à participação das partes interessadas.

No que diz respeito aos riscos que se referem a uma entidade ou conjunto de intervenientes envolvidos na decisão, refere-se a existência de uma margem de trabalho condicionada pela lei e pelas opções estratégicas institucionais ou provenientes de acionistas (no caso de uma empresa), para a aceitação ou não aceitação dos riscos, no cumprimento dos objetivos estabelecidos. No caso de riscos associados a consequências abrangentes, colocam-se questões de responsabilidade ética e social que ultrapassam a capacidade do decisor (Almeida, 2011).

No âmbito da implementação da gestão do risco, o conceito de tolerabilidade revela-se pertinente, associando-se, com frequência, a um princípio de atuação designado pelo acrónimo ALARP ("As Low as Reasobablt Praticable") ou ALARA ("As Low as Reasonably Achievable"). O princípio referido relaciona-se com a consideração da faixa de tolerabilidade como condicionada, necessitando-se de demonstrar que o custo correspondente a uma maior redução do risco seria muito desproporcionado relativamente ao ganho obtido. Considera-se uma forma de convocar o "bom senso", no processo de decisão. A apreciação da eventual desproporção relaciona-se com critérios de comparação, designadamente uma relação entre o benefício obtido e os custos razoáveis para o efeito, com base na experiência ou observação de decisões passadas. Quando se trata de riscos públicos, os custos apreciados como socialmente razoáveis são definidos por uma entidade que representa a sociedade, com base em decisões adotadas em situações semelhantes (Almeida, 2011).

No Reino Unido, o modelo utilizado pelo *Health and Safety Executive* (HSE), denominado por Tolerabilidade do Risco (*Tolerability of Risk* – TOR) incluí três classes de critérios (Sousa, 2012). O critério da equidade associa-se à região do inaceitável, e o critério da utilidade às restantes. O critério tecnológico refere-se como passível de complementar os restantes, em qualquer uma das regiões (Bowles, 2007). O modelo referido é uma das bases mais utilizadas para abordar a subjetividade intrínseca à gestão do risco, nas áreas da saúde e do ambiente, considerando que existem três regiões para o nível de risco, esquematizadas na Figura 2.33 (Sousa, 2012).

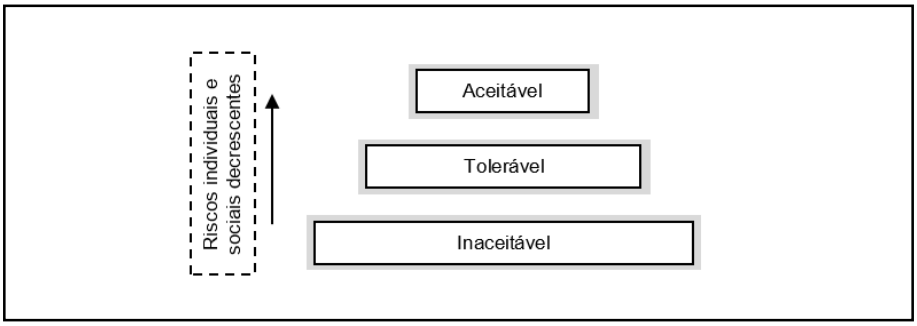


Fig. 2.33 – Representação esquemática do modelo TOR e do princípio ALARP (adaptado de HSE, 2001)

A consideração do princípio ALARP pressupõe a análise das diferenças entre sistemas judiciais, onde as questões que não são explicitamente permitidas necessitam de ser justificadas, e outros sistemas, em que tudo aquilo que não é explicitamente proibido é permitido. Nos últimos, a pressão para que se legisle tópicos isolados revela-se elevada, perdendo-se uma visão sistemática dos problemas, dificultando a aplicação abrangente de uma gestão eficaz de incertezas e riscos (Almeida, 2011).

Decisão e Tratamento do Risco

No que diz respeito à tomada de decisão (Figura 2.34), realça-se que, com base nos resultados da apreciação do risco, se torna necessário tomar decisões, explicitando-se diversos exemplos (Almeida, 2011):

- A fase que se segue à avaliação e apreciação do risco associado a determinada situação é a decisão acerca da necessidade de aplicar medidas de tratamento e mitigação do risco ou da suficiência de solução que impeçam o aumento do risco que se verifica no momento da análise;
- No dimensionamento ou projeto baseado ou informado pelo risco, define-se o nível de segurança a adotar, dando cumprimento aos critérios de aceitação, de uma forma suportável;
- Na opção pela intervenção no sentido de diminuir o risco, define-se a solução que deve ser adotada;
- Após a escolha das medidas a adotar, decide-se qual a forma mais eficaz e eficiente de implementar as medidas, considerando a participação das partes interessadas e a comunicação do risco;
- Num processo de decisão que integra alternativas com diferentes riscos, pode aplicar-se um critério de seleção ou hierarquização;
- O acompanhamento do processo implica que se decida qual o método de monitorização da evolução ou controlo da situação, para possível identificação de alterações relevantes que impliquem a revisão da decisão ou a gestão de uma situação de crise.

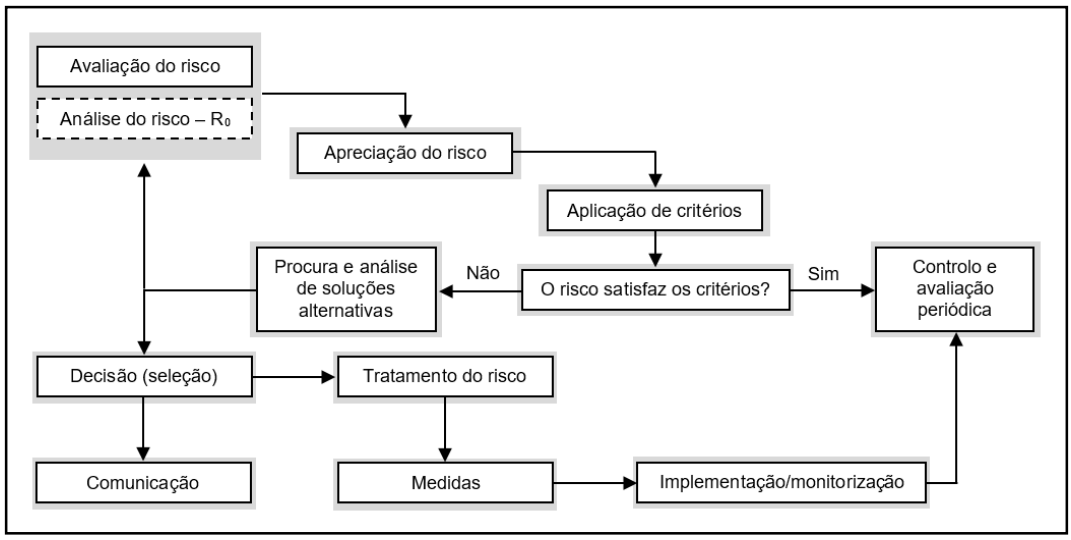


Fig. 2.34 – Processo de decisão no contexto da gestão do risco (adaptado de Almeida, 2011)

O processo de decisão pode envolver diversas alternativas e critérios (*p.ex.* benefícios, custos, impactos ambientais, valores culturais), devendo recorrer-se a técnicas de decisão e de negociação adequadas (*p.ex.* técnicas multicritério em ambiente de incerteza ou risco, teoria dos jogos), parte destas referidas na bibliografia relacionada (Peterson, 2009). As metodologias adotadas devem procurar soluções alternativas, conciliadoras de objetivos com condicionamentos éticos e legais, integrando direitos individuais, sociais ou ambientais. As soluções exclusivamente técnicas, sem impacto externo, não surgem com frequência (Almeida, 2011).

A redução do processo de decisão a uma análise custo-benefício demonstra-se suscetível de críticas, por violar procedimentos éticos. Realça-se a ponderação da admissibilidade de impor, a um pessoa ou a um grupo de pessoas, a exposição a um novo risco, como uma questão fundamental no processo de decisão (Almeida, 2011).

A seleção de medidas de tratamento do risco respeita critérios que se adequam a cada caso particular, estando condicionada pela natureza dos riscos e pela responsabilidade associada a cada situação. Num contexto empresarial, as ações a desenvolver ajustam-se às boas práticas de gestão, designadamente (Almeida, 2011):

- Técnicas de otimização;
- Análises custo-benefício;
- Análises multicritério;
- Avaliação das consequências associadas às ações desenvolvidas.

O resultado das atividades da apreciação do risco (identificação, análise e avaliação do risco) pode traduzir-se num conjunto de riscos potenciais, devidamente caraterizados, integrando a indicação sobre os riscos que deverão ser objeto de tratamento e as prioridades a observar (Sousa, 2012). A etapa de tratamento do risco "envolve a seleção de uma ou mais opções para modificar os riscos e a respetiva implementação" (ISO 31000:2009). Como representado esquematicamente na Figura 2.35, esta etapa pode dividir-se em três fases (Sousa, 2012):

- Estratégia;
- Opção;

- Formalização.

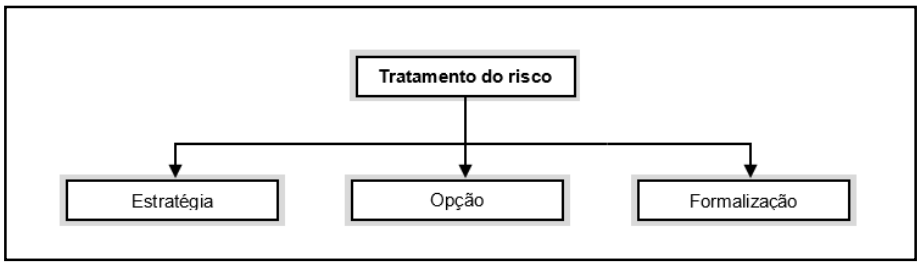


Fig. 2.35 – Representação esquemática das tarefas da fase de tratamento do risco (adaptado de Sousa, 2012)

No que diz respeito aos riscos públicos, a responsabilidade social revela-se de particular exigência. Após o reconhecimento de uma ação que permita diminuir o risco estimado, identificam-se os principais condicionamentos gerais que devem ser observados (Almeida, 2011):

- Eficácia – garantir que a medida é exequível e apresenta a capacidade de atingir os objetivos;
- Eficiência – analisar a relação entre os custos de implementação e os resultados associados à medida;
- Equidade – demonstrar que os custos sociais se repartem de forma equitativa face aos benefícios resultantes.

As questões éticas envolvidas nos processos de decisão e de seleção de medidas mitigadoras abordam-se em diversas análises detalhadas (*p.ex.*. Hanson, 2003, Ersdal e Aven, 2008). Quando se trata de riscos públicos relevantes, a participação pública na decisão pode justificar-se como um imperativo ético de, de acordo com Shrader-Frechette (Kermisch, 2007). Salientam-se potenciais dificuldades práticas da participação pública, em processos de tomada de decisão (Almeida, 2011):

- Informação e poder de decisão desiguais entre as partes;
- Modo de representação dúbia;
- Dificuldades de comunicação;
- Dificuldades de obtenção de consensos;
- Paradoxos do raciocínio humano em função da aversão ao risco;
- Organização mais exigente do processo.

A melhoria da informação sobre os riscos, a definição de responsabilidades entre as partes e o desenvolvimento de condições para uma participação justa e eficaz nos casos de riscos públicos sugerem-se como orientações cruciais na abordagem ao risco (Almeida, 2011).

As medidas (estruturais ou não estruturais) podem ser classificadas em duas classes, de acordo com a finalidade da intervenção no processo em análise, particularmente na forma como incidem nos fatores da expressão que define o risco ($Risco = P \cdot E \cdot V$). Explicita-se, seguidamente, as duas classes de medidas (Almeida, 2011):

- Medidas de prevenção – Incidem na perigosidade (P) do processo, permitindo a diminuição da magnitude e/ou da probabilidade do evento iniciador;
- Medidas de proteção – Incidem na exposição (E) ou na vulnerabilidade (V) dos elementos, face ao processo perigoso, podendo ser:
    - Próximas – incidem em cada elemento;
    - Afastadas – incidem sobre um conjunto de elementos.

A diminuição do risco através de medidas de mitigação pode associar-se a custos sociais muito diferentes. Considerando-se a ocupação de uma zona exposta ao risco, sintetizam-se algumas ideias relativamente a possíveis medidas a adotar (Almeida, 2011):

- Medidas de proteção baseadas no condicionamento da ocupação por pessoas e bens – resulta na diminuição do valor da exposição (E), diminuindo teoricamente o risco. Associa-se ao custo da restrição do usufruto da zona em causa, com prejuízos económicos e sociais;
- Medidas de proteção baseadas na diminuição da vulnerabilidade (V) – permitem diminuir o risco, sem restrição do usufruto da zona. Apresenta custos estruturais potencialmente elevados e uma eficiência discutível;
- Medidas de prevenção, de eliminação ou de diminuição da perigosidade (P) – poder-se-iam revelar ideais, mas, eventualmente, apresentam custos estruturais e de manutenção desproporcionados.´

A utilização de seguros contra acidentes não evita a ocorrência de desastres nem as consequências associadas, mas pode mitigar o problema financeiro decorrente da situação. A transferência do risco pode proteger financeiramente o segurado (Almeida, 2011).

Salienta-se que a aplicação das medidas e a evolução do comportamento dos sistemas devem ser monitorizados de forma adequada. A qualidade de uma análise e gestão do risco relaciona-se com a estimação de probabilidades e dos valores dos danos. A existência de dados históricos refere-se como um contributo para a qualidade dos resultados (Almeida, 2011).

A comunicação entre técnicos, aos decisores, às partes interessadas e ao público em geral, identifica-se como uma componente de importância relevante, na decisão e na gestão do risco. Elencam-se, no caso dos riscos públicos, os objetivos da comunicação do risco (Almeida, 2011):

- Alertar e orientar pessoas numa situação de risco, em caso de acidente;
- Potenciar a participação do público nas medidas de decisão;
- Promover o diálogo construtivo em discussões e consultas públicas.

O diálogo entre o público e os especialistas não se verifica eficaz, em várias ocasiões. Recorre-se, em diversas situações, a medidores especializados ou à aquisição de conhecimentos específicos na área (Morgan *et al.*, 2002, citado em Almeida, 2011). Realça-se a representação gráfica dos resultados da análise de risco, como um auxiliar eficaz na comunicação (Almeida, 2011).

O processo de decisão deve traduzir-se em soluções fundamentadas. A abordagem a um problema e os pressupostos estabelecidos (opções concetuais que podem condicionar os resultados) devem verificar-se claros e consistentes. A análise e a gestão do risco devem caraterizar-se pela flexibilidade de pensamento na seleção de cenários, evitando-se esquemas rígidos de análise e cálculo, que se repetem, podendo não abranger situações potencialmente perigosas associadas a um caso novo. A flexibilidade referida pode traduzir-se numa eventual dispersão de metodologias aplicáveis. A integração do risco no processo de decisão implica a consideração de dois tipos de fatores (Almeida, 2011):

- Probabilidade de ocorrência de cenários;
- Consequências prováveis dos cenários.

A decisão que considera e introduza os fatores mencionados no processo pode designar-se como decisão informada pelo risco (Almeida, 2011).

Do ponto de vista operacional, a análise de risco pode desenvolver-se com base na eventual ocorrência de eventos, independentemente do ano preciso de ocorrência. Admitindo-se o conhecimento da

probabilidade de ocorrência anual de um determinado acontecimento, P_E, e as respetivas consequências, C_E, associadas a uma solução ou projeto a realizar, a decisão poderá incluir as seguintes questões (Almeida, 2011):

- Viabilidade económica do projeto, considerando eventuais ocorrências do evento perigoso que pode provocar uma falha no sistema;
- Seleção da solução mais adequada, do ponto de vista do risco aceitável, e do ponto de vista económico.

2.6.3.6. Período de Retorno

O período de retorno (PR) representa o intervalo de tempo "esperado" (no sentido de "esperança matemática") entre duas ocorrências sucessivas do tipo de acontecimento em causa. O valor numérico de PR corresponde ao inverso da probabilidade de ocorrência, na unidade de tempo, do período de retorno, representando um valor ponderado, entre todos os valores possíveis, para o referido intervalo. Identificam-se alguns problemas de interpretação deste conceito (Almeida, 2011):

- Possibilidade de, no uso corrente da linguagem, se considerar que, depois de uma ocorrência, o fenómeno apenas se repetirá após um período correspondente ao valor do período de retorno. Na realidade, cada fenómeno ocorre de forma independente, salientando-se que cada fenómeno não apresenta uma caráter periódico;
- O "valor matematicamente esperado" (conceito conhecido desde o séc. XVII, no âmbito dos jogos do azar) tende para o valor da média dos valores obtidos para sucessivos eventos, decorrido um período de tempo suficientemente longo. Na gestão de um risco específico, os diferentes intervenientes terão um número limitado de anos para verificar a segurança adotada (*p.ex.* 50, 70 a 100 anos). A circunstância referida altera drasticamente o significado prático e real do período de retorno.

A expressão "período de retorno" deve utilizar-se cautelosamente, em particular na comunicação com o público. Indica-se a possibilidade da existência de razões psicológicas, sociológicas ou históricas, para o uso corrente da expressão e do período de retorno de 100 anos, nomeadamente na legislação. O uso da expressão na comunicação poderá verificar-se negativa, referindo-se a existência de estudos de perceção social (*p.ex.* Shimokawa e Takeuchi, 2000, citado em Almeida, 2011) que demonstram que apenas uma pequena minoria da população apresenta um entendimento correto da probabilidade de ocorrência com base no período de retorno (Almeida, 2011).

Na avaliação dos níveis de segurança e de risco, devem considerar-se horizontes de análise e apreciação de 50, 70 a 100 anos. A tabela 2.13 reflete os valores das probabilidades de ocorrência de um ou mais eventos nos períodos de 25, 50 e 75 anos, correspondentes a quatro probabilidades anuais de ocorrência distintas. A indicação do número de anos correspondente a uma probabilidade de ocorrência, de 50% apresenta-se como uma forma alternativa de caraterizar o nível de risco (Almeida, 2011).

Tabela 2.13 – Síntese de probabilidades de ocorrência de um ou mais eventos (adaptado de Almeida, 2011)

	Período de Retorno			
Período de Tempo	10 anos	25 anos	50 anos	100 anos
25 anos	0,928 (93%)	0,639 (64%)	0,396 (40%)	0,222 (22%)
50 anos	0,995 (99%)	0,870 (87%)	0,636 (64%)	0,395 (40%)
70 anos	0,999 (99%)	0,953 (95%)	0,780 (78%)	0,529 (53%)

No que se refere à definição de critérios de dimensionamento de estruturas hidráulicas específicas, deve ter-se em consideração a perspetiva mais lata do horizonte temporal de análise, particularmente no cado de esses critérios se associarem a um risco de falha operacional ou de segurança que se equaciona caraterizar ou intervir (Almeida, 2011).

2.6.3.7. Princípio da Precaução

A interação da gestão dos riscos com o princípio da precaução, nas suas diferentes formulações, apresenta-se como um desafio. O processo de decisão e a gestão do risco podem basear-se em elementos incompletos de uma avaliação, no caso da identificação do problema ou ameaça, justificando-se com base em critérios de apreciação do poder de decisão. Numa avaliação do risco, podem colocar-se as seguintes situações (Almeida, 2011):

- Conhecimento certo das probabilidades e das consequências – situação pouco frequente;
- Incertezas na estimação das probabilidades ou das consequências – situação frequente;
- Desconhecimento das probabilidades e das consequências – situação de ignorância completa.

O princípio da precaução pode invocar-se nas duas primeiras situações, estruturando-se a respetiva aplicação com base em três variáveis, inter-relacionadas e geridas pelo decisor (Almeida, 2011):

- Gravidade do dano;
- Nível de conhecimentos;
- Eventual solução.

Identifica-se a incerteza como um fator relevante para a aplicação do princípio da precaução, uma vez que a determinação do risco, com base numa análise quantitativa, pode revelar-se problemática ou impossível. A decisão ajustada a situações deste tipo, considerando o tipo de consequências e o respetivo impacto social, é uma decisão política, considerando o que se admite como tolerável pela sociedade e o referencial ético adotado (Ersdal e Aven, 2008, Morris, 2002, citados em Almeida, 2011). O princípio da precaução deve promover uma avaliação científica o mais completa possível, identificando-se, em cada etapa, o grau de incerteza. A problemática do princípio da precaução assume particular relevância em situações de ameaça da saúde pública e do ambiente, referindo-se a perceção pública e a comunicação do risco como fatores importantes na apreciação, no impacto social e nas decisões políticas relacionadas (Almeida, 2011).

2.6.3.8. Desafios da gestão do risco

A análise e a gestão do risco apresentam desafios em diferentes âmbitos de implementação, marcando a diferença entre:

- Cumprimento e verificação de procedimentos normalizados;
- Identificação e caraterização de comportamentos de sistemas específicos, em eventuais futuras situações limite.

A caraterização, a modelação e a interpretação, segundo os melhores procedimentos disponíveis, identificam-se como cruciais para fundamentar a estimação dos valores expectáveis das consequências, contextualizados nos cenários selecionados. A análise integra a estimação de probabilidades de ocorrência de acontecimentos de diferentes tipos, não se verificando a existência de registos de

ocorrência de parte deles. Realça-se que este tipo de análise exige uma visão integrada dos problemas (Almeida, 2011).

Diversos investimentos, relacionados com a segurança e proteção contra riscos públicos, dificilmente se realizariam em plenitude pela iniciativa privada dos cidadãos ou das empresas, uma vez que o retorno direto se verifica escasso e de difícil justificação. As metodologias de análise quantitativa do risco podem desenvolver-se e aplicar-se, em primeira análise, como instrumentos científicos neutros. No entanto, a gestão do risco público envolve a componente política (representação da sociedade). Em contexto empresarial, consideram-se a componente estratégica e as condicionantes ético-legais (Almeida, 2011).

Em processos de decisão associados a riscos públicos, realça-se um aspeto de particular relevância: a gestão de acontecimentos extremos, associados a probabilidades muito reduzidas e elevadas consequências. Nestes casos, os riscos ultrapassam as fronteiras políticas, colocando em exposição diversas regiões a nível mundial, constatando-se que a previsão de consequências catastróficas tende a sobrepor-se ao efeito moderador das probabilidades baixas. A gestão de vulnerabilidades (medidas de proteção antecipadas, para redução da vulnerabilidade) tende a aplicar-se, identificando-se uma atitude pessimista, por parte do decisor, face ao risco, tendendo a observar o princípio da precaução (Almeida, 2011).

Apresentam-se diversas vantagens da implementação de um processo de gestão dos riscos (Almeida, 2011):

- Consideração das incertezas como um fator central de análise;
- Incorporação da avaliação das consequências identificadas;
- Promoção do trabalho de equipas multidisciplinares e comunicação entre especialistas;
- Melhoria do conhecimento dos sistemas em análise;
- Exigência de uma visão integrada da problemática da segurança;
- Aperfeiçoamento da informação sobre o risco e segurança, associado ao alargamento de capacidades de comunicação, relativas ao processo e à preparação de elementos de apoio à decisão sustentada;
- Orientação de ações e hierarquização de prioridades, através de critérios que envolvem os parâmetros:
    - Risco;
    - Custo.

O processo de análise e gestão do risco pode implementar-se a escalas de intervenção diferentes, designadamente (Almeida, 2011):

- Projeto específico;
- Empresa ou instituição privada de fornecimento de produtos e serviços;
- Regional ou nacional.

A aplicação de um processo integrando a de gestão do risco pode revelar-se difícil de concretizar, particularmente pela existência de outros modelos, tradicionais ou alternativos, para a gestão da segurança, podendo a compatibilização entre ambos apresentar dificuldades. As administrações podem optar por implementar versões simplificadas da gestão do risco, designadamente procedimentos técnicos parcelares. As novas tecnologias da informação permitem uma informação dos riscos, mais completa e eficaz, ao público em geral, possibilitando a implementação de sistemas de proteção civil integrados, de previsão e aviso (Almeida, 2011).

Salienta-se que a experiência internacional demonstra que o processo de gestão do risco não deve considerar-se como uma substituição completa de metodologias de decisão tradicionais, que apresentam vantagens em diversas situações. A conjugação de metodologias permite obter mais eficácia no processo de gestão. Considera-se mais adequada a designação de "projeto informado pelo risco" do que "projeto baseado no risco" (Almeida, 2011).

A análise quantitativa do risco não incorpora todas as dimensões do risco nem permite a previsão rigorosa do futuro, contudo pode representar um instrumento eficaz, numa gestão sustentável e na previsão de situações adversas. A quantificação do risco, através da mensuração da perigosidade e das consequências, representa um desafio para a ciência e para a técnica. Realça-se que a análise do risco não pode identificar a solução mais acertada em cada circunstância, cabendo aos decisores e às partes interessadas a opção final, de acordo com valores culturais, princípios éticos e quadros legais em vigor (Almeida, 2011).

Os benefícios sociais associados aos processos de gestão do risco podem ser potenciados com a incorporação integrada dos procedimentos nas tomadas de decisão, em detrimento de intervenções isoladas. De uma perspetiva prática, identificam-se dois aspetos cruciais para a eficácia da implementação do processo de gestão do risco (Almeida, 2011):

- Definição de pressupostos;
- Identificação de cenários a analisar.

O processo de gestão do risco classifica-se como de elevada exigência, salientando que, em diversas situações, as incertezas podem revelar-se significativas, dotando a investigação de novos conhecimentos. A gestão dos ricos admite as incertezas identificadas e impulsiona a procura da minimização das mesmas, tendo como referências as potenciais consequências de cada decisão e a perceção das mesmas.

2.6.4. Análise de Risco e Fiabilidade

2.6.4.1. Abordagem Geral

Os problemas de decisão da sociedade revelam-se múltiplos e de dificuldade acrescida, com decisões associadas a elevadas incertezas e consequências extremas (Faber, 2002). A avaliação de riscos, integrada na análise da decisão, apoia a tomada de decisão, sujeita a incerteza e a disponibilidade incompleta de informação. Através desta avaliação, podemos considerar, de forma consistente, o efeito da incerteza nos riscos, procurando responder aos desafios (Faber, 2009):

- Estimativa do risco associado a determinada atividade;
- Abrangência da redução e/ou mitigação dos riscos;
- Custos associados à redução/mitigação dos riscos;
- Equilíbrio entre os riscos aceitáveis e a disponibilidade de meios económicos.

Em engenharia, a conceção encontra-se sujeita a incerteza, evidenciando-se que o grau de certeza associado aos diferentes parâmetros e à adequabilidade dos modelos aplicados não é 100%. O fator de segurança pode utilizar-se como forma de integrar a incerteza e o risco, mas desconhece-se, em determinadas circunstâncias, o nível de risco associado a cada fator de segurança. Embora se reconheça que o aumento do fator de segurança provoca um decréscimo do risco, desconhece-se, muitas vezes, o nível de risco associado a cada fator de segurança (Johnson, 1992).

Concetualmente, a fiabilidade associa-se à ideia de operação bem-sucedida, à ausência de falhas ou à disponibilidade dos equipamentos. A fiabilidade corresponde à probabilidade de determinado item cumprir a sua função, em conformidade com os condicionalismos previamente estabelecidos, no que diz respeito ao tempo, condições de serviço e especificação de falhas (Machado, 2014). Johnson (1992) refere que a probabilidade de falha se encontra particularmente dependente da definição de falha. A falha pode considerar-se uma rotura, o deficiente funcionamento ou outras formas de desempenho que não correspondam aos objetivos da estrutura ou sistema.

A análise de fiabilidade desenvolveu-se e aplicou-se em diversas indústrias (aeronáutica, nuclear, indústria química, construção) e no meio científico, considerando-se parte da análise de decisão, comumente referida como avaliação do risco. O objetivo inicial das técnicas de fiabilidade associa-se à estimativa do ciclo de vida útil de uma componente, garantindo um nível de segurança adequado e um desempenho satisfatório da componente, no sistema (Henriques, 1988).

A avaria associada a um determinado sistema define-se como a cessação da capacidade de um bem realizar a sua função específica, identificando-se a necessidade de precisar o conceito de função específica. Não deverá entender-se que um equipamento se encontra avariado quando o seu funcionamento é interrompido, mas quando este deixa de realizar a sua função de acordo com as condições específicas estabelecidas. Um determinado equipamento poderá funcionar em condições deficientes/insuficientes, conduzindo à intervenção dos serviços de manutenção, considerando-se que ocorreu uma avaria. Genericamente podemos referir uma avaria como a inaptidão de um bem atingir um determinado nível de desempenho. Realça-se a necessidade de funções requeridas de um equipamento e respetivos valores padrão, segundo as seguintes vertentes (Trindade, 2012):

- Capacidade de produção;
- Qualidade do produto;
- Nível de serviço;
- Impacto ambiental;
- Economia de operação;
- Segurança.

A abordagem a metodologias de análise de risco e fiabilidade, baseada em diferentes técnicas de determinação probabilística do risco, aborda-se no sentido de elaborar o estado da arte desta área, tendo em conta perspetivas que possam aplicar-se a futuros casos de estudo, constituindo metodologias suficientemente abrangentes para serem aplicadas a outros sistemas.

2.6.4.2. Estatística – Abordagem Concetual

Laurent (2009) refere que o método estatístico se aplica nos casos em que a variação dos fatores não pode ser inteiramente controlada, considerando este como o método das ciências de observação. A informação fornecida pela observação, um vez que se baseia num universo limitado de dados, apenas permite formular um juízo por indução, através de um "processo logicamente arriscado", que se carateriza pela retirada de conclusões gerais, partindo de informações incompletas e particulares. Os técnicos encontram-se conscientes da imprecisão de conclusões formuladas em semelhantes condições, salientando-se a preocupação de a reduzir. Refere-se que alguns autores definiram a estatística como o "método de medida da imprecisão das conclusões indutivas" (Laurent, 2009).

A estatística pode dividir-se em dois grupos: Estatística Descritiva e Estatística Inferencial. A estatística descritiva considera a população e a amostra indistintamente, com o objetivo de as descrever, numérica ou graficamente. A estatística tem-se definido como a ciência para a tomada de decisões baseadas em

incertezas, ou seja, num conjunto de informações incompletas. Para a tomada de decisões sobre a população, seleciona-se uma amostra aleatória simples retirada da população, inferindo-se sobre as caraterísticas da população. A estatística inferencial baseia-se no estudo de amostras, no sentido de possibilitar a retirada de conclusões sobre a população de onde elas se retiraram (Fernandes, 1999).

Atualmente, depois de uma longa evolução cuja origem remonta a Pascal (1623-1662), o pensamento estatístico direciona-se mais para os riscos e perdas económicas, o que implica uma decisão fundamentada em informação que, pela sua natureza, não pode ser exaustiva. A aplicação de métodos estatísticos a domínios concretos coloca problemas que transcendem a estatística matemática (disciplina puramente formal, em que se estuda o número, à margem de qualquer referência à coisa numerada). As ferramentas desenvolvidas em Laurent (2009) utilizam-se para tratar dados numéricos que caraterizam elementos concretos, que apresentam, *a priori*, particularidades associadas à sua natureza física. A aplicação da estatística matemática, considerada como uma teoria de inferência e/ou teoria de decisão, pressupõe um acordo prévio sobre determinados princípios de "estatística descritiva". A estatística descritiva (disciplina pouco considerada pelos estatísticos modernos) deveria direcionar-se para a descrição dos conjuntos, para a sua comparação e para os "métodos de aproximação" dos conjuntos. Estes métodos consideram conjuntos mais simples, dotados de um significado objetivo, como resumos ou sistemas de referência (Laurent, 2009).

A estatística descritiva, como método, vocaciona-se para a resolução de problemas que, rigorosamente, são irresolúveis, alcançando a solução apenas com recurso a determinadas convenções. Não é possível atribuir-se, aos resultados a que as referidas convenções conduzem, um valor absoluto, salientando-se que os resultados obtidos em estatística matemática são função das convenções adotadas em estatística descritiva, devendo a interpretação efetuar-se em função delas. A adoção das referidas convenções realiza-se em função da natureza do domínio estudado e do modo como se pretende que o instrumento estatístico expresse a informação recolhida, permitindo dar sentido a questões mal definidas. Salienta-se que a delimitação e definição da unidade estatística, sobre a qual deve incidir a enumeração e investigação estatística, implica um recorte do real pelo estatístico, cujo ajustamento tem problemas específicos associados (Laurent, 2009).

As tabelas e gráficos apresentam como objetivos a organização da informação e a disponibilização de uma representação visual dos dados. Além destes elementos, refere-se a existência de caraterísticas de uma distribuição de valores (valor central e dispersão), que podem resumir-se através de determinadas quantidades, designadas por "estatísticas descritivas" (ponto médio, mediana, moda, média, amplitude, desvio padrão e variância). As medidas centrais e de dispersão facultam informação básica relativa a dados univariados, ainda que incompleta. No caso de duas variáveis, as medidas referidas revelam-se insuficientes para as descrever, realçando-se o interesse de uma possível ligação entre elas, adequando-se as medidas de associação. Abordam-se de, forma sistemática, os conceitos referidos (Fernandes, 1999):

- Medidas de Tendência Central:
    - Ponto Médio (X_m) – valor que se encontra a meio caminho entre a menor e a maior das observações de uma lista;
    - Média (aritmética) ($\bar{X}$) – valor que resulta do quociente entre a soma de todas as observações e o número de observações;
    - Mediana – valor típico, ponto central das observações quando estas não se encontram agrupadas e já estão colocadas por ordem crescente;

  - Moda – valor mais frequente, que ocorre com maior frequência entre as observações de uma lista. As observações devem colocar-se por ordem crescente e uma lista pode ser *unimodal*, *bimodal* ou *multimodal*.
- Medidas de Dispersão:
  - Percentil de ordem p – valor abaixo do qual estão p por cento dos valores (encontrando-se os restantes acima dele) de um conjunto de observações de uma variável. A mediana é o percentil de ordem 50 (segundo quartil), referindo-se ainda o percentil de ordem 25 (primeiro quartil) e o percentil de ordem 75 (terceiro quartil);
  - Amplitude – diferença entre a maior e a menor das observações num conjunto de valores, que mede a dispersão total dos valores do conjunto;
  - Variância (s^2) – média aritmética dos quadrados dos desvios das observações em relação à média;
  - Desvio padrão (σ) – raiz quadrada da variância;
- Medidas de Associação:
  - Coeficiente de correlação (r) – valor obtido pelo quociente entre a média dos produtos dos desvios de cada uma das variáveis relativamente à sua média e o produto dos desvios padrões das variáveis. Mede a associação entre duas variáveis;
  - Coeficiente de determinação (r^2) – proporção da variância de uma variável, que pode ser explicada pela dependência linear na outra variável. Mede a associação linear.

No que se refere à análise estatística, Laurent (2009) reúne um conjunto de noções fundamentais para a aplicação do método estatístico na indústria, das quais se apresenta, sinteticamente, uma parte:

- Conjunto estatístico – coleção de efetivo, finito ou infinito, enumerável ou não enumerável, constituído por elementos (objetos, medidas, observações, acontecimentos, amostras, populações, enunciados, conjuntos) que se designam por membros;
- Frequência – pode dividir-se em frequência absoluta (número total entidades do conjunto) e frequência relativa (fração do conjunto que apresenta determinadas caraterísticas);
- Acontecimentos – realização de um fenómeno (facto observável);
- Espaço de amostra – o conjunto de acontecimentos (acontecimentos elementares fundamentais) considerados por todos os ensaios de uma categoria de ensaios constituem o espaço de amostra fundamental;
- Probabilidade – referem-se duas abordagens distintas do conceito:
  - Matemática pura – função aditiva de conjuntos;
  - Matemática aplicada – símbolo matemático submetido às regras do cálculo definidas pelos axiomas do "´Cálculo de Probabilidades"; valor numérico associado a esse símbolo;
- Variável aleatória – função (mensurável) definida no espaço de amostra fundamental (ou outro) e também uma grandeza que toma um valor bem definido para cada ensaio/experiência de uma categoria. Os valores numéricos que adquire induzem uma partição do espaço de amostra. Pode designar-se pelo valor tomado por uma grandeza que se observa no resultado de um ensaio. O conjunto de valores tomados por uma variável aleatória num conjunto de ensaios pode considerar-se uma "população", designada por população ou universo de referência. A observação de uma variável aleatória considera-se uma tiragem ao acaso duma unidade da população de referência. Esta tiragem fictícia apresenta a população de referência como o espaço de amostra, sendo a variável aleatória o elemento genérico dessa população de referência.

Laurent (2009) salienta que, da mesma forma que a noção de um espaço abstrato independente do seu conteúdo físico não se apresenta concebível no quadro da física moderna, também um sistema de referência estatística e probabilística apenas aparenta ter significado sendo solidário com um domínio concreto e bem determinado de aplicação. O tratamento estatístico de informação técnica, tendo em conta o caráter físico e a métrica das grandezas sobre as quais incidem as medidas, os mecanismos que se encontram na origem da sua dispersão, o recorte estatístico do mundo físico (proveniente do movimento dialético entre "físico" e "estatístico", *a priori* e *a posteriori*, experiência e hipótese) justificaria, segundo este autor, a criação de uma disciplina autónoma que poderia designar-se por "Estatística Operacional".

Reforça-se a perspetiva que, para diversos autores da corrente moderna, a estatística representa mais um ramo da matemática do que uma disciplina que apresenta a matemática como instrumento, referindo-se que o objeto se desloca dos fins para os meios, residindo o interesse mais no formalismo abstrato do que no conhecimento dos fenómenos menos reais. Nos dias de hoje, a estatística analisa os dados reais, partindo de modelos probabilísticos colocados *a priori* do que edifica esses modelos, baseando-se numa análise simultaneamente empírica e racional dos dados experimentais, de acordo com uma metodologia propriamente estatística (Laurent, 2009). Segundo este autor, os dados encaram-se, frequentemente, como "sombras graduadas" e "realizações imperfeitas" de um mundo numeral de modelos matemáticos, em detrimento de se considerarem os modelos como resultado da formalização e da aproximação das realidades do mundo dos fenómenos. A inversão desta tendência deveria possibilitar um novo universalismo estatístico, fundamentado numa síntese da teoria da informação, da teoria dos grupos, da teoria da utilidade, da geometria integral, da teoria da complexidade computacional, do estruturalismo e da estatística (Laurent, 2009).

2.6.4.3. Distribuições Estatísticas

A distribuição normal ou distribuição de Laplace-Gauss, também designada por "curva em sino", "lei dos erros", "lei gaussiana" ou "segunda lei de Laplace", ocupou, no decorrer de um alargado período de tempo, um papel exclusivo na estatística. A extensa aplicação deveu-se ao sucesso no estudo de erros de observação, à simplicidade das manipulações algébricas que utiliza e ao caráter concreto dos parâmetros de que depende (média e desvio quadrático). Refere-se que uma das propriedades da lei normal é que toda a função linear de variáveis normais é, ela própria, normal. Indica-se que um dos pressupostos mais disseminados consiste em admitir que todas as distribuições encontradas na prática se verificam, sensivelmente, gaussianas. Apresentam-se as condições suficientes, mas não necessárias, para que a distribuição de uma determinada grandeza tenda para ser gaussiana (Laurent, 2009):

- A grandeza resultar da soma dos efeitos de um número elevado de causas independentes de variação;
- O efeito de cada uma das causas ser independente do efeito das outras;
- O efeito de cada uma das causas ser pequeno em relação à soma dos outros efeitos.

Na situação em que se reconheça que os dados observados não provêm de uma população gaussiana, deve tentar-se associar os dados a outro tipo de distribuição. A formulação de uma determinada hipótese sobre a forma analítica da lei de distribuição do caráter estudado refere-se como uma primeira etapa necessária à análise dos dados experimentais (excluindo-se determinados métodos não paramétricos). A formulação deve fundamentar-se num conhecimento técnico dos fenómenos e na representação através de um modelo matemático. O estudo pode direcionar-se para uma revisão de hipóteses formuladas a respeito da origem e das causas das variações aleatórias e dos mecanismos dos respetivos efeitos, do

ponto de vista do seu número, da sua dependência e respetivas propriedades de atividade (Laurent, 2009).

No que diz respeito às distribuições estatísticas, Laurent (2009) sugere que se procure, teórica ou empiricamente, se a substituição por uma nova variável, função simples da antiga (raiz, quadrado, cubo, inversa, logaritmo) não conduz a distribuição em estudo a uma distribuição conhecida, interpretando-se concretamente os fenómenos estudados. Refere-se que Robert Gibrat (1904-1980) estudou o caso em que o efeito dos fatores aleatórios se revelavam proporcionais ao valor assumido pela grandeza que afetavam, derivando desse fato o nome "lei do efeito proporcional", atribuído à correspondente distribuição. A distribuição torna-se normal na situação em que se atribui à nova variável o logaritmo de uma função linear da variável primitiva. Esta distribuição, vulgarmente designada por "lei ou distribuição de Gibrat" carateriza um elevado número de dados industriais correntes. Salienta-se que, mesmo quando as mudanças de variáveis representam apenas artifícios, devem ser tidas em conta, uma vez que é relevante a simplicidade de cálculos aos quais dá origem a utilização de distribuições já conhecidas, particularmente a lei normal (Laurent, 2009).

2.6.4.4. Métodos de Análise de Risco e Fiabilidade

As metodologias de avaliação de riscos devem revelar-se suficientemente detalhadas, possibilitando uma hierarquização adequada dos riscos e respetivo controlo. A estimativa do risco pode efetuar-se segundo diferentes métodos (Mendonça, 2013):

- Métodos de avaliação qualitativos – baseiam-se em históricos de dados estatísticos de cada risco ou na opinião experienciada, adequando-se a situações mais simples. Uma avaliação de riscos pode iniciar-se por uma avaliação qualitativa, sendo, posteriormente, complementada por outros métodos;
- Métodos de avaliação quantitativos – direcionam-se para a obtenção de um valor numérico da magnitude do risco, recorrendo-se a técnicas sofisticadas para o cálculo de probabilidade, integrando dados sobre as variáveis em análise. A avaliação quantitativa pode revelar-se consideravelmente onerosa e implicar bases de dados experimentais ou históricos com adequada fiabilidade e representabilidade (Roxo, 2006);
- Métodos de avaliação semiquantitativos – utilizam-se quando os métodos qualitativos se revelam insuficientes para a caraterização adequada do risco e os métodos quantitativos envolvem meios demasiados onerosos. Nestes casos obtém-se a magnitude do risco, a partir da estimativa da frequência do risco e da gravidade esperada para as consequências.

2.6.4.5. Ferramentas e Técnicas de Identificação de Eventos

No que se refere às técnicas de identificação de eventos (*Hazard Identification Techniques*), referem-se diversos modelos, com base em Matos (2015) e Almeida (2011), designadamente:

- Análise Preliminar de Riscos (APR) (*Preliminary Hazard Analysis – PHA*)*;*
- FMEA (Failure Modes and Effects Analysis;
- FMECA (Failure Modes and Effects and Criticality Analysis);
- HAZOP (Hazard and Operability Studies);
- HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points);
- Históricos de dados (*databanks*);
- Metodologia Delfos – técnica de recolha estruturada das opiniões de um grupo de especialistas.

A APR executa-se no decorrer da fase de conceção dos projetos, numa base qualitativa, com o objetivo de identificar os principais riscos associados ao sistema ou atividade, integrando as causas e as consequências. Apresenta-se, muitas vezes, sobre a forma de tabela e apresenta uma lista de (Matos, 2015):

- Elemento/fenómeno/atividade;
- Evento inicializador;
- Especificações da situação de risco;
- Cenários de eventos que podem provocar falhas, consequência da situação de risco;
- Especificação das falhas;
- Especificação das consequências;
- Medidas de tratamento de risco.

Referida como uma análise semiquantitativa de identificação e análise de perigos, a APR utiliza-se, frequentemente, no decorrer da fase de conceção e desenvolvimento de um sistema, identificando os perigos que poderão surgir na fase operacional e definindo requisitos de segurança com maior rigor. Realça-se a utilidade deste método no que se refere à revisão geral de sistemas em operação, possibilitando a deteção de perigos não identificados (Aubry *et al.*, 2007). Regra geral, a APR precede métodos mais detalhados, considerando-se que não representa um método muito aprofundado. Por se aplicar em fases preliminares, pode verificar-se a escassez de informação sobre diferentes procedimentos e detalhes. A análise permite identificar perigos que se poderão traduzir em eventos indesejados, definindo cenários de acidentes e determinando os riscos do sistema. Os perigos classificam-se de acordo com a sua gravidade e frequência e delineiam-se medidas preventivas e/ou corretivas para os riscos (Ferreira, 2008).

A tomada de decisões objetivas com base na APR revela-se difícil, uma vez que a análise se efetua com base em informações subjetivas e opiniões de especialistas. Usualmente, atribui-se maior ênfase a áreas onde a frequência é mais elevada e as consequências mais gravosas. Salienta-se que a APR fornece informação relevante para a tomada de decisão (Klim, 2004).

O método de identificação de eventos APR apresenta como vantagens o facto de a sua utilização não se encontrar restrita a especialistas, de integrar a experiência e conhecimento prévios e de garantir que os problemas mais comuns não são negligenciados. Como desvantagens refere-se o uso limitado em novos sistemas (ausência de experiência), a eventual inibição da criatividade no processo de identificação de eventos e a possibilidade de serem descartados eventos que não foram previamente observados (Matos, 2015).

O conhecimento de todo o comportamento do sistema, tendo em conta o ambiente envolvente, apresenta-se como o objetivo da identificação e análise dos perigos, salientando-se a importância da realização de uma descrição do sistema, definindo fronteiras, caraterísticas das componentes e profundidade da análise (Ching-Yao *et al.*, 1999). Nesta análise, descrevem-se as envolventes operacional e ambiental, identificando-se as salvaguardas existentes para detetar ou eliminar perigos. Realça-se que, para uma identificação dos perigos eficaz, devem considerar-se todas as componentes, todos os modos de funcionamento, as operações de manutenção e as salvaguardas (Ferreira, 2008).

Desenvolvido inicialmente na indústria aeronáutica, o FMEA carateriza-se por uma divisão do sistema ou atividade em componentes ou subsistemas considerados individualmente com o objetivo de identificar (Matos, 2015):

- Componentes ou processos necessários para que o sistema cumpra a sua função;

- Modos de falha das componentes ou processos identificados;
- Possíveis causas das falhas para os modos identificados;
- Medidas de deteção, prevenção e correção das falhas identificadas;
- Consequências dos modos de falha identificados no desempenho das outras componentes e do sistema.

O FMEA revela-te uma técnica sistemática e rigorosa, que pode aplicar-se a vários tipos de sistemas e que cria um registo detalhado do procedimento de identificação de perigos. No que se refere às desvantagens, salienta-se que apenas considera os eventos ocorridos de forma isolada, em detrimento de combinações de falhas, necessita de pessoas com um conhecimento detalhado dos sistemas e pode revelar-se moroso e com encargos económicos elevados (Matos, 2015).

Referido como uma extensão do FMEA, o FMECA avalia também as consequências dos diferentes modos de falha que se identificam no sistema. As probabilidades (muito baixas; baixas; médias; altas) e as consequências (nível 1 – menor; nível 2 – significativo; nível 3 – crítico; nível 4 – catastrófico), associadas aos eventos identificados, avaliam-se de forma subjetiva, sendo possível classificar os diferentes modos de falha do sistema considerado. Esta técnica de identificação apresenta a vantagem de constituir uma abordagem comparativa dos modos de falha identificados, podendo os modos de falha críticos submeter-se a medidas diferentes. Apresenta as fragilidades de considerar os eventos de forma isolada, em detrimento de combinações de eventos, de não apresentar valores para as consequências e de não considerar a dependência do sistema (Matos, 2015).

De acordo com Ferreira (2008), o FMECA revela-se um método de análise de risco bem estruturado e fiável, na análise de sistemas. Menciona-se que o método permite identificar áreas problemáticas e modos de falha ocorridos a níveis específicos de uma instalação/sistema, e a necessidade de ações corretivas, apoiando a tomada de decisão (Wei, 1991). O FMECA carateriza-se como um método de compreensão expedita (mesmo em sistemas mais complexos), embora se saliente a dificuldade de partilha de dados entre organizações, não permitindo comparações. O método é moroso e de encargos económicos elevados, não sendo adequado na avaliação de falhas múltiplas (Ferreira, 2008).

Decorrente de uma adaptação do FMEA e integrado nas indústrias química e do processo, o HAZOP baseia-se na avaliação de cada componente do sistema considerado, no que se refere a desvios/problemas/falhas que podem revelar-se problemáticos para a sua função. Vulgarmente, os resultados sistematizam-se em tabelas, que contemplam (Matos, 2015):

- Componente;
- Descrição dos desvios/problemas/falhas;
- Causas dos desvios/problemas/falhas;
- Consequências dos desvios/problemas/falhas;
- Ações/medidas para redução de desvios/problemas/falhas e consequências.

O método HAZOP deve utilizar-se, de preferência, na fase de projeto de novos sistemas, quando já se encontram disponíveis fluxogramas de engenharia e de processo da instalação, ou durante ampliações ou modificações de sistemas em operação. Pode também aplicar-se em revisões gerais de sistemas em funcionamento e procura identificar problemas de operabilidade de uma instalação, baseando-se na ideia de que os problemas operacionais ou de segurança se relacionam com desvios nos parâmetros ou variáveis do processo. Esta técnica de identificação de eventos (*Hazard Identification Technique*) considera a operação normal de um equipamento ou processo, analisando os possíveis cenários de desvio dessa operação, podendo ser pouco relevantes ou com consequências gravosas (Ferreira, 2008).

O HAZOP utiliza termos/expressões standard, designadamente "não" (*no/not*), "mais de" (*more of*), "menos de" (*less of*), "outro que não seja" (*other than*), "assim como" (*as well as*), "parte de" (*part of*), "inverso" (*reverse*), entre outros. Apresenta como vantagens o facto de ser sistemático e rigoroso, multidisciplinar (interação entre diversos especialistas), versátil (aplicável a um ampla gama de tipos de sistemas) e de criar um registo detalhado do procedimento de identificação de perigos. Como desvantagens refere-se a necessidade de uma preparação considerável, a dependência acentuada das capacidades do decisor, pode revelar-se moroso e com encargos económicos elevados e eventual inibição da criatividade no processo de identificação de eventos e a possibilidade de serem descartados eventos que não foram previamente observados (Matos, 2015).

Os históricos de dados (*databanks*) ou falhas constituem informação estatística de incidentes ou falhas, aplicável a diferentes indústrias, sistemas ou componentes. As informações contidas nos históricos representam informação de utilidade elevada, integrando a experiência anterior, que pode ser aplicada com base em procedimentos previamente descritos, assegurando que os riscos identificados no passado são tidos em conta no futuro. O FACTS (indústria), o AORS (centrais nucleares) e o AEPIC (engenharia civil e estruturas) referem-se como alguns dos históricos de dados mais utilizados (Matos, 2015).

2.6.4.6. Árvores Lógicas

As árvores lógicas (*logical trees*) utilizam-se em análises globais de riscos, avaliando a contribuição de componentes individuais para o risco. Ainda que se tenham desenvolvido técnicas mais modernas (*p.ex.* Bayesian networks), as AF (*fault trees*) e AE (*event trees*) continuam a ser as mais aplicadas. As árvores lógicas referidas são similares, sendo a opção por uma delas efetuada com base na preferência/tradição de cada indústria. A principal diferença identificada entre estes dois tipos de árvore encontra-se no facto de as AF (*fault trees*) se basearem numa lógica dedutiva (direcionam-se para o passado) e de as AE (*event trees*) se basearem numa lógica indutiva (direcionam-se para o futuro). As árvores de decisão (*decision trees*) são um tipo de AE (*event trees*) que, quando aplicado de forma adequada, fornece uma base teórica para a análise do risco.

Geralmente, as árvores lógicas desenvolvem-se por equipas de estudo (painéis de especialistas), através de sessões de debate, onde riscos, eventos e cenários são abordados. A representação do sistema efetua-se através de uma abordagem passo a passo, sendo cada um dos passos adicionado para a construção da AF (*fault tree*) ou da AE (*event tree*) (Matos, 2015). A técnica de análise de AF (*fault tree*) apresenta, como principal objetivo, a identificação das causas potenciais de falhas num sistema, que possam resultar de ocorrências indesejadas. Quando construída de forma adequada, uma AF (*fault tree*) revela-se uma técnica elucidativa do sistema em análise, podendo, na sua construção, detetar-se lacunas do sistema (Silva, 2013).

A AE (*event tree*) apresenta-se como fácil de desenhar/conceber, compreender e calcular probabilidades. Como desvantagens associadas, refere-se o facto de não considerar, de forma ajustada, os erros humanos, de ser difícil de identificar todas as consequências e de a árvore, em si, se tornar demasiado extensa (Matos, 2015).

2.7. GESTÃO TÉCNICA DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

2.7.1. APONTAMENTO INTRODUTÓRIO

De acordo com Alegre (2007), enumeram-se as competências de que os técnicos com responsabilidade na gestão técnica dos sistemas devem dispor:

- Conhecimento elevado das matérias que se enquadram diretamente no âmbito da sua atividade (*p.ex.* instrumentos de avaliação e previsão, modelação e análise de sistemas de água, instrumentos de planeamento, gestão de informação e de sistemas de informação);
- Conhecimento elementar em matérias que não sejam da especialidade mas que podem ser alvo de processos de decisão (*p.ex.* automação e medição, controlo de qualidade da água);
- Informação sobre matérias respeitantes a outras especialidades, possibilitando uma visão global das funções a desempenhar, bem como uma comunicação eficaz entre especialidades (*p.ex.* direito à água);
- Sensibilização para a existência e preponderância de matérias que podem configurar ações de formação complementar (*p.ex.* sociologia empresarial, sistemas de garantia de qualidade).

Relativamente à gestão da mudança, salienta-se a importância de conceitos como a macro e microssustentabilidades, as tarifas, as transferências e as taxas, o princípio da solidariedade (perequação, regionalização, empresarialização e desmunicipalização), a eficiência, a regulação, a reestruturação (contexto, autoridade, liderança), a reorganização (coordenação, trabalho em equipa), as medidas específicas e a implementação de tecnologia. Indica-se que, em contexto favorável, o período de 5 a 6 anos se revela suficiente para a reestruturação de uma empresa de águas, reforçando que se mostra possível e desejável a obtenção de resultados no primeiro ano, aproveitando-se todas as oportunidades. A redução de perdas de água poderá alavancar e financiar todo o processo de gestão da mudança, visando a sustentabilidade (Poças-Martins, 2015).

No que diz respeito ao controlo operacional, refere-se que as entidades gestoras dos sistemas de abastecimento de água, sem um programa de controlo operacional, dificilmente garantem uma distribuição de água contínua e dentro dos padrões de qualidade, minimizando os riscos para a saúde humana, cumprindo o estabelecido na legislação e diminuindo reclamações dos consumidores. Indica-se que o controlo operacional constitui uma primeira aproximação dos Planos de Segurança da Água (Rodrigo *et al.*, 2007). O controlo operacional em sistemas de drenagem de águas residuais apresenta diversas potencialidades, relacionadas com a prestação de um serviço de qualidade, através da exploração otimizada e sustentável dos sistemas, atendendo a questões ambientais e relacionadas com a segurança de pessoas e bens.

A tomada de decisão, no sentido do cumprimento dos objetivos estabelecidos, necessita do conhecimento integrado da organização e do serviço por esta prestado. A informação representa um fator preponderante no planeamento e gestão adequada das organizações. Refere-se que os indicadores de desempenho poderão ser a forma de organizar a informação, de modo a que se torne facilmente acessível e compreensível por quem dela faz uso. Define-se um indicador de desempenho como uma métrica aplicada na quantificação da eficiência e da eficácia de uma atividade, indicando-se que o conceito de eficiência se associa ao processo de realização da atividade e o conceito de eficácia se relaciona com o resultado dessa atividade (Boaventura e Tentúgal-Valente, 2013).

O setor dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, após duas décadas de infraestruturação intensiva, depara-se com um novo desafio, relacionado com a sustentabilidade económica e financeira. Neste domínio, a ineficiência que se verifica encontra-se associada a políticas tarifárias inadequadas, que em diversos casos não asseguram a recuperação integral dos custos dos

serviços, e a práticas incorretas de gestão operacional, com elevadas perdas de água e desperdícios de energia. Refere-se que, frequentemente, as tarifas que se praticam se encontram desfasadas com o princípio de recuperação de custos, colocando em causa a sustentabilidade dos serviços. Grande parte dos custos de investimento, operação e manutenção dos sistemas sustenta-se pelo contribuinte e não diretamente pelo consumidor (Poças-Martins, 2013).

Diversas entidades gestoras, particularmente as entidades municipais responsáveis pelos sistemas em baixa, não recuperam, por intermédio das tarifas, a totalidade dos custos associados à prestação do serviço, evidenciando-se a subsidiação cruzada entre a atividade de abastecimento de água e o de drenagem de águas residuais, bem como entre o setor doméstico e os restantes. A subsidiação dos sistemas, decorrente da não recuperação integral dos custos, introduz irracionalidade nos sistemas (Poças-Martins, 2013).

Em Portugal, reproduziram-se, no interior do país, os sistemas em alta desenhados para os grandes aglomerdos do litoral, criando-se empresas multimunicipais com base em projeções de consumos de água irrealistas, projetos inadequados aos locais que servem e contratos de concessão e funcionamento sem consenso. Os sistemas em baixa deparam-se com problemas associados à fragmentação, à dispersão e à falta de escala das entidades gestoras, identificando-se problemas crónicos, designadamente gestão inadequada, elevadas perdas de água, tarifas frequentemente baixas, incapacidade de pagamentos às empresas multimunicipais, dificuldade em alcançar os valores de referência dos indicadores de desempenho da ERSAR, entre outros. Realça-se que a dimensão do país não se verifica compatível com o número de sistemas em baixa existente, referindo-se que um município de alguns milhares de habitantes, com elevada dispersão territorial, baixo nível de atendimento e elevado número de investimentos a levar a cabo, deparar-se-á, quase inevitavelmente, com a necessidade de se associar a autarquias vizinhas, no sentido de obter economias de escala. Salienta-se que são irrefutáveis as vantagens associadas à gestão integrada do ciclo urbano da água (abastecimento de água, drenagem de águas residuais domésticas, drenagem de águas residuais pluviais, rios, ribeiras e praias) (Poças-Martins, 2013).

Do ponto de vista organizativo, Almeida (2017) afirma que a maioria das EG não apresenta documentos organizativos (*p.ex.*: plano de redução de perdas; plano de gestão de contadores; plano de segurança da água – PSA; documento técnico abrangente que trate, como exemplos, as questões colocadas anteriormente), embora, segundo os peritos, tais documentos sejam um dos principais detalhes nas "causas organizativas", apontadas como a segunda causa para as perdas de água, após as "causas infraestruturais".

A gestão eficiente dos sistemas de abastecimento de água e o potencial dos sistemas de telemetria (geradores de dados de consumos) identificam-se como desafios ao conhecimento e estudo mais aprofundado dos consumos urbanos, particularmente do consumo doméstico. Os sistemas de telemetria produzem um elevado volume de dados, cujo processamento necessita de ferramentas que o permitam. A informação útil gerada permite estimar, com mais exatidão, o consumo em zonas sem medições e em expansão da rede (Loureiro, 2012).

A necessidade de desvio da água precipitada dos locais de escoamento natural conduziu à construção de sistemas de drenagem de águas pluviais. A drenagem pluvial urbana não se apresenta apenas como necessária, mas também como prioritária, uma vez que está diretamente relacionada com a qualidade de vida e segurança das pessoas e dos seus bens (Lima *et. al*, 2013). O escoamento de águas pluviais em meio urbano, particularmente o escoamento superficial e a acumulação de água nas zonas mais baixas,

refere-se como um problema económico e social, agravado nas cidades de maior dimensão, com constrangimentos para as habitações, tráfego e risco de vida para as populações (Cardoso *et al.*, 2004).

Os novos modelos dinâmicos, que simulam, analisam e preveem o desempenho dos sistemas de saneamento (integrando tecnologias inovadoras de monitorização, de comunicação, de bases de dados e de Sistemas de Informação Geográfica – SIG), assumem particular relevância no domínio da operação, reabilitação e gestão de infraestruturas (Matos e Ferreira, 2014).

A modelação de sistemas de drenagem de águas residuais efetua-se com objetivos diversos, segundo abordagens, concetualizações, níveis de descrição e métodos de resolução distintos. A modelação do comportamento hidráulico de sistemas de drenagem encontra-se amplamente divulgada no meio científico, sendo a sua aplicação corrente, designadamente na avaliação de zonas sujeitas a inundações, na estimativa de descargas diretas de excedentes e na determinação de caudais efluentes à Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) (Matos e Ferreira, 2014). O *Storm Water Management Model* (SWMM) permite analisar o impacto do escoamento superficial e analisar a pertinência das estratégias de mitigação (Rossman, 2008).

Hora-Lopes (2017) sugere que se o setor dos serviços de águas não for um "*leader*" de inovação terá de ser um "*follower*", salientando que os desafios com que o setor se depara hoje são significativos e, parte deles, acentuar-se-ão a longo prazo, referindo: alterações climáticas e variabilidade da precipitação; evolução demográfica diferenciada; escassez de água e concorrência pelo recurso (agricultura, indústria e doméstico); poluentes emergentes; desafios energéticos (custos, eficiência e produção); exigências sobre a qualidade do produto e serviço; pressões da opinião pública (disponibilidade para pagar, entre outras) e dos reguladores.

2.7.2. Gestão da Mudança em Entidades Gestoras

2.7.2.1. Abordagem Geral

As entidades gestoras (EG) dos sistemas de abastecimento de água e de saneamento gerem-se, muitas vezes, com níveis de eficiência reduzidos. As entidades que prestam serviço de abastecimento de água, na sua generalidade (grandes ou pequenas, públicas ou privadas, de países desenvolvidos ou em desenvolvimento) focam-se no objetivo da redução do volume de água não faturada. Em diversos casos, os sistemas revelam-se deficitários ou não rentáveis, prestando os serviços que lhe competem de forma incompleta ou pouco fiável (Poças-Martins, 2008). No âmbito dos sistemas de drenagem de águas residuais, podem referir-se as afluências indevidas e a ocorrência de cheias como preocupações transversais das entidades gestoras.

A mudança que se verifica necessária em determinada EG depende essencialmente do nível de desenvolvimento desta. Tendo em conta o estado das EG, para umas, poderão ser mais adequadas medidas que visem a melhoria, com base no conhecimento e tecnologia, enquanto outras precisarão de alterações na organização interna, e outras, ainda, de uma reestruturação ou de um processo de gestão da mudança. A mudança necessita sempre de medidas específicas (conhecimento; tecnologia), muitas vezes de reorganização (coordenação; trabalho de equipa; gestão), e, frequentemente de reestruturação (contexto; autoridade; liderança) (Poças-Martins, 2014).

No que diz respeito à gestão da mudança, realça-se que um elevado número de empresas de água necessita de enquadrar-se num novo processo de mudança, ultrapassando níveis de eficácia e de eficiência crónicos, elevadas tarifas, subaproveitamento dos recursos e baixa qualidade do serviço

prestado. O sucesso de um processo de mudança encontra-se relacionado com determinados pré-requisitos, nomeadamente (Poças-Martins, 2008):

- Apoio político;
- Liderança forte;
- Objetivos ambiciosos e atingíveis;
- Tempo.

A gestão de uma empresa carateriza-se como um processo dinâmico, que necessita de um esforço de caráter permanente, visando a melhoria do seu desemprenho, através da alocação de recursos, de acordo com as prioridades que se estabelecem. As ações prioritárias devem definir-se considerando que uma empresa é tanto mais forte quanto os seus pontos mais fracos, realçando-se que compete à gestão a identificação, em cada circunstância, das fragilidades, reforçando-as. Regra geral, a satisfação das diferentes partes (clientes, acionistas e colaboradores), representada esquematicamente na figura 2.36, e o cumprimento da legislação aplicável verificam-se indicadores de uma gestão adequada de empresas de água (Poças-Martins, 2013).

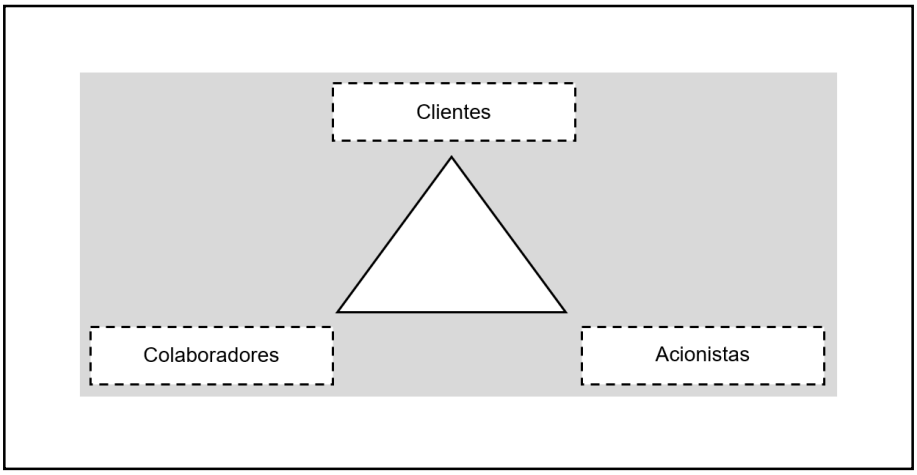


Fig. 2.36 – Representação esquemática do equilíbrio entre as partes interessadas (*stakeholders*) no processo de mudança (adaptado de Poças-Martins, 2015)

2.7.2.2. Implementação da Gestão da Mudança em Empresas de Água

As empresas de água, que atuam em monopólios naturais, evitaram ou adiaram a mudança, sobrevivendo mesmo prestando um serviço de qualidade reduzida e encargos elevados. A pressão exercida pelas entidades reguladoras, pelos consumidores e pela comunicação social apresenta-se como um elemento potenciador da alteração que esta situação tem vindo a sofrer. A redução da tolerância a interrupções no fornecimento de água e a ocorrência de falhas na qualidade da água, bem como a crescente comparação de indicadores de desempenho e de tarifas entre empresas, identificam-se como contributos para o processo de mudança (Poças-Martins, 2008).

Poças-Martins (2008) refere que a gestão da mudança em empresas de água (*management of change in water companies*) assumiu um papel relevante, salientando a existência de vasta literatura na área. Neste processo, recomenda-se a aplicação cronológica dos seguintes passos (Kotter, 1996):

- Criação de um sentimento de urgência;

- Reunião de uma equipa forte para dirigir o processo;
- Criação de uma visão mobilizadora;
- Comunicação da visão de forma alargada;
- Responsabilização dos colaboradores para atuação de acordo com a nova visão;
- Apresentação de resultados tão breve quanto possível;
- Reunião de forças, utilizando-as para ultrapassar os obstáculos mais difíceis;
- Ancoração da nova atitude na nova estrutura organizacional.

O sentimento de urgência, propulsor do processo de mudança nas companhias de água, pode encontrar-se associado a opções políticas ou a contestações generalizadas por parte das populações (*p.ex.* qualidade do serviço, tarifas praticadas). A liderança revela-se crucial, destacando-se a importância da sua experiência em processos semelhantes, da familiarização com a componente económica do setor, do grau de liberdade associado à possibilidade de contratação externa de especialistas em diferentes áreas e da capacidade de atribuir, aos colaboradores, compensações adequadas à sua contribuição para os resultados obtidos pela companhia. A estratégia a implementar deverá verificar-se clara, mobilizadora e validada pelas diferentes partes interessadas, salientando-se que a comunicação aos colaboradores apresenta um efeito multiplicador. Realça-se a importância da apresentação de resultados com a máxima brevidade possível, através de vitórias rápidas e com resultados tangíveis, facultando, ao processo de mudança, credibilidade externa e, aos colaboradores, motivação. A avaliação cuidadosa dos obstáculos, reunindo o máximo de informação, num processo com tempo suficiente para a definição da estratégia de atuação, a reunião de esforços e de elementos de apoio e a escolha do momento para intervir, revelam-se particularmente importantes. Finalmente, indica-se que um processo de mudança requer a fragmentação da antiga estrutura organizacional, a alteração e/ou o abandono de processos e de rotinas e a motivação dos colaboradores, através de uma liderança eficaz (Poças-Martins, 2008).

A abordagem em empresas cuja gestão se encontra num nível bom ou excelente, no sentido de gerir a continuidade, revela-se distinta de um processo de gestão da mudança, requerendo metodologias, estruturas organizacionais, abordagens e lideranças distintas. As empresas que se encontram continuadamente num patamar de excelência representam exemplos a seguir, que devem estudar-se, mas que não são aplicáveis a empresas em processos de gestão da mudança, uma vez que se desenvolveram em contextos diferentes. O responsável pelo processo de mudança deve orientar-se por regras expeditas e testadas. Kotter, no seguimento da experiência pessoal, recomenda (Poças-Martins, 2008):

- Adoção de uma estrutura organizacional simples e plana;
- Criação de uma equipa de reestruturação para coordenar o processo de mudança;
- Definição de projetos de reestruturação, no sentido de atingir os objetivos primordiais e distribuí-los pelos membros da equipa;
- Delegação nos membros da equipa, concedendo-lhes a liberdade necessária para atuarem de acordo com a nova estratégia/visão;
- Não aplicação de processos demorados;
- Tomada de decisão em tempo reduzido, potenciando a decisão rápida por parte de outros intervenientes;
- Gestão de um caos inevitável, relacionado com a fragmentação da organização original;
- Em determinadas fases do processo não se verifica uma verdadeira gestão da mudança, mas antes um "surfar" da mudança.

2.7.2.3. Empresas de Água

As empresas de água (entidades gestoras) desempenham uma atividade que procura assegurar os serviços públicos de abastecimento de água potável e, no caso de o saneamento se encontrar sob a sua alçada, de devolução, à natureza, da água residual tratada, completando o ciclo urbano da água. Em contexto urbano, não existindo sistemas de recolha totalmente separativos, refere-se a existência de vantagens de gerir, de forma integrada, os sistemas de águas residuais e pluviais. A reabilitação de ribeiras e praias urbanas, viável após a sua despoluição, por intermédio da construção e exploração de sistemas de saneamento, pode fazer parte das competências das empresas de água, com vantagens relacionadas com economias de escala e de eficácia (Poças-Martins, 2008).

A evolução de uma empresa de água figura um processo contínuo. Ainda assim, revela-se pertinente o estabelecimento de diferentes estágios, relacionáveis com os níveis de perdas e com alguns indicadores qualitativos expeditos (Tabela 2.14), designadamente (Poças-Martins, 2008):

- Pré-eficácia – As empresas de água apresentam ainda:
    - Níveis de atendimento deficitário;
    - Interrupções frequentes no sistema de distribuição;
    - Qualidade da água com falhas ou com falta de controlo;
    - Reclamações dos clientes não consideradas devidamente;
- Eficácia – As empresas de água cumprem os seus objetivos principais de forma aceitável, com utilização excessiva de recursos. Indicam-se as estratégias para fazer face aos investimentos necessários para a satisfação das suas necessidades económicas:
    - Aumento de tarifas acima do que se deveria praticar;
    - Recurso a subsídios ou a transferências;
- Eficiência – As empresas de água, na procura da eficiência, processo longo que se pode considerar interminável, visam a prestação dos seus serviços com economia, nomeadamente através de:
    - Redução de perdas;
    - Eficiência energética;
    - Utilização de menos pessoal para desempenhar as atividades;
- Excelência – As empresas de água pretendem alcançar este nível de desempenho, último e mais difícil estágio de alcançar. Referem-se algumas das principais preocupações das empresas de água de excelência:
    - Reabilitação;
    - Inovação;
    - Preocupação permanente com os clientes;
    - Responsabilidade social;
    - Garantia do bem-estar dos funcionários;
    - Certificação e sustentabilidade das operações.

Tabela 2.14 – Estágios de desenvolvimento e indicadores das empresas de água (Poças-Martins, 2008)

Estágios de gestão	Tempo de decisão	Indicadores de gestão	Atendimento e disponibilidade	Perdas	Emergências	Informatização
Pré-eficácia	Meses	Calculados anualmente, para os relatórios	Inexistência de atendimento telefónico permanente e de piquetes de intervenção	Não controladas, tipicamente superiores a 50%	Muito frequentes, de resolução tardia e demorada (só em condições excecionais, à noite e aos fins de semana)	Faturação e salários
Eficácia	Semanas	Controlados algumas vezes por ano	Atendimento telefónico permanente e piquetes de intervenção	30% a 50%	Frequentes, com resolução à noite e aos fins de semana	Faturação, contratação, serviços administrativos, reclamações
Eficiência	Dias	Controlados ao mês	Idem + central de comando + telemetria	15% a 30%	Pouco frequentes, com resolução à noite e aos fins de semana	Idem + telemetria, cadastro digitalizado, modelação das redes
Excelência	Horas	Controlados em tempo real	Idem + telegestão + capacidade de mobilização generalizada, com planos de contingência	< 15%	Raras, resolvidas quase sempre sem que a generalidade dos clientes se aperceba	Integração geral das aplicações informáticas, com produção de indicadores de gestão em tempo real

A água não faturada refere-se como um dos principais indicadores para avaliar a eficiência de uma empresa de água, salientando-se que é amplamente utilizado, de cálculo simples e de fácil compreensão pelo público. A redução da água não faturada necessita da mobilização de todos os departamentos das empresas, responsabilizando os colaboradores e premiando-os em função dos resultados alcançados (Poças-Martins, 2008). A figura 2.37 representa esquematicamente a inclusão do controlo de perdas no processo de gestão da mudança.

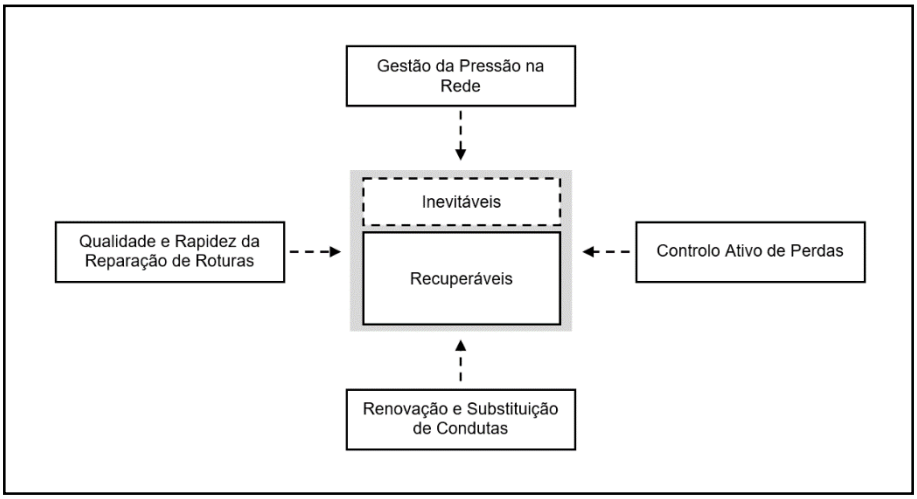


Fig. 2.37 – Representação esquemática da integração do controlo de perdas no contexto da gestão da mudança (adaptado de Poças-Martins, 2015)

2.7.3. CONTROLO OPERACIONAL

2.7.3.1. Abordagem Geral

O controlo operacional diz respeito ao conjunto de observações, de avaliações analíticas e de ações que representam um contributo para a obtenção de uma água de qualidade adequada para fins de consumo humano. Realça-se que as entidades gestoras devem observar continuamente o funcionamento da totalidade das componentes dos sistemas que se encontram na sua área de ação (captação, tratamento, adução, elevação, armazenamento, distribuição), visando a deteção e a correção, em tempo útil, de eventuais alterações na qualidade da água (Rodrigo *et al.*, 2007). O controlo operacional pode aplicar-se a outros parâmetros, como a eficiência energética e de outros recursos, bem como aos sistemas de drenagem de águas residuais, considerando as diferentes etapas que integram e os parâmetros relacionados com a sua gestão de recursos, de ganhos, de eficiência e de eficácia.

Simas (2018) reconhece a definição de um procedimento regulatório claro e do conhecimento das diversas partes, com base no Programa de Controlo de Qualidade da Água (PCQA), na realização de fiscalizações com uma componente de apoio técnico, e na correção de lacunas técnicas, através da publicação de vários documentos, como fatores decisivos para a evolução da qualidade para consumo humano, no período 1993-2016.

O abastecimento de água em segurança, para consumo humano, necessita de uma ação de controlo concertada e estruturada ao longo de todo o sistema de abastecimento, desde a origem de água bruta até à toneira do consumidor. O conjunto das etapas a contemplar no desenvolvimento e na aplicação de um Plano de Segurança da Água (PSA) poderá organizar-se da seguinte forma (Vieira e Morais, 2005):

- Etapas preliminares:
  - Constituição da equipa;
  - Descrição do sistema de abastecimento;
  - Construção e validação do diagrama de fluxo;
- Avaliação do sistema:
  - Identificação de perigos;
  - Caraterização de riscos;

    - Identificação e avaliação de medidas de controlo;
- Monitorização operacional:
    - Estabelecimento de limites críticos;
    - Estabelecimento de procedimentos de monitorização;
    - Estabelecimento de ações corretivas;
- Planos de gestão:
    - Estabelecimento de procedimentos para a gestão de rotina;
    - Estabelecimento de procedimentos para a gestão em condições excecionais;
    - Estabelecimento de documentação e protocolos de comunicação;
- Validação e verificação:
    - Avaliação do funcionamento do PSA.

Os planos de controlo operacional referem-se como sendo da exclusiva responsabilidade das entidades gestoras, necessitando, a sua elaboração, do conhecimento das infraestruturas e dos seus condicionalismos, das condições de operação e de exploração e do pessoal operador. Estes planos visam identificar os pontos mais problemáticos dos sistemas, do ponto de vista sanitário. Indica-se que as entidades gestoras devem iniciar a sua elaboração reunindo a informação existente sobre os sistemas e as infraestruturas, organizando um cadastro com os elementos (Rodrigo *et al.*, 2007):

- Plantas que identifiquem e localizem as componentes dos sistemas de abastecimento (captações, instalações de tratamento de água, adutoras, estações elevatórias, reservatórios, postos de recloragem, redes de distribuição);
- Manuais de funcionamento de instalações e equipamentos do sistema;
- Descrição do esquema de tratamento de água, integrando os produtos químicos utilizados;
- Identificação e localização de potenciais fontes poluidoras, na zona envolvente das captações superficiais ou subterrâneas, que figurem potenciais contributos para a alteração da qualidade da água;
- Histórico da qualidade da água, designadamente:
    - Água bruta;
    - Água tratada;
    - Água distribuída.

A identificação dos pontos críticos dos sistemas e a caraterização dos problemas relacionados com a qualidade da água indicam-se como ações que a análise da informação suprarreferida permite. Refere-se que as entidades gestoras devem elaborar um plano de monitorização do qual deverá constar, no mínimo, os seguintes elementos (Rodrigo *et al.*, 2007):

- Locais e parâmetros de controlo mais críticos;
- Procedimentos de amostragem e de análise.

Numa fase inicial, sugere-se que o controlo analítico efetuado deva ser mais exigente (frequência e número de parâmetros a controlar), ajustando-se progressivamente de acordo com o histórico, que possibilita, também, que se implementem procedimentos de operação mais ajustados e se definam limites de alerta para os diferentes parâmetros. O procedimento referido visa a garantia de que o sistema se opera com uma margem de segurança ajustada, permitindo a deteção e a correção, no mais curto intervalo de tempo, das alterações à qualidade da água. Aconselha-se que se estabeleçam procedimentos escritos a adotar nas situações de alerta, onde se devem encontrar patentes as responsabilidades de cada um dos intervenientes e as medidas corretivas (Rodrigo *et al.*, 2007). Embora este autor se refira apenas aos procedimentos relacionados com os sistemas de abastecimento de água, o controlo operacional e os princípios em que assenta podem aplicar-se aos sistemas de drenagem de águas residuais.

Identifica-se a existência de recursos humanos com formação técnica adequada para exercerem atividades no setor do abastecimento de água como um fator essencial para a garantia de qualidade (Baptista, 2000).

Salienta-se que as entidades gestoras deverão dispor de peças de substituição, de reagentes e de procedimentos de avaliação, de deteção e de resolução de perdas. Revela-se pertinente que as ações executadas na abrangência do controlo operacional se registem (folhas de registo de preenchimento expedito por parte dos operadores) (Rodrigo *et al.*, 2007).

Nos diferentes processos que ocorrem desde a captação de água até ao seu consumo, parte da água perde-se e não chega ao consumidor final, não se verificando a sua faturação pela entidade gestora nem a sua utilização para usos autorizados. Do ponto de vista da gestão do ciclo urbano da água, refere-se o papel dos sistemas de abastecimento de água na valorização da água como um recurso cada vez mais escasso, configurando a sua conservação uma responsabilidade cívica (Cardoso *et al.*, 2013).

2.7.3.2. Controlo Operacional na Origem e no Tratamento da Água

A qualidade da água para consumo humano encontra-se relacionada, de forma intrínseca, com a proteção da origem de água bruta. No caso das origens de água subterrâneas, deve promover-se a delimitação de perímetros de proteção (Decreto-Lei n.º 382/99), e das origens de água superficiais, deve acompanhar-se a elaboração e/ou a implementação do plano de bacia (responsabilidade das autoridades ambientais). O acompanhamento da qualidade da água bruta necessita de informação suficiente e atualizada, devendo elaborar-se e implementar-se um plano de monitorização consolidado, que integre a realização local de análises aos parâmetros de controlo mais preponderantes. As ações de monitorização (controlo analítico e visitas ao local) frequentes podem antecipar a deteção de eventuais problemas, possibilitando que se atue no sentido da prevenção. Referem-se algumas ações que competem às entidades gestoras, no caso das origens de água subterrâneas e superficiais (Rodrigo *et al.*, 2007):

- Captações de origem subterrâneas:
    - Controlo de qualidade de água na origem – análise periódica aos parâmetros:
        - pH;
        - Condutividade;
        - Bactérias coliformes;
        - *E. coli*;
        - Outros parâmetros (*p.ex.* nitratos, azoto amoniacal, oxidabilidade, cloretos, ferro, manganês, arsénio, dureza, alcalinidade, cálcio, magnésio, sódio);
    - Leitura do caudal captado e dos níveis hidrostáticos e hidrodinâmicos;
- Captações de origem superficial:
    - Controlo de qualidade de água na origem – monitorização dos parâmetros
        - Monitorização *online* (situação ideal) de pH, turvação, condutividade, carbono orgânico total, temperatura, caudal captado, níveis de água na captação;
        - Monitorização, uma vez por turno (pelo menos) de pH, turvação, temperatura;
        - Monitorização, uma vez por dia (pelo menos) da condutividade e do caudal captado;
        - Monitorização, uma vez por semana (pelo menos) do nível de água na captação;
        - Monitorização de outros parâmetros, de acordo com a qualidade da água (*p.ex.* bactérias coliformes, *E. coli*, azoto amoniacal, oxidabilidade, alcalinidade, ferro, manganês, nitratos, fosfatos, cloretos);

- Avaliação periódica do estado trófico da água – controlo de parâmetros como:
  - Oxigénio dissolvido;
  - Clorofila-a;
  - Fitoplâncton;
  - Azoto total;
  - Fósforo total.

O dimensionamento, a operação e a manutenção adequadas das estações de tratamento de água (ETA) revelam-se preponderantes para a garantia da qualidade da água para consumo. Indica-se que as entidades gestoras dos sistemas de abastecimento de água devem dispor de meios humanos e materiais ajustados à operação, ao controlo e à manutenção nas diversas fases do processo de tratamento de água. Os meios laboratoriais que o controlo operacional necessita devem enquadrar-se nas caraterísticas de qualidade da água bruta e na complexidade da ETA. Referem-se alguns parâmetros de controlo a avaliar no caso do tratamento de águas de origem subterrânea e superficial, bem como diversos procedimentos de operação (Rodrigo *et al.*, 2007):

- Tratamento de água de origem superficial – o laboratório de processo da ETA deve encontrar-se equipado com métodos analíticos fiáveis, que possibilitem uma atuação atempada, pelo menos nos parâmetros de controlo críticos, designadamente:
  - pH da água na zona de coagulação e da água tratada;
  - Alumínio ou ferro residual nas águas decantada, filtrada e tratada;
  - Desinfetante residual livre na água tratada;
  - Turvação em todas as águas (bruta, decantada, filtrada e tratada);
  - Outros parâmetros, avaliados acaso a caso (*p.ex.* ferro, manganês, nitratos, azoto amoniacal, fosfatos e cloretos);
- Tratamento de água de origem subterrânea – as entidades gestoras devem dispor de equipamentos portáteis e *kits* analíticos fiáveis para a análise de parâmetros como:
  - Cloro residual livre;
  - pH;
  - Condutividade;
  - Azoto amoniacal;
  - Outros parâmetros (dependentes das caraterísticas da água) (*p.ex.* ferro, manganês, nitratos, cloretos, dureza, cálcio, magnésio, sódio);
- Procedimentos de operação – recomenda-se a execução de determinados procedimentos, com uma frequência preestabelecida, de acordo com as caraterísticas dos sistemas, designadamente:
  - Verificação do funcionamento dos sistemas de alarme:
    - Sensores de deteção de fugas de gás (*p.ex.* cloro, ozono, dióxido de cloro);
    - Falhas do gerador de ozono;
    - Falhas do distribuidor térmico de ozono;
    - Cubas dos reagentes;
    - Falhas no funcionamento dos agitadores;
    - Falhas nos grupos de bombagem (*p.ex.* grupos elevatórios, grupos hidropressores, doseadoras, lavagem e água motriz);
    - Falhas nos compressores de ar de lavagem dos filtros;
    - Valores reduzidos e elevados de pH;
    - Valores elevados de turvação;
    - Valor elevado do coagulante residual (alumínio ou ferro);
    - Valores reduzidos e elevados de cloro residual livre;

        - Níveis reduzidos e elevados de água, nas cisternas de água tratada;
    - Implementação de programas regulares de limpeza de instalações, órgãos e equipamentos. A limpeza deve efetuar-se com elevada frequência em:
        - Zonas de armazenamento de reagentes;
        - Salas e outros locais onde se encontrem equipamentos de monitorização;
        - Órgãos de tratamento expostos ao ar livre (*p.ex.* decantadores, filtros);
    - Implementação de um plano de manutenção preventiva global (manutenção mecânica e instrumental, manutenção elétrica, lavagem e desinfeção de tanques e de reservatórios), programado atempadamente e realizado uma vez por ano;
    - Armazenamento adequado de todos os reagentes utilizados (especificações das normas europeias);
    - Existência de equipamentos e procedimentos de segurança ajustados aos locais de risco (*p.ex.* instalações de cloro);
    - Implementação de uma gestão de *stocks* adequada (*p.ex.* reagentes).

A respeito da gestão de riscos nas fontes de abastecimento de água, Andrade (2013) refere que o conhecimento das eventuais fontes de contaminação e a gestão dos riscos evidenciam os casos com menor de grau de contaminação possível, possibilitando uma gestão mais adequada do tratamento, que potenciará a minimização da formação de subprodutos do tratamento, com o consequente benefício económico e ambiental.

2.7.3.3. Controlo Operacional na Adução e Distribuição de Água

Um sistema de abastecimento de água integra diferentes infraestruturas e o estabelecimento de procedimentos adequados de operação e de manutenção revela-se uma condição necessária para a garantia de uma água segura em caraterísticas físicas, químicas e microbiológicas. A inspeção do estado de conservação dos troços a descoberto das condutas, das caixas de válvulas de descarga, das ventosas e dos sifões deve integrar um programa de acompanhamento regular. Este programa deve incluir, também, a manobra das componentes hidromecânicas e de segurança, bem como a manutenção de um teor de desinfetante residual livre no sistema (garantia da proteção sanitária até à torneira do consumidor) e a análise da necessidade de pontos de recloragem. Devem estabelecer-se requisitos operacionais de desempenho, no sentido de dar cumprimento à legislação em vigor, designadamente (Rodrigo *et al.*, 2007):

- Manutenção de pressões adequadas nos sistemas de distribuição de água;
- Minimização do tempo de retenção de água nos reservatórios e nos sistemas de distribuição de água, evitando a perda de qualidade organoléptica (cheiro e sabor). A atividade microbiológica pode ser potenciada pelo decaimento do teor em desinfetante residual livre;
- Manutenção do sistema de distribuição de água em condições de limpeza adequadas, através de procedimentos ajustados (*p.ex.* descargas da rede).

O número e o tipo de reclamações relacionadas com a qualidade e a quantidade de água distribuída devem considerar-se, visando a otimização da exploração do sistema. A informação referida identifica-se como indispensável para uma adequada gestão e manutenção da rede, uma vez que possibilita que se identifiquem os pontos de controlo críticos. Seguidamente, abordam-se, separadamente, de forma sucinta, o controlo operacional de diferentes componentes dos sistemas de abastecimento de água, designadamente (Rodrigo *et al.*, 2007):

- Controlo operacional de reservatórios – infraestruturas de armazenamento que desempenham um papel essencial no abastecimento de água, encontram-se associados a ações que visam a manutenção da integridade estrutural e sanitária, designadamente:
    - Higienização de reservatórios – executada com uma periodicidade adequada à qualidade da água (*p.ex.* uma vez por ano), utilizando produtos adequados, equipamento específico e pessoal especializado. Devem ser planeadas no sentido de minimizar os efeitos no abastecimento e desperdício de água;
    - Manutenção de um teor adequado de desinfetante residual livre – valores médios em função do tempo de permanência da água nos reservatórios e das extensões das redes, que variam acentuadamente de acordo com o desinfetante utilizado (*p.ex.* o cloro encontra-se associado a uma gama de valores entre 0.6 e 0.8 mg/L, ou 1.0 e 1.2 mg/L em situações em que o estado sanitário dos reservatórios é insatisfatório, ou a rede se encontra envelhecida ou em mau estado de conservação). Através de instrumentação instalada online (preferencialmente) ou de medidores portáteis, devem analisar-se:
        - pH;
        - Temperatura;
        - Desinfetante residual livre;
    - Análises regulares – convenientemente com uma frequência mínima semanal, devem realizar-se análises aos parâmetros:
        - Turvação;
        - Condutividade;
        - Ferro;
        - Oxidabilidade;
        - Bactérias coliformes;
        - *E. coli*;
        - Número de colónias a 22ºC e a 37ºC;
    - Registo de parâmetros – sempre que se efetue uma visita ao local devem registar-se os parâmetros:
        - Caudais de saída para a rede de distribuição de água (no caso de não existirem medidores automáticos);
        - Inspeção da estrutura externa, da zona circundante e dos indicadores de nível;
    - Registo de resultados das ações levadas a cabo;
- Controlo operacional de autotanques e depósitos não ligados aos sistemas de abastecimento de água – utilizados para o armazenamento temporário de água para consumo humano, devem assegurar que a qualidade da água não se altera e instalar-se em locais protegidos do sol, preferencialmente arejados e de fácil acesso para eventuais intervenções (*p.ex.* recolha de amostras de água, lavagens). Refere-se que os autotanques utilizados para o transporte de água para consumo humano devem dispor de um reservatório de aço inox e destinarem-se exclusivamente a este fim. Deve proceder-se a um controlo dos parâmetros:
    - Controlo mais apertado:
        - Teor de desinfetante residual livre;
    - Tempos elevados de permanência da água no autotanque (superiores a 48h):
        - Bactérias coliformes;
        - *E. coli*;
        - Número de colónias a 22ºC e a 37ºC;
        - Turvação;
        - Cheiro;

        - Sabor;
        - Oxidabilidade;
- Controlo operacional de redes de distribuição de água – frequentemente, os problemas encontram-se associados à microbiologia, à turvação, ao cheiro e ao sabor. Sistematizam-se algumas noções relativas ao controlo operacional de redes de distribuição de água:
    - Causas frequentes dos problemas referidos:
        - Reduzido teor em desinfetante residual livre na água tratada;
        - Roturas em condutas e ramais;
        - Avarias em órgãos hidromecânicos;
        - Corrosão das tubagens;
    - Correção de parâmetros organoléticos – o incumprimento dos parâmetros conduz a reclamações dos consumidores. Podem ser corrigidos através de:
        - Descargas através de hidrantes próximos das zonas onde se detetam as anomalias;
        - Reajuste do doseamento de desinfetante;
    - Gestão adequada da rede – deve proceder-se, entre outras ações, a:
        - Medição e registo das descargas efetuadas;
        - Avaliação das reclamações dos consumidores;
        - Registo de ações corretivas implementadas;
        - Resultados alcançados;
        - Identificação dos pontos críticos da rede;
        - Elaboração e implementação de um plano regular de descargas (caso se justifique);
    - Procedimento escrito para a reparação de roturas em condutas e acessórios – garantir o cumprimento do plano, minimizando o risco de contaminação, antes, durante e após a reparação. Indicam-se as ações que devem fazer parte deste plano (no mínimo):
        - Escavação, na zona circundante à conduta, de um espaço ajustado á facilitação dos trabalhos de reparação, de acordo com a legislação aplicável;
        - Observação do local onde se procede à escavação e verificação da eventual existência de indícios de roturas em tubagens de águas residuais ou de escorrências provenientes de outras origens (*p.ex.* aviários, suiniculturas, atividades industriais);
        - Manutenção, em contínuo, da água perdida, existente na zona de escavação, evitando o contacto da mesma com a conduta danificada. Refere-se que pode verificar-se a necessidade de executar um poço de pequenas dimensões para a drenagem da água e para facilitar as operações de bombagem;
        - Examinação do interior da conduta, no caso de esta ser cortada, para verificação do estado de limpeza e observação cuidadosa da água saída. No caso de se encontrar suja deverá ser deixada correr até que se apresente límpida;
        - Reparação das condutas ou substituição dos acessórios;
        - Colocação do troço reparado em carga, efetuando-se uma descarga de água, com volume suficiente para manter a sua qualidade, no hidrante mais próximo, recolhendo amostras para análise microbiológica. A situação ideal refere-se à entrada em funcionamento do sistema após se conhecerem os resultados do controlo microbiológico;

- Instalação de condutas novas – fiscalização rigorosa para assegurar os cuidados de higienização dos elementos a instalar, antes da montagem e após a sua instalação. Antes de serem colocadas em serviço as condutas devem ser:
  - Limpas e desinfetadas com uma solução concentrada de desinfetante (definida em função do tempo de concentração);
  - Embora colocadas em carga, as condutas não devem entrar em serviço normal antes de se conhecerem os resultados do controlo microbiológico;
- Controlo analítico – dever-se-á implementar um controlo analítico integrando:
  - Avaliação regular (idealmente diária) do teor de desinfetante residual livre em diversos pontos (*p.ex.* extremos da rede, zonas elevadas, zonas de baixo consumo), e correção, caso necessário, do doseamento de desinfetante no reservatório;
  - Realização de análises regulares (convenientemente semanal) a diversos parâmetros (*p.ex.* turvação, pH, temperatura, condutividade, ferro, bactérias coliformes, *E. coli*, número de colónias a 22ºC e a 37ºC).

2.7.3.4. Indicadores de Desempenho

A implementação de um sistema de indicadores de desempenho apresenta, como principal objetivo, a criação de um instrumento de gestão e de monitorização do desempenho das empresas, potenciando a génese de objetivos e o estabelecimento de metas (Boaventura e Tentúgal-Valente, 2013). Os indicadores de gestão conduzem os sistemas de abastecimento de água no sentido da qualidade, integrando, com a sua abordagem e implementação, três princípios nas entidades gestoras, designadamente (Marques, 1999):

- Informação;
- Avaliação;
- Ação.

Os indicadores de desempenho constituem medidas da eficiência e da eficácia das entidades gestoras, no que se refere a aspetos específicos da atividade desenvolvida ou do comportamento dos sistemas. Os indicadores de desempenho revelam-se úteis para as diferentes entidades associadas ao abastecimento de água, designadamente (Alegre, 1998):

- Entidades gestoras:
  - Favorecem a resposta atempada e oportuna da entidade gestora;
  - Possibilitam a monitorização mais transparente e simplificada dos efeitos das decisões de gestão;
  - Facultam informações-chave para os gestores;
  - Evidenciam os pontos fortes e os pontos fracos dos departamentos das entidades gestoras;
  - Destacam a eficiência e a qualidade global no seio das organizações;
  - Comparam o desempenho obtido em áreas geográficas distintas, ou externamente;
  - Facilitam a execução de auditorias (aumento da rendibilidade económica);
- Administração nacional e Administração regional:
  - Fornecem uma perspetiva global e comparativa do desempenho das entidades gestoras, identificando os principais problemas existentes e promovendo medidas corretivas;

    - Apoiam a formulação de políticas regionais ou nacionais de saneamento básico, contextualizado a gestão integrada dos recursos hídricos (planeamento e repartição de recursos hídricos, de investimentos e da necessidade de instrumentos reguladores);
- Entidades reguladoras:
    - Monitorização dos agentes privados, no contexto de um setor que figura um monopólio natural e se encontra particularmente relacionado com a saúde pública e com o bem estar das populações;
    - Deteção e quantificação de desvios positivos ou negativos, comparativamente com os objetivos contratados;
- Entidades financiadoras:
    - Avaliação de prioridades de investimento;
    - Seleção de projetos;
    - Avaliação dos resultados dos investimentos realizados;
- Utilizadores do serviço:
    - Tradução de processos complexos em informação de fácil interpretação;
    - Transmissão adequada das medidas da qualidade do serviço prestado;
- Organizações supranacionais:
    - Identificação das principais assimetrias entre regiões do mundo;
    - Reconhecimento da evolução da situação a nível global e estabelecimento de estratégias.

Boaventura e Tentúgal-Valente (2013) apresentam alguns exemplos de melhoria contínua de um sistema de abastecimento de água, considerando os indicadores como um instrumento de apoio à melhoria da *performance*, nomeadamente:

- Eficiência energética – realça-se que não constitui um fim, mas sim um meio para incrementar os valores de eficiência (económica e ecológica). Destacam-se os indicadores:
    - Eficiência energética de instalações elevatórias;
    - Custo energético por volume de água distribuída;
- Redução de perdas de água – refere-se como um aspeto importante, com impacto no equilíbrio económico, ambiental e social da entidade gestora. Destacam-se os indicadores:
    - Perdas reais de água;
    - Água não faturada;
    - Ineficiência na utilização de recursos hídricos.

Salienta-se que a adoção de um modelo sustentável de gestão poderá conduzir a diversos benefícios, nomeadamente o incremento do apoio à decisão (visão holística dos riscos envolvidos), o aumento da eficácia e da eficiência, a inovação de processos, a integração de todos os sistemas de gestão da empresa através de um único modelo, a redução do consumo de recursos, de energia, de perdas, de custos de impacto da gestão de recursos (estratégias de valorização), a relação próxima com a comunidade (sensibilização para o consumo seguro da água e para a salvaguarda dos valores ambientais), maiores envolvimento, motivação e produtividade dos colaboradores e o reconhecimento externo do desempenho e dos procedimentos adequados das entidades (Boaventura e Tentúgal-Valente, 2013).

A gestão dos sistemas de abastecimento de água, em contexto de insustentabilidade e de busca de eficiência, deparam-se com a necessidade de procurar metodologias de controlo das percentagens de água perdida, que configuram um dos principais indicadores de eficiência para as entidades gestoras. O processo de definição de metodologias de minimização de volumes de água não faturada deve iniciar-

se com um ponto prévio, o conhecimento da percentagem do volume de água comprada que se perde, distinguindo o que são de perdas reais do que são perdas aparentes (Malheiro *et al.*, 2011).

2.7.3.5. Controlo de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água

As perdas de água referem-se ao diferencial entre o volume de água que entra no sistema e o consumo autorizado pela entidade gestora (Loureiro, 2012). Explicita-se, de acordo com a International Water Association (IWA), uma terminologia para os consumos e perdas de água, materializada pelo balanço hídrico (Tabela 2.15).

Tabela 2.15 – Balanço hídrico (Loureiro, 2012)

Água entrada no sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido (incluindo água exportada)	Água faturada
			Consumo faturado não medido	
		Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado medido	Água não faturada
			Consumo não faturado não medido	
	Perdas de água	Perdas aparentes	Uso não autorizado	
			Erros de medição	
		Perdas reais	Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição	
			Fugas e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição	
			Fugas nos ramais (a montante do ponto de medição)	

De acordo com Alegre *et al.* (2005), as perdas reais referem-se às perdas físicas de água até ao contador de cada cliente, ocorridas em diferentes pontos dos sistemas de abastecimento de água (reservatórios, condutas adutoras, condutas de distribuição, ramais). Representam o volume de água dissipado por fissuras, roturas ou extravasamentos, encontrando-se dependentes da frequência, do consumo e da duração média das fugas. De acordo com o conceito BABE (*Background and Burts Estimates*), as perdas reais podem classificar-se de acordo com três componentes (Farley e Trow, 2003):

- Perdas de base;
- Perdas por fugas e roturas reportadas;
- Perdas por fugas e roturas não reportadas.

As perdas de base, caraterizadas por caudais reduzidos e duração elevada, revelam-se indetetáveis pelos equipamentos frequentemente disponíveis. As roturas encontram-se associadas a caudais superiores a 0.5 m^3/h, com duração variável (Alegre *et al*., 2005, Lambert e Morrison, 1996).

As imprecisões de medição de água produzida e consumida e o consumo não autorizado designam-se por perdas aparentes.

Salienta-se que a previsão de consumos mínimos noturnos verifica-se relevante para o controlo de perdas de água nos sistemas (Almandoz *et al.*, 2005, Buchberger e Nadmpalli, 2004).

O controlo de perdas reais inclui diversas componentes de atuação, identificando-se o controlo e a gestão da pressão na rede como as medidas de maior simplicidade e eficácia. Por intermédio do controlo avançado de válvulas redutoras de pressão (VRP), a pressão (e respetiva flutuação) a jusante destas reduz-se. Estas válvulas podem controlar-se através de diferentes tipos de modelação (modelação com saída fixa de pressão, modelação horária, modelação pelo ponto crítico, modelação de caudal) (Cardoso *et al.*, 2013).

As perdas de água reais representam uma realidade em todos os sistemas de abastecimento de água, salientando-se que o seu volume depende de diferentes fatores (*p.ex.* caraterísticas da rede de abastecimento, topografia do terreno, práticas operacionais, nível de tecnologia e de conhecimento aplicados). A gestão de pressões nas redes de abastecimento de água relaciona-se com o aumento do tempo de vida útil das condutas, distanciando no tempo a existência de fugas e roturas, e com a redução de perdas preexistentes e dificilmente detetáveis, diminuindo a água entrada no sistema. A modelação matemática verifica-se uma ferramenta de utilidade acrescida na simulação do comportamento hidráulico da rede, designadamente no que respeita a perdas reais, possibilitando a identificação de pontos críticos (*p.ex.* locais da rede onde se revela pertinente uma intervenção ao nível das pressões, locais de consumo com pressões demasiado elevadas, locais de pressão insuficiente), associado às seguintes intervenções (Cardoso *et al.* 2013):

- Redefinição da rede de distribuição ao nível de pressões;
- Instalação de válvulas redutoras de pressão (VRP).

Farley (2001) reconhece determinados fatores que podem influenciar as perdas de água, particularmente o nível de recursos disponíveis, o tipo e a condição das infraestruturas, a política e a perceção institucional, e a política de controlo de perdas. O desenvolvimento de uma estratégia de redução de perdas de água inicia-se pela resposta a questões relacionadas com (Farley, 2008):

- Volume de água perdida no sistema;
- Local onde a água se está a perder;
- Motivo da perda;
- Ações associadas às perdas de água e ao desempenho dos sistemas;
- Modo de manutenção do controlo das perdas de água, preservando os resultados anteriormente atingidos.

De acordo com Farley (2001), o volume de água que se perde encontra-se dependente das caraterísticas e do estado de degradação da rede de distribuição, da operacionalidade e da rapidez das reparações, da utilização de conhecimentos e de tecnologias especializadas em reparações e no controlo dos sistemas, e das caraterísticas topográficas e urbanísticas. As perdas de água podem classificar-se em quatro categorias, que se abordam de forma sistematizada (Farley *et al.*, 2008):

- Perdas por roturas na rede de distribuição:
    - Eventos de grandes dimensões;
    - Capazes de causar danos nas infraestruturas e ocasionar interrupções no sistema de abastecimento;
    - Facilmente visíveis (elevado caudal, aparecimento rápido à superfície), diminuindo a durabilidade da rotura e o volume de água perdido;
- Perdas por fugas identificáveis por equipamentos de deteção de fugas:
    - Não se manifestam à superfície (caraterísticas do solo, topografia do terreno, presença de outras redes nas imediações);

    - Duração da fuga e volume de perdas relacionados com a estratégia do controlo ativo de perdas;
- Perdas decorrentes de pequenas fugas:
    - Associadas, regra geral, a acessórios (*p.ex.* juntas de ligação);
    - Indetetáveis por grande parte dos equipamentos utilizados;
    - Elevado tempo de duração e volume de água perdido significativo (não afloramento à superfície);
    - Geralmente desprezadas (dificilmente detetadas, reparação individual sem benefícios económicos);
- Perdas por fugas e extravasamentos em reservatórios:
    - Ocorrem essencialmente à noite;
    - As inspeções periódicas devem realizar-se para combate às fugas associadas a fissurações.

Relativamente ao tipo de perdas preconizado no balanço hídrico e às respetivas medidas de combate a perdas, sistematizam-se as medidas consideradas em Poças-Martins (2012):

- Perdas Reais:
    - Perdas em condutas e em ramais (*p.ex.*: fugas e roturas):
        - Controlo de pressão;
        - Reparação rápida de avarias;
        - Controlo ativo de perdas;
        - Substituição de condutas;
    - Perdas em reservatórios (*p.ex.*: fendas):
        - Eliminação de extravasamentos por transbordo;
        - Reparação de superfícies;
- Perdas aparentes:
    - Perdas por erros de medição (*p.ex.*: contadores envelhecidos):
        - Aferição local dos contadores;
        - Substituição de contadores;
    - Perdas por consumos não autorizados:
        - Inspeção local das instalações;
    - Perdas por consumos não faturados estimados (*p.ex.*: locais de consumo sem contador):
        - Instalação de contadores;
    - Perdas por consumos não faturados medidos:
        - Substituição de contadores.

Cardoso *et al.* (2013) referem que as entidades gestoras executam o controlo de perdas reais sustentando-se em quatro pilares fundamentais, nomeadamente a gestão de pressão na rede, a qualidade e a rapidez das reparações de fugas e roturas, o controlo ativo de perdas e a necessidade de maiores investimentos (reabilitação e substituição das infraestruturas). O excesso e a oscilação de pressões provocam danos nas infraestruturas de abastecimento de água. A impossibilidade de equilíbrio de pressão na rede de abastecimento de água, através da setorização (alteração do sentido do escoamento) ou da desativação de estações elevatórias, dita a utilização de válvulas redutoras de pressão (VRP). Salienta-se que estes equipamentos se instalam em pontos estratégicos, visando a redução ou conservação da pressão em determinado nível, essencialmente em período de menor consumo, através da introdução, ao escoamento, de uma perda de água localizada (Farley *et al.*, 2008).

Miranda (2018) refere que o controlo e a gestão de pressões na rede de distribuição representam a forma mais acessível de diminuir as perdas reais, aliada a resultados significativos, rápidos e com um investimento associado baixo. A redução de pressões poderá conduzir, também, a uma redução do número de ocorrências na rede. Na mesma investigação, realça-se que a gestão de pressões deverá ser uma das ações prioritárias no combate às perdas de água, identificando-se outras ações prioritárias, nomeadamente: localização e rápida reparação de roturas; instalação de dispositivos de controlo de nível em reservatórios; realização de ensaios de estanquidade; controlo ativo de fugas.

Em Freitas et. al (2007), aborda-se o controlo de pressões nas redes de distribuição de água, e mencionam-se alguns pressupostos do planeamento de um programa de redução de pressões, designadamente: estabelecimento de contratos do tipo chave-na-mão (estudo, projeto, fornecimento e instalação), que se indica como um tipo de contrato que possibilitaria acelerar o programa de redução de perdas; priorização de setores com abastecimento consolidado; utilização de mapeamento de pressões como ferramenta de trabalho; capacitação dos técnicos no acompanhamento da execução dos contratos; pré-operação e transferência de tecnologia contratada.

As válvulas redutoras de pressão (VRP) caraterizam-se pela instalação expedita, possibilitando benefícios significativos na sua área de influência, através da redução da pressão para níveis operacionais compatíveis com a continuidade do abastecimento de água aos pontos mais críticos. O retorno do investimento refere-se rápido. Sistematizam-se as quatro modalidades de funcionamento das válvulas redutoras de pressão (VRP) (Cardoso *et al.*, 2013):

- Modelação simples – A pressão de jusante mantém-se fixa, em todas as horas do dia. Refere-se ao sistema com menores custos de investimento e operação;
- Modelação horária – A pressão de jusante mantém-se constante para intervalos de tempo predefinidos, mudando de intervalo para intervalo. Regra geral, utilizam-se dois patamares de pressão (período diurno e período noturno) e são apropriadas para perfis de consumo regulares e com perdas de carga superiores a 10 mca (Bairos, 2008). Caso se encontre associado a um controlador eletrónico, conseguem-se vários patamares de pressão;
- Modelação pelo consumo – A pressão de jusante estabelece-se em função do consumo, necessitando-se associar a um caudalímetro e a um controlador eletrónico (Alegre *et al.*, 2005). Recomenda-se para situações em que existem grandes perdas de carga no sistema e mudanças inesperadas nos perfis de consumo;
- Modelação por ponto crítico – A pressão de jusante define-se em função dos valores medidos e desejados previamente em pontos críticos da rede. Estes enviam-se, em tempo real, aos controladores das válvulas redutoras de pressão (VRP), através de um sistema de telemetria (Alegre *et al.*, 2005).

As perdas de água podem representar um elevado volume, mas o seu impacto, em termos económicos, poderá ser bem superior, sendo, por isso, a sua redução determinante para a sustentabilidade dos sistemas e do setor. Em sistemas de pequena dimensão, o problema revela-se de difícil solução, pelas caraterísticas intrínsecas a esta tipologia de sistema. A redução das perdas de água necessita de um processo que depende do apoio político, da liderança, do conhecimento, da tecnologia, do contexto, e que precisa de tempo. A evolução do processo de combate às perdas de água (reais e aparentes) representa-se de forma esquemática na figura 2.38 (Poças-Martins, 2012).

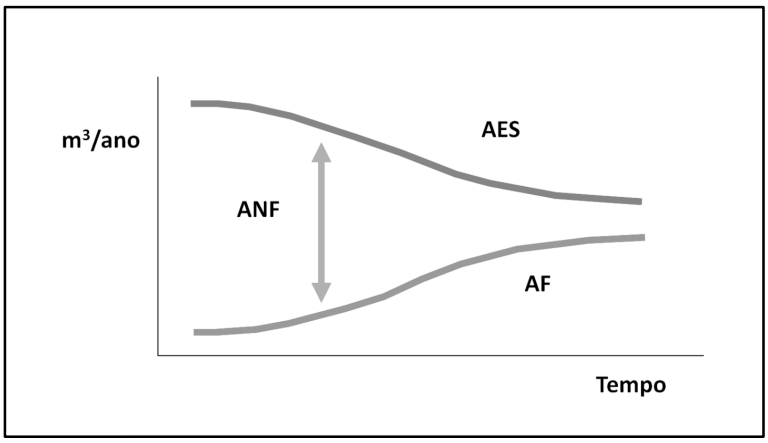


Fig. 2.38 – Evolução do processo de combate às perdas de água (Poças-Martins, 2012)

Salienta-se que a melhor forma de conhecer os volumes de água não faturada e as percentagens de perdas reais e de perdas aparentes tem-se sustentado em estimativas periódicas do comportamento da rede. A recolha tradicional de contador refere-se como uma das componentes destas estimativas, que pode ser executada com diferentes frequências (de um mês a períodos superiores a um ano). Na ocorrência de períodos longos, a entidade gestora fica sem a perceção do estado de consumo dos seus clientes (Malheiro *et al.*, 2011).

No que diz respeito aos equipamentos de medição, a norma NP EN 14154-1:2008 define um contador de água como um instrumento vocacionado para medir de forma contínua, registar e indicar o volume de água que, em condições normais de funcionamento, passa pelo referido instrumento. Um contador incorpora diferentes componentes, designadamente (Arregui *et al.*, 2006):

- Transdutor de medição;
- Calculador;
- Dispositivo indicador.

Pela definição referida na norma, inclui-se, juntamente com os contadores mecânicos, os contadores eletromagnéticos. A diferença entre as leituras no instante final e no instante inicial determina o volume de água consumido num determinado intervalo de tempo (Arregui *et al.*, 2006).

A leitura automática dos medidores tem-se tornado mais comum, substituindo a leitura através de meios humanos, mais onerosa e suscetível de erros, e permitindo a recolha de consumos em períodos de tempo mais curtos. A informação recolhida pode utilizar-se para uma avaliação mais precisa do balanço hídrico, possibilitando o estabelecimento de estratégias mais eficazes para a redução da água não faturada (Poças-Martins *et al.*, 2016).

A telecontagem possibilita a monitorização, em tempo real, dos consumos de cada cliente, permitindo que a entidade gestora disponha de dados suficientes para, em cada momento, identificar os pontos de consumo do caudal que entra na rede e aquele que se está a perder. A emissão de alertas de irregularidades nos contadores identifica-se como outro campo de atuação da telecontagem, que abre caminho a um combate eficaz às perdas aparentes, através da localização precisa das suas causas. Os sistemas de telecontagem domiciliária possibilitam a obtenção, o processamento e a transmissão de dados à distância, através de diferentes tecnologias de comunicação, sendo constituídos por quatro elementos principais (Malheiro *et al.*, 2011):

- Unidade local – Constituída por um contador, por um emissor de impulsos e por um módulo de comunicação remota, efetua a recolha, registo e transmissão de leituras;
- Unidade intermédia – Constituída por um concentrador, efetua a receção das leituras de um conjunto de contadores, armazena-as e transmite-as com uma frequência predefinida para a terceira unidade. Deve localizar-se a uma distância pouco significativa dos contadores (algumas centenas de metros, dependendo dos obstáculos físicos). Alternativamente podem utilizar-se recetores de rádio (portáteis), que obrigam a que se efetue um circuito de leitura, periodicamente;
- Unidade remota – Acessível diretamente pela entidade gestora, devendo localizar-se na própria entidade gestora ou em local a que esta aceda ilimitadamente, efetua a recolha e o processamento de dados;
- Sistema de comunicação – Pode ser via rádio, GMS e GPRS, efetua a troca de informação entre as diferentes unidades.

A utilização de leituras automáticas para uma zona de monitorização e controlo possibilita a identificação de zonas de submedição e a execução de estimativas muito precisas das perdas reais e dos consumos não autorizados. Refere-se, ainda, a definição do tempo ótimo de substituição de cada contador para cada consumidor, considerando cada padrão de consumo individual. (Poças-Martins *et al.*, 2016).

A informação gerada pelas leituras automáticas, cuja exploração é tão importante como a instalação do sistema de contagem, disponibiliza, à entidade gestora, dados reais sobre o estado de consumo dos clientes, indicando a forma e o local para onde a água se encaminha, facilitando a gestão eficiente da rede. A redução de custos associada à facilidade de recolha de dados e a gestão mais eficaz dos recursos, que pode ser direcionada para novas tarefas, identificam-se como algumas vantagens das leituras automáticas. A disponibilização dos dados num portal online, acessível aos consumidores, poderá fomentar uma atitude proativa na gestão dos consumos de água. A informação gerada permite que se calcule a eficiência dos sistemas com mais frequência e se estabeleçam metodologias de monitorização e controlo de forma mais eficaz (Malheiro *et al.*, 2011).

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), embora utilizados por grande parte das entidades gestoras, não se encontram devidamente explorados, por todas estas, como ferramenta para a redução da água não faturada, para produção de listas prioritárias e mapas para sustentar o processo, designadamente (Poças-Martins *et al.*, 2016):

- Mapas com as pressões otimizadas na rede (base para gestão avançada da pressão e à delimitação das zonas de medição e controlo);
- Listas de troços de rede e de ramais de ligação a substituir ou a reabilitar;
- Listas e mapas de contadores a ser instalados ou substituídos;
- Listas e mapas das instalações com padrões de consumo anormais ou tendências anómalas, que indiciam defeitos nos contadores ou furtos de água;
- Otimização de rotas de leituras de contadores de água;
- Otimização de rotas para reparações mais rápidas de roturas.

A modelação de perdas de água revela-se importante na construção de um modelo numérico de uma rede de distribuição. Os simuladores hidráulicos (*p.ex.* EPANET) possibilitam a configuração dos nós das redes como dispositivos emissores (pequenos orifícios que escoam água sob pressão para o exterior). A lei de vazão destes dispositivos carateriza-se por parâmetros que se devem quantificar de forma adequada, de modo a que as perdas de água nos nós do modelo reproduzam as que ocorrem nas condutas

a que se encontram ligados. A modelação de uma rede de distribuição de água necessita do conhecimento da rede (*p.ex.* traçado, diâmetro, rugosidade equivalente das paredes interiores das condutas, localização e regulação dos órgãos acessórios de manobra) e dos consumos (distribuição espacial e variação temporal). As perdas de água representam "consumos" não desejados, que não se devem ignorar, uma vez que, frequentemente, são responsáveis por uma parte significativa dos caudais escoados nas condutas. A modelação da rede, particularmente no que diz respeito às pressões, pode constituir um instrumento útil no estudo de soluções que atuem nas perdas (*p.ex.* estabelecimento de patamares de pressão) (Pacheco-Figueiredo, 2012).

Poças-Martins (2012) refere a existência de diversos casos em que as perdas não são conhecidas nem controladas, sendo, nestes casos, vulgarmente superiores a 50%, podendo as perdas totais (reais e aparentes) atingir os 80% da AES. Na mesma comunicação, salienta-se que a teoria e as medidas de redução de perdas de água são conhecidas e que existe tecnologia disponível, sendo o problema primeiramente de gestão, agravado pela dimensão demasiado pequena dos sistemas, indicando-se que, em contexto favorável, um período de tempo entre 5 e 6 anos poderá ser suficiente para reestruturar uma empresa de águas.

2.7.3.6. Operação de Reservatórios de Distribuição de Água

Os reservatórios de distribuição de água apresentam, como função principal, a garantia de fiabilidade, de economia e de segurança aos sistemas de abastecimento de água, através da regularização de caudais afluentes e caudais cedidos e da salvaguarda e da garantia de abastecimento em situações de caráter extraordinário, designadamente (Tentúgal-Valente, 2013d e Marques e Sousa, 2009):

- Armazenamento de água excedente da adução;
- Garantia do fornecimento nas pontas de consumo;
- Reserva para interrupção de adução ao reservatório;
- Reserva para combate a incêndios;
- Estabilização de pressões na rede de distribuição.

O projeto de um reservatório, tal como de outras infraestruturas, apresenta consequências acentuadas na sua posterior exploração. Neste projeto, deve atender-se a questões relacionadas com a implantação (*p.ex.* localização, movimento de terras), a arquitetura, o projeto estrutural, as drenagens de superfície e de fundo, os circuitos hidráulicos exteriores, o equipamento eletromecânico, a eletricidade (*p.ex.* quadro elétrico, circuitos de iluminação, intercomunicadores, descargas atmosféricas, alimentação de energia elétrica), a automação e o comando (*p.ex.* válvulas reguladoras, outros equipamentos) e a televigilância (Tentúgal-Valente, 2013).

Pela função que desempenham nos sistemas de abastecimento de água, os reservatórios de distribuição de água necessitam de um controlo rigoroso das suas componentes e do seu regular funcionamento. Referem-se os órgãos mais relevantes de controlo e operação dos reservatórios (Marques e Sousa, 2012):

- Dispositivos de entrada de água;
- Dispositivos de saída de água;
- Descarregadores de superfície;
- Descargas de fundo;
- Dispositivos de ventilação.

Embora os reservatórios de distribuição se projetem, localizem e operem de acordo com condições hidráulicas e funcionais, pelas suas caraterísticas, funcionam como reatores biológicos e químicos,

provocando alterações da qualidade da água. A diminuição de qualidade da água em reservatórios projetados ou operados de forma incorreta pode dever-se ao acréscimo da idade da água ou à redução de desinfetante residual e consequente desenvolvimento de micro-organismos e subprodutos da desinfeção, devido à ocorrência de nitrificação e degradação das caraterísticas organoléticas (Dias *et al.,* 2002).

Nos sistemas de abastecimento de água, frequentemente, utiliza-se apenas 25% a 40% do volume dos reservatórios, em condições correntes. Os restantes 75% a 60% utilizam-se como reserva, salientando-se a necessidade de esta se encontrar fresca, no que se refere à idade. A necessidade de operação de reservatórios de água a níveis adequados prende-se com diferentes aspetos, designadamente (Dias *et al.,* 2002):

- Funcionamento a níveis de água baixos – potencia a libertação de cloro na queda de água, pelo tubo de entrada;
- Funcionamento a níveis de água altos – potencia a existência de zonas mortas, sobretudo em reservatórios de duas células;

Dos resultados de modelação obtidos por Dias *et al.* (2002), podem fixar-se os critérios:

- Verificar-se a variação de nível diária (entre um valor mínimo e um valor máximo), de modo a evitar elevados tempos de retenção no reservatório;
- Manter-se aproximadamente constante a concentração de cloro na entrada e na saída do reservatório.

2.7.3.7. Operação de Estações de Tratamento de Água e de Águas Residuais

Os desafios que se colocam, neste momento, às entidades gestoras dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, relacionam-se, essencialmente, com a melhoria do desempenho das infraestruturas existentes e com a produção de informação de apoio à decisão a médio prazo e a longo prazo, necessária aos sistemas de gestão patrimonial de infraestruturas (Decreto-Lei n.º 194/2009, Alegre *et al.*, 2012). O incremento da resiliência das estações de tratamento de água (ETA) e das estações de tratamento de águas residuais (ETAR) às variações de quantidade e qualidade da água a tratar e ao controlo de microcontaminantes resistentes aos tratamentos convencionais (Cecílio *et al*., 2007, Rosa *et al*., 2009, Rosa *et al*., 2012a), e a minimização de gastos com o tratamento, representam linhas orientadoras de uma gestão focada na melhoria contínua de desempenho (Rosa *et al*., 2012b).

A melhoria de desempenho através da procura contínua de adaptação das melhores práticas, através da ferramenta de comparação de desempenho (*benchmarking*), reconhece-se pela comunidade cientifica e técnica (Cabrera *et al.*, 2011). Esta abordagem realça o caráter contínuo (ciclos *Plan-Do-Check-Act*) e coletivo do *brenchmarking*, envolvendo duas etapas consecutivas, designadamente (Rosa *et al.*, 2012b):

- Avaliação de desempenho;
- Melhoria de desempenho.

No que diz respeito às estações de tratamento de águas residuais (ETAR), refere-se que os principais desafios de gestão se relacionam com o cumprimento dos requisitos de descarga, da água para reutilização e das lamas para valorização, a otimização da utilização de recursos e a diminuição da pegada ecológica. As entidades gestoras, no sentido de dar resposta aos desafios mencionados, devem definir objetivos e metas claras, implementar processos de gestão associados às melhores práticas e promover a autoavaliação. A implementação de instrumentos de avaliação de desempenho representa

um contributo importante para alcançar os objetivos referidos, uma vez potencia um processo de melhoria contínua do funcionamento da instalação e a utilização sustentável de recursos. A figura 2.39 representa esquematicamente um sistema de avaliação de desempenho de estações de tratamento de águas residuais (ETAR) urbanas (Quadros *et al.*, 2010).

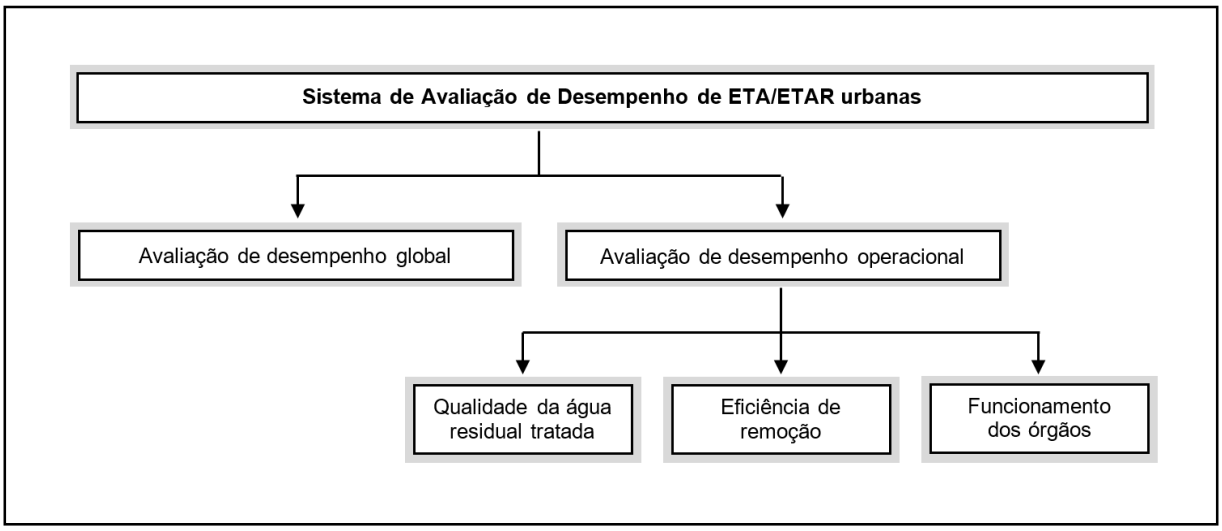


Fig. 2. 39 – Representação esquemática de um sistema de avaliação de desempenho de ETAR (fase líquida) (adaptado de Vieira *et al*., 2009, citado em Quadros *et al*., 2010)

A avaliação de desempenho operacional das estações de tratamento de águas residuais (ETAR) urbanas completa a avaliação de desempenho global, representando uma ferramenta útil na gestão destas infraestruturas. Salienta-se que a avaliação do desempenho operacional transforma dados de exploração em informação de apoio à tomada de decisão ao nível operacional, integrando os três critérios de avaliação indicados na figura 2.44 (Quadros *et al.*, 2010).

2.7.3.8. Operação de Estações Elevatórias

A redução de custos de exploração e o incremento da eficiência das estações elevatórias (EE) de água ou de águas residuais relacionam-se com a otimização energética. A eficiência global de um sistema elevatório encontra-se dependente da capacidade de adequação às necessidades de bombagem, mesmo que o equipamento instalado apresente um bom nível de eficiência no seu ponto de funcionamento. Arranques sucessivos das bombas, ruído elevado ou número de avarias significativo poder-se-ão relacionar com o sobredimensionamento dos sistemas e/ou com variações acentuadas de consumos (sistemas de abastecimento de água) ou de caudais afluentes (sistemas de drenagem de águas residuais). (Vivas *et al.*, 2014).

Salienta-se a existência de diversas soluções de otimização aplicáveis a sistemas elevatórios, parte delas mais direcionadas para sistemas já em funcionamento. A escolha da solução mais ajustada a cada situação necessita de uma análise global do funcionamento dos sistemas (na situação presente e num horizonte de tempo significativo). O estudo da otimização energética pode aplicar-se aos diferentes tipos de estações elevatórias (EE), com potenciais de otimização diferentes. As estações elevatórias (EE) com consumos de energia intensivos podem apresentar um potencial total de poupança (custos) mais elevado do que estações elevatórias menos eficientes, teoricamente com maior potencial. Justifica-se a realização de uma análise preliminar das múltiplas estações elevatórias, identificando-se as consideradas prioritárias para estudos de otimização, potenciando-se o investimento (Vivas *et al.*, 2014).

Relativamente aos sistemas de abastecimento de água, as estações elevatórias (EE) controlam-se, essencialmente, pela variação dos níveis de água nos reservatórios de regularização que se encontram associados (dependentes da gestão operacional dos sistemas) e dos consumos de água verificados. Refere-se que os consumos podem variar significativamente ao longo do dia ou ser significativamente inferiores às estimativas de projeto, resultado da eficiência crescente da utilização de água ou de estimativas de populações servidas desajustadas da evolução demográfica verificada. Uma vez que estes sistemas necessitam de prestar um serviço com uma exigência de fiabilidade elevada (redução do risco de falha), o caudal de projeto considera o nível mais elevado de satisfação de consumos, no horizonte de projeto (Vivas *et al.*, 2014).

No que se refere aos sistemas de drenagem de águas residuais, as estações elevatórias (EE) controlam-se pela variação de caudal afluente, ocorrido em função dos consumos de água potável a montante. Realça-se a variabilidade de caudais associada a afluências indevidas. O dimensionamento, independentemente da capacidade de regularização de caudal do poço de bombagem, efetua-se para o caudal máximo afluente, no horizonte de projeto (Vivas *et al*., 2014).

Pela natureza de funcionamento dos sistemas em que se integram, as estações elevatórias (EE) necessitam de uma abordagem que não se restringe à análise da eficiência dos grupos eletrobomba no ponto de funcionamento expectável (Leite *et al*., 2010). As perdas de carga do sistema aumentam segundo uma relação de grau dois com o caudal, por isso, o funcionamento do sistema acima das necessidades conduz a consumos energéticos desnecessários (HI e PSM, 2008). Evidencia-se que a possibilidade de adaptação do caudal bombado à variação de caudal afluente se traduz numa redução significativa de custos de energia e de operação (Vivas *et al*., 2014).

Nos sistemas de abastecimento de água, a energia associada à elevação de água pelas estações elevatórias (EE) representa uma parcela considerável do custo total de energia elétrica. A otimização da operação das estações elevatórias (EE) tem assumido um papel preponderante na procura de eficiência económica nos sistemas, sem alteração das infraestruturas que sustentam os mesmos. A variação do tarifário de energia elétrica introduz uma variável ao problema, identificando-se a necessidade de redução do tempo de funcionamento das bombas em períodos correspondentes a escalões de energia mais dispendiosos (Costa e Pacheco-Figueiredo, 2009).

Costa e Pacheco-Figueiredo (2009) referem que, em grande parte das estações elevatórias (EE), os investimentos em pequenas modificações das bombas ou em mudanças operacionais podem traduzir-se em reduções significativas dos custos associados à energia elétrica. Este estudo indica a viabilidade da aplicação de um programa desenvolvido no setor do abastecimento de água, efetuando-se uma modelação dos sistemas a analisar em EPANET. Os resultados obtidos indicaram no sentido da elevação do maior volume de água possível durante a noite e bombagem mínima nos escalões energéticos mais caros, procurando a eficiência económica do funcionamento destas infraestruturas (Costa e Pacheco-Figueiredo, 2009).

A generalidade dos sistemas de abastecimento de água dispõem de estações elevatórias (EE), salientando-se que a variação da tarifa da energia elétrica ao longo do dia alavanca a procura de políticas operacionais que, considerando a variação temporal dos consumos e a capacidade de regularização dos reservatórios, permita a minimização de gastos energéticos. O desenvolvimento de um modelo de controlo (com algoritmo de otimização), visando a formulação de uma política operacional eficiente no que se refere à energia consumida, suporta-se em (Pacheco-Figueiredo e Poças-Martins, 2007):

- Modelo hidráulico da instalação elevatória (conduta, grupos elevatórios, reservatórios);
- Padrões horários de consumo esperado;

- Variação da tarifa elétrica ao longo do dia.

Em Pacheco-Figueiredo e Poças-Martins (2007), desenvolve-se um modelo de controlo que se sistematiza seguidamente. Uma vez encontrada a função objetivo e estabelecidas as restrições de operação, o algoritmo de otimização desenvolvido para o modelo de controlo procura o melhor comportamento da variável de controlo do problema (volume a elevar em cada incremento temporal). O modelo de controlo e o algoritmo de otimização desenvolvem-se em Microsoft Excel, através da funcionalidade de minimização da função objetivo. Este modelo define, a cada hora, o volume de água a elevar, indicando-se que uma forma simples de implementar uma política operacional adequada se encontra relacionada com a programação dos arranques e paragens dos grupos elevatórios, em função dos níveis de água nos reservatórios abastecidos e dos períodos do dia em causa, aproximando-se dos volumes estabelecidos pelo modelo e minimizando o número de arranques e paragens. Utiliza-se o programa EPANET para a simulação do funcionamento da instalação elevatória, testando e/ou ajustando os critérios operacionais. (Pacheco-Figueiredo e Poças-Martins, 2007).

As estações elevatórias (EE) de águas residuais respondem a necessidades relacionadas com a topografia e o ordenamento do território, identificando-se problemas específicos relacionados com o projeto (*p.ex.* escolha do local de implantação, fixação do número de grupos a instalar, conceção geral adaptada às caraterísticas da zona a servir e do local de implantação, arrumação dos equipamentos, escolha do tipo de tubagem na conduta elevatória e o seu dimensionamento, definição e conceção de sistemas de comando de controlo, dimensionamento da câmara de aspiração, conceção de sistemas de ventilação, conceção de instalações acessórias, conceção da saída de emergência) e com a manutenção da exploração (*p.ex.* falta de preparação técnica do pessoal responsável, dificuldades financeiras, carências de mercado, segurança). No sentido de abordar os problemas de manutenção, recomenda-se (Tentúgal-Valente, 2013c):

- Realização e cumprimento de planos de manutenção;
- Realização e cumprimento de planos de segurança;
- Ações de formação de pessoal;
- Aquisição de experiência.

O dimensionamento de estações elevatórias (EE) de águas residuais centra-se, vulgarmente, no caudal máximo de horizonte, podendo originar-se uma operação irregular e ineficiente em situações de menores afluências. A otimização da operação das estações elevatórias (EE) de águas residuais, considerando a capacidade de bombagem e os caudais afluentes, possibilita que se incremente a eficiência dos grupos elevatórios, reduzindo as perdas de carga e os consumos de energia. Os planos de otimização energética possibilitam a definição de melhores soluções técnicas e económicas de redução de custos associados a energia e a análise de investimentos, considerando as condições de funcionamento (altura geométrica e variação dos caudais afluentes). Sintetizam-se as principais fases de desenvolvimento de um plano de otimização energética (Leite *et al.*, 2011a):

- Caraterização inicial – identificar os dados de base necessários;
- Avaliação dos sistemas – evidenciar as vantagens e potencialidades de utilização de uma ferramenta informática de simulação (*p.ex.* Pump3E – *Pump Energy Efficiency Evaluation*);
- Identificação de possíveis soluções de otimização – analisar as vantagens e desvantagens e a potencial redução dos consumos de energia. Pode incluir as seguintes etapas:
    - Substituição por bombas mais eficientes;
    - Instalação de bombas de pequena capacidade (*Pony Pumps*);
    - Redução do diâmetro do impulsor;
    - Instalação de variadores de velocidade;

- Planeamento de ações – definir planos de investimentos a curto prazo e a longo prazo, considerando os graus de intervenção que se pretendem e a eficiência que é possível alcançar;
- Acompanhamento do plano – estabelecer os principais indicadores e métodos de avaliação dos resultados do processo de otimização.

Leite *et al.* (2011b) referem diferentes técnicas/metodologias de otimização energética, designadamente:

- Alteração do diâmetro do impulsor;
- Instalação de variadores de velocidade;
- Substituição de grupos eletrobomba por outros mais eficientes;
- Instalação de grupos eletrobomba de pequena capacidade.

O estudo efetuado por Leite *et al.* (2011b) possibilitou concluir que os variadores de velocidade podem permitir uma redução das perdas de carga e dos custos energéticos do sistema, salientando-se que a aplicação a casos que se encontram fora do âmbito desse estudo deverá ser alvo de uma análise custo-benefício.

2.7.3.9. Afluências Pluviais Indevidas aos Sistemas de Drenagem de Águas Residuais

As afluências indevidas (também designadas como "águas parasitas" ou "volumes parasitas") poderão ser de águas pluviais às redes de drenagem de águas residuais domésticas, ou o contrário, isto é, de águas residuais domésticas (ou industriais) às redes de drenagem de águas pluviais, em ambos os casos com consequências negativas, mas com causas que podem ser semelhantes. Neste ponto, abordam-se as afluências pluviais indevidas.

Nunes e Fragata (2016), citados em Silva (2017), utilizam a designação "Afluências Indevidas" ("*inflow and infiltration*", na terminologia anglo-saxónica) na caraterização de todo o caudal indevido, sobretudo pluvial, afluente ao sistema através de escoamento direto (*p.ex.*: ligações indevidas das infraestruturas públicas ou dos sistemas prediais), de infiltração, de anomalias estruturais ou de ligações clandestinas. Silva (2017) assinala a urgência de implementar estratégias e metodologias de controlo, operação e gestão de afluências indevidas às infraestruturas de drenagem e tratamento de águas residuais.

As afluências pluviais indevidas podem distinguir-se entre "afluências indiretas" ou "infiltrações e "afluências pluviais diretas". A afluência por infiltração encontra-se associada a níveis freáticos elevados (*p.ex.*: acima da soleira dos coletores), e o estado e conservação e operação das infraestruturas é deficiente. A ocorrência de eventos de precipitação ou de variação de marés poderá contribuir para a afluência indireta de caudais às redes de drenagem de águas residuais, uma vez que são fenómenos que fazem variar o nível freático. As flutuações destes níveis ao longo do ano poderão provocar a variação das afluências por infiltração, geralmente lentas. Tipicamente, a magnitude das afluências por infiltração é influenciada pela sazonalidade, podendo aumentar, de forma pronunciada, após precipitações prolongadas (Engidro e HIDRA, 2006c).

O contexto de crescimento acelerado de núcleos urbanos poderá levar a cenários em que sistemas inicialmente bem-concebidos fiquem desajustados, situação que potencia desempenhos inapropriado, afetando o tempo de vida útil, a qualidade e a fiabilidade das infraestruturas. A problemática das afluências pluviais indevidas tende a agravar-se com a idade dos sistemas, podendo verificar-se uma situação crítica a médio/longo prazo, a nível ambiental, técnico e económico. Identificam-se como afluências indevidas as seguintes: águas pluviais (escoamento direto), águas de infiltração, efluentes comerciais ou industriais não licenciados (Engidro e HIDRA, 2006c).

Amorim (2007) reconhece dois mecanismos que contribuem para as afluências indevidas às redes de drenagem de águas residuais, designadamente: entrada através de câmaras de visita; inserção em coletores, por meio de ligações clandestinas de águas pluviais. O aumento do caudal transportado poderá provocar diversos constrangimentos ao normal funcionamento dos sistemas de drenagem de águas residuais, criados para transportar efluentes domésticos, comerciais e industriais, particularmente a entrada da rede em carga, o possível extravasamento para ruas e linhas de água, a diminuição da eficiência em ETAR, a incapacidade de bombagem e as descargas de emergência em meios recetores (Silva, 2017).

Nas ocorrências indevidas ou indesejáveis aos sistemas separativos de drenagem de águas residuais domésticas, incluem-se as águas pluviais (escoamento direto), as águas de infiltração (escoamento indireto) e os efluentes comerciais ou industriais (unidades não licenciadas). As águas pluviais e as de infiltração apresentam origem e distribuição temporal e espacial diversas, sendo, em regra, relevantes em termos de volumes afluentes aos sistemas e irrelevantes no que se refere a cargas poluentes. A deteção de descargas de águas residuais de unidades industriais não licenciadas, por atuação negligente ou deliberada, constitui uma situação controlável, por fiscalização direta. Identificam-se as causas principais para a ocorrência deste tipo de problemas (Tentúgal-Valente, 2013a):

- Pluviosidade elevada;
- Existência de ligações pluviais às redes de drenagem domésticas (indevidas);
- Proximidade de nível freático;
- Estado de conservação da rede;
- Existência de redes unitárias em áreas de montante.

Hyder (2005) menciona alguns fatores que influenciam as entradas físicas ao longo de um sistema de drenagem de águas residuais:

- Estado de conservação e idade dos coletores e acessórios da rede;
- Modo de construção e colocação dos coletores;
- Caraterísticas do solo envolvente e existência de outras fugas;
- Frequência de passagem de cargas de pesados sobre as tubagens.

As infiltrações referem-se à entrada de afluências com origem subterrânea, podendo ocorrer quando os níveis freáticos se verificam elevados (acima da soleira dos coletores) e/ou o estado de construção e/ou operação das infraestruturas se revela deficiente. As afluências indevidas de infiltração dependem da ocorrência de eventos de precipitação e/ou da variação de marés, podendo ocorrer durante todo o ano, em função da flutuação dos níveis freáticos. Tipicamente, a magnitude das infiltrações apresenta uma variação sazonal, ainda que possa apresentar uma tendência a aumentar após precipitações de duração prolongada e a reduzir em períodos prolongados de estiagem. Pode ocorrer nos sistemas em baixa (ligações domésticas aos coletores, ao longo destes ou nas câmaras de visita) ou nos sistemas em alta, eventualmente mais relevante, uma vez que os coletores se encontram, regra geral, a cotas mais baixas, vulgarmente próximo de linhas de vale ou linhas de água (Tentúgal-Valente, 2013a).

As afluências indiretas aos sistemas de drenagem de águas residuais poderão acontecer nas infraestruturas em alta (*p.ex.*: intercetores e emissários), com relevância por metro linear, por se encontrarem geralmente a cotas baixas, ou nas infraestruturas em baixa (*p.ex.*: ligações domésticas, coletores, câmaras de visita). Elencam-se alguns fatores dos quais depende a ocorrência de infiltrações (Engidro e HIDRA, 2006c): estado de conservação das infraestruturas; posição das infraestruturas relativamente ao nível freático; caraterísticas do solo envolvente e existência de outras fugas (*p.ex.*: condutas de abastecimento de água); modo de construção e de assentamento de coletores; comprimento

das redes de drenagem de águas residuais, diâmetros de coletores, número de câmaras de visita e densidade de ramais de ligação.

Relativamente às causas e à origem das infiltrações, refere-se que os caudais infiltrados apresentam variações temporais e espaciais que inviabilizam a sua quantificação através de um método empírico específico. Ao contrário das infiltrações pluviométricas, cujo incremento se verifica rápido e abundante, as afluências de águas provenientes de outras origens nos sistemas de drenagem urbana apresentam uma pequena variação (Cardoso *et al.*, 2002). A entrada física de águas residuais, através de fenómenos diretos e indiretos, encontra-se associada a inúmeros fatores, variáveis de caso para caso, destacando-se, de acordo com diferentes autores (Merril e Butler, 1994, Cardoso *et al.*, 2002, Kretschmer *et al*., 2008), os seguintes (Coelho *et al.*, 2013):

- Pressão hidrostática sob os elementos da rede;
- Fugas existentes noutros sistemas (*p.ex.* pluviais);
- Densidade de ramais;
- Intervalo de tempo em que o nível hidrostático se encontra acima da soleira;
- Estado físico da rede de saneamento;
- Idade do sistema;
- Construção deficiente e manutenção deficitária;
- Tipo de tubagem e qualidade de construção;
- Ataques químicos (corrosão de coletores);
- Localização do nível freático;
- Regime hidráulico predominante;
- Proximidade de aquíferos;
- Assentamento de tubagens;
- Tempo de vida útil da rede;
- Movimentos de terra junto às tubagens (assentamento de coletores);
- Tipo de solo envolvente;
- Qualidade e manutenção do sistema de drenagem;
- Topografia;
- Materiais e estado da rede localizada em domínio privado;
- Ligações clandestinas;
- Capacidade de transporte da rede de drenagem;
- Custos de reabilitação e construção elevados.

A afluência direta aos sistemas de drenagem de águas residuais revela-se, frequentemente, significativa no seguimento de chuvadas fortes. Identificam-se, como mecanismos que contribuem para essa afluência, a entrada através de tampas e do corpo das câmaras de visita e dos ramais de ligação, a inserção da tubagem nas mesmas, as roturas de canalizações e as ligações clandestinas de águas pluviais. As afluências indevidas aos sistemas de drenagem de águas residuais podem encontrar-se na origem de diversos problemas, designadamente (Amorim *et al.*, 2007):

- Aumento dos custos operacionais e de investimento nas redes de drenagem e nas estações de tratamento de águas residuais;
- Diminuição da capacidade de transporte dos coletores e das estações de tratamento de águas residuais, potenciando descargas de águas residuais no meio recetor, sem tratamento;
- Arrastamento de solos, provocando problemas operacionais e estruturais na rede de drenagem.

As entradas de afluências com origem na ocorrência de precipitação e resultantes de escoamento direto definem-se afluências pluviais indevidas. A afluência pluvial ocorre quando se verificam ligações erróneas ou trocadas dos ramais de sumidouros da rede pública e das redes prediais ao sistema separativo doméstico; mistura de caudais pluviais com domésticos na rede predial (parcial ou totalmente); ligações erróneas ou trocadas entre coletores pluviais e coletores domésticos; entrada de água através de tampas de câmaras de visita dos coletores domésticos. Geralmente, as afluências pluviais indevidas surgem mais significativamente nas redes de drenagem doméstica dos sistemas em baixa, uma vez que estes apresentam uma maior concentração de câmaras de visita, uma maior extensão de coletores e a ocorrência frequente de ligações ilegais de ramais pluviais domiciliários e sumidouros à rede "separativa" doméstica (Tentúgal-Valente, 2013a).

As infraestruturas de drenagem de águas residuais (*p.ex.*: coletores, câmaras de visita, redes prediais), em exploração nos sistemas, encontram-se expostos a diferentes ações que induzem a sua degradação, tornando-os mais vulneráveis à ocorrência de afluências pluviais. Indicam-se algumas causas de afluências pluviais, por infraestrutura (coletores, ramais de ligação e câmaras de visita), dividindo-as por tipo de afluência (afluência direta; afluência indireta ou infiltração) (Engidro e HIDRA, 2006a e Engidro e HIDRA, 2006c):

- Afluências diretas:
    - Ligação indevida de coletores pluviais a coletores separativos domésticos;
    - Ligação de coletores unitários ou pseudo-separativos a coletores separativos domésticos;
    - Ligação indevida de dispositivos de interceção de águas pluviais (*p.ex.*: sarjeta; sumidouro) a coletores separativos domésticos;
    - Existência de descarregadores de "alívio" ou de "segurança";
    - Ligação indevida de ramais pluviais domiciliários a coletores separativos domésticos;
    - Ligação indevida de ramais unitários a coletores separativos domésticos;
    - Conceção inadequada de redes prediais;
    - Tampas de câmaras de visita/caixas de ramal danificadas;
    - Tampas de câmaras de visita/caixas de ramal ventiladas;
    - Tampa de câmaras de visita/caixas de ramal com encaixes defeituosos;
    - Existência de câmaras de visita conjuntas;
- Afluências indiretas:
    - Fissura (superficial), fenda ou fratura em coletores;
    - Deformação (alteração da forma original da seção) em coletores;
    - Colapso ou rotura de coletores;
    - Desgaste orientado por ataque químico (corrosão química ou microbiológica), ou por ação física (*p.ex.*: abrasão; cavitação) em coletores;
    - Intrusão de raízes em coletores;
    - Falta de estanquidade nas juntas de coletores;
    - Ligação de nascentes/tanques a coletores separativos domésticos;
    - Ligação indevida de sistemas de drenagem de águas freáticas, de caves e zonas baixas, a coletores separativos domésticos;
    - Falta de estanquidade em tubagens de ramais pluviais e/ou em ligações aos coletores separativos domésticos;
    - Falta de estanquidade em juntas de anéis pré-fabricados de câmaras de visita/caixas de ramal de ligação;

- Falta de estanquidade entre cone e corpo, em câmaras de visita/caixas de ramal de ligação;
- Falta de estanquidade das juntas entre blocos de alvenaria ou pedra, em câmaras de visita/caixas de ramal de ligação;
- Falta de estanquidade entre o topo do cone e o aro da tampa, em câmaras de visita/caixas de ramal de ligação;
- Fissuras (superficiais), fendas ou fraturas, em câmaras de visita/caixas de ramal de ligação;
- Roturas ou colapsos, em câmaras de visita/caixas de ramal de ligação;
- Desgaste orientado (ataque químico ou ação física), em câmaras de visita/caixas de ramal de ligação;
- Deformações, em câmaras de visita/caixas de ramal de ligação;
- Falta de estanquidade em ligações de tubagens a câmaras de visita/caixas de ramal de ligação.

Engidro e HIDRA (2006c) referem que as afluências indevidas aos sistemas de drenagem de águas residuais contribuem para a redução da capacidade disponível e da eficiência das infraestruturas de drenagem e tratamento (*p.ex.*: sobrecarga das infraestruturas, extravasamento para linhas de água, exploração inadequada das infraestruturas). A ocorrência de afluências pluviais indevidas poderá resultar na deterioração das infraestruturas, na diminuição do tempo de vida útil das componentes dos sistemas e no aumento dos custos e redução de eficiência no processo de tratamento de águas residuais. O mesmo estudo indica que as afluências poderão resultar de projetos impróprios, fraca qualidade de construção, insuficiente manutenção e/ou deficiente operação das infraestruturas hidráulicas dos sistemas de drenagem de águas residuais.

A rede de drenagem de águas residuais domésticas separativa concebe-se, em situações menos comuns, para a recolha de parte das águas pluviais da área de atendimento (*p.ex.* logradouros interiores ou pátios). Esta situação pode dever-se a condicionalismos (*p.ex.* cotas, distâncias dos coletores), definindo-se a rede como pseudosseparativa e não se considerando a contribuição pluvial como indevida, ainda que indesejável. Em sistemas de drenagem residual do tipo unitário, os caudais pluviais não se podem considerar como afluências indevidas, uma vez que as infraestruturas se dimensionam para a receção de caudais pluviais (Tentúgal-Valente, 2013a).

A afluência de volumes parasitas aos sistemas de drenagem de águas residuais apresenta impactos na exploração das infraestruturas de drenagem, elevação, interceção e tratamento (Figura 2.40). Sintetizam-se alguns desses impactos (Tentúgal-Valente, 2013a):

- Impactos técnico-hidráulicos:
  - Redução da capacidade de transporte – aumento da probabilidade de entrada em carga do coletor, de ocorrência de inundações e descargas;
  - Incremento do risco de ocorrência de velocidades de escoamento excessivas – deterioração das infraestruturas de drenagem;
  - Entrada de sedimentos nos coletores – aumento do fluxo de material sólido, potenciando a danificação das infraestruturas de drenagem;
  - Redução da eficiência das infraestruturas de tratamento – redução do rendimento das decantações primária e secundária e dificuldades de gestão de produção de lamas;
- Impacto social e ambiental:

  - Descarga de "excedentes" não tratados para o meio recetor – contaminação de massas de água;
  - Extravasamento das águas residuais para as vias públicas, através de câmaras de visita e de ramais de ligação – danos materiais e pessoais;
  - Presença de odores indesejados, relacionados com ligações indevidas de sarjetas de passeio e sumidouros não sifonados;
- Impacto económico:
  - Diminuição do período de vida útil e agravamento global de custos de operação e de manutenção de infraestruturas (aumento de custos com reagentes e com energia) – deterioração das infraestruturas de drenagem;
  - Acréscimos de custos relacionados com a faturação entre entidades gestoras (quando existe separação entre "alta" e "baixa") – dificuldades na responsabilidade da sua atribuição;
  - Acréscimo de custos de exploração;
- Saúde pública:
  - Efeitos ambientais com eventuais contaminações pontuais dos solos e das reservas aquíferas.

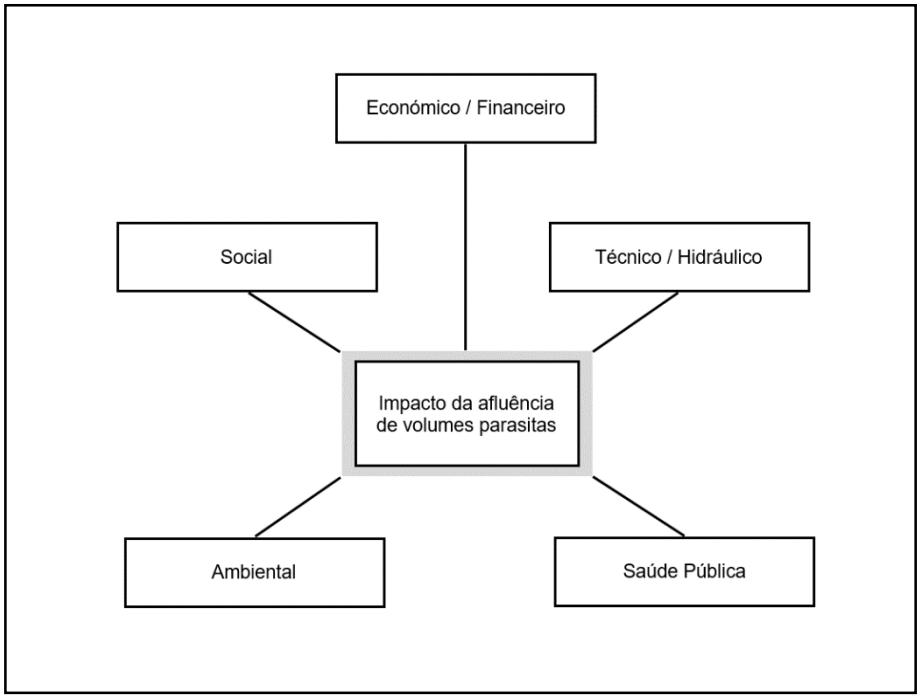


Fig. 2.40 – Representação esquemática de impactos da afluência de volumes parasitas na exploração das infraestruturas de drenagem de águas residuais (adaptado de Tentúgal-Valente, 2013a)

O controlo e a quantificação devem constar do plano de trabalhos em duas fases, designadamente a fase de projeto (cálculo dos caudais de dimensionamento) e a fase de exploração (avaliação do desempenho dos sistemas em termos técnicos e económicos). Em obras de reabilitação, o controlo das infiltrações deve efetuar-se antes e após a intervenção. Salienta-se que os volumes infiltrados se detetam facilmente, embora não se processem de forma uniforme ao longo da rede, sendo necessário analisar-se previamente o risco (Coelho *et al.*, 2013). Identificam-se alguns procedimentos a adotar (Cardoso *et al.*, 2002):

- Identificação das zonas problemáticas;

- Identificação dos caudais e elementos estruturais mais vulneráveis;
- Seleção das tecnologias mais adequadas;
- Reabilitação faseada de acordo com o grau de prioridade.

O estabelecimento de um plano estratégico direcionado para a redução eficaz das infiltrações indevidas à rede carateriza-se pela definição dos objetivos iniciais, que se refere a todas as técnicas que permitam reduzir o volume infiltrado e os custos associados ao ciclo de vida da rede de saneamento. Salienta-se a importância da definição de metas realistas e possíveis de alcançar (Coelho *et al.*, 2013).

Engidro e HIDRA (2006c) realçam o facto de as ações a implementar no combate às afluências pluviais se deverem adequar à realidade de cada sistema de drenagem de águas residuais. Estas ações, de acordo com o mesmo estudo, podem distinguir-se em:

- Medidas estruturais:
    - Reparação (*p.ex.*: retificação de danos localizados e reconstrução de pequenos troços de coletor);
    - Renovação (*p.ex.*: melhoria do desempenho do coletor na totalidade, incorporando-o na solução final);
    - Substituição (*p.ex.*: construção de um novo coletor, com caraterísticas semelhantes);
- Medidas funcionais:
    - Reforço (*p.ex.*: construção de um novo coletor que complemente a capacidade de escoamento existente);
    - Redução ou atenuação de caudal, integrando todas as medidas que possibilitem a redução de caudais afluentes à rede;
    - Limpeza de infraestruturas (*p.ex.*: coletores).

As medidas referidas anteriormente não se devem encarar de forma independente, uma vez que, por exemplo, a diminuição da rugosidade dos coletores (medida estrutural) poderá beneficiar o desempenho hidráulico do sistema (medida funcional). Relativamente a medidas de redução de afluências indevidas, elencam-se as seguintes (Engidro e HIDRA, 2006c):

- Levantamento topográfico e cadastral de infraestruturas;
- Implementação de um plano de operação e manutenção de infraestruturas de drenagem;
- Medidas específicas para redução de afluências diretas:
    - Redirecionamento de ligações realizadas incorretamente, para redes pluviais;
    - Conceção de projetos e execução de sistemas separativos;
    - Ampliação de redes de drenagem de águas pluviais;
    - Execução de descarregadores de desvio com equipamentos de controlo de caudal do tipo vortex, flutuador ou equivalente;
    - Implementação de sistemas de controlo na origem;
    - Utilização de águas pluviais em jardins e outros espaços verdes;
    - Construção de bacias de regularização de caudais pluviais afluentes, potenciando uma redução das descargas no meio recetor e evitando a ampliação das redes;
    - Conceção e execução de redes prediais separativas;
    - Correção de redes prediais;
    - Substituição de aros e tampas de câmaras de visita por sistemas estanques;
- Medidas específicas para a redução de afluências indiretas:
    - Reabilitação de coletores sem recurso a abertura de vala;
    - Substituição de coletores, recorrendo a técnicas tradicionais de abertura de vala;
    - Reabilitação de câmaras de visita;

- Substituição de câmaras de visita;
- Substituição de ramais;
- Redirecionamento de ligações prediais, efetuadas, incorretamente, para os coletores pluviais.

No estudo descrito em Engidro e HIDRA (2006c), apresentaram-se dez indicadores de desempenho, quatro para afluência pluvial indevida e seis para infiltração. Uma vez que os caudais resultantes de infiltração revelam uma variação geralmente lenta, variando espacial e temporalmente, e que os caudais resultantes de afluência direta de caudal pluvial aos sistemas poderão variar rápida e significativamente, tiveram-se em conta tempos de avaliação diferentes. A ocorrência de infiltração avaliou-se por dia de tempo seco (dias sem ocorrência de nenhum evento de precipitação, independente da duração ou intensidade do evento), e a de afluência pluvial indevida por evento ou conjunto de eventos de precipitação. A tabela 2.16 sistematiza os indicadores de desempenho propostos no referido estudo.

Tabela 2.16 – Indicadores de desempenho propostos em Engidro e HIDRA (2006c)

Indicador	Unidades	Observações	Intervalo		
			Baixo	Médio	Elevado
Indicadores de infiltração					
$ID_1 = \frac{Q_{inf}}{Q_{sc}}$	(%)	Aplicado a bacias piloto	0 - 25	25 - 50	> 50
$ID_2 = \frac{Q_{inf}}{Q_{md\ ts}}$	(%)	Aplicado a todas as bacias	0 - 25	25 - 50	> 50
$ID_3 = \frac{Q_{inf}}{N^{o}C_{visita}}$	(m^3 / (dia*caixa))	Aplicado a bacias piloto	0 - 2	2 - 4	> 4
$ID_4 = \frac{Q_{inf}}{L}$	(m^3 / (dia*km))	Aplicado a todas as bacias	0 - 40	40 - 80	> 80
$ID_5 = \frac{Q_{inf}}{L*P}$	(m^3 / (dia*cm*km))	Aplicado a bacias piloto	0 - 2	2 - 4	> 4
$ID_6 = \frac{Q_{inf}}{N^{o}\ ramais}$	(m^3 / (dia*ramal))	Aplicado a bacias piloto	0 - 0.1	0.1 - 0.3	> 0.3
Indicadores de afluências pluviais indevidas					
$ID_7 = \frac{Q_{máx\ pluv}}{Q_{sc}}$	(%)	Aplicado a bacias piloto	0 - 25	25 - 75	> 75
$ID_8 = \frac{V_{pluv}}{V_{md\ ts}}$	(%)	Aplicado a todas as bacias	0 - 25	25 - 50	> 50
$ID_9 = \frac{V_{pluv}}{CPA}$	(%)	Aplicado a todas as bacias	0 - 5	5 - 10	> 10
$ID_{10} = \frac{Q_{pluv}}{N^{o}\ ramais}$	(m^3 / (dia*ramal))	Aplicado a bacias piloto	0 - 50	50 - 100	> 100

Q_{inf} – caudal de infiltração; Q_{sc} – caudal de secção cheia; $Q_{md\ ts}$ – caudal médio de tempo seco; $N^{o}C_{visita}$ – número de câmaras de visita; L – comprimento da rede; F – perímetro do coletor; Nºramais – número de ramais ligados à rede;
$Q_{máx\ pluv}$ – caudal máximo de origem pluvial; V_{pluv} – volume de afluências pluviais em determinado intervalo de tempo;
$V_{md\ ts}$ – volume de origem doméstica num determinado intervalo de tempo; C – coeficiente do método racional;
P – precipitação acumulada do evento; A – área da bacia pluvial; Q_{pluv} – caudal de origem pluvial.

As afluências indevidas tendem a agravar-se com a idade das infraestruturas e com o aumento de solicitações (acréscimo de áreas de atendimento e do número de ligações), tornando-se, frequentemente, críticas, a médio e longo prazos, aos níveis técnico-construtivos, económicos e sociais. A minimização das afluências indevidas deverá representar uma preocupação relevante e constante no âmbito da gestão dos sistemas de drenagem de águas residuais, podendo resultar em benefícios relacionados com a redução de custos de exploração, com a melhoria da eficiência dos serviços prestados e com a

rentabilização das infraestruturas existentes, e com a redução dos riscos sociais e ambientais (Tentúgal-Valente, 2013a).

Coelho (2013) salienta que a minimização de infiltração à rede de esgotos deverá ser encarada como uma prioridade, uma vez que apresenta um contributo significativo para o incremento de encargos económicos, tendo em conta que o combate às afluências indevidas necessita de ser efetuado segundo um processo contínuo e eficaz, incorporando uma equipa técnica robusta, com poder crítico e observação eficaz.

A afluência indevida de caudais pluviais às redes de drenagem de águas residuais domésticas poderá conduzir à necessidade de maior capacidade das infraestruturas ou ao extravasamento por falta de capacidade, o que se traduzirá, respetivamente, em maiores investimentos para aumento da capacidade e em maiores problemas sociais, ambientais e de saúde. A afluência de volumes pluviais aos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas levará ao aumento dos custos energéticos, de reagentes, de reabilitação e de manutenção, podendo convergir, consequentemente, no aumento de tarifa integrada (uma só entidade gestora), aliada ao diferencial de volumes coletados nas redes de drenagem "em baixa", e volumes afluentes "em alta" a intercetores, EE e ETAR, quando geridas por EG distintas (Tentúgal-Valente, 2017).

A questão da regulação económica do problema que tem a ver com as afluências pluviais indevidas assume especial importância quando os sistemas "em alta" e "em baixa" são geridos por EG distintas. A consideração de duas componentes, designadamente "pluviais e infiltração" e "efluentes", a assunção de que os custos de operação e manutenção, bem como as amortizações já se encontram suportados pela tarifa "em alta", o estabelecimento de um ciclo anual (ou maior) de ajuste, a avaliação de outros custos "diretamente variáveis" e relacionados com os custos de exploração, e a aplicação da "tarifa do sistema" aos volumes efluentes e um "custo adicional" aos volumes excedentes, apontam-se como possíveis estratégias a adotar. Nestas, o caudal médio em tempo seco poderá ser um valor que não penaliza o volume de negócios, cumpre a recomendação da ERSAR e verifica-se de fácil aplicação e de previsível aceitação pelas partes (Tentúgal-Valente, 2017).

Tentúgal-Valente (2017) salienta a absoluta necessidade de minimizar as afluências indevidas, que deverá constituir uma preocupação relevante e constante na gestão dos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais, com diferentes benefícios, particularmente: redução de custos de exploração; rentabilização das infraestruturas existentes; redução de riscos ambientais e sociais; melhoria da eficiência dos serviços prestados. A figura 2.41 representa esquematicamente a redução de volumes não faturados (VNF), associada à redução dos volumes entregues em alta (VEA) e ao aumento dos volumes faturados (VF).

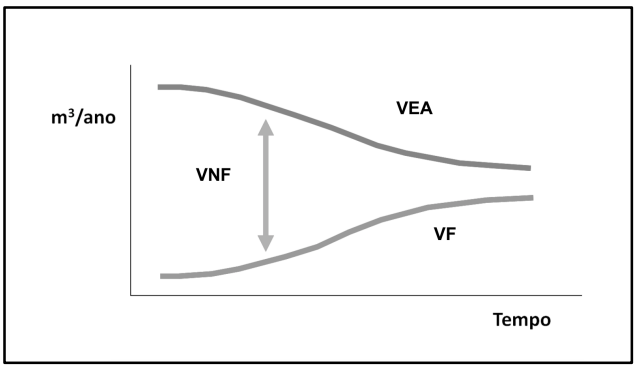


Fig. 2.41 – Evolução do processo de combate às afluências pluviais (adaptado de Poças-Martins, 2012)

2.7.3.10. Afluências Residuais Indevidas aos Sistemas de Drenagem de Águas Pluviais

As afluências indevidas podem designar-se por volumes adicionais e supervenientes aos efluentes domésticos e industriais, recolhidos pelas redes de drenagem de águas residuais separativas, pseudosseparativas ou unitárias. As afluências indevidas às redes de drenagem de águas residuais pluviais, que poderão ser esgotos domésticos ou industriais, águas de lavagem de pátios, escorrências de pavimentos, drenagem de níveis freáticos, entre outras, constituem um fator negativo na exploração das redes de drenagem pluviais, com impactos de vária ordem, particularmente (Tentúgal-Valente e Piqueiro, 2018):

- Técnico/Hidráulico:
  - Redução da capacidade de transporte disponível;
  - Agravamento do risco de ocorrência de velocidades de escoamento excessivas;
  - Incremento da entrada de sedimentos nos coletores;
  - Redução da eficiência das infraestruturas de descarga e impacto no meio recetor;
- Social/Ambiental:
  - Descarga de excedentes não tratados nos meios recetores;
  - Ocorrência de inundações – extravasamento de águas para as vias públicas, através de câmaras de visita e ramais de ligação;
  - Presença de odores indesejados associados a ligações indevidas de águas residuais (*p.ex.*: através de sarjetas e/ou sumidouros);
- Económico/Financeiro:
  - Deterioração das infraestruturas de drenagem;
  - Acréscimo de custos de exploração e de manutenção;
  - Aumento do risco de áreas inundáveis (possibilidade de aumento de custos de indeminização e outras consequências);
- Saúde Pública:
  - Incómodos de mobilidade e eventuais contaminações pontuais das reservas aquíferas.

Podem ser múltiplas as causas das afluências indevidas, que poderão ocorrer por "escoamento direto" – através de ligações, ou por "escoamento indireto" – através de infiltrações, nomeadamente a pluviosidade elevada, as ligações domésticas ou industriais indevidas das redes de drenagem domésticas às redes pluviais, a proximidade do nível freático, as soluções técnicas desajustadas, o estado de conservação das redes de drenagem e a existência de redes unitárias em áreas a montante e ligadas a redes de drenagem de águas pluviais separativas (Tentúgal-Valente e Piqueiro, 2018).

A redução de afluências indevidas às redes de drenagem de águas pluviais, através de soluções hidráulicas, poderá passar por câmaras de visita com soluções de controlo de caudais (*p.ex.*: válvulas de flutuador, canais descarregadores, válvulas de vórtice, válvulas de comporta reguláveis, canais laterais de descarga); câmaras de fundo roto ou bacias de retenção, que poderão evidenciar problemas relacionados com descargas indevidas (necessidade de avaliar a legalidade das descargas), com a possível contaminação de águas pluviais (*p.ex.*: SS, CBO, CQO, hidrocarbonetos), com qualidade dos meios recetores (ponderar se altera as condições iniciais) e com a quantidade de volumes a descarregar (*p.ex.*: Taxa de Recursos Hídricos – TRH). A estratégia de redução poderá não passar por métodos ou fórmulas, salientando-se que, sendo múltiplos os fatores e as variáveis intervenientes, o caminho mais adequado poderá ser o experimental (Tentúgal-Valente e Piqueiro, 2018).

As afluências indevidas às redes de drenagem de águas pluviais apresentam origem, distribuição espacial e distribuição temporal diversas, habitualmente com cargas poluentes pouco significativas. Verifica-se o seu agravamento com a idade das infraestruturas, com o aumento da área de atendimento, com a impermeabilização dos solos, com o incremento do número de ramais de ligação e com alterações

pluviométricas circunstanciais. As afluências indevidas representam um problema na exploração das redes de drenagem, cuja eliminação ou minimização se poderá traduzir na minimização de custos de exploração, na rentabilização das infraestruturas existentes, na redução de riscos ambientais e sociais, e na melhoria da eficiência dos serviços prestados, cumprindo a legislação e regras estabelecidas (Tentúgal-Valente e Piqueiro, 2018).

2.7.3.11. Medição de Caudais em Sistemas de Drenagem de Águas Residuais

A medição de caudais em sistemas de drenagem de águas residuais enquadra-se no controlo operacional destes sistemas, designadamente para a faturação dos serviços, para o controlo da qualidade do serviço prestado, para o controlo de qualidade e de cumprimento ambiental e para a regulação económica. Salienta-se que não existem regras únicas e definitivas para a localização de medidores de caudal, podendo, contudo, considerar-se aspetos que auxiliam a tomada de decisão, nomeadamente aspetos legais e contratuais, caraterísticas do sistema, controlo operacional de determinada área ou zona, ou tipo de operação, e a existência ou não de recursos (económicos e humanos) (Tentúgal-Valente, 2013b).

Para o controlo total do funcionamento hidráulico de um sistema de drenagem de águas residuais, salienta-se que a situação ideal seria a instalação de medidores de caudal em todos os locais suscetíveis de existir a necessidade de medição para faturação e controlo operacional, ambiental ou outro. De acordo com o descrito, referem-se locais de medição (Henriques *et.*al, 2006, citado em Tentúgal-Valente, 2013b):

- A jusante de zonas ou instalações industriais;
- Locais de entrega de sistemas de drenagem de águas residuais em baixa, nos sistemas em alta;
- Entrada (descargas em by-pass) e a jusante das estações elevatórias (EE), ou nas descargas de emergência;
- Entrada, desvios e saída das estações de tratamento de águas residuais (ETAR);
- Locais de descarga das estações de tratamento de águas residuais (ETAR);
- Descarregadores de tempestade (essencialmente em sistemas unitários);
- Locais estratégicos (monitorização);
- Entradas ou saídas no sistema de águas residuais (brutas ou tratadas), provenientes de outros sistemas.

Uma vez que nos sistemas de drenagem de águas residuais podem ocorrer escoamentos sob pressão ou em superfície livre, com caraterísticas distintas, considera-se dois tipos de medidores de caudal, nomeadamente medidores de caudal para escoamentos sob pressão e medidores de caudal para escoamentos com superfície livre. Os medidores de caudal, de acordo com a sua tipologia, podem classificar-se em (Henriques *et.*al, 2006, citado em Tentúgal-Valente, 2013b):

- Escoamentos sob pressão:
  - Medidores de caudal eletromagnéticos (tubulares, de inserção no escoamento);
  - Medidores de caudal ultrassónicos (tubulares);
  - Medidores de caudal deprimogéneos (de diafragma, de bocal ou de tubo Venturi);
- Escoamentos em superfície livre:
  - Medidores de caudal ultrassónicos (tipo radar);
  - Medidores de caudal deprimogéneos (soleira *Parshall*, canal *Venturi* com soleira).

2.7.4. URBANIZAÇÃO E DRENAGEM PLUVIAL

2.7.4.1. Abordagem Geral

A evolução demográfica ocorrida no decorrer da segunda metade do século XX, especialmente na década de 60, alavancou a edificação de complexos habitacionais e equipamentos coletivos, dando origem à construção e expansão acelerada de infraestruturas de drenagem urbana (Matos, 2000).

O uso da água pelas comunidades tem como consequência a produção de águas residuais domésticas e industriais, sendo as caraterísticas destas expressivamente diferentes daquelas que apresentavam as águas que lhe deram origem. Verifica-se a necessidade da sua recolha e condução a um destino final. Os escoamentos superficiais, com origem na precipitação atmosférica, no caso de não se controlarem de forma adequada, podem provocar inundações com consequências gravosas para pessoas e bens (Marques e Sousa, 2009).

Nos últimos 30 anos, o crescimento urbano originou alterações acentuadas no ciclo hidrológico natural, criando, em aglomerados populacionais e na sua envolvente, constrangimentos ao desenvolvimento urbano e à qualidade de vida. Considera-se que a urbanização, que implica o crescimento da impermeabilização e a concentração de atividades humanas, torna necessária a alocação de meios adequados para o controlo de inundações (Marsalek *et al*., 1992).

Apresentam-se, como consequências do aumento da população urbana, as inundações, com constrangimentos de maior ou menor grau e a poluição dos meios recetores, associada a riscos para a saúde pública, fauna, flora e consequentes impactes ambientais, sociais e económicos (Matos, 2000).

As cidades europeias, na sua maioria, apresentam os dois tipos de sistemas. O crescimento urbano ocorre preferencialmente na periferia dos núcleos antigos, dotados de sistemas unitários que não apresentam capacidade de resposta para as solicitações resultantes da nova ocupação, provocando o aumento do risco de insuficiência das redes, de inundação e de descargas diretas de efluentes não tratados em menores. A migração das zonas rurais para as zonas urbanas, com tendência de crescimento, é abordada como uma agravante da situação referida (WMO, 1997).

A manutenção de sistemas unitários existentes e a utilização preferencial de sistemas de drenagem separativos nas áreas de expansão urbana revelam problemas associados ao facto de apenas uma parte das águas residuais domésticas e industriais ser sujeita a tratamento em fim de linha, com prejuízo para os meios recetores. No que diz respeito às áreas servidas predominantemente por sistemas de drenagem separativos, os problemas associados prendem-se com o facto de existirem ligações domésticas indevidas à rede pluvial e de a qualidade da água resultante de escorrências superficiais em meio urbano poder comprometer os meios recetores mais sensíveis (Matos, 2000).

As soluções tradicionais de drenagem linear, com a construção de infraestruturas enterradas com progressão para jusante, com redes de coletores e emissários com descargas no exterior da envolvente urbana, constituem uma prática generalizada com vantagens reconhecidas. O sucesso desta abordagem evidencia-se pela erradicação das zonas urbanas de resíduos líquidos potenciadores de propagação de epidemias. A realidade descrita confronta-se com o crescimento de aglomerados e consequente pressão ambiental nos meios recetores, nas últimas décadas, que torna complexa e onerosa a problemática da gestão global do saneamento (Matos, 2003).

O aumento da assimetria sazonal das precipitações, associada às alterações climáticas, potencia riscos acrescidos de cheias e inundações. Os referidos riscos intensificam-se em zonas urbanas, associados às alterações das condições de drenagem natural e percentagens elevadas de áreas impermeabilizadas, com uma incidência particularmente agravada do ponto de vista dos prejuízos. As condições de risco

agravam-se pela insuficiência e sobrecarga da rede de drenagem, pela obstrução e cobertura de troços de água e pela ocupação de leitos, margens e leitos de cheia, por construções. A adoção de medidas de caráter preventivo (controlo na origem das águas pluviais, reabilitação dos sistemas, controlo da poluição e sistemas simplificados de tratamento) surgem no sentido de atenuar os efeitos das inundações (Saraiva, 2008).

Os sistemas de drenagem de águas pluviais apresentam duas interfaces, uma com os utilizadores e outra com o meio ambiente em que se encontram implantados. Os sistemas, no caso de pequenos aglomerados populacionais, podem ser sistemas simples e constituídos por um conjunto de valetas e, no caso de grandes aglomerados populacionais, caraterizarem-se por sistemas complexos de canalizações e equipamentos acessórios, com custos de construção e exploração elevados (Lima *et al.*, 2013).

Os ganhos relacionados com a implementação de um sistema de drenagem de águas pluviais revelam-se de difícil estimativa. Enumeram-se os danos a evitar (Lima *et al.*, 2013):

- Perdas de bens e serviços;
- Redução de doenças;
- Mortalidade relacionada com as inundações;
- Agravamento da qualidade de vida;
- Constrangimentos visuais na paisagem urbana.

Numa abordagem mais específica, relativamente a um sistema de drenagem de águas residuais pluviais de caraterísticas ajustadas, indicam-se alguns benefícios (Lima *et al.*, 2013):

- Redução das áreas inundadas;
- Proteção do tráfego rodoviário e terrestre;
- Abaixamento de gastos com manutenção de vias públicas e zonas adjacentes;
- Escoamento rápido das águas superficiais;
- Eliminação das águas estagnadas;
- Descida do nível freático;
- Redução da erosão hídrica do solo;
- Eventual reaproveitamento das águas pluviais;
- Aumento da resistência dos solos em zonas verdes (permitindo o trânsito de veículos).

A nova realidade resultante dos processos de urbanização e de ocupação do espaço descritos indicam-se como elementos que devem ser propulsores de uma mudança de paradigma de projeto e gestão de infraestruturas de drenagem urbana. As soluções adotadas devem adequar-se à realidade socioeconómica das cidades, integrando a evolução do conhecimento e a promoção da consciencialização das consequências de procedimentos incorretos para pessoas e bens (Lima *et al*., 2013).

Os sistemas de drenagem de águas pluviais destinam-se a servir edificações, parques urbanos e vias de circulação, adequando-se ao aglomerado populacional que servem. As novas urbanizações devem delinear-se segundo regras urbanísticas que apontem no sentido de se adequarem a uma maior facilidade de construção e economia das redes de drenagem (Matos e Ferreira, 2014).

Aponta-se, como consequência das atividades como a construção civil, o transporte e a indústria, a contaminação da água pluvial. As áreas impermeáveis potenciam que os poluentes, existentes à superfície, sejam recolhidos e transportados pelo sistema de drenagem pluvial e posteriormente descarregados no meio hídrico (Victorian Stormwater Committe, 1999).

2.7.4.2. Problemática das Inundações

A urbanização de áreas florestais e agrícolas, associada a uma expansão urbana acelerada, promoveu uma alteração no ciclo natural do solo, verificando-se um funcionamento deficitário das redes de drenagem, derivado ao dimensionamento efetuado para realidades distintas e às obstruções e entupimentos. A entrada em carga dos coletores e as inundações ocorridas nos pontos baixos das bacias hidrográficas referem-se como consequências da situação descrita. Em sentido contrário, indica-se, como causa frequente das inundações urbanas, o aproveitamento parcial da rede de drenagem de águas pluviais enterrada, associada ao subdimensionamento ou deficiente manutenção dos órgãos de entrada (Lima *et al*., 2013).

Pereia-Silva (2012) refere como um dos grandes desafios das autoridades públicas a minimização de inundações, cheias e erosões provocadas pelo acréscimo de escoamento superficial decorrente do aumento da impermeabilização da superfície do solo. A falta de capacidade de determinados sistemas de drenagem, dimensionados convencionalmente, agrava a situação, conduzindo os fluxos não drenados para jusante.

A problemática das inundações é incorporada na legislação através do Decreto-Lei n.º 468/71 (alterado pelo Decreto-Lei n.º 53/74, pelo Decreto-Lei n.º 89/87 e pela Lei n.º 16/2003), que unifica o regime dos terrenos integrados no domínio público hídrico e cria a figura de zonas adjacentes, determinando as restrições de utilidade pública dos terrenos considerados ameaçados pelo mar ou pelas cheias. A Reserva Ecológica Nacional é criada pelo Decreto-Lei n.º 321/83 (aprofundado pelo Decreto-Lei n.º 93/90 e revisto pelo Decreto-Lei n.º 166/2008) e considera as zonas ameaçadas pelas cheias como áreas de risco, incluindo as áreas ainda livres de ocupação como restritas a utilidade pública (Lima *et al*., 2013).

O Decreto-Lei n.º 364/98 (sem prejuízo do Decreto-Lei 468/71) obriga os municípios com aglomerados urbanos atingidos por cheias desde 1967 e não abrangidos por zonas adjacentes a elaborar cartas de zonas inundáveis que incluam perímetros urbanos, com o intuito de restringir a edificação, face ao risco de cheia. A Lei n.º 54/2005 (Lei da Titularidade dos Recursos Hídricos) revoga parcialmente a o Decreto-Lei 468/71, conservando o regime jurídico que se aplica às zonas adjacentes e permitindo que o governo classifique como zona adjacente as zonas ameaçadas pelo mar e pelas cheias, sujeitando-as a restrições de utilidade pública (Lima *et al*., 2013).

A Lei n.º 58/2005, usualmente designada por Lei da Água, incorpora as medidas de proteção contra cheias e inundações, nos instrumentos de planeamento dos recursos hídricos e de gestão territorial, impondo a demarcação das zonas inundáveis ou ameaçadas por cheias. A Lei da Água transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho e estabelece as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas. O Decreto-Lei n.º 115/2010, transpondo a Diretiva n.º 2007/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, aprova o quadro para a avaliação e gestão dos riscos de inundações, com o objetivo de reduzir as consequências (Lima *et al*., 2013).

As inundações em áreas urbanas encontram-se relacionadas com diferentes causas (Lima *et al*., 2013):

- Estrangulamento de cursos de água por pilares de pontes;
- Redução das passagens de água (aterros de vias de comunicação);
- Aumento das áreas impermeabilizadas (edificações e infraestruturas viárias);
- Ocupação de áreas de inundação das linhas de água.

A drenagem urbana e o escoamento de águas pluviais têm evoluído ao longo do tempo, ajustando conceitos e abordagens às novas realidades, ultrapassando a abordagem simplificada de transferir as águas da chuva para montante (DAEE/CETESB, 1980) e integrando uma abordagem complexa de

cativação de espaços para armazenamento de água pluvial, encaminhamento da cheia em condições equilibradas com a capacidade de vazão da bacia (Sieker, 1998[4], Tucci *et al.*, 1995[4], Canholi, 2005[4]). Refere-se uma carência generalizada na gestão integrada e especialmente na gestão do risco de inundação, observando-se os principais problemas (Graciosa e Mendiondo, 2007):

- Carência de planeamento no âmbito das bacias hidrográficas – ausência de gestão integrada independente das divisões administrativas das bacias (Canholi, 2005);
- Tratamento pontual e localizado – problemas de drenagem tratados de forma pontual podem causar problemas a jusante (Lawrence *et al.*, 1996, Ellis e Marsalek, 1996, Tucci, 1995);
- Ausência de interdisciplinaridade – soluções concentradas em problemas económicos, sem abordagens dos pontos de vista social, ecossistémico, urbanístico e técnico;
- Inércia à inclusão de novos conceitos e opção pelo convencional – conceito eventualmente adotado, desde a integração da evacuação rápida de toda a água na cidade como uma medida de saúde pública, no século XIX (Silveira, 1998);
- Falta de gestão do risco – a questão das águas pluviais é abordada sem integração das fases da gestão do risco (Mendiondo, 2006).

2.7.4.3. Gestão das Águas Pluviais

As formas alternativas de abordar a gestão das águas pluviais, que transcendem a rede de coletores, surgem como resposta às consequências da urbanização. O melhor ordenamento urbano, as técnicas à base de materiais permeáveis e outras técnicas que possibilitam uma redução dos caudais de ponta são algumas das abordagens referidas (Santos, 2010).

Constata-se o facto de, no caso das bacias de cabeceira, o caudal afluente às secções de jusante não ser igual ao caudal originado pelas próprias bacias, consequência de os dispositivos intercetores de águas pluviais de montante não recolherem a totalidade dos caudais afluentes. O dimensionamento e localização dos dispositivos intercetores de cabeceira devem, por isso, ser distintos dos aplicados aos intercetores de percurso. No caso dos dispositivos de cabeceira, indica-se como interesse a maximização do trajeto percorrido superficialmente, diminuindo a extensão de rede enterrada e aumentando o tempo de concentração. Os intercetores de percurso abordam-se no sentido de não se verificar a preocupação de maximizar o percurso do escoamento superficial, uma vez que a rede já se encontra dimensionada, destacando-se a importância de minimizar os custos sociais e económicos associados às inundações (Matos e Ferreira, 2014).

O custo de investimento dos sistemas de drenagem de águas pluviais relativamente ao de outras infraestruturas urbanas evidencia a necessidade de se adotarem soluções tecnicamente adequadas e economicamente exequíveis (Lima *et al.*, 2013):

- Diminuição da extensão do sistema com otimização do escoamento superficial;
- Redução da dimensão dos órgãos coletores e de outras componentes do sistema;
- Integração de zonas verdes e de pavimentos semipermeáveis;
- Soluções de drenagem não convencionais (sistemas de controlo na origem, bacias de retenção e câmaras de visita drenantes).

A redução dos caudais de ponta de cheia e dos volumes de água afluentes às redes de drenagem de águas residuais pluviais devem integrar-se nos critérios do projetista. O escoamento a céu aberto, as bacias de retenção e as câmaras drenantes são algumas das soluções que se indicam como aconselháveis em determinadas circunstâncias, do ponto de vista económico, estético e social (Matos e Ferreira, 2014).

Com o intuito de reduzir os caudais e controlar a qualidade das águas pluviais deve favorecer-se a integração de áreas permeáveis com o objetivo (Lima *et al.*, 2013):

- Aumento do volume de água pluvial infiltrada;
- Aumento do volume de água pluvial intercetada por árvores e arbustos;
- Aumento do volume de água pluvial retida nas depressões do terreno;
- Promoção do armazenamento temporário da água pluvial.

A criação de condições para a drenagem controlada através de superfícies impermeabilizadas (passeios, arruamentos e parques de estacionamento), a utilização de sistemas automáticos (válvulas de comportas) e controlados em tempo real e a articulação com as outras atividades urbanas (sistemas de drenagem de águas residuais domésticas e industriais, sistemas de abastecimento de água, rede rodoviária e de transportes públicos, instalações elétricas, entre outras) referem-se como sugestões para uma abordagem eficaz dos sistemas de drenagem de águas pluviais (Lima *et al.*, 2013).

No que diz respeito à qualidade da água proveniente das escorrências pluviais, transportada em coletores separativos ou unitários, constatam-se as quantidades de substâncias poluentes transportadas, como sólidos em suspensão, hidrocarbonetos e metais (em particular zinco e ferro). O impacte da descarga de águas poluídas em meios recetores mais sensíveis pode ser mitigado com recurso a processos naturais de tratamento, nomeadamente com o recurso a lagoas e bacias de retenção de toalha de água permanente, e à introdução de reservatórios de regularização nos sistemas de drenagem (Matos e Ferreira, 2014).

2.7.5. Modelação em Sistemas de Drenagem de Águas Residuais

2.7.5.1. Abordagem Geral

A modelação utiliza-se para representar o comportamento da realidade, nomeadamente da drenagem urbana, permitindo analisar a resposta de um determinado sistema, quando sujeito a diferentes solicitações. Realça-se a possibilidade de modelar situações correntes e extremas, no dimensionamento de novos sistemas e na análise dos sistemas existentes (Lima *et al.*, 2013).

A modelação computacional de sistemas de drenagem de águas residuais, como ferramenta de planeamento, projeto, análise e operação de sistemas, iniciou-se na década de 70 de séc. XX. Desenvolveram-se diferentes modelos vocacionados para a simulação de sistemas de drenagem (coletores, estações de tratamento de águas residuais e meios recetores), com distintos graus de complexidade. A interligação com programas de CADD (Computer Aided Drafting and Design), como CAD (Computer Aided Design) e SIG, salienta-se como uma ferramenta de parte destes programas (Matos e Ferreira, 2014).

Indica-se que a generalidade dos modelos de drenagem urbana apresentam duas componentes que se relacionam (Lima *et al.*, 2013):

- Módulo para a transformação da precipitação em escoamento superficial – quantificação do escoamento superficial através de algoritmos de transformação da precipitação em escoamento, em função da bacia drenante;
- Módulo para simulação do escoamento – simulação do escoamento da água pluvial na rede de coletores ou canais, com os dados de entrada que resultam do módulo de transformação de precipitação em escoamento superficial.

Os modelos de drenagem podem dividir-se em três tipologias (Wastewater Planning Users Group, 2002):

- Modelo simplificado de planeamento global;
- Modelo de planeamento de uma área de drenagem;
- Modelos pormenorizados de análise de algumas áreas específicas.

O estudo com o recurso a modelos complexos justifica-se para a avaliação de desempenho de sistemas existentes, para a análise de impactes no meio recetor e para apoiar estratégias de reabilitação e melhoria (Matos, 2005).

2.7.5.2. Modelação de Coletores e Sistemas de Drenagem

Os modelos computacionais de simulação de sistemas de drenagem poderão modelar o escoamento em condições dinâmicas, abrangendo aspetos hidráulicos e hidrológicos, permitindo, na sua maioria, a modelação de escoamentos superficiais, em superfície livre (coletores e canais) e sob pressão. A qualidade da água e o transporte de sedimentos, indicadores que permitem estimar a poluição total e as concentrações médias poluentes geradas por evento, podem ser determinados por alguns dos programas desenvolvidos, como é o caso do *software* SAMBA. Os modelos que incidem nos processos em coletores encontram-se numa fase inicial do desenvolvimento, salientando-se o WATS – *Wastewater Aerobic and Anaerobic Transformations in Sewers*, não comercial (Matos e Ferreira, 2014).

A modelação hidráulica dos sistemas de drenagem encontra-se divulgada, em ampla escala, no meio científico, referindo-se como aplicações a análise de zonas sujeitas a inundações, a estimativa de descargas diretas de excedentes e a avaliação de caudais afluentes a estações de tratamento de águas residuais. Evidenciam-se alguns dos programas comerciais disponíveis (Matos e Ferreira, 2014):

- SWMM – *Storm Water Management Model* (da Environmental Protection Agency - EPA);
- MOUSE – *Modelling of Urban Sewers* (desenvolvido pelo Danish Hydraulic Institute - DHI);
- SAMBA (desenvolvido pelo Danish Hydraulic Institute - DHI)
- INFOWORKS (Wallingford Software)
- HYDRA;
- SewerCAD;
- XP-SWMM;
- FLUPOL (Agence de l'eau Seine-Normandie).

2.7.5.3. Modelação de ETAR

A modelação de uma estação de tratamento de águas residuais destina-se, essencialmente, à análise de desempenho. A conceção e o dimensionamento de ETAR abordam-se com recurso a métodos e procedimentos baseados em formulações empíricas ou semiempíricas. Os modelos dos reatores consideram o regime de mistura completa, com reconhecidos modelos de lamas ativadas da IAWQ, que permitem simular a oxidação carbonatada, a nitrificação e a desnitrificação. Para a análise global do comportamento da ETAR acrescentam-se módulos de previsão da qualidade da água, relacionados com as operações de decantação primária e secundária. Revela-se a necessidade, em determinadas circunstâncias, de modelar outros processos (tanques de equalização-homogeneização, retorno de drenados da fase sólida, adição de reagentes e desinfeção). Referem-se os seguintes modelos de simulação de comportamento de estações de tratamento de águas residuais (Matos e Ferreira, 2014):

- EFOR (desenvolvido pelo Danish Hydraulic Institute);
- STOAT (desenvolvido pela Water Research Center);

- ASIM;
- SASSPro (desenvolvido pela Science Traveller International);
- BioWin;
- GPS-X.

2.7.5.4. Modelação de Meios Recetores

A generalidade dos programas de modelação disponíveis destina-se a linhas de água, dos quais se destacam (Matos e Ferreira, 2014):

- Mike11 (desenvolvido pelo Danish Hydraulic Institute);
- MOHID – Modelação HIDrodinâmica (desenvolvido pela MARETEC – MARine and Environmental TEchnology Research Center, do Instituto Superior Técnico).

2.7.5.5. Modelação Integrada de Sistemas de Drenagem

A modelação integrada de sistemas de saneamento de grande dimensão (coletores, estações de tratamento de águas residuais e meios recetores) assume particular relevância, permitindo simular a interação entre dois sistemas que podem ser governados por diferentes equações. Realça-se que diversos estudos que abordam esta temática demonstram que a inter-relação entre coletores, ETAR e meio recetor permite concluir que as metodologias de análise integrada apresentam elevado potencial, ao nível da conceção e dimensionamento de infraestruturas e da exploração e gestão de sistemas (Matos e Ferreira, 2014).

Salienta-se que, no que diz respeito a fluxos de caudal e de cargas poluentes, embora o fluxo para jusante se revele de relativa facilidade de modelação, para simular o fluxo contrário (*feedback fluxes)* é necessário utilizar a simulação simultânea. A modelação integrada verifica-se complexa, devido à dimensão dos modelos e às diferentes abordagens que estão na base dos submodelos. A troca de informação entre diferentes *softwares*, sobretudo aqueles que simulam consequências de jusante para montante, indica-se como complexa ou por vezes difícil de estabelecer (Matos e Ferreira, 2014).

A avaliação pragmática que permita optar por modelos mais simples, que respondam às questões mais importantes com fiabilidade, em detrimento de modelos demasiado complexos e pesados, e também uma identificação clara dos problemas a resolver numa fase inicial, são aspetos que assumem particular relevância. A abordagem integrada dos sistemas de drenagem apresenta uma pertinência acrescida quando a poluição tem diferentes origens. Este tipo de modelação aplica-se na análise de desempenho de sistemas existentes e de impactos no meio recetor e na delineação de estratégias de beneficiação e reabilitação de sistemas, distinguindo-se dois níveis (Matos e Ferreira, 2014):

- Nível 1 – cada componente é modelada isoladamente, existindo interfaces de tratamento de informação que permitem que os resultados (*outputs*) de modelação de determinados sistemas constituam dados de entrada (*inputs*) de outros;
- Nível 2 – os modelos interagem entre si, verificando-se possível a influência de ações a jusante, nas condições de montante.

Indicam-se alguns dos modelos integrados existentes e/ou em desenvolvimento (Matos e Ferreira, 2014):

- SYNOPSIS (Schutze *et al.*, 1996[7]) – usa modelos de diferentes *softwares* comerciais, sendo a comunicação entre eles garantida por rotinas internas;

- WEST (desenvolvido pela HEMMIS, Bélgica) – direcionado inicialmente para a modelação de estações de tratamento de águas residuais, dispõe hoje de ferramentas de modelação de coletores e meios recetores;
- AQUASIM (Reichert, 1994[7]) – possibilita a modelação simultânea de estações de tratamento de águas residuais e de meios recetores;
- ICS - Integrated Catchment Planning (em desenvolvimento pelo Danish Hydraulic Institute e pelo Wrc no âmbito do programa LIFE da União Europeia) – interface gráfica que permite preparar e correr os modelos MOUSE, Mike 11 e Stoat, de forma integrada;
- SAMBA® - plataforma de modelação que corre em ambiente MATLAB™/SIMULINK™ e que dispõe de modelos para coletores, estações de tratamento de águas residuais e rios. Permite que o utilizador adicione os seus próprios modelos para dar resposta às necessidades de simulação.

A aplicação de modelos complexos encontra-se limitada pela existência e disponibilidade de informação detalhada e em grande quantidade do cadastro dos sistemas. No caso da disponibilidade de dados não corresponder às exigências dos modelos mais complexos, refere-se a existência de abordagens integradas alternativas (Matos e Ferreira, 2014). A *Abordagem Simplificada Integrada* (ASI) requer um conhecimento simplificado do cadastro (diâmetros e inclinações dos principais coletores, caraterísticas gerais da ETAR e regime de precipitação) e considera (Ferreira, 2006):

- Frequência da descarga de excedentes;
- Diluição das descargas;
- Magnitude relativa das cargas poluentes descarregadas no meio recetor, face às relativas a um efluente tratado.

2.7.5.6. Controlo em Tempo Real

O controlo em tempo real de sistemas de saneamento destina-se, em grande parte dos casos, à otimização do armazenamento de águas residuais durante a ocorrência de precipitações relevantes (tendo em conta a capacidade de reserva e tratamento instalada) e à adequação do comportamento de estações de tratamento de águas residuais em tempo de chuva. As estratégias de controlo adotadas, as previsões meteorológicas a curto prazo, obtidas em tempo real (por radar), e a telegestão dos componentes do sistema são exemplos de elementos que condicionam as realidades a que o controlo em tempo real pretende responder. A definição da estratégia de controlo deve ter em conta (Matos e Ferreira, 2014):

- Emissão total de poluentes no meio recetor (descarga de excedentes pelo efluente da ETAR);
- Risco de inundações.

O controlo em tempo real não é amplamente utilizado, apresentando-se como possíveis causas o facto de o meio técnico e de os agentes decisores não se encontrarem suficientemente convictos da sua aplicabilidade e de esta exigir consideráveis aumentos de complexidade na operação dos sistemas. O risco de falhas técnicas e de *software* também se identifica como eventual entrave à sua aplicação. Sugere-se que existem casos em que a dimensão e caraterísticas dos sistemas não recomendam, da perspetiva técnico-económica, a aplicação do controlo em tempo real. No entanto, realça-se que estas ferramentas são comprovadamente eficazes, quando implementadas de forma ajustada e com um conhecimento claro das interações entre os modelos aplicados. Os modelos integrados de controlo em tempo real devem ser simples, de funcionamento simultâneo e de resposta rápida (Matos e Ferreira, 2014).

2.7.5.7. Síntese de modelos de sistemas de drenagem

No que diz respeito aos programas de simulação dinâmica de sistemas de drenagem de águas residuais atualmente disponíveis, distinguem-se o Flupol, InfoWorks, MOUSE, SAMBA®, SWMM e SIMPOL e revelam-se outros existentes no mercado como o KOSIM, HYDRA, SewerCAD e XP-SWMM. A Tabela 2.17 sintetiza os principais programas comerciais atualmente disponíveis e os respetivos modelos que utilizam (Matos e Ferreira, 2014).

Tabela 2.17 – Modelos utilizados por programas de simulação de drenagem urbana (adaptado de David, 2006)

Processo	Tipo de Modelo	Programa					
		Flupol	InfoWorks	MOUSE	SAMBA®	SWMM	SIMPOL
Perdas Hidrológicas	Perdas iniciais fixas	S	S	S	S	S	
	Perdas contínuas: coef. Escoamento volumétrico	S	S	S	S		S
	Humedecimento do solo			S			
	Retenção superficial			S		S	
	Infiltração: fórmula de Horton		S	S		S	
	Infiltração: fórmula de Green-Ampt					S	
	Evapotranspiração			S	S		
	Outras fórmulas de perdas contínuas		S				
Propagação do escoamento superficial	Curvas tempo-área			S			
	Modelo do reservatório linear	S	S	S			
	Modelo de reservatórios em cascata		S				
	Modelo cinemático/modelo do reservatório não linear			S		S	
Propagação do escoamento na rede de coletores	Advecção				S		
	Modelo de Muskinghum-Cunge	S					
	Modelo cinemático/modelo do reservatório não linear	S		S			
	Modelo difuso			S			
	Equações completas de Saint Venant		S	S		S	
Poluentes no escoamento superficial	Concentrações médias por evento (CME)			S	S	S	
	Distribuição lognormal das CME					S	
	Acumulação: equação de potência					S	
	Acumulação: equação de Michaelis-Menton					S	
	Acumulação: equação exponencial (Alley e Smith, 1981)	S	S	S		S	
	Arrastamento: exponencial (Sartor e Boyd; Jewell e Adrian)	S	S			S	

	Arrastamento: (Nakamura, 1990)						
	Outras fórmulas			S		S	
	Número de poluentes modelados	4	>10	>10		10	2
	Modelação de poluentes com base em relações com os sedimentos	S	S	S		S	
Propagação dos poluentes superficiais	Modelo do reservatório linear		S				
	Modelo do duplo reservatório linear	S					
Transporte de poluentes nos coletores	Eq. transporte baseada: na lei de Shields					S	
	Eq. transporte baseada: no método de Ackers-White		S				
	Eq. transporte baseada: no método de Vélikanov	S					
	Eq. transporte baseada: noutros métodos			S			
	Transformação/decaimento de poluentes	N		S		S	
	Equação de advecção	S	S		S	S	
	Equação de advecção-dispersão			S			
-	Consideração de estruturas de sedimentação/tratamento			S		S	

2.7.5.8. Drenagem Dual

Os sistemas de drenagem pluvial urbana podem classificar-se segundo a definição de drenagem dual, especificando-se as componentes (AMK Associates, 2004):

- Superficial – sistema principal, composto por ruas, canais naturais e artificiais, depressões e zonas de acumulação de água;
- Rede de coletores – sistema secundário.

No que diz respeito ao período de retorno, a rede de coletores de drenagem de águas residuais projeta-se para um horizonte de 2 a 10 anos e o sistema de drenagem superficial de 25 a 100 anos (Smith, 2006).

A integração dos modelos de drenagem com os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) possibilita a simulação de inundações em áreas urbanas. A modelação das duas componentes, segundo o conceito de drenagem dual, permite o estabelecimento de cenários de interação das duas componentes de drenagem (superficial e rede de coletores), nomeadamente os coletores parcialmente em sobrecarga e o escoamento superficial em espaços abertos, ruas, entre edificações e depressões no terreno (Lima *et al.*, 2013).

Explicita-se a existência de duas abordagens nos modelos de drenagem urbana, que apresentam o ponto comum de representarem a rede de coletores através de um modelo unidimensional, mas que diferem na forma como representam a superfície, distinguindo-se (Lima *et al.*, 2013):

- Unidimensional-unidimensional (1D-1D) – a superfície urbana representa-se como uma rede de canais e zonas de acumulação de água, dando origem a um conjunto de canais e nós ligados ao

sistema de coletores. Identifica-se como uma boa aproximação enquanto a água pluvial permanece no interior da rua (Mark *et al.*, 2004);

- Unidimensional-bidimensional (1D-2D) – não há uma pré-identificação dos canais superficiais e das zonas de acumulação de água. Apresenta-se como uma solução mais adequada a escoamentos de caráter multidirecional, que ultrapassam os limites dos arruamentos (Allit *et. al*, 2009).

2.7.5.9. Programa Storm Water Management Model (SWMM)

O aumento dos impactes sociais, económicos e ambientais relacionados com os poluentes que prejudicam a saúde e degradam o meio ambiente potenciou os esforços no sentido da sustentabilidade. A *Environmental Protection Agency (EPA)* surge com o objetivo de formular metodologias de prevenção e controlo da Poluição (Rossman, 2008).

O *Storm Water Management Model* (SWMM), desenvolvido pela EPA a partir de 1971, apresenta como principal objetivo a simulação hidrológica e hidrodinâmica de sistemas de drenagem urbana (unitários ou separativos) e integra um conjunto de módulos de simulação que versam diferentes aspetos relevantes para a sua implementação (Ensinas, 2009).

Os diferentes processos hidrológicos que se podem simular nos Modelos SWMM permitem estimar os escoamentos pluviais em áreas urbanas, consequentes de cenários hidrológicos caraterísticos. As precipitações variáveis no tempo, a evaporação de águas em reservatórios, a interceção de escoamentos pela acumulação em bacias de retenção, a infiltração das precipitações em camadas de solo não saturadas, a acumulação e degelo da neve, a percolação da água infiltrada entre aquíferos e sistemas de drenagem, a captação e retenção de precipitações e escoamentos em diferentes dispositivos e a modelação do escoamento superficial por ação de albufeiras e outros reservatórios apresentam-se como potencialidades de modelação (Piqueiro, 2015).

Todos os processos que se referem nas potencialidades de modelação consideram-se, pelo SWMM, tendo em conta a variabilidade espacial. A área de simulação subdivide-se em áreas menores e homogéneas (sub-bacias – *Subcatchments*), com os respetivos coeficientes de infiltração. O desenvolvimento da "matriz de conetividade" (ligações entre condutas, pluviómetros, bacias de retenção e outros elementos) permite que o escoamento global se processe de acordo com as caraterísticas dos diversos órgãos do sistema (Piqueiro, 2015).

A definição do escoamento superficial e das contribuições externas de adução e vazão, através de uma rede de tubagens, canais, dispositivos de armazenamento e tratamento, entre outros, executa-se com o apoio de um conjunto versátil de ferramentas de modelação hidráulica disponibilizadas pelo SWMM. Salientam-se as capacidades das referidas ferramentas (Piqueiro, 2015):

- Modelar redes de dimensão ilimitada;
- Empregar diversas geometrias para tubagens, aquedutos e canais naturais;
- Modelar elementos especiais (divisores de caudal, unidades de armazenamento e tratamento, bombas, orifícios e descarregadores);
- Analisar escoamentos externos do ponto de vista da quantidade e da qualidade:
    - Infiltrações no sistema de drenagem devido à precipitação RDII (*Rainfall-Dependent Infiltration/Inflow*);
    - Águas residuárias em tempo seco (sistemas unitários ou mistos de drenagem);
    - Outros escoamentos definidos;

- Optar pelo método da onda cinemática ou pelo método completo da onda dinâmica, para simular a progressão do fluxo;
- Modelar regimes de escoamento distintos:
    - Regolfo;
    - Entrada em carga;
    - Inversão do escoamento;
    - Alagamentos;
- Implementar controlos dinâmicos, estabelecidos pelo utilizador em:
    - Funcionamento de bombas;
    - Abertura de orifícios;
    - Fixação da cota de descarregadores.

O SWMM permite estimar a produção e evolução de cargas poluentes associadas aos escoamentos, referindo-se os processos que podem ser modelados para qualquer número de substâncias associadas à qualidade da água, previamente definidas (Piqueiro, 2015):

- Acumulação do poluente durante o tempo seco, em diferentes tipos de solos;
- Lixiviação do agente poluente, função do tipo de solo;
- Contribuição direta da chuva;
- Diminuição da poluição acumulada com a limpeza da rua;
- Abaixamento da carga de poluentes transportados por enxurradas, devido a boa exploração;
- Afluência de águas residuais em tempo seco ou outras contribuições externas definidas, em pontos definidos dos sistemas de drenagem;
- Modelação espacial – propagação de substâncias ao longo do sistema de drenagem;
- Redução da concentração de poluente com tratamentos em reservatórios ou derivada de processos naturais em tubagens, aquedutos ou canais.

A estrutura do modelo SWMM pode caraterizar-se segundo nove módulos, que se enquadram em módulos de serviço e módulos computacionais, e no módulo executivo (Huber e Dickinson, 1992):

- Módulos de Serviço:
    - Statistics – análises estatísticas;
    - Graph – apresentação da saída gráfica;
    - Combine – organização da ordem das simulações;
    - Rain – organização dos dados de precipitação;
    - Temperature – organização dos dados de temperatura.
- Módulos Computacionais:
    - Runoff – transformação da precipitação em escoamento;
    - Transport – transporte na rede de drenagem, segundo o conceito da onda cinemática;
    - Extran – modelação hidrodinâmica nos coletores e canais;
    - Storage/Treatment – qualidade da água.
- Módulo Executivo.

O *Storm Water Management Model* – SWMM (Modelo de Gestão de Drenagem Urbana) é um modelo dinâmico precipitação-escoamento utilizado para a gestão de drenagem urbana, que permite controlar a quantidade e a qualidade do escoamento superficial, especialmente em áreas urbanas. Salienta-se o facto de o SWMM ser um *software* de simulação e não de dimensionamento, indicando-se as suas principais aplicações (Piqueiro, 2015):

- Ferramenta de auxílio ao projeto;

- Conceção e dimensionamento de componentes das redes de drenagem – controlo de inundações;
- Dimensionamento de estruturas de retenção e acessórios – controlo de inundações e qualidade das águas;
- Delimitação de zonas de inundação em leitos naturais – ferramenta de gestão do território, instrumento de apoio à decisão e exploração, definição de planos de contingência (cheias e proteção civil);
- Definição de estratégias de controlo de transbordamento de sistemas unitários e mistos;
- Geração de poluição difusa para avaliar o lançamento de efluentes (carga de contaminantes);
- Análise do impacto de contribuições e infiltrações sobre o transbordamento de sistemas de drenagem de águas residuais;
- Avaliação da eficácia das boas práticas de exploração, para reduzir o transporte de poluentes durante a chuvada.

A precipitação que entra no sistema é representada através de udómetros (*Rain Gages*), referindo-se que o SWMM permite analisar os poluentes depositados sobre a superfície do solo (*Land Uses*). A superfície do solo é constituída por uma ou mais bacias de drenagem (*Subcatchments*), que recebem a precipitação dos udómetros (em forma de chuva e neve), gerando escoamento, sob a forma de infiltração, para as águas subterrâneas (*Groundwater*), escoamento superficial e cargas poluentes. O escoamento propaga-se no sistema através de uma rede de coletores (*Conduits)*, câmaras de visita (*Junctions*), elementos de regulação, como orifícios (*Orifices*), descarregadores (*Weirs*) e válvulas de regulação de caudal (*Outlets*), unidades de armazenamento (*Storage Units*) e grupos de bombagem (*Pumps*). A água transportada é conduzida para pontos de rejeição (*Outfalls*) ou para unidades de tratamento. A simulação do comportamento de sistemas de drenagem através do SWMM necessita de uma caraterização física de todas as infraestruturas existentes, que se sistematizam (Ensinas, 2009):

- Udómetro (*Rain Gages*): equipamento que permite registar a precipitação pontual em qualquer ponto do território, apresentando eventuais erros de medição de diversas origens:
    - Defeitos do aparelho;
    - Efeito do vento;
    - Evaporação;
    - Não horizontalidade da superfície;
    - Diferenças de área da superfície recetora;
    - Estanqueidade imperfeita.

  Indica-se a informação necessária de um udómetro:

    - Tipo de dados de precipitação;
    - Intervalo de tempo dos dados de precipitação;
    - Origem dos dados de precipitação.
- Bacia pluvial (*Subcatchments*) – As bacias pluviais referem-se como unidades hidrológicas de terreno das quais a topografia e componentes do sistema de drenagem encaminham o escoamento para o ponto de descarga. Apresentam-se dos tipos de bacias:
    - Bacias de cabeceira – bacias que confluem inteiramente num ponto de entrada no sistema de drenagem. Geralmente desenvolvem-se a montante do sistema de drenagem e as ligações ao sistema correspondem aos pontos de cabeceira do modelo, sendo esta ligação materializada por descarregadores;
    - Bacias de percurso – Bacias que se desenvolvem ao longo do percurso do sistema de drenagem.

  O programa SWMM considera que as bacias se dividem em:

  - Sub-bacias permeáveis – dividem-se em sub-áreas permeáveis sem armazenamento e sub-áreas permeáveis com armazenamento;
  - Sub-bacias impermeáveis – dividem-se em sub-áreas impermeáveis sem armazenamento).

  Na ocorrência de eventos pluviosos, uma parte da precipitação fica retida nas zonas com armazenamento até estas excederem a sua capacidade de armazenamento. Inicia-se, posteriormente, o escoamento superficial, encaminhado para um ponto de entrada na rede de drenagem. O escoamento superficial obtém-se através de um reservatório não-linear e a infiltração no solo corresponde a perdas de precipitação associadas às áreas permeáveis das bacias. Referem-se diferentes alternativas para modelar a infiltração:
  - Modelo de *Horton*;
  - Modelo de *Green e Ampt*;
  - Modelo do *Soil Conservation Service*.

  Indicam-se os dados de entrada das bacias pluviais:

  - Atribuição de um udómetro a cada bacia;
  - Área da bacia;
  - Largura média da bacia – relação entre a área da bacia e a máxima dimensão da bacia;
  - Declive da bacia;
  - Percentagem da área permeável e da área impermeável sem armazenamento;
  - Coeficiente de *Manning* para o escoamento superficial;
  - Altura de armazenamento sobre a área impermeável;
  - Propagação do escoamento segundo áreas permeáveis e impermeáveis;
  - Parâmetros do escoamento subterrâneo;
  - Ocupação do solo;
  - Quantidade de sedimentos acumulados ao longo da bacia;
  - Modelação da infiltração;
- Câmaras de visita (*Junctions*) – apresentam-se como nós no sistema de drenagem, podendo ocorrer afluências ao sistema, através delas. O excesso de água nas câmaras de visita indica que o sistema se encontra em carga, podendo esta perder-se completamente do sistema de drenagm ou ficar estagnada na parte superior das câmaras, para que entre novamente no sistema (*AllowPonding*). Referem-se os dados de entrada, relativos a estes elementos do sistema:
  - Cota da soleira;
  - Profundidade da soleira;
  - Afluências;
  - Área superficial inundada (caso não se opte pelo *Allow Ponding*);
  - Altura em carga (caso não se opte pelo *Allow Ponding*).
- Coletores (*Conduits*) – representados por linhas definidas entre dois nós, têm disponíveis diferentes secções predefinidas (secções abertas, secções fechadas, geometria irregular). Aplica-se a equação de *Manning* para simular o escoamento e a sua propagação na rede de coletores pode ser descrita pelo modelo dinâmico completo (equações completas de *Saint Venant*) ou pelo modelo cinemático. Sistematizam-se os parâmetros de entrada:
  - Cota de montante do coletor;
  - Cota de jusante do coletor;
  - Comprimento do coletor;
  - Coeficiente de *Manning* do coletor;
  - Secção transversal do coletor e correspondentes dimensões;

  - Coeficiente de perdas associadas a perdas de energia na entrada e na saída do coletor;
  - Presença ou não de dispositivos que impeçam o retorno do escoamento.
- Descarregadores (*Weirs*) – definidos através de uma ligação entre dois nós (*links*), adjacente ao nó de montante, utilizam-se para controlar as saídas de caudal dos poços de bombagem, prevenir a entrada dos coletores em carga e desviar caudais para estações de tratamento. Especificam-se os parâmetros de entrada:
  - Tipo de descarregador (transversal, descarga lateral, em "v", trapezoidal);
  - Comprimento;
  - Altura livre;
  - Declive das paredes;
  - Coeficiente de vazão;
  - Presença ou não de dispositivos que impeçam o retorno de escoamento.
- Poços de bombagem (*Storage Units*) – materializados por nós do sistema de bombagem, apresentam capacidade de armazenar determinados volumes de água para posteriormente serem bombados. Requerem-se as caraterísticas relacionadas com os poços de bombagem:
  - Cota da soleira;
  - Afluências;
  - Forma geométrica do poço de bombagem;
  - Área superficial inundada (caso não se opte pelo *Allow Ponding*).
- Grupo eletrobomba (*Pumps*) – representado segundo uma linha com a sua curva caraterística, indicam-se os dados de entrada:
  - Curva caraterística da bomba;
  - Estado inicial da bomba (parada ou em funcionamento).
- Pontos de rejeição (*Outfalls*) – apresentam-se como saídas do sistema de drenagem, materializadas por nós terminais, e permitem estabelecer as condições de fronteira entre a descarga e o meio recetor (com base no método da onda dinâmica para a propagação do escoamento). A definição dos pontos de rejeição requer os seguintes dados:
  - Cota da soleira;
  - Afluências;
  - Tipo de descarga;
  - Condições de fronteira;
  - Presença ou não de um dispositivo que impeça o retorno do escoamento.

A disponibilidade de caraterísticas gráficas por parte do SWMM apresenta-se de forma sintética (Piqueiro, 2015):

- Compatibilidade com *software* gráfico, de desenho e topográfico (EPACAD);
- Introdução de dados em base gráfica;
- Visualização dos resultados das simulações em base gráfica e ordenada de forma variada;
- Codificação do modelo através de cores;
- Exibição de mapas dos sistemas hidráulicos;
- Apresentação de gráficos e tabelas de séries temporais, e estatísticas de frequência.

2.7.6. SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

2.7.6.1. Abordagem geral

A gestão técnica e operacional de infraestruturas de saneamento básico depara-se com problemas cada vez mais complexos, evidenciando-se um interesse crescente das entidades responsáveis por adotar

novas tecnologias, particularmente na constituição de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) adequados às suas necessidades (Ribeiro de Sousa *et al.*, 1998). A evolução das tecnologias de informação relaciona-se, de forma intrínseca, com o desenvolvimento dos SIG, que se apresentam como relevantes em diversas áreas de negócio, ao nível do planeamento, operação e manutenção, constituindo-se como um instrumento para otimizar o processo de gestão (Ensinas, 2009).

A integração de um elevado volume de informação (espacial e de outros tipos) num sistema comum e alvo de um tratamento conjunto apresenta-se como particularidades dos SIG, utilizados, atualmente, como ferramentas de análise geográfica (Nunes, 2007).

2.7.6.2. Definição Concetual dos Sistemas de Informação Geográfica

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) descrevem-se como sistemas organizados compostos por *hardware*, *software*, meios humanos e informação georreferenciada. Assumem-se como ferramentas essenciais para um bom conhecimento do território e uma gestão adequada das infraestruturas, identificando-se diferentes objetivos (Ensinas, 2009):

- Armazenar;
- Visualizar;
- Aceder;
- Medir;
- Interpretar;
- Analisar;
- Manipular informação geográfica;
- Planear;
- Decidir.

2.7.6.3. Funcionalidades dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

O cadastro refere-se como um instrumento crucial no suporte de tomadas de decisão que visem o desenvolvimento do território, partilhado por entidades gestoras que procuram implementar políticas de interesse público e pelos cidadãos que o utilizam para desenvolverem as suas necessidades básicas e atividades económicas (Santo, 2009).

Os sistemas de Informação Geográfica (SIG) permitem a comunicação de informação espacial, analisada de forma adequada, apresentando mapas, gráficos e relatórios, adequados a diferentes necessidades de avaliação e decisão (Espanha *et al.*, 2008). No que diz respeito às infraestruturas, os SIG apresentam o cadastro atualizado e organizado, permitindo intervenções rápidas e eficientes por parte das entidades gestoras. Revelam-se uma ferramenta importante na elaboração de projetos, reabilitação dos sistemas e identificação e localização de avarias (Ensinas, 2009). Apresentam-se diferentes funções nas quais se recorre, cada vez mais, aos SIG (Water Environmental Federation, 2004[6]):

- Registos de clientes e serviços;
- Atividades de avaliação fiscal;
- Planeamento, ordenamento e gestão da propriedade;
- Modelação;
- Planeamento ambiental;

- Gestão de ativos e infraestruturas;
- Reabilitação dos sistemas de infraestruturas.

2.7.6.4. Integração do SWMM com os Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

Os modelos de simulação de sistemas de drenagem, nomeadamente o SWMM, apresentam a necessidade de uma elevada quantidade de dados, geralmente contidos no cadastro das entidades gestoras. Refere-se que a construção de um ficheiro de dados do modelo de simulação, com base no cadastro, se revela uma tarefa morosa e sujeita a erros, quando realizada de forma manual. Salienta-se que a criação de uma base de dados do cadastro, com uma estrutura adequada, pode possibilitar uma automatização deste processo, permitindo que a entidade gestora necessite de atualizar uma única base de dados. Sintetizam-se as etapas propostas para desenvolver a ligação entre o cadastro e o modelo de simulação SWMM (Ensinas, 2009):

- Identificação das opções de simulação:
  - Unidades utilizadas para definir o caudal;
  - Opção *elevation* ou *depth*;
  - Modelos de infiltração nas bacias de drenagem (*Horton, Green* e *Ampt*) e do SCS;
  - Modelos de propagação do escoamento nos coletores (modelo do reservatório, modelo cinemático e modelo dinâmico);
  - Escolha ou não da opção *Allow Ponding*;
- Desenvolvimento da interface das entidades:
  - Udómetros (*Rain Gages*);
  - Bacias pluviais (*Subcatchements*);
  - Câmaras de visita (*Junctions*);
  - Pontos de rejeição (*Outfalls*);
  - Poços de bombagem (*Storage Units*);
  - Coletores (*Conduits*);
  - Bombas (*Pumps*);
  - Descarregadores (*Weirs*);
- Desenvolvimento da interface dos atributos:
  - Atributos do Udómetro (*Rain Gages)* – identificação, coordenadas X e Y, tipo de dados, intervalo e fonte de dados;
  - Atributos das Bacias pluviais (*Subcatchments*) – identificação, udómetro de entrada, área da bacia, largura da bacia, declive da bacia, percentagem de área impermeável, coeficiente de *Manning* para a área impermeável, coeficiente de *Manning* para a área permeável, altura sobre a área impermeável, altura sobre a área permeável, percentagem de área impermeável zero, tipo de escoamento, percentagem de escoamento e modelo de infiltração;
  - Atributos das Câmaras de visita (*Junctions*) – identificação, coordenadas X e Y, cota da soleira, profundidade da soleira, altura inicial, altura adicional, área superficial, tipo de parâmetro relativo às afluências, valor médio de afluências e padrão de tempo;
  - Atributos dos Coletores (*Conduits*) – identificação, tipo de secção, comprimento do coletor, válvula de retenção/maré, coeficiente de *Manning*, cota montante e cota jusante;
  - Atributos dos Descarregadores (*Weirs*) – identificação, coordenadas X e Y, válvula de maré, tipo de descarga, altura livre, cota da soleira, coeficiente de vazão, comprimento do murete e declive da parede lateral;

  - Atributos dos Poços de bombagem (*Storage units*) – identificação, coordenadas X e Y, cota da soleira, profundidade da soleira, altura inicial, área superficial, tipo de parâmetro, valor médio de caudal, padrão de tempo e tipo de poço;
  - Atributos dos Grupos de eletrobombas (*Pumps*) – identificação, coordenadas X e Y, estado inicial, cota de arranque, cota de paragem e curva caraterística dos grupos;
  - Atributos dos Pontos de rejeição (*Outfalls*) – identificação, coordenadas X e Y, tipo de descarga, tipo de parâmetro relativo às afluências, valor médio e padrão de tempo.
- Criação do ficheiro topológico – permite que uma área selecionada, integrando todas as entidades e atributos presentes no cadastro, possa ser exportada para o programa de modelação matemática SWMM.

A dispersão geográfica e os inúmeros órgãos que constituem os sistemas de drenagem de águas residuais apresentam-se como caraterísticas que dificultam o seu projeto, operação e manutenção, justificando-se a passagem da informação disponível para um formato digital, construindo-se um Sistema de Informação Geográfica (SIG). A modelação matemática identifica-se como uma ferramenta útil na simulação da realidade, possibilitando a geração de diferentes cenários de apoio à decisão. Explicitam-se as etapas de um processo de integração do SWMM com um Sistema de Informação Geográfica (Ensinas, 2009):

- Recolha de informação cadastral;
- Atualização do cadastro e verificação da informação sobre o sistema;
- Geração do ficheiro topológico requerido pelo SWMM;
- Monitorização de caudais/precipitação;
- Calibração;
- Verificação;
- Simulação de diferentes cenários.

2.8. SÍNTESE

Os propósitos referidos para a investigação, na área dos sistemas de abastecimento de água e dos sistemas de drenagem de águas residuais, relacionam-se com a procura de sistemas mais eficazes e eficientes. A abordagem, de forma genérica, dos sistemas, contextualiza o estudo que se efetua.

A análise do ciclo urbano da água, considerando temáticas como a qualidade da água e a gestão integrada dos recursos hídricos, revela-se importante, no sentido de enquadrar a gestão dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais. A utilização do recurso água deve verificar-se com benefício para a sociedade, garantindo a sustentabilidade ambiental e económica.

Relativamente aos emissários submarinos, a forma como os conceitos se encontram explanados pode considerar-se dispersa (conceitos, componentes, funcionamento, fenómenos, materiais/construção, riscos, análise de custos, modelação, entre outros). Esta abordagem pretende, todavia, caraterizar de forma abrangente os emissários submarinos, com o propósito de preparar uma investigação futura com um caso de estudo. Embora a integração deste estado da arte nos conceitos de risco se verifique limitada no âmbito deste trabalho, pretende-se que configure uma mais-valia em trabalhos seguintes.

A implementação da gestão patrimonial de infraestruturas não figura um processo linear, passo a passo, de acordo com uma metodologia recomendada. Pode assumir diversas formas, de acordo com as particularidades e os objetivos de cada organização.

A reabilitação das infraestruturas hidráulicas que suportam os sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais verifica-se crucial nos processos de gestão, podendo a sua necessidade encontrar-se associada à degradação do desempenho funcional dos sistemas ou a uma mudança das condições de base da sua conceção. A intervenção nas infraestruturas pode referir-se ao desempenho hidráulico, estrutural, ambiental ou operacional, e efetuar-se através da reabilitação, da manutenção e da operação. Indica-se que a reabilitação se insere nos diferentes níveis hierárquicos de decisão (planeamento estratégico, tático e operacional). A metodologia AWARE-P define que o processo de gestão patrimonial de infraestruturas deve incluir os três níveis referidos.

Em relação às diferentes temáticas que se inserem na gestão patrimonial de infraestruturas, realça-se a avaliação do estado das infraestruturas (diagnóstico da situação existente), a análise do desempenho das infraestruturas (comparação dos resultados com os objetivos), a gestão do risco (identificação de perigos e análise, avaliação e tratamento do risco), a manutenção e a reabilitação (seleção das estratégias adequadas no decorrer do ciclo de vida) e a avaliação de custos (racionalização de investimentos e otimização da eficiência financeira das organizações). As componentes da gestão patrimonial de infraestruturas referidas revelam-se preponderantes, devendo ser analisadas detalhadamente, caso a caso.

O conceito de risco revela-se de crucial importância nos processos de decisão em diferentes áreas, considerando situações incertas, hierarquizando medidas de segurança e proteção, apoiando o processo de decisão e fundamentando opções de gestão. A definição de risco não é, no entanto, consensual, existindo diferentes abordagens ao risco e aos diferentes conceitos que estão relacionados. A incerteza, ainda que abordada de forma distinta por diferentes autores, reconhece-se, genericamente, como um conceito central.

De acordo com o contexto em que se insere, o risco interpreta-se de diferentes formas. Realça-se que, nas ciências puras, o risco surge como um valor numérico, em função da probabilidade de ocorrência e das consequências, abordagem que será adotada na presente investigação. Do ponto de vista normativo, reconhece-se que a norma ISO 31000:2009 apresenta um consenso internacional alargado, na qual o risco se define como o "efeito da incerteza nos objetivos" e onde são estabelecidos requisitos para a aplicação da gestão do risco.

O processo de gestão do risco deverá configurar uma abordagem versátil, não padronizada, que se ajuste a cada caso concreto, tal como preconizado na norma ISO 31000:2009. Podem identificar-se diversas dimensões de risco (técnica, subjetiva, social, cultural, filosófica, económica e financeira, e jurídica). A dimensão do risco que se relaciona com a abordagem desta investigação será a técnica. A generalidade dos autores considera o risco segundo uma perspetiva bidimensional, englobando probabilidades e consequências.

As incertezas podem dividir-se em incertezas epistémicas (subjetivas ou limitações de conhecimentos) e incertezas aleatórias (objetivas, inerentes ou básicas), salientando-se que as incertezas epistémicas evoluem com o aumento de conhecimento. O desconhecimento face aos fenómenos integra tudo o que não inclua certeza (variabilidade, ambiguidade, dúvida e ignorância). Diversos autores, normas e guias não estabelecem uma relação explícita entre risco e incerteza. No que se refere à evolução das incertezas, indica-se que estas aumentam com a diminuição da controlabilidade dos sistemas e com o aumento do horizonte temporal.

A utilização do conceito de risco experimentou uma abordagem que o utilizava para definir eventos não controlados pelo Homem. Posteriormente, as disciplinas de estatística e probabilidades reajustaram o conceito de risco, considerando-o mensurável. Nos dias de hoje utiliza-se o conceito de forma ampla, definindo perigos, ameaças ou azares. Relativamente à aplicação técnica da análise quantitativa dos

riscos, considera-se o risco de um determinado acontecimento como sendo o produto da probabilidade de ocorrência pelas consequências associadas. Sendo assim, os riscos podem caraterizar-se em relação à incerteza do evento num horizonte temporal (probabilidade de ocorrência), e à capacidade de causar danos num sistema (intensidade do evento).

A operacionalização do conceito de risco pode incluir a procura de uma comunicação mais eficaz e uma caraterização mais ajustada do processo, integrando diversos conceitos associados ao risco (perigo, severidade, perigosidade, exposição, vulnerabilidade, suscetibilidade, segurança, fiabilidade, incerteza e probabilidade). No caso de eventos cuja probabilidade de ocorrência é baixa e a severidade elevada, coloca-se um problema de difícil decisão.

A perceção do risco, de acordo com as crenças e experiências de cada indivíduo, pode revelar-se consideravelmente distinta de um valor estimado. Uma perspetiva focada nas probabilidades ou nas consequências faz variar a perceção do risco.

A estrutura da gestão do risco estabelece a ponte entre a gestão do risco e as restantes componentes da gestão das organizações, devendo enquadrar-se a diferentes níveis (organigrama, estratégias, políticas e práticas). Com base na norma ISO 31000:2009, consolidou-se uma estrutura designada por "gestão do risco", ajustável a cada situação e suficientemente abrangente. O processo de operacionalização do risco inclui as etapas de definição do contexto, avaliação do risco (identificação de perigos e riscos, análise do risco, apreciação do risco), decisão e tratamento do risco, comunicação e consulta, e monitorização e revisão. Propõe-se a adoção destas etapas, adequadas aos diferentes sistemas que se pretendam estudar.

As probabilidades representam uma temática central na gestão do risco, apresentando-se como função a caraterização da incerteza aleatória, podendo ser de natureza objetiva ou subjetiva. De acordo com o contexto, identifica-se a existência de situações em que as probabilidades podem deduzir-se de forma exata e situações que envolvem processos de natureza aleatória, direcionando-se o estudo para distribuições de probabilidades baseadas em amostras, séries de resultados ou opiniões de especialistas. Será a última abordagem referida que se ajustará ao estudo que se efetua. Existem situações em que se figura mais pertinente uma adoção de metodologias simplificadas para a avaliação dos riscos, em detrimento da execução detalhada de uma análise quantitativa do risco.

A avaliação do risco pode informar a decisão, no entanto, a decisão final compete aos decisores. A tolerância ao risco e os meios económicos que é necessário mobilizar para a redução do mesmo devem ser observados com bom senso, adotando-se soluções razoáveis para os diferentes intervenientes nos processos. A avaliação e a apreciação do risco associado a determinada situação ou processo relacionam-se com a necessidade de aplicar medidas de tratamento, mitigação ou controlo do risco. O projeto informado pelo risco adota um nível de segurança a seguir. A gestão informada pelo risco é a abordagem que se pretende utilizar, funcionando a gestão do risco, bem como todos os conceitos relacionados, como uma ferramenta da gestão e de apoio à decisão.

De acordo com a bibliografia referida, existem diversas etapas consideradas no processo da gestão do risco, consoante as diferentes abordagens. Na definição de uma metodologia a adotar para a gestão operacional informada pelo risco, procura-se estabelecer uma sequência de etapas devidamente estruturadas, suficientemente abrangente para ser aplicada aos diversos processos que se pretenda estudar. A estrutura a definir e as medidas a implementar devem conciliar-se com as boas práticas de gestão (otimização, estabelecimento de tolerâncias, análises multicritério, análises custo-benefício, avaliação de consequências, entre outros).

O recurso a seguros contra acidentes não impede a ocorrência dos mesmos, mas evita o problema financeiro associado. A comunicação eficaz do risco às diversas entidades intervenientes refere-se como uma etapa crucial no envolvimento das diferentes partes e, consequentemente, no sucesso do processo. A qualidade de um processo de gestão do risco relaciona-se com a estimativa de probabilidades e consequências, evidenciando-se que os dados históricos representam um contributo para a qualidade dos resultados.

No que diz respeito à análise do risco e fiabilidade, refere-se que os problemas de decisão da sociedade se verificam de elevada complexidade, associados a elevadas incertezas e, em diversas ocasiões, a consequências gravosas. A avaliação do risco e fiabilidade permite considerar o efeito da incerteza no risco, estimando o risco associado a determinada operação/atividade/sistema/estrutura, a eventual redução/mitigação do risco, os custos associados às medidas adotadas e o equilíbrio entre os riscos que se consideram admissíveis e os meios económicos que são possíveis mobilizar. Em engenharia, a conceção contém uma incerteza associada, realçando-se que mesmo utilizando fatores de segurança, a variabilidade associada aos diferentes fenómenos e componentes dos sistemas/estruturas determina que se desconheça, na realidade, a incerteza associada a esses fatores.

A abordagem aos conceitos de estatística efetua-se no sentido de facultar um enquadramento teórico abrangente, que possa apoiar uma análise assente em: históricos de dados; probabilidades determinadas simplificadamente, com base na experiência; em modelos mais complexos de geração de variáveis aleatórias e de verificação do comportamento das funções de dimensionamento ou desempenho dos sistemas/estruturas. As ferramentas e técnicas de identificação de eventos, bem como o conceito de "estatística operacional", incluem-se no sentido de facultar informação prévia para um eventual caso de estudo a analisar.

Do ponto de vista operacional, a adoção de metodologias de cálculo do risco mais simplificadas (produto de probabilidades por consequências), devidamente sustentadas por históricos de dados, que apresentam maior flexibilidade de aplicação, pode revelar-se vantajosa em detrimento de modelos mais sofisticados, com incertezas associadas às variáveis consideradas pelos próprios modelos. Na situação em que se verifica a inexistência de históricos de dados, poder-se-á recorrer a técnicas mais sofisticadas de análise de risco e fiabilidade, para a determinação probabilística do risco. Embora se reconheça a complexidade dos modelos associados a estas metodologias, realça-se que o cálculo computacional permite otimizar o processo, verificando-se a existência de diferentes técnicas que permitem incrementar a robustez das soluções.

A gestão da mudança em entidades gestoras do setor da água refere-se a questões relacionadas com os procedimentos a adotar em empresas com níveis de eficiência reduzidos, potenciando um sentimento de urgência, uma equipa forte e motivada, a apresentação de resultados e o estabelecimento da nova atitude à estrutura organizacional. O apoio político, a liderança forte, os objetivos ambiciosos e alcançáveis e o tempo são pré-requisitos para o sucesso do processo de mudança, no sentido da satisfação das diferentes partes interessadas (clientes, colaboradores, acionistas). Embora este processo se revele contínuo, podem estabelecer-se diferentes estágios em que se encontram as entidades gestoras, nomeadamente pré-eficácia, eficácia, eficiência e excelência.

O controlo operacional, como referido na bibliografia, incorpora observações, avaliações analíticas e ações que visam a garantia de qualidade na água para consumo humano. Nesta abordagem, pela transversalidade do conceito "operacional", incluem-se questões relacionadas com os indicadores de desempenho, o controlo de perdas em sistemas de abastecimento de água, a operação de reservatórios de distribuição de água, a operação de estações de tratamento de água e de águas residuais, a operação de estações elevatórias, as afluências indevidas aos sistemas de drenagem de águas residuais e a medição

de caudais de águas residuais. Estas temáticas referem-se a questões que influenciam, de forma acentuada, a gestão operacional de infraestruturas hidráulicas.

A problemática da gestão global do saneamento depara-se com uma alteração de paradigma. A drenagem de águas residuais surge com o propósito de evacuar as águas com componentes potenciadores de propagação de doenças e epidemias, abordagem comprovadamente eficaz. Confrontando-se com a realidade dos dias de hoje, que revela que os meios recetores se encontram saturados e que a pressão que se efetua sobre os mesmos cresce ao ritmo dos aglomerados urbanos que surgem, a problemática da drenagem pode analisar-se segundo outra perspetiva.

A alteração das condições de drenagem natural e a crescente impermeabilização reflete-se, por um lado, em sistemas demasiado onerosos quando, adotadas soluções tradicionais de drenagem linear em infraestruturas enterradas, e em sobrecarga de sistemas existentes, traduzindo-se na ocorrência de inundações. A opção por intervenções de caráter preventivo, com a reabilitação dos sistemas, a adoção de soluções de controlo na origem e sistemas simplificados de tratamento apresentam-se como potenciais intervenções sustentáveis.

A problemática do efeito da urbanização na drenagem pluvial reporta a realidade com que se depara a gestão das águas pluviais, no contexto da ocupação do espaço que vigora. O funcionamento deficitário das redes de drenagem, a entrada em carga dos coletores e o funcionamento incorreto dos órgãos de entrada pode relacionar-se com as inundações e consequentes prejuízos. Do ponto de vista legislativo, a problemática das inundações passa a ser considerada do ponto de vista jurídico, com os conceitos de domínio público hídrico, restrições de utilidade pública, reserva ecológica nacional, áreas de risco, entre outros. A elaboração de cartas de zonas inundáveis, por parte dos municípios, a classificação de zonas adjacentes, as medidas de proteção contra cheias e inundações indicam-se como outros exemplos da abordagem ao risco de inundação, pela legislação portuguesa.

As inundações em áreas urbanas apresentam diversas causas, como o estrangulamento de cursos de água, a redução das passagens de água, a ocupação de linhas de água, o aumento das áreas impermeabilizadas, entre outras. A gestão integrada das águas pluviais, quando inexistente, ou efetuada de forma deficiente, traduz-se no tratamento pontual dos problemas, na ausência de interdisciplinaridade, na carência de planeamento, na inércia à adoção de novos conceitos e na inexistência de gestão do risco.

A modelação em sistemas de drenagem de águas residuais possibilita a avaliação e intervenção em redes existentes e o estabelecimento de cenários em fase de projeto para situações correntes e situações extraordinárias. Realça-se a versatilidade dos programas de modelação, designadamente na modelação de coletores e sistemas de drenagem, estações de tratamento de águas residuais, meios recetores e modelação integrada de sistemas de drenagem. A modelação integrada através de modelos complexos adequa-se a redes de maior dimensão e encontra-se limitada pela necessidade de um elevado volume de informação detalhada.

O controlo em tempo real direciona-se para a otimização da exploração dos sistemas de drenagem urbana, devendo esta ser efetuada por modelos simples, que trabalhem em simultâneo e que apresentem respostas rápidas. O aumento da complexidade na exploração dos sistemas e o risco de falhas técnicas de *software* podem encontrar-se entre as causas de não ser amplamente implementado. Realça-se que existem sistemas com dimensão e caraterísticas que não recomendam a sua aplicação. O SWMM apresenta-se como um *software* que permite efetuar a simulação hidrológica e hidrodinâmica de infraestruturas de drenagem urbana, integrando diferentes módulos de simulação. A modelação através do SWMM permite considerar diversos processos hidrológicos, analisar a variabilidade espacial de

caraterísticas e fenómenos (considerando sub-bacias) e simular, de forma versátil, o tipo de escoamento, as caraterísticas das tubagens e canais e outros órgãos acessórios.

No decorrer da elaboração do presente estado da arte, a pesquisa bibliográfica efetuada e a observação de comunicações em eventos da área possibilitaram o contacto com diversos trabalhos em áreas de estudo que se relacionam direta ou indiretamente com a GOIH, parte deles citados ao longo deste capítulo, e outros não citados, mas que se sistematizam, por área, para eventual pesquisa futura. Com a apresentação de artigos não citados, não se pretende configurar uma lista exaustiva ou uma seleção de trabalhos, com base em critérios de relevância preestabelecidos, mas antes um conjunto de trabalhos que surgiram ao longo do desenvolvimento do estado da arte. Nesse sentido, listam-se, seguidamente, diversos trabalhos, de diferentes autores, de complexidades distintas e de contextos díspares:

- Enquadramento do Setor: APEMETA (2019), Cabrera-Jr. *et. al* (2011), Bos *et. al* (2017), Albuquerque (2014), ERSAR (2016), IRAR (2007), ERSAR (2010), Melo-Baptista (2014), Pato (2016), Pato (2011), e LNEC e ERSAR (2018);
- Indicadores de desempenho: Alegre *et. al* (2004), Matos *et. al* (2004), e Figueiredo e Sousa (2017);
- Gestão operacional: Luís (2017a), Santos *et. al* (2017), Costa *et. al* (2017) e Praça (2017);
- Gestão patrimonial de infraestruturas hidráulicas: Brito (2013), Lopes (2014), Moreira (2018), Rodrigues (2015), Belez (2016), LNEC e ERSAR (2017), Luís (2017b), Feliciano *et. al* (2017b), Santos (2017), Ceia *et. al* (2017), Carriço *et. al* (2016), Ferreira e Carriço (2017), Gomes e Martins (2017), Cabral *et. al* (2017a), Cabral *et. al* (2017b), Gomes (2010) e Gonçalves (2015);
- Gestão do Risco: Inocentes *et. al* (2017), Boaventura e Caetano (2017), e Santos e Santos (2017)
- Reabilitação de infraestruturas: Dezotti (2008), Gonçalves (2016), Carvalho (2011), Nogueira-Costa (2017) e Feliciano *et. al* (2017a);
- Perdas de água: EPAL (2017), Moreira (2011), Neves (2015), Carvalho (2014), Martinho (2013), UN-Habitat (2012), Cardoso (2013), FUNASA (2014), ABES (2015), Ervideira (2014), Sousa (2011), Fernandes (2014), CESDA-APDA (2017a), CESDA-APDA (2014a), CESDA-APDA (2017b), CESDA-APDA (2014b), Silva (2018), Lopes (2013), Castanheira-Pinto *et.al* (2017a), Gomes *et. al* (2017), Almeida *et. al* (2017), Colarejo (2017), Peças (2017), Sousa *et. al* (2017), e Fontes e Marques (2017);
- Gestão de pressões em redes de distribuição de água: Tavares (2011), Vinciguera (2009), Galvão (2007), Sousa *et. al* (2017), Pinhão (2017), Vicêncio e Duarte (2017), e CESDA-APDA (2015);
- Qualidade da água: Vieira e Morais (2005), WHO (2008), Leal e Palma (2017) e Poças *et. al* (2018);
- Águas Residuais: Soares (2007), Teixeira e Ribeiro (2017), Imaz (2017) e Leboeuf *et. al* (2018)
- Águas pluviais: Santos *et. al* (2018);
- Afluências indevidas: Rodrigues *et. al* (2017), Macedo *et. al* (2017), Barreiro *et. al* (2017), Pacheco *et. al* (2017), Huberto (2017), Vicêncio e Alves (2017), Pinto *et. al* (2017), Lopes *et. al* (2017) e Coelho *et. al* (2017);
- Energia: Piqueiro e Cardoso-Gonçalves (2018a), Piqueiro e Cardoso-Gonçalves (2018b), Castanheira-Pinto *et. al* (2017b), Béraud e Pinto (2017), Parente (2017) e Matos *et. al* (2017);
- Inovação e desenvolvimento: Guerreiro (2017), Medeiros (2017), Vieira *et. al* (2017), Cunha *et. al* (2017), Coelho e Fazendeiro (2017), Póvoa *et. al* (2017), Marques *et. al* (2018), Carvalho *et. al* (2018), Vieira (2011), Martins (2014), Dinis *et. al* (2017), Rodrigues (2017) e Carvalho *et. al* (2017).

3
CASOS DE ESTUDO

3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

No presente capítulo identificam-se, descrevem-se e analisam-se os casos de estudo que se utilizaram para a aplicação da metodologia de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas que se desenvolve no âmbito desta investigação. Apresentam-se dois casos de estudo, designadamente:

- Sistema de Abastecimento de Água de Arouca (SAA-Arouca);
- Sistema de Drenagem de Águas Residuais da Trofa (SAR-Trofa).

O SAA-Arouca é de um sistema de abastecimento de água em baixa, localizado no concelho de Arouca, cuja EG é a Águas do Norte, S.A. (AdN) Este caso de estudo poderá designar-se por "*caso de estudo âncora*", pela particular relevância em todo o processo de conceção, desenho, desenvolvimento, operacionalização, teste, monitorização e revisão da metodologia desenvolvido no âmbito desta investigação. A colaboração com a EG na avaliação, na proposta e implementação de ações e na melhoria contínua do SAA-Arouca realça-se como contributo para a validação da metodologia.

O SAR-Trofa refere-se a um sistema de drenagem de águas residuais, localizado no concelho da Trofa, que incorpora as componentes de drenagem em alta e em baixa, abordadas de forma conjunta no âmbito da presente investigação. Este sistema drena parte do concelho da Trofa e divide-se da seguinte forma:

- Intercetor da Trofa (IT): infraestrutura em alta, cuja EG é a TRATAVE – Tratamento de Águas Residuais do Ave, S.A.;
- Bacias de Drenagem (BD) do IT: infraestruturas em baixa, cuja EG é a Águas do Norte, S.A.

A abordagem aos casos de estudo integra a descrição sintética das Entidades Gestoras, o enquadramento dos sistemas a que pertencem, a caraterização da zona abrangida, das infraestruturas e da componente comercial, bem como a sistematização do seu desempenho global.

3.2. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE AROUCA

3.2.1. A ENTIDADE GESTORA

A entidade gestora do SAA-Arouca é a Águas do Norte, S.A., constituída pelo Decreto-Lei n.º 93/2015, de 29 de maio, pela agregação das empresas Águas do Douro e Paiva, S.A., Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, S.A., SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A. e Águas do Noroeste, S.A., partes integrantes do Grupo Águas de Portugal. A concessão da exploração e da gestão do Sistema

Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Norte de Portugal (figura 3.1) foi atribuída à Águas do Norte, S.A., pelo Estado Português, num período de 30 anos (AdN, 2017).

Ao abrigo do Decreto-Lei 16/2017, de 1 de fevereiro, verificou-se um processo de cisão, que conduziu à criação do novo sistema multimunicipal de abastecimento de água do sul do Grande Porto e do novo sistema multimunicipal de saneamento do Grande Porto. Estes novos sistemas decorrem da separação do sistema multimunicipal de abastecimento de água e de saneamento do Norte de Portugal. Resultante deste processo, a Águas do Norte, S.A. é responsável pela exploração e gestão dos seguintes sistemas (AdN, 2017):

- Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Norte de Portugal (sistema multimunicipal em alta);
- Sistema de Águas da Região do Noroeste (sistema municipal em baixa).

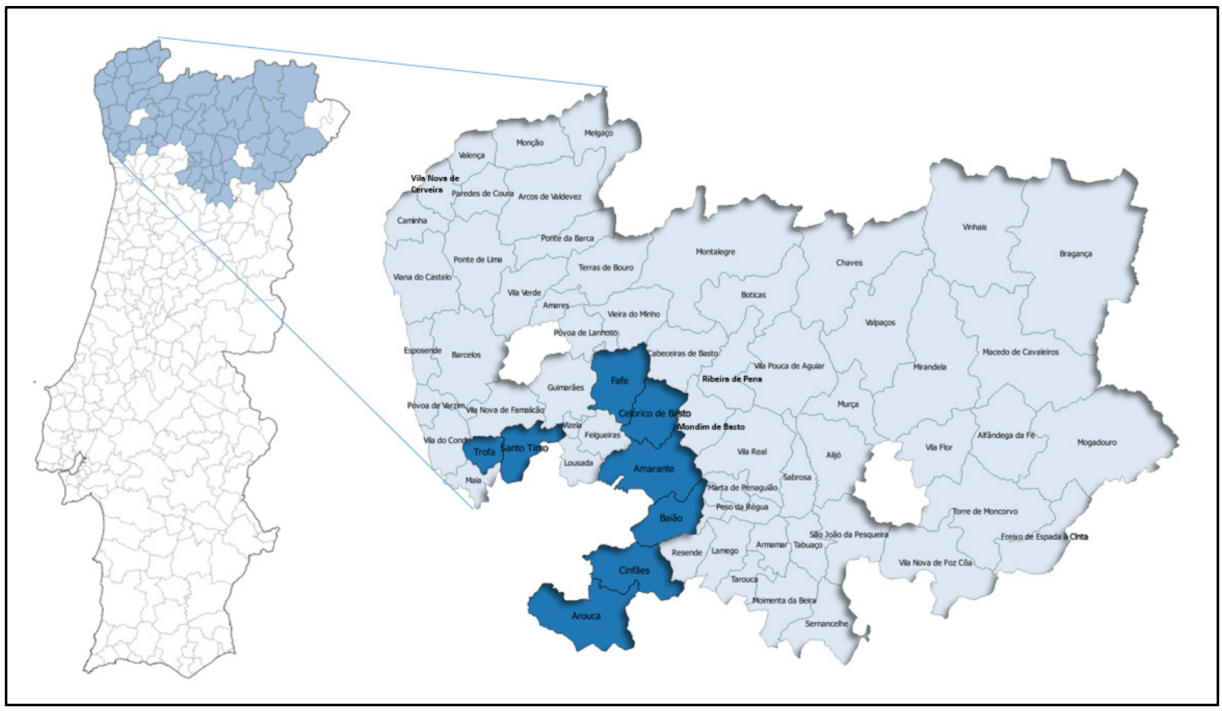


Fig. 3.1 – Municípios abrangidos pelo Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Norte de Portugal (AdN, 2017)

O sistema multimunicipal em alta (Decreto-Lei n.º 93/2015) integra a captação, o tratamento e o abastecimento de água para consumo público, bem como a recolha, o tratamento e a descarga de efluentes domésticos e urbanos (mistura de efluentes domésticos, industriais ou pluviais), e a receção de efluentes de fossas sépticas. Resultante da agregação do sistema multimunicipal de abastecimento de água e de saneamento de Trás-os-Montes e Alto Douro (Decreto-Lei n.º 270-A/2001, de 6 de outubro) e do sistema multimunicipal de abastecimento de água e de saneamento do Noroeste (Decreto-Lei n.º 41/2010, de 29 de abril), o Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Norte de Portugal inclui os seguintes municípios (AdN, 2017):

- Abastecimento de água e saneamento de águas residuais: Alfândega da Fé, Alijó, Arcos de Valdevez, Armamar, Boticas, Bragança, Caminha, Celorico de Basto, Chaves, Esposende, Fafe, Freixo de Espada à Cinta, Lamego, Macedo de Cavaleiros, Melgaço, Mesão Frio, Mirandela,

Mogadouro, Moimenta da Beira, Monção, Mondim de Basto, Montalegre, Murça, Paredes de Coura, Peso da Régua, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Póvoa de Lanhoso, Póvoa de Varzim, Resende, Ribeira de Pena, Sabrosa, Santa Marta de Penaguidão, Santo Tirso, São João da Pesqueira, Sernancelhe, Tabuaço, Tarouca, Torre de Moncorvo, Trofa, Valença, Valpaços, Viana do Castelo, Vieira do Minho, Vila do Conde, Vila Flor, Vila Nova de Cerveira, Vila Nova de Famalicão, Vila Nova de Foz Côa, Vila Pouca de Aguiar, Vila Real e Vinhais;

- Abastecimento de água: Barcelos e Maia;
- Saneamento de águas residuais: Amarante, Amares, Cabeceiras de Basto, Felgueiras, Guimarães, Lousada, Terras do Bouro, Vila Verde e Vizela.

A exploração e gestão do sistema municipal em baixa é responsabilidade da Águas do Norte, S.A., por sucessão da Águas do Noroeste, S.A., em resultado do contrato de parceria pública celebrado entre o Estado Português e os Municípios de Amarante, Arouca, Baião, Celorico de Basto, Cinfães, Fafe, Santo Tirso e Trofa (5 de julho de 2013), e do contrato de gestão celebrado entre o Estado Português, os Municípios supramencionados e a Águas do Noroeste, S.A. (26 de julho de 2013). O Sistema de Águas da Região do Noroeste (SARN) integra os seguintes municípios (AdN, 2017).

- Abastecimento de água e saneamento de águas residuais urbanas: Amarante, Arouca, Baião, Celorico de Basto e Cinfães;
- Saneamento de águas residuais urbanas: Fafe, Santo Tirso e Trofa.

O projeto, a construção, a extensão, a conservação, a reparação, a renovação, a manutenção e a melhoria das obras e das infraestruturas, bem como a aquisição de equipamentos necessários, encontram-se no âmbito da exploração e gestão destes sistemas (AdN, 2017).

3.2.2. Sistema de Águas da Região do Noroeste

O Sistema de Águas da Região do Noroeste (SARN), representado na figura 3.2, abastece cerca de 300 000 habitantes, aproximadamente 3% da população portuguesa, distribuídos por oito municípios, abrangendo uma área de 1 654 km^2 (AdN, 2018). Resulta da agregação dos sistemas municipais de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais dos Municípios de Amarante, Arouca, Baião, Celorico de Basto, Cinfães, Fafe, Santo Tirso e Trofa. Os sistemas municipais integram as infraestruturas identificadas no Contrato de Parceria Pública, que garantem aos utilizadores finais, o abastecimento de água para consumo humano e o saneamento de águas residuais urbanas (AdN, 2012).

A exploração e gestão do SARN realiza-se em regime de parceria pública (alínea c) do n.º 2 do artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 90/2009, de 9 de abril), pela Águas do Noroeste, S.A. (atualmente Águas do Norte, S.A.), Entidade Gestora da Parceria (EGP), em regime de exclusividade. Referem-se, como afetos à parceria, os seguintes elementos (AdN, 2012):

- Infraestruturas associadas à exploração do SARN: redes domiciliárias de distribuição e de saneamento de efluentes, ramais de ligação, captações de água, condutas de água, reservatórios, estações elevatórias, ETA, ETAR, emissários submarinos e outras infraestruturas que figurem pontos de entrega e de recolha (incluindo instalações, equipamentos, redes elétricas e de comunicação);
- Instalações afetas à Parceria;
- Equipamentos de apoio à operação das infraestruturas e ao controlo da qualidade da água para consumo e das águas residuais recolhidas ou rejeitadas;
- Obras, máquinas, aparelhos e acessórios que se utilizem no âmbito da exploração e da gestão do SARN, que não se incluem nos referidos anteriormente.

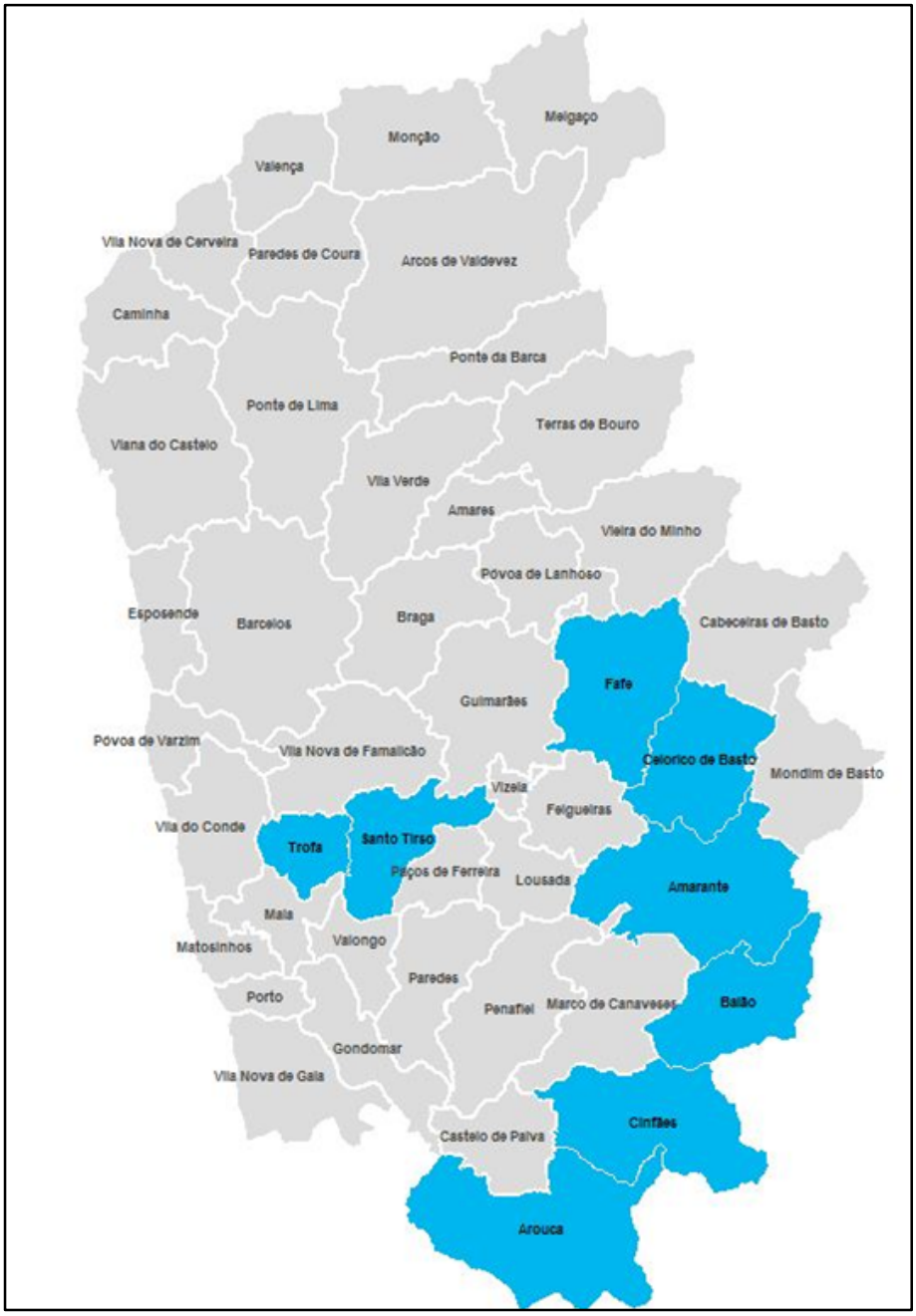


Fig. 3.2 – Municípios abrangidos pelo Sistema de Águas da Região do Noroeste (AdN, 2017)

3.2.3. Caraterização da Zona Abastecida

3.2.3.1. Abordagem geral

O SAA-Arouca abastece o concelho de Arouca, que se situa no extremo noroeste do distrito de Aveiro, abrange uma área de 327 km^2 e tem uma população de, aproximadamente, 24 000 habitantes. O cento da Vila de Arouca, sede de concelho, tem cerca de 3 000 habitantes e situa-se no extremo nascente do Vale de Arouca. A área abastecida pelo SAA-Arouca carateriza-se como uma zona rural, localizada no interior, com elevadas variações em altitude.

Este concelho divide-se em 16 freguesias, com a seguinte designação: Alvarenga; Chave; Escariz; Fermêdo; Mansores; Moldes; Rossas; Santa Eulália; S. Miguel do Mato; Tropêço; Urrô; Várzea; união de freguesias de Arouca e Burgo; união de freguesias de Cabreiros e Albergaria da Serra; união de freguesias de Canelas e Espiunca; união de freguesias de Covêlo de Paivó e Janarde. A figura 3.3 representa o SAA-Arouca.

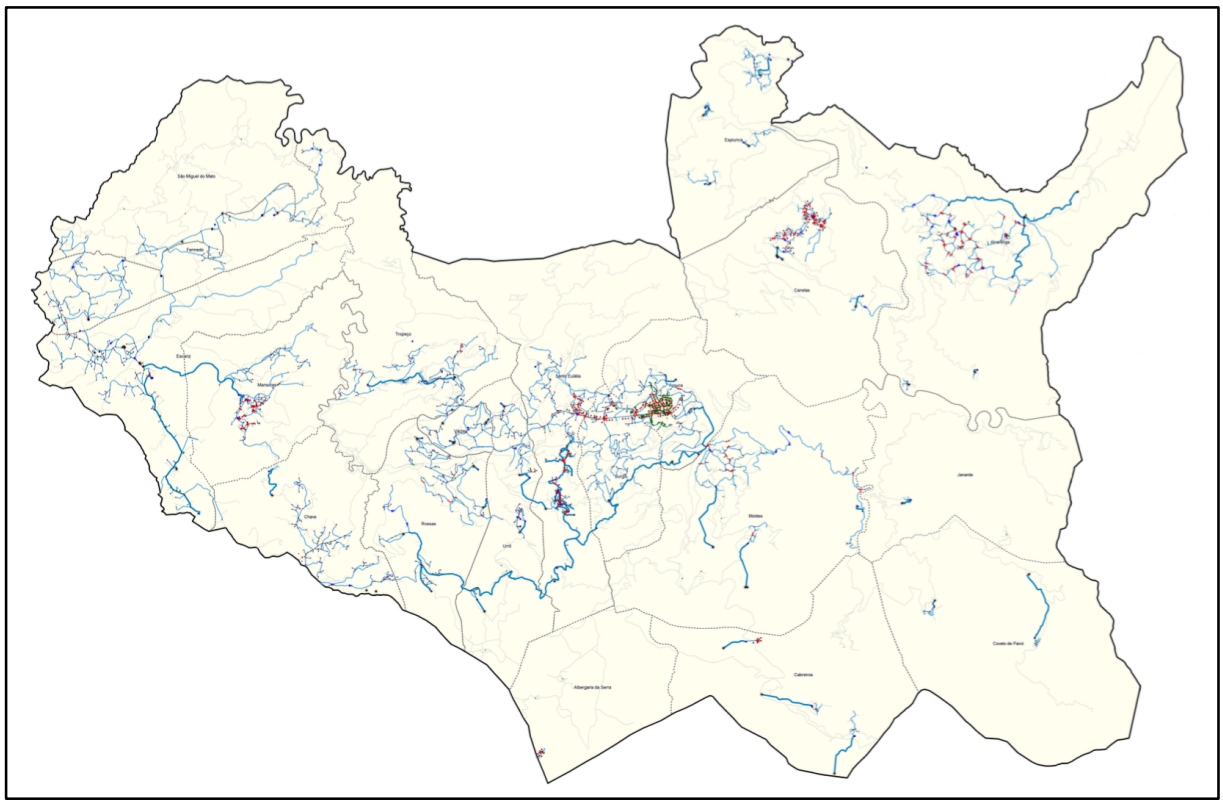


Fig. 3.3 – Sistema de Abastecimento de Água de Arouca (AQUASIS, 2015)

No que se refere à alimentação (origem), o SAA-Arouca divide-se no Sistema Principal (SP), abastecido em alta pela Águas do Douro e Paiva, S.A. (AdDP) através de 6 Pontos de Entrega (PE) (Abelheira, Provisende, Souto Redondo, Ameixieira, Forcada e Moldes) e nos Sistemas Autónomos (SA), abastecidos por captações localizadas no concelho (furos e minas). De acordo com as informações facultadas pela EG, durante o ano de 2017, o SAA-Arouca subdivide-se em 25 subsistemas que integram, em serviço, 6 PE em alta, 27 captações de água, 20 estações elevatórias (EE), 17 sistemas de tratamento, 43 reservatórios e 195 VRP. A figura 3.4 representa esquematicamente o SP e os SA do SAA-Arouca.

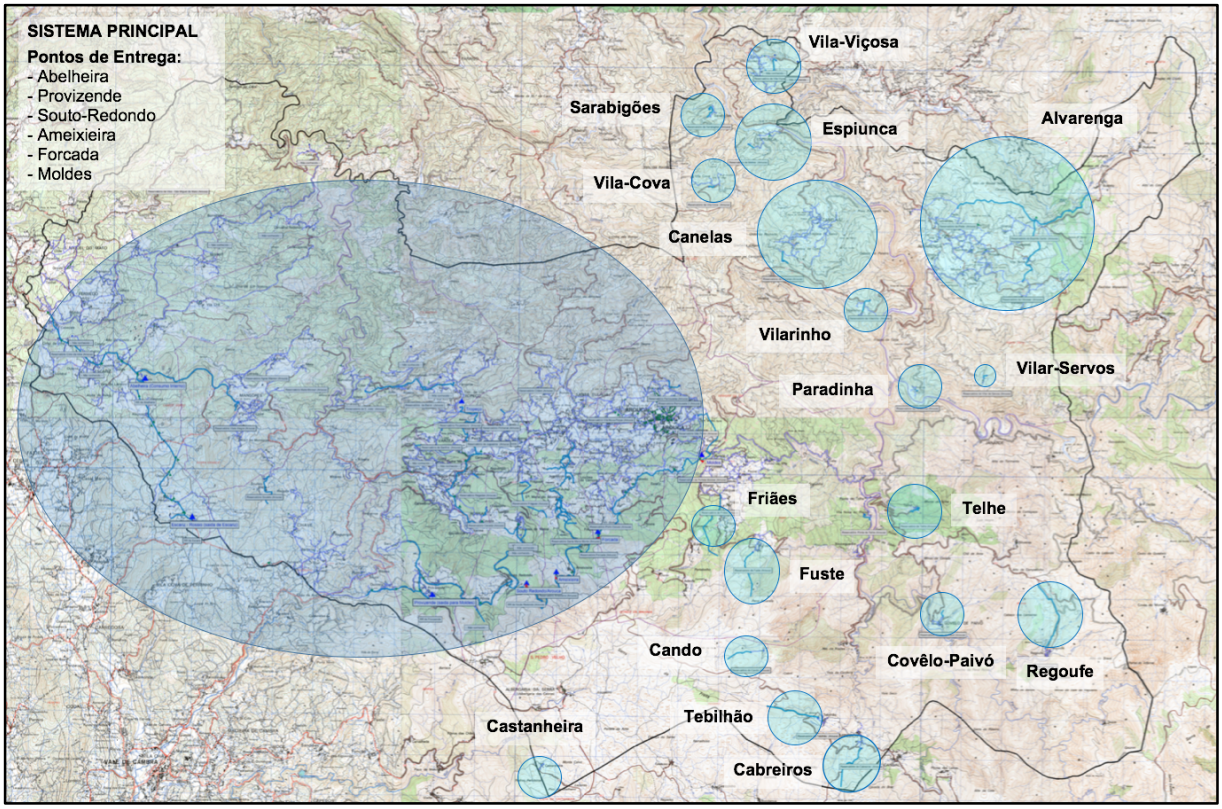


Fig. 3.4 – Subsistemas do SAA-Arouca (AdN, 2017)

De acordo com os dados facultados pela EG, referentes ao ano de 2017, o concelho de Arouca apresentava 10 695 alojamentos, dos quais 7 660 tinham serviço de abastecimento de água disponível (taxa de cobertura de 72%). Dos alojamentos com serviço disponível, 6 039 tinham serviço efetivo (taxa de adesão ao serviço de 79%).

Relativamente à evolução do SAA-Arouca, sintetiza-se a situação deste sistema antes da construção da conduta adutora em alta, pela Águas do Douro e Paiva, S.A., representada na figura 3.5. O SAA-Arouca dividia-se em 58 subsistemas, abastecidos por origens autónomas (furos, minas e nascentes).

O abastecimento em alta ao concelho de Arouca surge no sentido de dar cumprimento à necessidade de abastecer os diferentes subsistemas em quantidade e qualidade de água, em patamares que garantissem a prestação de um serviço adequado. De acordo com as informações recolhidas, antes da construção do sistema de abastecimento em alta, verificavam-se diversos episódios de interrupção do abastecimento de água, sobretudo no período de verão.

Para conceção da solução de abastecimento ao concelho de Arouca, efetuaram-se diversos estudos de solução técnica, dos quais se realçam os seguintes:

- IHRH (1993) – Estudo de Concepção Geral de Abastecimento de Água à Região do Porto (Subsistema Adutor Sul);
- DEC-UC (1994) – Estudo Geral do Sistema de Abastecimento de Água ao Concelho de Arouca;
- PROCIVIL (1995) e Engidro e ProSistemas (1995) – Estudo para a definição da solução de abastecimento de água e projeto da captação, estação de tratamento e adução aos reservatórios principais dos concelhos de Arouca, Castelo de Paiva e Cinfães, a integrar no Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água à Área Sul do Grande Porto;

- Engidro e ProSistemas (1998a) e Engidro e ProSistemas (1998b) – Sistema de Abastecimento de Água à Zona Oriental do Concelho de Arouca.

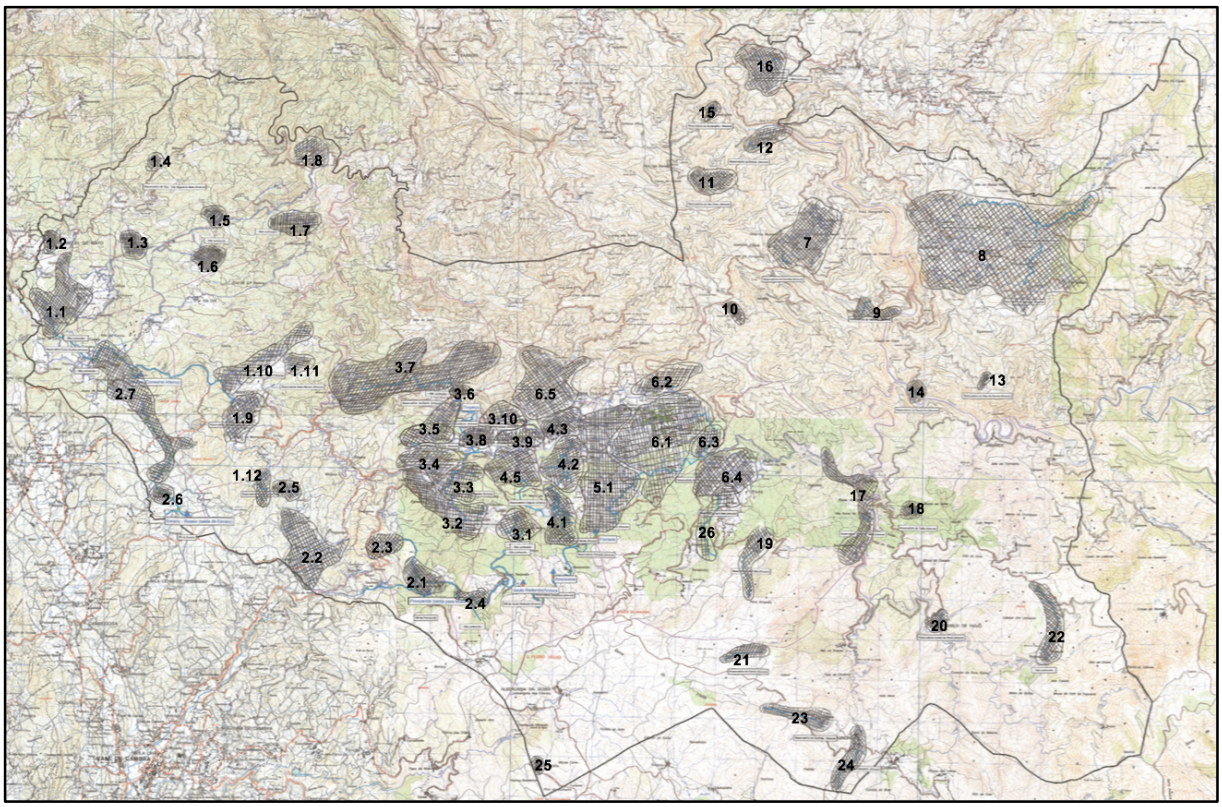


Fig. 3.5 – Subsistemas do SAA-Arouca sem abastecimento em alta (AdN, 2017)

Na tabela A2.2 (Anexo A2) listam-se os diferentes subsistemas que se encontram identificados na figura 3.4, encontrando-se referidas as diferentes origens existentes.

Das diferentes soluções equacionadas para o abastecimento em alta ao SAA-Arouca, a que foi adotada passou pela construção de uma conduta adutora, pela Águas do Douro e Paiva, a partir da ETA de Lever, com 6 PE ao SAA-Arouca (Abelheira, Provisende, Souto Redondo, Ameixieira, Forcada e Moldes).

A figura 3.6 representa as diferentes zonas de abastecimento do SAA-Arouca, com o abastecimento em alta ao SP (subsistemas de 1 a 6) e com a identificação dos restantes SA, no ano de 2015. A conduta da AdDP que garante o abastecimento em alta ao SAA-Arouca, desde a ETA de Lever, desenvolve-se desde a parte oeste do concelho, em direção a este, pela encosta da Freita. Arouca é um vale, sendo o abastecimento à encosta oposta àquela onde se encontra instalada a conduta em alta feito com pressões elevadas, na cota mais baixa do vale. Em momento posterior ao abastecimento em alta a este concelho, executou-se uma conduta adutora (Adutora de Souto Redondo-Tropeço), que abastece a encosta oposta à da conduta em alta, a partir do PE de Souto Redondo, até ao Reservatório de Pousadouro, em Tropeço.

Em 2015, parte do abastecimento às diferentes zonas da área central do concelho efetuou-se através de pressões elevadas na rede de distribuição, com um desequilíbrio de clientes e extensão de rede que, como se pode verificar na representação da figura 3.6, tornava a rede dependente do PE de Moldes, identificada com o número 6, a mais extensa e com um número de clientes substancialmente mais elevado do que as restantes.

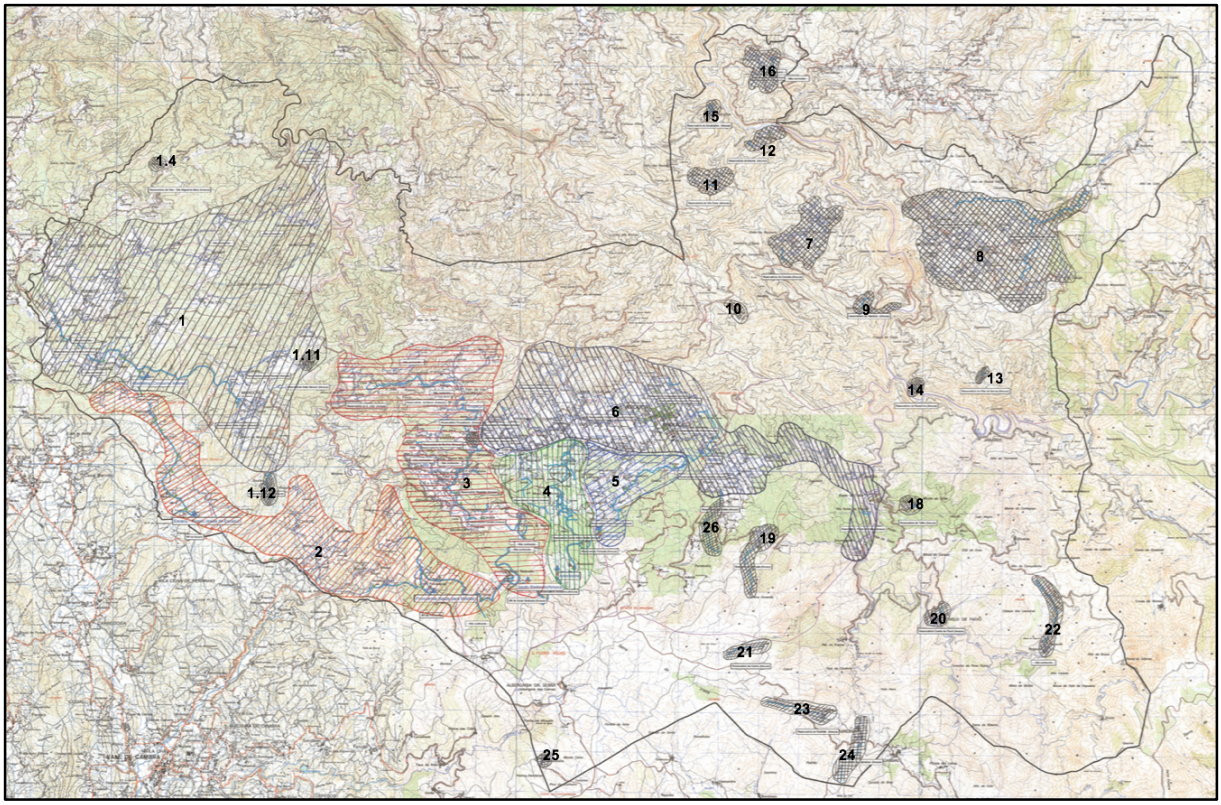


Fig. 3.6 – Manchas de Abastecimento do SAA-Arouca, em 2015 (Mapa da rede: Águas do Norte, S.A.)

Na tabela A2.3 identificam-se os diferentes subsistemas do SAA-Arouca, com a correspondência numérica entre o código indicado (Cód.) e a identificação na figura 3.6, e referem-se as origens de água de cada um dos subsistemas (*p.ex.*: PE da AdDP; furo; Mina).

Os volumes adquiridos à AdDP, até 2014 (inclusive), pelo Município de Arouca, e a partir de 2015 pela AdN, encontram-se representados esquematicamente na figura 3.7. Globalmente, verifica-se um aumento dos volumes de AES até 2015, iniciando-se, a partir daí, uma tendência de redução. A variação crescente dos volumes adquiridos desde 2011 poderá encontrar-se relacionada com o aumento da área abastecida pela conduta em alta, um processo acompanhado pela desativação das origens autónomas e aumento da abrangência do SP.

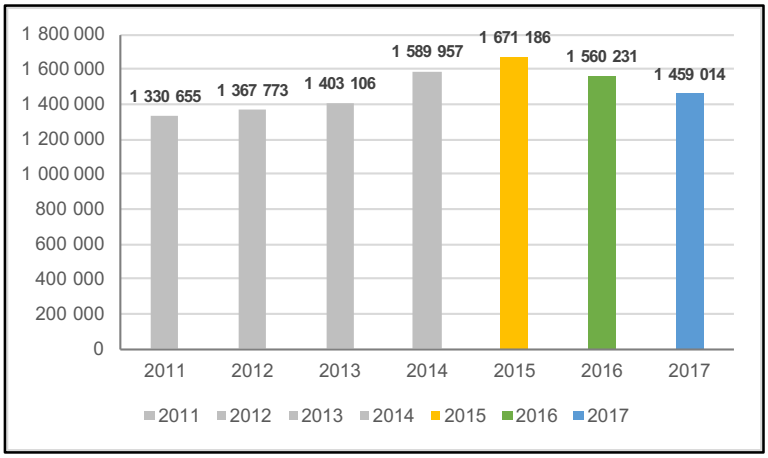


Fig. 3.7 – Representação gráfica dos volumes anuais adquiridos à AdDP, no período 2011 a 2017 (AdN, 2018)

A tabela 3.1 sistematiza resultados dos indicadores da ERSAR para o SAA-Arouca, desde 2011 até 2017. Na gestão pelo município, até 2015, os resultados referem-se apenas ao SAA-Arouca. A partir de 2015, dizem respeito a todos os municípios da Parceria da AdN, de forma conjunta.

Tabela 3.1 – Indicadores do ERSAR do SAA-Arouca, no período 2011-2017 (fonte: ERSAR)

Indicador ERSAR	2011	2012	2013	2014	*2015**	*2016**	*2017**
AA01 - Acessibilidade física do serviço	✕ NR	✕ NR	✕ NR	✕ NR	● 74	● 75	● 78
AA02 - Acessibilidade económica do serviço	● 0,5	● 0,41	● 0,44	● 0,44	● 0,43	● 0,49	● 0,78
AA03 - Ocorrência de falhas no sistema	✕ NR	✕ NR	✕ NR	✕ NR	● 0,2	● 0,1	● 0,1
AA04 - Água segura	● 94,11	● 94,66	● 93,48	● 93,52	● 96,93	● 97,92	● 99,49
AA05 - Resposta a reclamações e sugestões	● 55	● 75	● 75	● 53	● 29	● 77	● 76
AA06 - Cobertura dos gastos totais	● 0,9	● 0,7	● 0,7	● 0,7	● 81	● 58	● 106
AA07 - Adesão ao serviço	✕ NR	✕ NR	✕ NR	✕ NR	● 63,9	● 63	● 62,8
AA08 - Água não faturada	● 64,9	● 67,5	● 68,1	● 72,9	● 75,1	● 58,3	● 53,9
AA09 - Adequação da capacidade de tratamento	✕ NR	✕ NR	✕ NR	✕ NR	NA	-	-
AA10 / AA09 - Reabilitação de condutas	✕ NR	✕ NR	✕ NR	✕ NR	✕ NR	✕ NR	✕ NR
AA11 / AA10 - Ocorrência de avarias em condutas	✕ NR	✕ NR	✕ NR	✕ NR	● 144	● 82	● 85
AA12 / AA11 - Adequação dos recursos humanos	● 2,6	● 2,4	● 2,4	● 1,8	● 1,6	● 1,1	● 1,2
AA13 / AA12 - Perdas reais de água	● 398	● 426	● 430	● 504	● 384	● 4	● 200
AA14 - Cumprimento de licenciamento das captações	● 0	● 0	● 0	● 0	✕ NR	-	-
AA15 / AA13 - Eficiência energética de instalações elevatórias	✕ NR	● 3,07	● 2,68	✕ NR	✕ NR	● 0,85	✕ NR
AA16 / AA14 - Destino de lamas de tratamento	✕ NR	✕ NR	✕ NR	✕ NR	NA	NA	NA

**Valores médios referentes a todos os municípios da Parceria da AdN. (Amarante, Arouca, Baião, Celorico de Basto, Cinfães).*

Com as alterações que foram sendo efetuadas no SAA-Arouca, analisadas de forma mais detalhada no Capítulo 5 – Resultados, que versaram sobretudo o equilíbrio das áreas abastecidas e a desativação de origens autónomas, o cenário dos subsistemas do SAA-Arouca encontrava-se, no final de 2017, de acordo com a representação da figura 3.8.

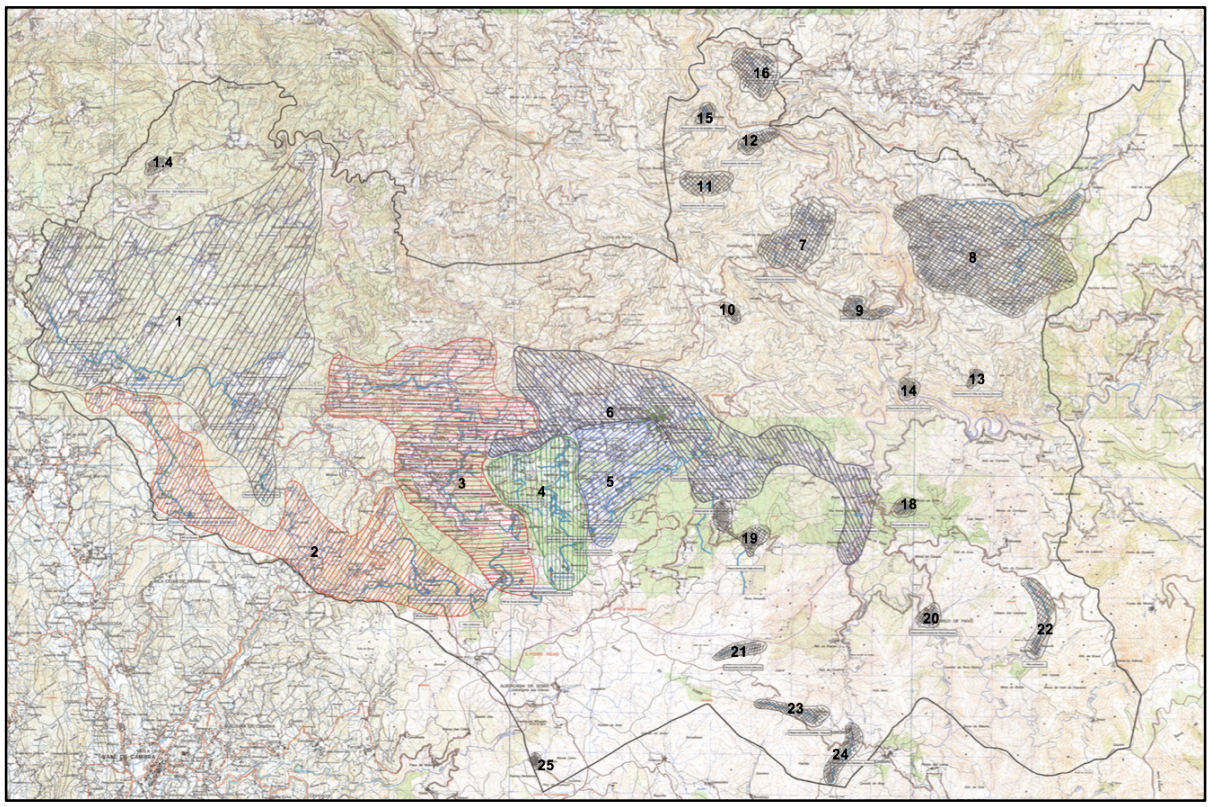


Fig. 3.8 – Manchas de Abastecimento do SAA-Arouca, em 2017 (AdN, 2017)

Em consonância com a representação da figura 3.8, na tabela A2.4 (Anexo A2) listam-se os diferentes subsistemas e respetivas origens de água do SAA-Arouca, no final de 2017. Inclui-se, também a designação e código da gestão de ativos da EG.

3.2.3.3. Sistema Principal (SP)

O SP do SAA-Arouca corresponde aos subsistemas abastecidos em alta pela conduta da AdDP, ao longo de 6 PE às redes de distribuição. Propõe-se uma divisão do SP, por subsistema, de acordo com os PE da AdDP, e indicam-se, seguidamente, as freguesias abastecidas por cada um deles:

- Abelheira – freguesias de Fermêdo, São Miguel do Mato, Escariz e Mansores;
- Provisende – freguesias de Chave e Rossas (exceto o lugar de Provisende);
- Souto Redondo – freguesias de Tropeço, Urrô, Várzea e Rossas (exceto o lugar de Provisende);
- Ameixieira – freguesia de Santa Eulália;
- Forcada – união de freguesias de Arouca e Burgo (lugares da antiga freguesia do Burgo);
- Moldes – união de freguesias de Arouca e Burgo (lugares da antiga freguesia de Arouca) e Moldes (exceto os lugares de Friães e Fuste).

A aplicação da metodologia proposta no âmbito desta investigação incide sobretudo no SP, com a avaliação dos resultados obtidos (*p.ex.*: redução de perdas de água; redução da ocorrência de roturas) na sequência de ações propostas e operacionalizadas.

3.2.3.4. Sistemas Autónomos

Os SA do SAA-Arouca podem dividir-se em dois tipos, nomeadamente os SA com origens autónomas, e rede de distribuição e qualidade da água controlada e os fontanários com origens autónomas, sem rede de distribuição e com qualidade da água não controlada. Ao longo da tese, designam-se por SA os subsistemas com qualidade da água controlada e com rede de distribuição.

Os subsistemas que constituem SA são abastecidos por origens autónomas que podem ser furos ou minas, e encontram-se divididos de acordo com a gestão de ativos da EG (tabela A2.4). Referem-se as freguesias que são abastecidas pelos diferentes SA do SAA-Arouca:

- SA do Viso – Freguesia de São Miguel do Mato;
- SA de Canelas – União de freguesias de Canelas e Espiunca;
- SA de Alvarenga – Freguesia de Alvarenga;
- SA de Vilarinho – União de freguesias de Canelas e Espiunca;
- SA de Gamarão – União de freguesias de Canelas e Espiunca;
- SA de Vila Cova – União de freguesias de Canelas e Espiunca;
- SA de Espiunca – União de freguesias de Canelas e Espiunca;
- SA de Vilar de Servos – Freguesia de Alvarenga;
- SA de Paradinha – Freguesia de Alvarenga;
- SA de Serabigões – União de freguesias de Canelas e Espiunca;
- SA de Vila Viçosa – União de freguesias de Canelas e Espiunca;
- SA de Telhe – União de freguesias de Covêlo de Paivó e Janarde;
- SA de Fuste – Freguesia de Moldes;
- SA de Covelo de Paivó – União de freguesias de Covêlo de Paivó e Janarde;
- SA de Cando – União de freguesias de Albergaria da Serra e Cabreiros;
- SA de Regoufe – União de freguesias de Covêlo de Paivó e Janarde;
- SA de Tebilhão – União de freguesias de Albergaria da Serra e Cabreiros;
- SA de Cabreiros – União de freguesias de Albergaria da Serra e Cabreiros;
- SA de Castanheira – União de freguesias de Albergaria da Serra e Cabreiros.

Os fontanários com origens autónomas de água não controlada encontram-se descritos na tabela A2.5 (Anexo A2), com a indicação da sua designação, da origem de água, da freguesia, e do código da gestão de ativos da AdN. Estes fontanários não têm rede de distribuição nem clientes individualizados, sendo apenas responsabilidade, da EG, a garantia da afixação de informação visível de "água não controlada".

3.2.4. Caraterização das Infraestruturas

3.2.4.1. Abordagem geral

A caraterização de infraestruturas efetuada apresenta a designação, os códigos internos da EG e os seus principais atributos. No caso do SAA-Arouca, abordam-se as seguintes infraestruturas: 40 captações de água (13 fora de serviço); 52 reservatórios (9 fora de serviço); 27 EE (7 fora de serviço); 44 km de condutas adutoras; 17 instalações de tratamento de água; 370 km de condutas distribuidoras.

No que diz respeito à avaliação do estado das infraestruturas do SAA-Arouca, refere-se o Relatório de Avaliação das Infraestruturas do Município de Arouca, elaborado pela Águas do Noroeste, S.A., em dezembro de 2013. A avaliação das infraestruturas, com visitas locais, visou a avaliação do estado de conservação, do tempo de vida útil, das condições de operação e da sua relevância no sistema. Considerando a atribuição do nível 5 para o melhor estado/desempenho e o nível 1 para o pior, indicam-se, de forma sucinta, os resultados médios obtidos: captações – 2,89; reservatórios – 2,84; ETA – 2,80; EE – 3,13.

3.2.4.2. Captações de Água

A tabela A2.6 (Anexo A2) sintetiza as informações sobre as captações de água do SAA-Arouca, conforme o levantamento efetuado durante o ano de 2017. De acordo com as informações prestadas pelo SAA-Arouca encontravam-se referenciadas 40 captações de água, 27 em serviço e 13 fora de serviço.

3.2.4.3. Reservatórios

As informações sobre os reservatórios do SAA-Arouca, em consonância com o levantamento efetuado durante o ano de 2017, encontram-se sintetizadas na tabela A2.7 (Anexo A2). Refere-se a existência de 52 reservatórios, 43 em serviço e 9 fora de serviço.

3.2.4.4. Estações Elevatórias e Sobrepressoras

As EE do SAA-Arouca dividem-se em dois tipos, nomeadamente as que estão associadas a furos de captação (*p.ex.*: Furo de Jugueiros; Furo de Vilarinho; Furo de Gamarão) e as que são utilizadas para pressurizar a rede para abastecimento de reservatórios a cotas mais altas (*p.ex.*: Novais; Casinha; Várzea). A tabela A2.8 (Anexo A2) sintetiza as informações sobre as 27 EE do SAA-Arouca, das quais 20 se encontram em serviço e 7 fora de serviço.

3.2.4.5. Condutas Adutoras

Relativamente à identificação das Adutoras, a informação cadastral disponibilizada indica uma extensão total de 43,8 km e identifica as seguintes adutoras:

- CG RR Espírito Santo-RR Pade – código: 2-AR-666-202-C01;
- CG RR Espírito Santo-RR Várzeas – código: 2-AR-666-202-C02;
- CG RR Barrol-RR S.João – código: 2-AR-678-202-CBJ;
- CG RR Pinheiral-RR Urrô – 2-AR-679-202-CPU.

A tabela A2.9 (Anexo A2) apresenta as extensões aproximadas das adutoras de cada um dos subsistemas do SAA-Arouca, de acordo com medições efetuadas através da informação cadastral disponibilizada pela EG.

3.2.4.6. Instalações de Tratamento de Água

A tabela A2.10 (Anexo A2) sintetiza as informações básicas sobre as 17 instalações de tratamento de água do SAA-Arouca, todas em exploração.

3.2.4.7. Condutas distribuidoras

A tabela A2.11 (Anexo A2) apresenta as extensões das redes de distribuição (total: 370 km) de cada um dos subsistemas do SAA-Arouca, de acordo com medições efetuadas através da informação cadastral disponibilizada pela EG.

3.2.5. CARATERIZAÇÃO COMERCIAL

3.2.5.1. Abordagem geral

Neste ponto, apresenta-se uma caraterização sintética da componente comercial do SAA-Arouca, designadamente no que se refere a ramais de ligação, clientes, contadores e faturação.

A figura 3.9 sintetiza os principais dados comerciais do SAA-Arouca no triénio 2015-2017, nomeadamente o número de contadores instalados, o número de contadores substituídos, o número de ramais de ligação construídos e o número de clientes.

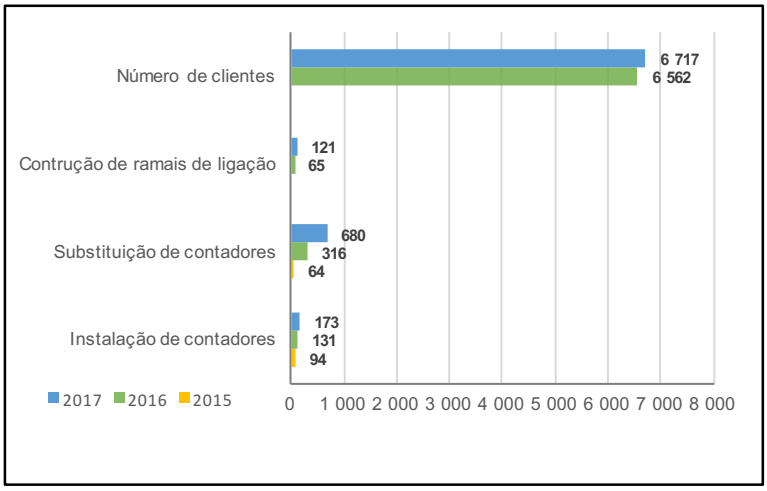


Fig. 3.9 – Representação gráfica da síntese de dados comerciais, no período 2015 a 2017 (AdN, 2017)

A evolução dos indicadores comerciais referidos anteriormente (figura 3.9) indica um aumento do número de clientes, da substituição de contadores, do número de ramais de ligação construídos, e do número de clientes.

3.2.5.2. Faturação

A faturação do SAA-Arouca aborda-se com a sistematização dos dados de volume mensal de água faturado, da distribuição de clientes por tipologia, da distribuição de contadores por freguesia, dos volumes entregues a clientes no SAA-Arouca e no SP, e com a AF por freguesia. A evolução do volume mensal de AF representa-se graficamente na figura 3.10. Globalmente, verifica-se, em 2017, um aumento de cerca de 17%, relativamente ao ano de 2016.

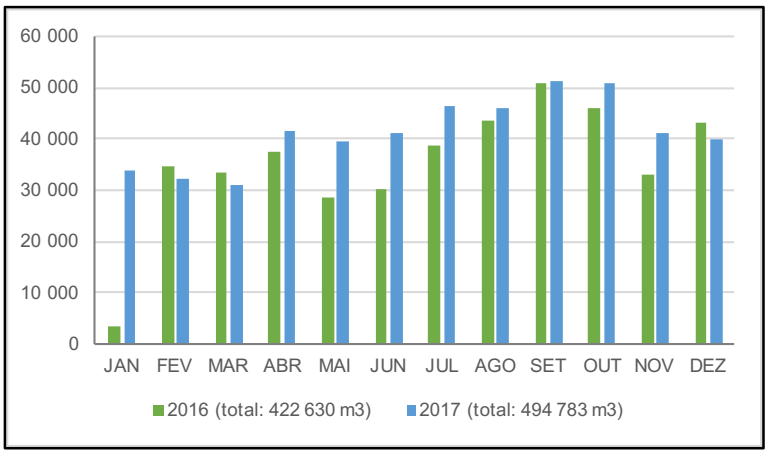


Fig. 3.10 – Representação gráfica do volume mensal faturado no SAA-Arouca (AdN, 2018)

A distribuição de clientes por tipologia sintetiza-se na tabela A2.12 (Anexo A2). A grande maioria dos clientes do SAA-Arouca são da tipologia "doméstico" (aproximadamente 86%), seguindo-se a tipologia "Comércio/Indústria/Serviços" (aproximadamente 8%).

A tabela A2.13 (Anexo A2) sintetiza os dados da distribuição de contadores de água por freguesia, no triénio 2015-2017. Na união de freguesias de Arouca e Burgo, no ano de 2017, localizavam-se 43% dos contadores do SAA-Arouca.

A evolução dos volumes entregues a clientes no SAA-Arouca, no triénio 2015-2017, representa-se na figura 3.11. Os dados de 2015, ano de transição da gestão do SAA-Arouca do Município de Arouca para a Águas do Norte, S.A., encontram-se com um erro associado ao processamento da informação de clientes, entretanto corrigido nos anos seguintes. Nos anos de 2016 e 2017, os valores de volumes entregues a clientes são aproximadamente constantes.

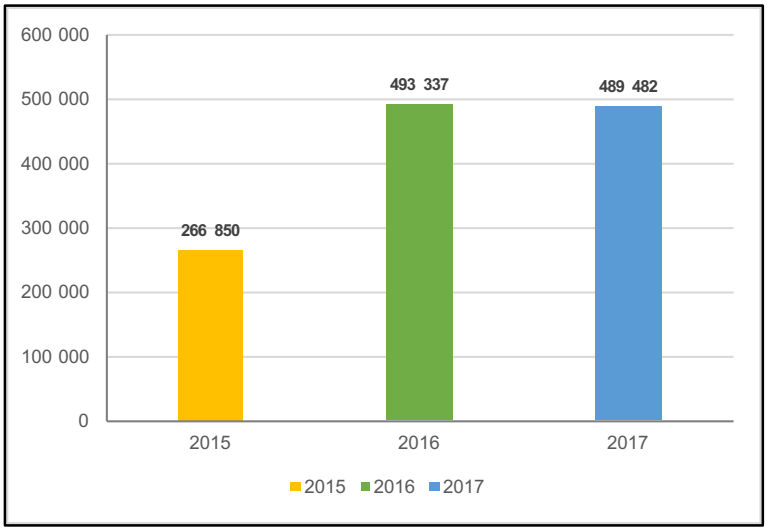


Fig. 3.11 – Representação gráfica dos volumes entregues a clientes no SAA-Arouca, no período 2015 a 2017 (AdN, 2018)

Os volumes entregues a clientes, no SP do SAA-Arouca, no triénio 2015-2017, encontram-se representados graficamente na figura 3.12. Numa análise da evolução do volume de água entregue a clientes no SP do SAA-Arouca, no ano de 2017, relativamente ao ano anterior, verifica-se um aumento de, aproximadamente, 16%. Ao contrário da globalidade do sistema, no caso do SP verifica-se um aumento, em 2017.

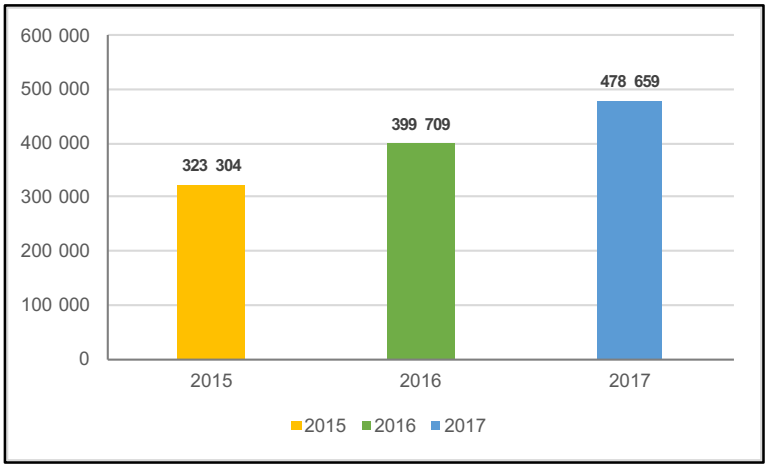


Fig. 3.12 – Representação gráfica dos volumes entregues a clientes no SP, no período 2015 a 2017 (AdN, 2018)

A tabela A2.14 (Anexo A2) apresenta uma síntese da AF no SAA-Arouca, por freguesia, no triénio 2015-2017.

3.2.5.2. Clientes

O breve enquadramento efetuado sobre os clientes do SAA-Arouca inclui o número mensal de clientes atendidos em loja, o número de contadores no SAA-Arouca e o número de contadores no SP do SAA-Arouca.

A representação gráfica do número mensal de clientes atendidos em loja, no SAA-Arouca, nos anos de 2016 e de 2017, encontra-se na figura 3.13.

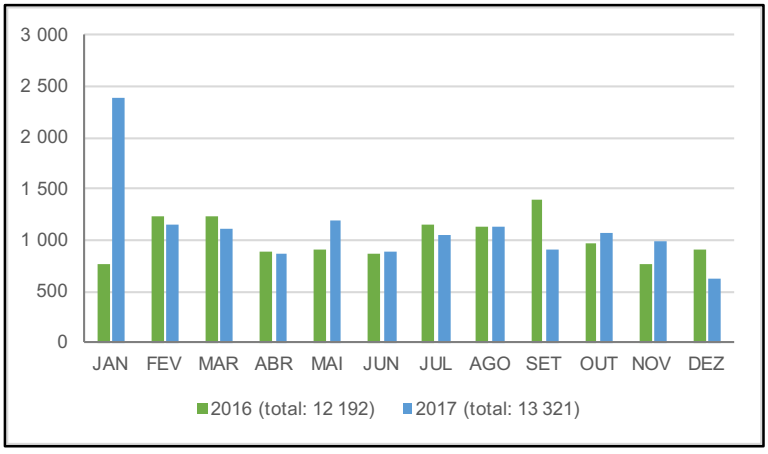


Fig. 3.13 – Representação gráfica do número de clientes atendidos em loja, no SAA-Arouca (AdN, 2017)

A figura 3.14 representa graficamente o número de contadores no SAA-Arouca, no triénio 2015-2017.

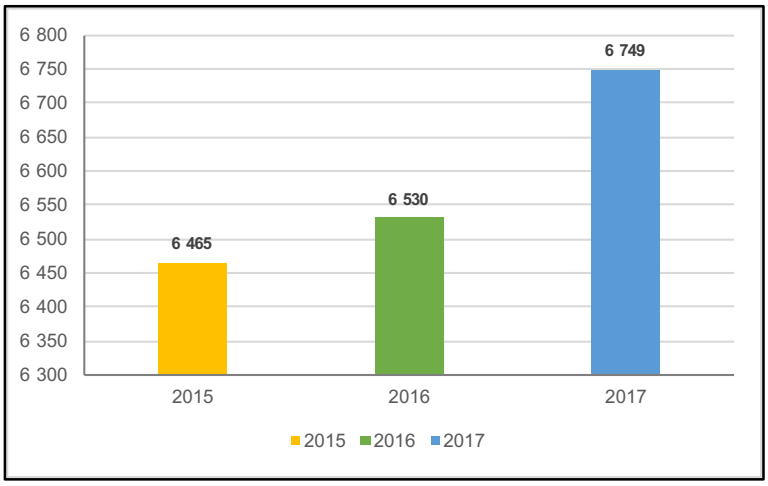


Fig. 3.14 – Representação gráfica do número de contadores no SAA-Arouca, no período 2015-17 (AdN, 2018)

A representação gráfica do número de contadores no SP do SAA-Arouca consta da figura 3.15.

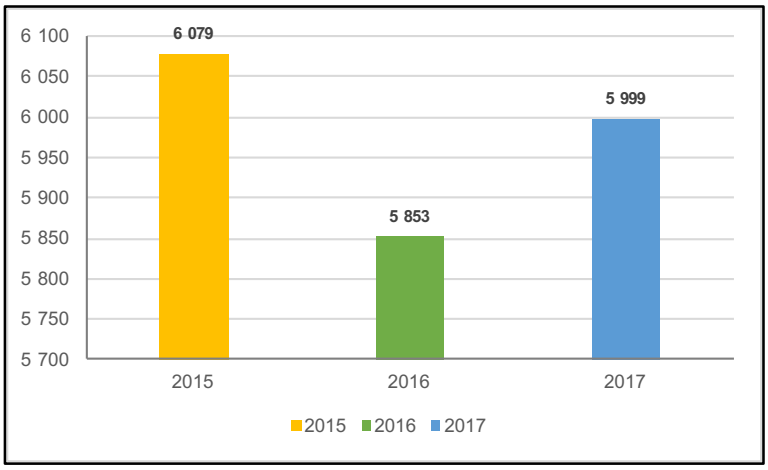


Fig. 3.15 – Representação gráfica do número de contadores no SP do SAA-Arouca, no período 2015 a 2017 (AdN, 2018)

3.2.5.2. Parque de Contadores

No que se refere ao parque de contadores, e de acordo com o propósito de melhoria contínua da aferição de consumos de clientes, apresentam-se os os principais dados da idade dos contadores instalados no SAA-Arouca, nos anos de 2016 e 2017.

A figura 3.16 apresenta uma distribuição dos contadores instalados no SAA-Arouca por idade, no ano de 2016. Salienta-se que, neste ano, 59% dos contadores apresentavam uma idade superior a 12 anos, 29% dos contadores tinham idades, em média, entre 4 e 12 anos, e 13% encontram-se com idades inferiores a 4 anos.

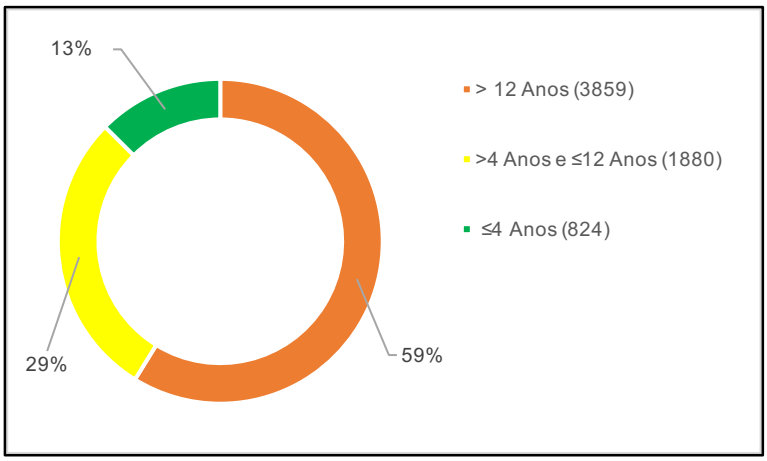


Fig. 3.16 – Parque de contadores – distribuição por idade, em 2016 (AdN, 2017)

No ano de 2017, a distribuição de contadores de água (figura 3.17) realça que os contadores com idade superior a 12 anos apresentam um peso percentual de cerca de 50%. Os restantes, com idade entre 4 e 12 anos e com idade inferior a 4 anos, representam um valor próximo de 50%.

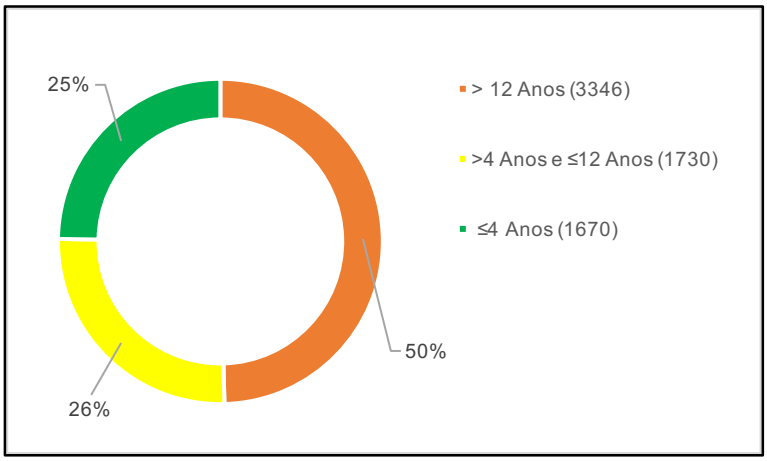


Fig. 3.17 – Parque de contadores – distribuição por idade, em 2017 (AdN, 2017)

3.3. Sistema de Drenagem de Águas Residuais da Trofa

3.3.1. As Entidades Gestoras

Tal como no caso do SAA-Arouca, a EG do sistema em baixa (SARN), que inclui as Bacias de Drenagem (BD) do Intercetor da Trofa, pertencentes ao SAR-Trofa, que integra o SARN, é a Águas do Norte, S.A., cuja descrição se encontra efetuada em "*3.2.1. A Entidade Gestora*".

Na análise deste caso de estudo utilizam-se os dados da EG em alta, a TRATAVE – Tratamento de Águas Residuais do Ave, S.A., responsável pela gestão do Sistema Integrado de Despoluição do Vale do Ave (SIDVA), da qual faz parte o Intercetor da Trofa, pertencente ao SAR-Trofa.

A TRATAVE explora e gere o Serviço Público de Drenagem, Depuração e Destino Final das Águas Residuais do Sistema Integrado de Despoluição do Vale do Ave (SIDVA), num regime de concessão municipal, ao abrigo do Decreto-Lei nº 379/93, de 5 de novembro, e do Decreto-Lei nº 194/2009, de 20

de agosto. Este contrato foi assinado no dia 29 de outubro de 1998, estabelecendo-se um regime de concessão exclusiva, por 25 anos, de um sistema intermunicipal que engloba os municípios de Guimarães, Vizela, Vila Nova de Famalicão, Santo Tirso e Trofa, atribuído pela Associação de Municípios do Vale do Ave (AMAVE) (TRATAVE, 2015).

Em 2003, com a criação do Sistema Multimunicipal do Vale do Ave, a AMAVE cede a sua posição contratual, transferida posteriormente, em 2010, para a Águas do Noroeste, S.A., concecionária do Sistema Multimunicipal do Noroeste (SMN). Em 30 de junho de 2015, verificou-se uma nova transferência para a Águas do Norte, S.A., com o SIDVA integrado no SMN, e a TRATAVE responsável pela gestão e operação de quatro frentes de drenagem do SMN (Lordelo, Serzedelo, Rabada e Agra) (TRATAVE, 2015).

A TRATAVE responsabiliza-se pela gestão e exploração de 126 km de intercetores e pelas ETAR de Serzedelo I, ETAR de Serzedelo II, ETAR de Rabada, ETAR de Lordelo e ETAR de Agra (TRATAVE, 2015). A exploração das redes de drenagem de águas residuais e industriais engloba os municípios de Guimarães, Vizela, Vila Nova de Famalicão, Santo Tirso e Trofa, bem como as empresas do Vale do Ave, a maioria do setor têxtil (TRATAVE, 2015).

3.3.2. Sistema de Águas da Região do Noroeste (SARN)

O SARN encontra-se descrito em "*3.2.2. Sistema de Águas da Região do Noroeste (SARN)*".

3.3.3. Sistema Integrado de Despoluição do Vale do Ave (SIDVA)

O SIDVA desenvolveu-se na sequência da degradação da qualidade das águas da Bacia Hidrográfica (BH) do Vale do Ave, que se agravou a partir de meados da década de 80, decorrente do incremento do volume de descargas domésticas e industriais. Este sistema assenta numa solução integrada de drenagem e tratamento conjunto de águas residuais industriais e urbanas da região do Médio Ave, com vantagens associadas à economia de escala alcançada (TRATAVE, 2015).

O rio Ave, com nascente na Serra da Cabreira, a cerca de 1 200 m de altitude, tem a sua foz em Vila do Conde, apresenta uma extensão de, aproximadamente, 94 km e tem, como principais afluentes, os seguintes: Vizela; Selho; Nespereira; Pousada; Pele; Pelhe; Sanguinhedo; S. Martinho; Trofa; Covelas; Matadouro. O SIDVA abrange uma área que se considerou a zona mais poluída da BH do Ave, integrando os municípios de Guimarães, Vizela, Vila Nova de Famalicão, Santo Tirso e Trofa (TRATAVE, 2019).

Em cerca de 126 km de coletores, a TRATAVE responsabiliza-se por 4 frentes de drenagem que integram o SIDVA, designadamente (TRATAVE, 2019):

- Lordelo – frente de drenagem que se desenvolve ao longo dos rios Ave, Vizela, Nespereira, Sá, Passos, Pousada e S. Martinho, que inclui a seguinte ETAR:
    - ETAR de Lordelo – capacidade de tratamento instalada: 28 063 m^3/dia, com 187 087 habitantes equivalentes;
- Serzedelo – frente de drenagem que se desenvolve ao longo dos rios Ave e Selho, que engloba as seguintes ETAR:
    - ETAR de Serzedelo I – capacidade de tratamento instalada: 15 120 m^3/dia, com 100 800 habitantes equivalentes;
    - ETAR de Serzedelo II – capacidade de tratamento instalada: 25 577 m^3/dia, com 170 513 habitantes equivalentes;

- Rabada – frente de drenagem que se desenvolve ao longo dos rios Ave, Vizela e Negrelos, da qual faz parte a seguinte ETAR:
    - ETAR de Rabada – capacidade de tratamento instalada: 24 881 m^3/dia, com 165 873 habitantes equivalentes;
- Agra – frente de drenagem que se desenvolve ao longo dos rios Ave, Pele, Pelhe, Sanguinhedo, Matadouro, Covelas, Trofa, Ervosa, Bairros, Gerém, que integra a seguinte ETAR:
    - ETAR de Agra:
        - Linha I – capacidade de tratamento instalada: 30 240 m^3/dia, com 201 600 habitantes equivalentes;
        - Linha II – capacidade de tratamento instalada: 14 096 m^3/dia, com 93 973 habitantes equivalentes.

A figura 3.18 representa esquematicamente o SIDVA, que inclui o Intercetor da Trofa, pertencente ao SAR-Trofa.

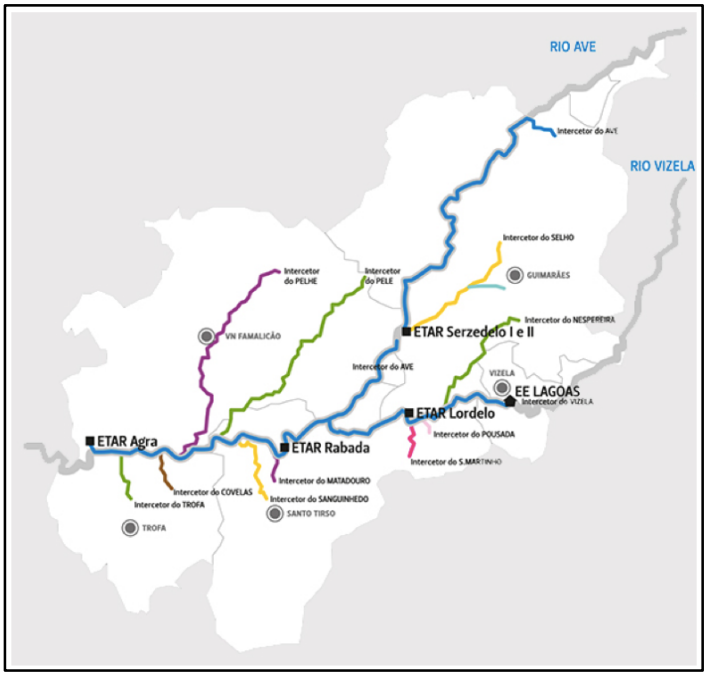


Fig. 3.18 – Representação do SIDVA (TRATAVE, 2019)

Silva (2017) refere que o SDIVA é um sistema substancialmente exposto à infiltração de águas freáticas e pluviais, por apresentar uma extensão considerável instalada em leito fluvial. A gestão operacional deste sistema envolve, por isso, a análise de diferentes variáveis relacionadas com a seleção da ETAR para tratamento de efluentes, com a ponderação dos consumos energéticos associados, com a resposta a ocorrências após eventos de precipitação intensa, com as descargas de volumes não tratados em linhas de água, entre outras.

3.3.4. Caraterização da Zona Drenada

3.3.4.1. Abordagem geral

O SAR-Trofa drena o concelho da Trofa, que se situa na região Entre Douro-e-Minho, no extremo norte do distrito do Porto, abrange uma área de 71,71 km^2 e tem uma população de, aproximadamente, 40 000

habitantes. Este concelho divide-se em 5 freguesias, com a seguinte designação: Alvarelhos e Guidões; Bougado; Covelas; Muro; Coronado. Encontra-se localizado numa importante ligação rodoviária entre Porto, Braga, Santo Tirso e Vila do Conde.

Relativamente à divisão global do SAR-Trofa (figura 3.19), que representa uma parte do sistema de drenagem de águas residuais do município da Trofa, consideram-se as infraestruturas em alta, o Intercetor da Trofa (IT), da responsabilidade da EG TRATAVE – Tratamento de Águas Residuais do Ave, S.A., e o Intercetor Trofa Prolongamento, o Intercetor Covelas Poente e o Intercetor Bougado, da responsabilidade da EG Águas do Norte, S.A. e infraestruturas em baixa, as Bacias de Drenagem (BD) do Intercetor da Trofa (IT), da responsabilidade da EG Águas do Norte, S.A.

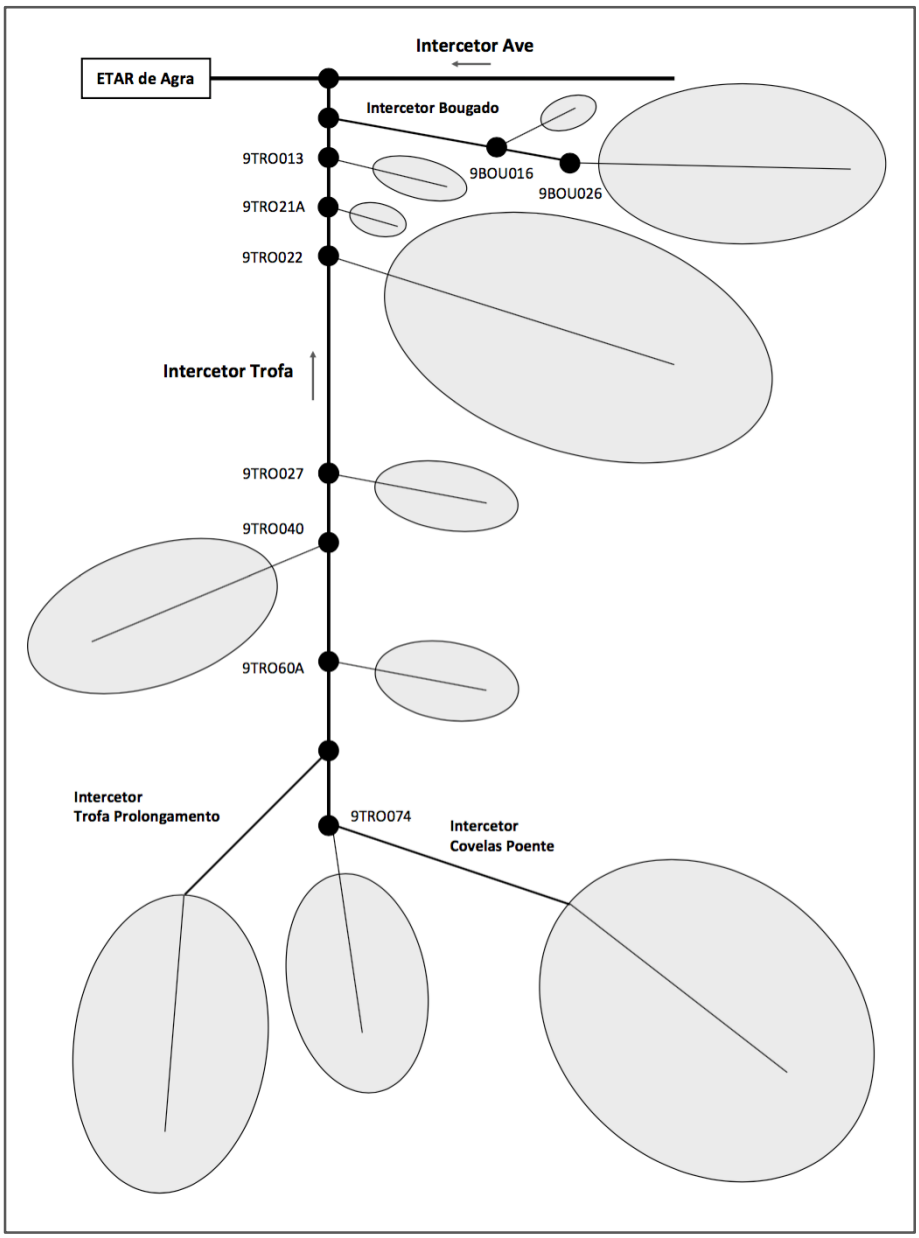


Fig. 3.19 – Representação esquemática do SAR-Trofa (AdN, 20119)

De acordo com os dados facultados pela EG, referentes ao ano de 2017, o concelho da Trofa apresentava 15 583 alojamentos, dos quais 15 121 tinham serviço de drenagem de águas residuais disponível (taxa

de cobertura de 97%). Dos alojamentos com serviço disponível, 9 873 tinham serviço efetivo (taxa de adesão ao serviço de 65%).

O estudo do SAR-Trofa incide, com mais especificidade, nas bacias de drenagem associadas aos PE 9TRO022 (Intercetor Trofa) e 9BOU026 (Intercetor Bougado), onde se encontram instalados medidores de caudal.

3.3.4.2. Intercetor do Ave (IA)

O Intercetor do Ave (IA) localiza-se na frente de drenagem de Agra, nos concelhos de Vila Nova de Famalicão e Santo Tirso, foi construído em 1993 e tem um comprimento de cerca de 13 km. Trata-se de um coletor gravítico, gerido pela TRATAVE, que constitui a infraestrutura em alta para a qual drena o SAR-Trofa, através do IT (Águas do Ave, 2004).

Do ponto de vista do enquadramento, o IA integra o Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Vale do Ave, que foi criado , em 2002, com o início de atividade da empresa Águas do Ave, S.A., e que teve como objetivos a captação, o tratamento e a distribuição de água para consumo público aos municípios de Vieira do Minho, Póvoa de Lanhoso e Fafe, bem como a recolha, o tratamento e a rejeição de efluentes dos municípios de Amarante, Amares, Cabeceiras de Basto, Celorico de Basto, Esposende, Fafe, Felgueiras, Guimarães, Lousada, Mondim de Basto, Póvoa de Lanhoso, Póvoa de Varzim, Santo Tirso, Terras de Bouro, Trofa, Vieira do Minho, Vila do Conde, Vila Nova de Famalicão, Vila Verde e Vizela (Águas do Ave, 2008).

Como caraterísticas principais, referem-se: os diâmetros existentes ao longo dos 12 805 m em polietileno de alta densidade (PEAD), nomeadamente DN 560 mm (841 m), DN 630 mm (3 703 m), DN 800 mm (61 m), DN 900 mm (3 657 m) e DN 1000 mm (4 542 m); as 160 câmaras de visita; as 23 ligações ao longo do intercetor (10 de tipologia industrial; 2 de tipologia doméstica e 11 de tipologia mista – simultaneamente domésticas e industriais) (Águas do Ave, 2004).

Relativamente às câmaras de visita, o estudo Águas do Ave (2004) indica que 155 das 160 câmaras identificadas são constituídas por anéis prefabricados de betão, com diâmetro interior de 1,25 m, e as restantes têm seção interior quadrada. As paredes da generalidade das câmaras de visita encontram-se rebocadas e cerzitadas pelo interior, com tampas em ferro fundido.

No que diz respeito à medição de caudais, de acordo com o estudo efetuado pela Águas do Ave (2014), encontravam-se instalados 18 medidores de caudal. O mesmo documento indica que este intercetor se encontra em mau estado de conservação, identificando-se as seguintes situações como urgentes: interiores de câmaras de visita com sujidade, gorduras e obstruções; golas partidas, tampas e aros soltos; câmaras de visita sem dispositivo de fecho; vegetação densa na envolvente às câmaras de visita; inexistência de identificação nas câmaras de visita; inexistência de medidores de caudal.

A figura 3.20 representa esquematicamente a frente de drenagem de Agra, que inclui o IA e os intercetores que drenam para ele, incluindo o IT, que pertence ao SAR-Trofa (caso de estudo desta investigação).

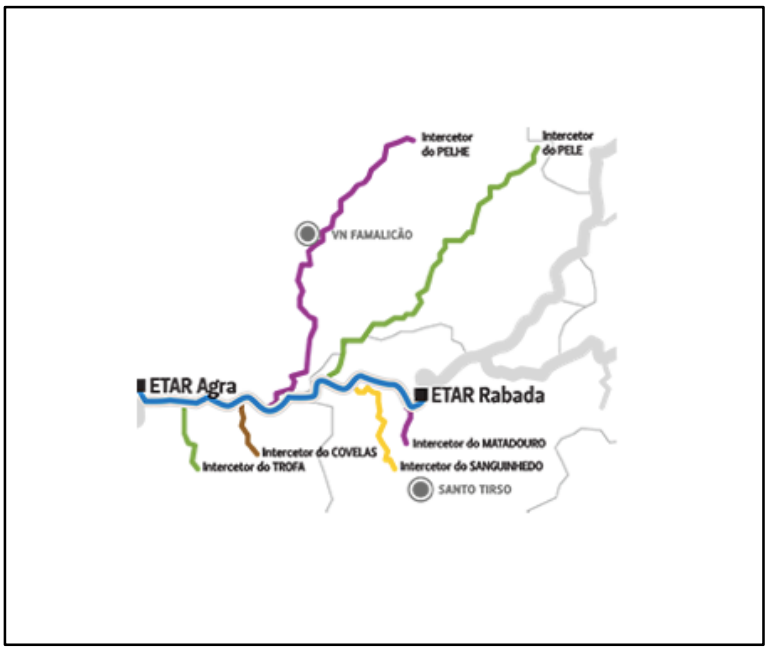


Fig. 3.20 – Representação da frente de drenagem de Agra (TRATAVE, 2019)

3.3.4.3. Intercetor da Trofa (IT)

O IT localiza-se no concelho da Trofa, drena as águas residuais de três bacias da rede em baixa, deste município (Trofa Prolongamento, Trofa Poente e Bougado) e drena para o IA. Foi construído em 1999 e apresenta uma extensão de cerca de 3 km. Este coletor gravítico é uma infraestrutura em alta, gerida pela TRATAVE (Águas do Ave, 2004).

De acordo com o relatório da Águas do Ave (2004), ao longo dos 3 340 m deste coletor, cujo material é PEAD, existem os seguintes diâmetros: DN 280 mm (comprimento: 1 520 m); DN 315 (comprimento: 746 m); DN 450 (comprimento: 461 m); DN 500 (comprimento: 613 m). Refere-se também, de acordo com a caraterização efetuada neste relatório, a existência de 74 câmaras de visita (anéis de betão prefabricado, com diâmetros interiores de 1,25 m e com tampas de ferro fundido).

O IT integra o SAR-Trofa, caso de estudo desta tese de doutoramento, e encontra-se caraterizado no relatório Águas do Ave (2004). De acordo com esta caraterização, não existiam, na altura, quaisquer medidores de caudal e o estado global de conservação deste intercetor era bom, embora se identificassem algumas deficiências a corrigir: golas de tampas danificadas e aros soltos; interiores de câmaras de visita sujos e com gorduras; inexistência de identificação nas câmaras de visita; vegetação densa e envolvendo câmaras de visita; ausência de medição de caudal. No mesmo relatório, definem-se alguns trabalhos a realizar, com o respetivo custo estimado:

- Desmatação: 2 500 € (valor global);
- Limpeza de câmaras de visita: 1 480 € (20 €/un – 74 un);
- Sobrelevação do corpo de câmaras de visita: 3 000 € (120 €/un – 25 un);
- Fornecimento e colocação de tampas: 1 500 € (150 €/un – 10 un);
- Reassentamento de tampas: 500 € (50 €/un – 10 un);
- Substituição de fechos em tampas: 0 € (30 €/un – 0 un);
- Fornecimento e aplicação de identificação em câmaras de visita: 740 € (10 €/un);
- Fornecimento e instalação de medidor de caudal (DN 500 mm): 15 500 € (15 500 €/un – 1 un);
- Fornecimento e instalação de medidor de caudal (DN 200 mm): 0 € (8 000 €/un – 0 un);

- Fornecimento e instalação de equipamentos de transmissão de dados em medidores de caudal existentes – 0 € (2 700 €/un – 0 un).

3.3.4.4. Bacias de drenagem

O caso de estudo SAR-Trofa integra o intercetor da Trofa (IT) e as bacias de drenagem que se encontram dependentes deste intercetor, com a designação e principais caraterísticas que se indicam, de forma sucinta, seguidamente:

- BD Intercetor Bougado:
    - BD 9BOU016 – Rua Manuel Portela:
        - Extensão aproximada: 1734 m;
        - Número estimado de ligações à rede: 58;
    - BD 9BOU026 – EN 104:
        - Extensão aproximada: 14 850 m;
        - Número estimado de ligações à rede: 1 444;
        - Dispõe de medidor de caudal, instalado na entrega ao Intercetor Bougado;
- BD 9TRO013 – Rua da Corredoura:
    - Extensão aproximada: 1 379 m;
    - Número estimado de ligações à rede: 26;
- BD 9TRO21A – Rua Nicolau Nazoni:
    - Extensão aproximada: 428 m;
    - Número estimado de ligações à rede: 6;
- BD 9TRO022 – Igreja, Bougado Santiago:
    - Extensão aproximada: 26 891 m;
    - Número estimado de ligações à rede: 1 343;
    - Dispõe de medidor de caudal, instalado na entrega ao Intercetor Trofa;
- BD 9TRO027 – EN104, Bougado Santiago:
    - Extensão aproximada: 1 108 m;
    - Número estimado de ligações à rede: 38;
- BD 9TRO040 – Rua de Santiago, Bougado Santiago:
    - Extensão aproximada: 5 385 m;
    - Número estimado de ligações à rede: 123;
- BD 9TRO60A – Rua do Moinho da Ribeira:
    - Extensão aproximada: 1 209 m;
    - Número estimado de ligações à rede: 36;
- BD 9TRO074 – Rua da Indústria, EN14:
    - Extensão aproximada: 5 748 m;
    - Número estimado de ligações à rede: 263;
- BD Intercetor Trofa Prolongamento:
    - Extensão aproximada: 13 120 m;
    - Número estimado de ligações à rede: 197;
- BD Intercetor Covelas Poente:
    - Extensão aproximada: 24 059 m.

3.3.5. CARATERIZAÇÃO DAS INFRAESTRUTURAS

3.3.5.1. Abordagem geral

A caraterização de infraestruturas hidráulicas do SAA-Trofa efetuada apresenta a designação, os códigos internos da EG (quando existentes) e as suas principais propriedades. De acordo com um levantamento que se encontra em fase de conclusão, efetuado pela ERI à Águas do Norte, S.A. (EG das redes em baixa, do concelho da Trofa), e com as informações facultadas pelas EG (TRATAVE e Águas do Norte, S.A.) descrevem-se as infraestruturas do concelho da Trofa e do SAR-Trofa (composto pelo Intercetor da Trofa e pelas bacias de drenagem associadas), de acordo com a seguinte divisão:

- Ramais de Ligação;
- Coletores, intercetores e emissários;
- Órgãos Acessórios:
    - Câmaras de visita;
    - Câmaras de corrente de varrer;
    - Descarregadores de tempestade;
    - Sifões invertidos;
    - Instalações elevatórias.

O levantamento cadastral ERI (2019), na parte relativa ao Concelho da Trofa, encontra-se dividido em 8 entregas (Entrega_TF1; Entrega_TF2; Entrega_TF3; Entrega_TF4; Entrega_TF5; Entrega_TF6; Entrega_TF7; Entrega_TF8), de conforme com a figura 3.21.

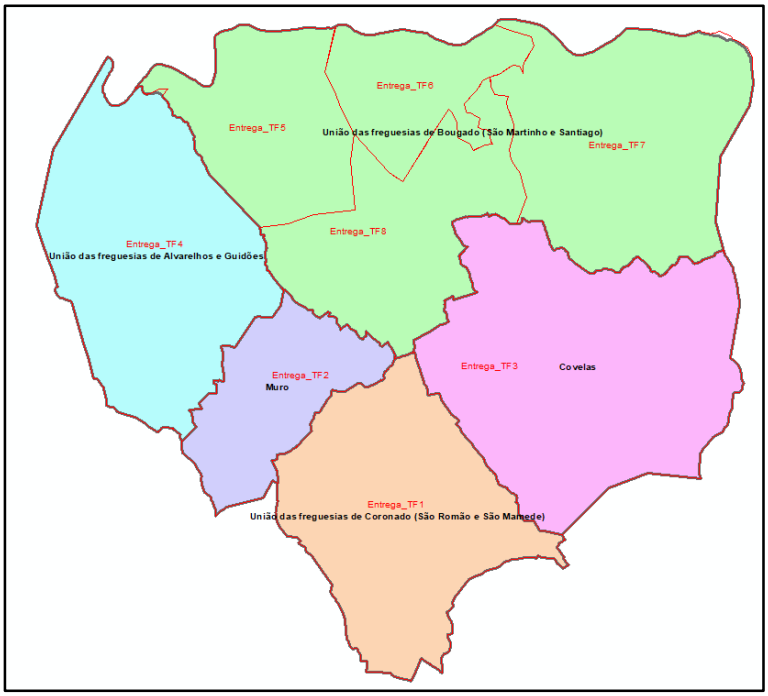


Fig. 3.21 – Divisão do levantamento cadastral das redes de drenagem de águas residuais do concelho da Trofa (ERI, 2019)

A tabela 3.2 sintetiza as infraestruturas cadastradas em cada uma das entregas referidas na figura 3.21.

Tabela 3.2 – Infraestruturas de drenagem de águas residuais cadastradas no concelho da Trofa (ERI, 2019)

	Coletores	Ramais de Ligação		Órgãos acessórios		Condutas elevatórias
		Ramais	Caixas de ramal	Câmaras de Visita	Outros órgãos	
Entrega TF1	53,79 km	2671	2666	1495	7	0,00 km
Entrega TF2	19,28 km	747	747	535	0	0,35 km
Entrega TF3	16,49 km	455	455	489	0	0,53 km
Entrega TF4	39,71 km	1613	1613	1121	1	0,11 km
Entrega TF5	38,03 km	762	762	508	0	0,82 km
Entrega TF6	33,56 km	1715	1715	976	2	0,31 km
Entrega TF7	30,31 km	1250	1250	834	8	1,80 km
Entrega TF8	35,06 km	1848	1847	1018	8	1,24 km
Total	**266,23 km**	**11061**	**11055**	**6976**	**26**	**5,15 km**

Em complemento ao levantamento cadastral ERI (2019), mais recente, a tabela A7.1 (Anexo A7) sintetiza as informações facultadas pela EG, em 2018, sobre as infraestruturas do concelho da Trofa, com os códigos internos de gestão patrimonial.

O SAR-Trofa, caso de estudo desta investigação, integra parte do sistema de drenagem de águas residuais do concelho da Trofa (em baixa) e o Intercetor da Trofa (em alta). Nos pontos seguintes (*3.2.4.2. Ramais de ligação; 3.2.4.2. Coletores, intercetores e emissários; 3.2.4.2. Órgãos acessórios*) especificam-se, das infraestruturas referidas anteriormente, as que fazem parte do SAR-Trofa, de forma a caraterizar mais detalhadamente o caso de estudo.

3.3.5.2. Ramais de ligação

O SAR-Trofa, de acordo com ERI (2019), integra os ramais de ligação (RL) que constam da tabela A7.2 (Anexo A7), nas diversas bacias de drenagem (BD 9BOU016; BD BOU026; BD 9TRO013; BD 9TRO21A; BD 9TRO022; BD 9TRO027; BD 9TRO040; BD 9TRO60A; BD 9TRO074; BD Intercetor Trofa Prolongamento; BD Intercetor Covelas Poente) que drenam para o Intercetor da Trofa (IT). No total encontram-se identificados 3925 ramais.

3.3.5.3. Coletores, intercetores e emissários

A tabela A7.3 (Anexo A7) sintetiza os dados (materiais; diâmetros e comprimentos) dos coletores do SAR-Trofa, no que se refere ao Intercetor da Trofa e às diferentes bacias de drenagem (infraestruturas em baixa) que drenam para esta infraestrutura em alta (BD 9BOU016; BD BOU026; BD 9TRO013; BD 9TRO21A; BD 9TRO022; BD 9TRO027; BD 9TRO040; BD 9TRO60A; BD 9TRO074; BD Intercetor Trofa Prolongamento; BD Intercetor Covelas Poente). Na globalidade, o SAR-Trofa apresenta uma extensão total de 99 251 m.

3.3.5.4. Órgãos acessórios

Os órgãos acessórios que se indicam no âmbito da descrição do caso de estudo SAR-Trofa são as câmaras de visita (CV), as caixas de ramal de ligação (CRL) e outros órgãos acessórios da rede (*p.ex.*: descarregadores de tempestade). A figura A7.4 (Anexo A7) sintetiza o número de câmaras de visita

(CV) do Intercetor da Trofa e das diversas bacias de drenagem que drenam para este. Na totalidade, o SAR-Trofa integra 2 827 câmaras de visita (CV).

A tabela A7.5 (Anexo A7) indica o número de caixas de ramal de ligação (CRL) do SAR-Trofa, nas seguintes bacias de drenagem: BD 9BOU016; BD BOU026; BD 9TRO013; BD 9TRO21A; BD 9TRO022; BD 9TRO027; BD 9TRO040; BD 9TRO60A; BD 9TRO074; BD Intercetor Trofa Prolongamento; BD Intercetor Covelas Poente. Na totalidade do SAR-Trofa, de acordo com ERI (2019), identificam-se 3 928 câmaras de ramal de ligação (CRL).

Relativamente a outros órgãos acessórios (Instalações Elevatórias – IE), a tabela A7.6 (Anexo A7) integra as cinco IE do SAR-Trofa.

3.3.6. Caraterização Comercial

3.3.6.1. Abordagem geral

Neste ponto, incluem-se alguns elementos que pretendem enquadrar sinteticamente a componente comercial do SAR-Trofa, caraterizando o concelho da Trofa, onde se inclui a taxa de cobertura, a faturação da TRATAVE (município da Trofa e clientes industriais), a faturação da Águas do Norte, S.A. e o número de clientes.

A tabela A7.7 (Anexo A7) sintetiza o número de clientes, a taxa de cobertura e a taxa de serviço do concelho da Trofa. Nos últimos 15 anos, verificou-se um aumento acentuado da taxa de cobertura, passando de cerca de 12% para 97%, no ano de 2018. De acordo com os dados disponíveis, no período de 2006 a 2018, verificou-se um aumento de 6 468 clientes, passando de um total de 4 752 clientes associados ao sistema de drenagem de águas residuais do concelho da Trofa para 11 220, correspondendo a um aumento de, aproximadamente, 58%.

A figura 3.22 representa graficamente a evolução da taxa de cobertura do sistema de drenagem de águas residuais do concelho da Trofa, que ronda, atualmente, os 97%. A taxa de serviço é consideravelmente inferior, apresentando um valor de cerca de 65%.

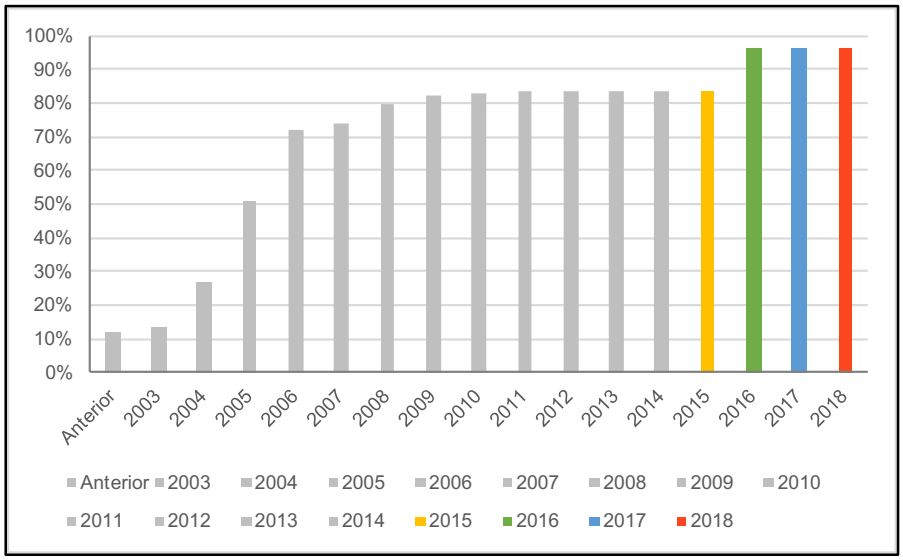


Fig. 3.22 – Evolução da taxa de cobertura do sistema de drenagem de águas residuais no concelho da Trofa, no período de 2003 a 2018 (AdN, 2019)

3.3.6.2. Faturação

Relativamente à faturação, os dados de volumes que se apresentam para enquadramento do caso de estudo referem-se ao concelho da Trofa, no triénio 2016-2018, e dividem-se da seguinte forma:

- Faturação TRAVAVE:
  - Indústrias (clientes em alta);
  - Município da Trofa (cliente em alta – Águas do Norte, S.A.);
- Faturação Águas do Norte, S.A. (clientes em baixa do concelho da Trofa).

A figura 3.23 representa graficamente os volumes mensais faturados à Águas do Norte, S.A. (Município da Trofa) pela EG do sistema em alta (TRATAVE). Os volumes relativos aos anos de 2016 e 2017 faturaram-se apenas por estimativa, enquanto os volumes associados ao ano de 2018 já se contabilizaram com recurso a pontos de medição entretanto instalados.

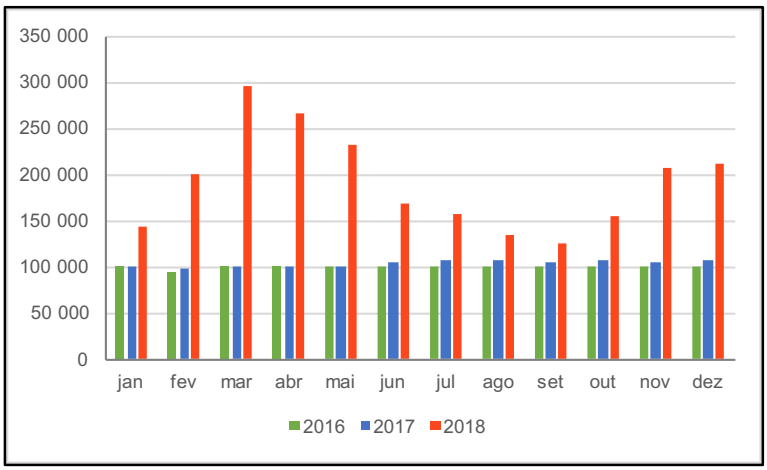


Fig. 3.23 – Representação gráfica dos volumes mensais entregues em alta pela Águas do Norte, S.A., no concelho da Trofa, no triénio 2016-2018 (AdN, 2019)

Os volumes anuais faturados pela TRATAVE à Águas do Norte, S.A., relativos aos diferentes pontos de entrega do sistema de drenagem de águas residuais do concelho da Trofa, representam-se graficamente na figura 3.24.

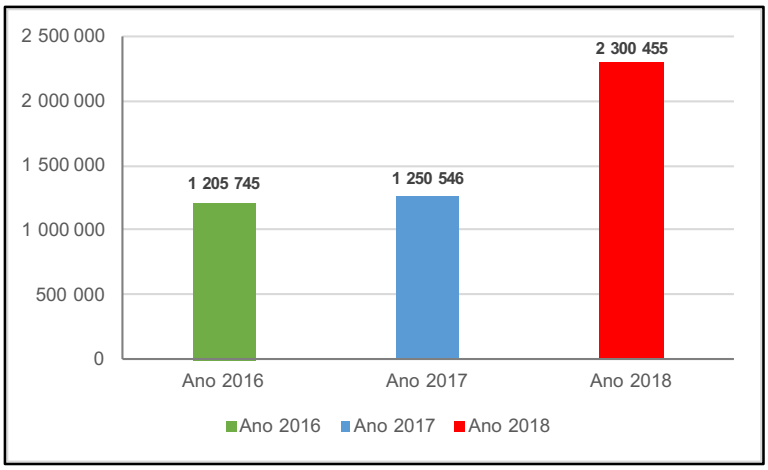


Fig. 3.24 – Representação gráfica dos volumes anuais entregues em alta pela Águas do Norte, S.A., no concelho da Trofa, no triénio 2016-2018 (AdN, 2019)

De acordo com o que se encontra representado na figura 3.24, verifica-se um aumento acentuado do volume faturado em alta, situação que se encontra relacionada com a instalação de um medidor de caudal num dos pontos de entrega (9TRO022). A partir do final do ano de 2017, a faturação passou a integrar este ponto de medição, refletindo-se no aumento do volume faturado em 2018.

Na figura 3.25 representam-se graficamente os volumes mensais faturados pela TRATAVE (Município da Trofa – Doméstico; Clientes industriais em alta), no ano de 2018. Neste ano, os volumes associados às indústrias da Trofa (clientes em alta) representam entre 15% e 24% do volume total faturado.

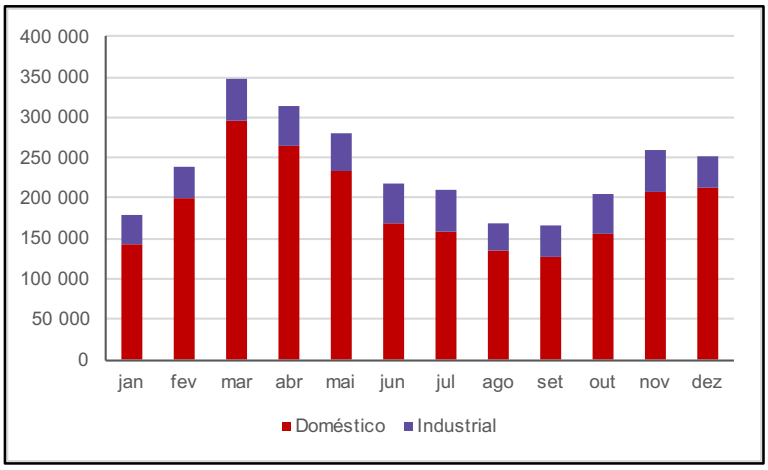


Fig. 3.25 – Representação gráfica dos volumes mensais faturados pela TRATAVE, no concelho da Trofa, em 2018 (fonte: TRATAVE)

Relativamente aos volumes faturados às indústrias do Município da Trofa (clientes em alta da TRATAVE), no ano de 2018, distinguem-se os que se encontram associados ao Intercetor da Trofa dos que estão dependentes das restantes infraestruturas em alta exploradas pela TRATAVE. Globalmente, neste ano, os volumes faturados que se encontram associados ao Intercetor da Trofa representam cerca de metade do total.

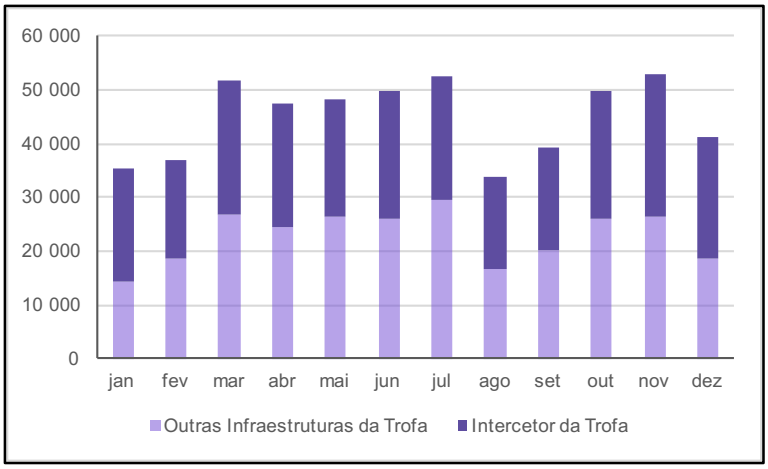


Fig. 3.26 – Representação gráfica dos volumes mensais faturados a clientes industriais pela TRATAVE, no concelho da Trofa, em 2018 (fonte: TRATAVE)

Em relação aos volumes faturados a clientes domésticos, pela EG do sistema em baixa (sistema de drenagem de águas residuais do concelho da Trofa), a Águas do Norte, S.A., sintetizam-se, na tabela

A7.8, os correspondentes, ao triénio 2016-2018. No ano de 2018, o volume total faturado a clientes foi de 850 032 m^3.

No decorrer da presente investigação pretende-se analisar os volumes faturados a clientes em determinadas bacias do SAR-Trofa, nas quais se dispõe de medição no ponto de entrega ao Intercetor da Trofa, sendo possível analisar, comparativamente, os volumes faturados a clientes e os volumes entregues em alta.

3.3.6.3. Clientes

A caraterização de clientes que se efetua neste ponto da descrição do caso de estudo SAR-Trofa pretende constituir um breve enquadramento da evolução, do estado atual e dos pontos relevantes dos clientes deste sistema de drenagem de águas residuais, localizado no concelho da Trofa. Os clientes podem dividir-se pela EG em alta (TRATAVE) e pela EG em baixa (Águas do Norte, S.A.) da seguinte forma:

- Clientes em alta:
  - Indústrias (20 clientes);
  - Município da Trofa (cuja EG é a Águas do Norte, S.A.);
- Clientes em baixa:
  - Clientes do sistema municipal de drenagem de águas residuais da Trofa.

Na figura 3.27 representa-se a evolução do número de clientes do sistema de drenagem de águas residuais do concelho da Trofa, no período 2006 a 2018. Com o aumento da cobertura do sistema, o número de clientes passou de 4 752, em 2006, para 11 220, em 2018.

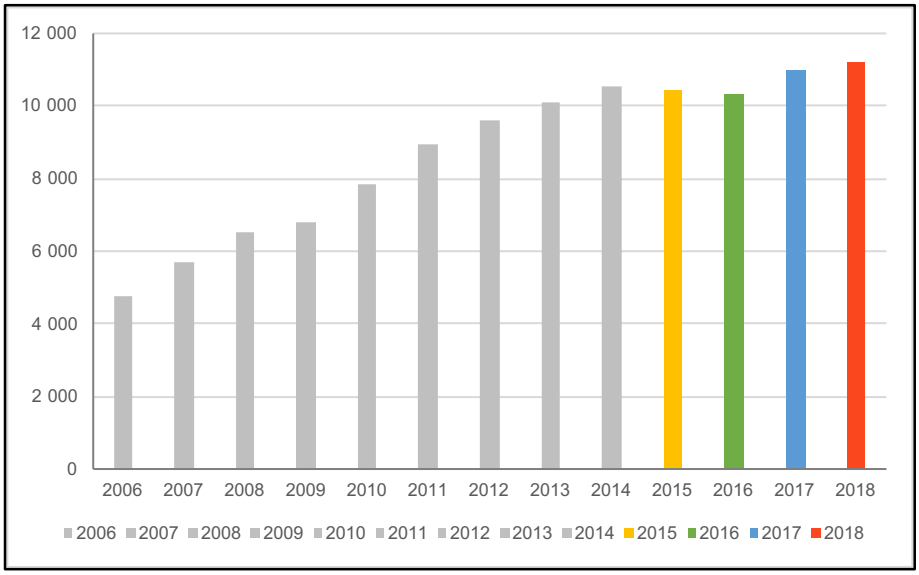


Fig. 3.27 – Evolução do número de clientes do sistema de drenagem de águas residuais no concelho da Trofa, no período de 2006 a 2018 (AdN, 2019)

A distribuição dos clientes pelas freguesias do concelho da Trofa, em 2018, sintetiza-se na tabela A7.9.

3.3.7. AFLUÊNCIAS INDEVIDAS

3.3.7.1. Abordagem geral

No âmbito da descrição do SAR-Trofa, aborda-se um estudo realizado às infraestruturas do Sistema Multimunicipal de Água e Saneamento da área de concessão da Águas do Ave (2006), efetuando-se uma breve análise do diagnóstico e medidas propostas para o sistema em alta e, mais especificamente, para o concelho da Trofa, onde se localiza o caso de estudo de drenagem de águas residuais desta tese.

Em 2006, A Águas do Ave adjudicou a um consórcio entre a Engidro e a HIDRA a elaboração dos "Planos de Minimização de Afluências Indevidas nos Sistemas Municipais de Drenagem na Área de Concessão da Águas do Ave", divididos nas seguintes fases: Fase I – Caraterização da Situação de Referência; Fases II e III – Definição de um Programa de Medidas e Ações. Recomendações para a Implementação do Plano". O estudo produzido dirigiu-se às EG dos sistemas em alta e em baixa, desenvolvendo-se, também, um documento síntese por cada município e para o sistema em alta. O plano de minimização de afluências indevidas proposto em Engidro e HIDRA (2006[a], 2006b, 2006c e 2006d) elenca as seguintes etapas de implementação:

- Fase I – Caraterização da situação de referência (Fase 1):
  - Levantamento e caraterização das infraestruturas de drenagem;
  - Quantificação e caraterização das afluências indevidas;
  - Avaliação do desempenho e estabelecimento de indicadores;
- Fases II e III – Definição de um programa de medidas e ações. Recomendações para a implementação do plano:
  - Diagnóstico das bacias monitorizadas;
  - Fixação de objetivos e metas de redução:
    - Identificação de fatores internos e externos;
    - Análise de viabilidade e retorno de investimento;
    - Desenvolvimento de estratégia de controlo de afluências indevidas;
  - Definição de programa estratégico de ação:
    - Estabelecimento de prioridades de intervenção;
    - Caraterização de medidas a curto, médio e longo prazo;
    - Programa de realização de ações;
    - Identificação de meios humanos e materiais necessários;
  - Recomendações para a implementação do plano;
  - Recomendações para novos projetos e obras.

Nos pontos seguintes, incluem-se algumas considerações deste estudo, para o Sistema em Alta (Intercetor da Trofa) e para o Sistema em Baixa (Bacia de Drenagem 9TRO022, que drena para o Intercetor da Trofa).

3.3.7.2. Sistema em Alta – Intercetor da Trofa

Em Engidro e HIDRA (2006c), o sistema em alta integra a 9ª Frente de Drenagem, que abrange os municípios de Vila Nova de Famalicão, Trofa e Santo Tirso. No Intercetor da Trofa (IT), infraestrutura em alta pertencente a esta frente de drenagem, foram instalados 2 medidores de caudal designados por M_TRF_04 e M_TRF_10. Neste estudo, a monitorização do IT, através do medidor de montante (M_TRF_04) e do medidor de jusante (M_TRF_10) demonstrou que este intercetor era o que apresentava pior desempenho. O caudal em tempo seco estimado no M_TRF_04 foi de cerca de 58 m^3/h (16 l/s) e no M_TRF_10 de, aproximadamente, 111 m^3/h (30,7 l/s).

Sobre o IT, refere-se o seguinte (Engidro e HIDRA, 2006c):

- A infraestrutura era de intervenção prioritária;
- A ocorrência de precipitação foi responsável pela entrada em carga deste intercetor;
- O IT apresentou problemas de infiltração significativos:
    - Grande parte do intercetor desenvolve-se no leito de cheia do rio Trofa, implantado em terrenos com níveis freáticos elevados;
- A afluência pluvial indevida ao IT revelou-se bastante relevante, com origem na rede em baixa:
    - Zonas de coletores unitários;
    - Ligações indevidas de dispositivos de interceção pluvial;
    - Um descarregador de tempestade de um coletor pluvial para um doméstico;
- A identificação das causas e da localização das afluências indevidas de infiltração revelaram-se de difícil definição, sugerindo-se o recurso a tecnologia CCTV, para melhor caraterização.

3.3.7.3. Sistema em Baixa – Bacia de Drenagem 9TRO022

No âmbito do estudo descrito em Engidro e HIDRA (2006a), analisaram-se as afluências indevidas à rede em baixa do concelho da Trofa, através da monitorização de 8 dos 17 pontos de entrega (PE) ao sistema em alta, correspondentes a cerca de 88% da área de atendimento deste concelho. Os sistema de drenagem de águas residuais do concelho da Trofa divide-se em 2 frentes de drenagem, designadamente:

- 9ª Frente de Drenagem – BH do rio Ave (ETAR de Agra);
- 7ª Frente de Drenagem – BH do rio Leça (ETAR da Parada).

O estudo da 9ª Frente de Drenagem considerou 4 PE à rede em alta, correspondente a 4 bacias de drenagem (TRF_B01; TRF_B02; TRF_B03; TRF_B04). A TRF_B01, monitorizada no estudo Engidro e HIDRA (2006a), corresponde a uma das bacias de drenagem do caso de estudo SAR-Trofa, nomeadamente a 9TRO022. Uma vez que o estudo foi efetuado no ano de 2006, a bacia de drenagem TRF_B01, correspondente à 9TRO022 (rede em baixa da responsabilidade da Águas do Norte, S.A.), que drena para o Intercetor da Trofa (rede em alta da responsabilidade da TRATAVE), sofreu alterações, pelo que se consideram as indicações do estudo de forma global, para toda a bacia. Neste estudo, esta foi a única bacia de drenagem considerada para o Intercetor da Trofa (IT).

A caraterização da bacia de drenagem TRF_B01 (9TRO022) efetuada em Engidro e HIDRA (2006a) refere que ela apresenta uma área aproximada de 153 ha, com uma tipologia de habitação medianamente urbana. Nesta bacia, distinguem-se dois tipos de redes, com as seguintes caraterísticas:

- Separativa e unitária:
    - Comprimento aproximado: 6,8 km;
    - Materiais: PVC, Grés e Betão;
    - Diâmetros: DN 200 mm, DN 400 mm e DN 600 mm;
    - Idade aproximada: mais de 10 anos;
- Separativa:
    - Comprimento aproximado: 8,2 km;
    - Material: PVC;
    - Diâmetros: DN 200 mm;
    - Idade aproximada: menos de 5 anos.

O diagnóstico e a caraterização efetuados em Engidro e HIDRA (2006a) utilizaram dados de campo, dados de monitorização em tempo seco e dados de monitorização com ocorrência de precipitação. A TRF_B01 (9TRO022) foi uma das maiores bacias monitorizadas no concelho da Trofa e incluía parte

da rede de drenagem mais antiga da cidade (1989). O sistema é geralmente do tipo separativo, indicando-se, no entanto, a referência a troços de rede unitária, nomeadamente na Rua dos Carvalhinhos, na Rua Moinhos da Lagoa e na Rua Américo Campos.

De acordo com Engidro e HIDRA (2006a), a TRF_B01 (9TRO022) foi classificada como "problemática", pela TROFÁGUAS, EG à data, no desempenho relativo a afluências indevidas e o escoamento hidráulico. Em 2006, refere-se o seguinte sobre esta bacia de drenagem:

- Existência de um descarregador do coletor de águas pluviais para o coletor de águas residuais domésticas, na Rua Moinhos da Lagoa, com o objetivo de desviar o efluente de uma ribeira em tempo estival (maioritariamente doméstico);
- O caudal médio em tempo seco verificou-se relativamente reduzido, correspondendo, em 95% dos registos, a uma altura de escoamento inferior a 25% do diâmetro do coletor;
- Com a ocorrência de precipitação de intensidade relativamente elevada, constatou-se um aumento significativo de caudal e a ocorrência de escoamento retardado (padrão de tempo seco, apenas retomado ao final de 10 dias), com as seguintes causas apontadas para o retardamento:
    - Infiltração associada ao escoamento subsuperficial provocado pela precipitação;
    - Acumulação de caudal nas infraestruturas de drenagem (refluxo de caudal em coletores com inclinação reduzida;
    - Descarregador da Rua Moinhos da Lagoa, que possibilita a entrada de água de uma ribeira (com variações de caudal decorrentes da precipitação) na rede de drenagem de águas residuais domésticas.

No estudo sobre afluências indevidas, elaborado em 2006, referiu-se que a ocorrência de precipitação provocou um aumento do caudal médio em tempo seco, registando-se a entrada em carga do coletor da Rua dos Carvalhinhos, com refluxo para os coletores da N104 e da Rua Aloias de Cima e com registo de transbordo para a via pública, e a saída de tampas de câmaras de visita. O mesmo documento refere que a parcela de precipitação que contribui para o escoamento na rede de drenagem de águas residuais domésticas é de cerca de 28% (indicador ID_9), valor considerado elevado e inaceitável. Elencam-se as causas de afluências indevidas, identificadas na bacia TRF_B01 (Engidro e HIDRA, 2006a):

- Rua dos Carvalhinhos:
    - Coletor unitário;
    - Ligação indesejada de dispositivos de interceção de águas pluviais;
    - Ligação indesejada de ramais pluviais;
- Rua Moinhos da Lagoa – ligação do coletor pluvial ao coletor doméstico;
- Redes antigas com idade superior a 10 anos – ligação indevida de ramais unitários a redes separativas do tipo doméstico.

Relativamente à infiltração, de acordo com Engidro e HIDRA (2006a), a rede de drenagem de águas residuais da bacia TRF_B01 (9TRO022) apresenta um comportamento "médio ou aceitável". O caudal mínimo noturno em tempo seco (caudal de infiltração), relativo ao indicador ID_2 (relação entre o caudal de infiltração e o caudal médio em tempo seco), foi, em média, superior a 50% do caudal médio em tempo seco, o que corresponde a um valor de ID_2 elevado. Embora se verifique que a relação entre o caudal mínimo noturno e o caudal médio em tempo seco não revela um bom desempenho, o indicador ID_4 (relação entre o caudal de infiltração e o comprimento de rede) apresentou um valor "baixo", tendo sido considerado o valor do caudal de infiltração "desprezável", face ao comprimento da rede.

Referiu-se, em Engidro e HIDRA (2006a), que a infiltração poderá encontrar-se relacionada com os defeitos existentes no coletor da Rua dos Carvalhinhos (Fibrocimento DN 600 mm), problemático em termos de infiltração. O ponto alto existente na Rua Dr. Avelino Padrão, junto ao largo da igreja (Praça

Padre Adélio Araújo), com câmaras de visita com profundidades superiores a 5 m, poderá ser um "ponto frágil", em termos de infiltração.

3.4. SÍNTESE

O presente capítulo carateriza os casos de estudo utilizados no âmbito da presente tese de doutoramento, aos quais de aplica a metodologia de GOIH que se propõe, designadamente um sistema de abastecimento de água, o SAA-Arouca, e um sistema de drenagem de águas residuais, o SAR-Trofa.

O enquadramento efetuado para ambos os casos de estudo versou sobre as EG, a descrição dos sistemas, a caraterização da zona abastecida/drenada (*p.ex.*: estado; evolução; subsistemas; volumes; indicadores), a caraterização das infraestruturas (*p.ex.*: tipo de infraestruturas; número; principais caraterísticas) e a caraterização comercial (*p.ex.*: faturação; clientes; volumes faturados; parque de contadores).

Os casos de estudo incluídos na presente investigação abordam-se, de forma distinta, no que se refere à abrangência (sistema na totalidade ou parcialmente), ao âmbito (abastecimento de água e drenagem de águas residuais) e à transversalidade de aplicação da metodologia de GOIH.

O SAA-Arouca designa-se como "caso de estudo âncora", tendo a sua investigação ocorrido em diferentes fases do desenvolvimento da metodologia, designadamente na conceção, na estruturação, no desenho, na operacionalização, no teste. Este caso de estudo aborda-se na totalidade do sistema de abastecimento de água, efetuando-se a sua avaliação, analisando-se a sua exploração e sistematizando-se as intervenções associadas, referentes à situação atual e propondo ações futuras.

O SAR-Trofa, também estudado no âmbito da presente tese de doutoramento, aborda-se de forma mais sintética, específica e focalizada numa parte do sistema de drenagem de águas residuais. As diferentes escalas e complexidades de análise dos dois casos de estudo possibilita que se teste a versatilidade da metodologia proposta, apoiando a gestão operacional ao nível do sistema, do subsistema, da infraestrutura ou da componente.

Os dados apresentados no âmbito deste capítulo pretendem configurar um enquadramento dos casos de estudo, com a apresentação das caraterísticas das infraestruturas e de alguns dados de exploração das mesmas. No Capítulo 5 – Resultados, incluem-se outros dados tratados no decorrer da aplicação da metodologia de GOIH (Capítulo 4 – Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas) que completam a caraterização do SAA-Arouca e do SAR-Trofa.

4

GESTÃO OPERACIONAL DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

4.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

O presente capítulo versa sobre a gestão operacional de infraestruturas hidráulicas, dividindo-se em três principais etapas: tratamento de dados, a gestão operacional de infraestruturas hidráulicas (GOIH) e o apoio à decisão.

O tratamento de dados constitui uma etapa prévia da metodologia de GOIH, que possibilita a incorporação dos dados disponíveis, procedendo-se ao seu tratamento e posterior integração nas fases de contextualização, desenvolvimento e aplicação da metodologia. Sistematizam-se algumas etapas expeditas deste processo, que se elabora, com particular foco, na utilização de dados reais e na aplicação de uma análise estatística simplificada.

A GOIH representa o cerne da metodologia que se aplica nesta tese de doutoramento. Enquadrado o contexto global, os desafios e a organização, a GOIH configura-se em áreas operacionais e procura avaliar as infraestruturas hidráulicas, sistematizar dados reais de exploração, procedimentos em curso e propor outros, e sintetizar intervenções executadas e a executar. A estratégia proposta assenta sobretudo na organização, agregando conceitos-chave introduzidos no estado da arte (gestão patrimonial; gestão do risco; gestão técnica) e a melhor informação disponível no contexto das infraestruturas hidráulicas que se pretende gerir operacionalmente. Com a informação disponível sistematizada, concebem-se, estruturam-se, desenham-se, operacionalizam-se, testam-se e monitorizam-se ações operacionais, que visam o incremento de eficácia na resposta, eficiência no empenho de recursos e resiliência na gestão.

O apoio à decisão inclui-se na presente metodologia com o objetivo de colocar, à disposição do decisor, uma ferramenta simples que permita, a partir da avaliação efetuada e dos dados reais disponíveis, delinear, de forma expedita, a estratégia de investimento e a estratégia operacional, com base em previsões de desempenho e na estimativa do retorno associado a diferentes intervenções.

A figura 4.1 representa esquematicamente as principais etapas da metodologia de GOIH proposta no âmbito desta investigação.

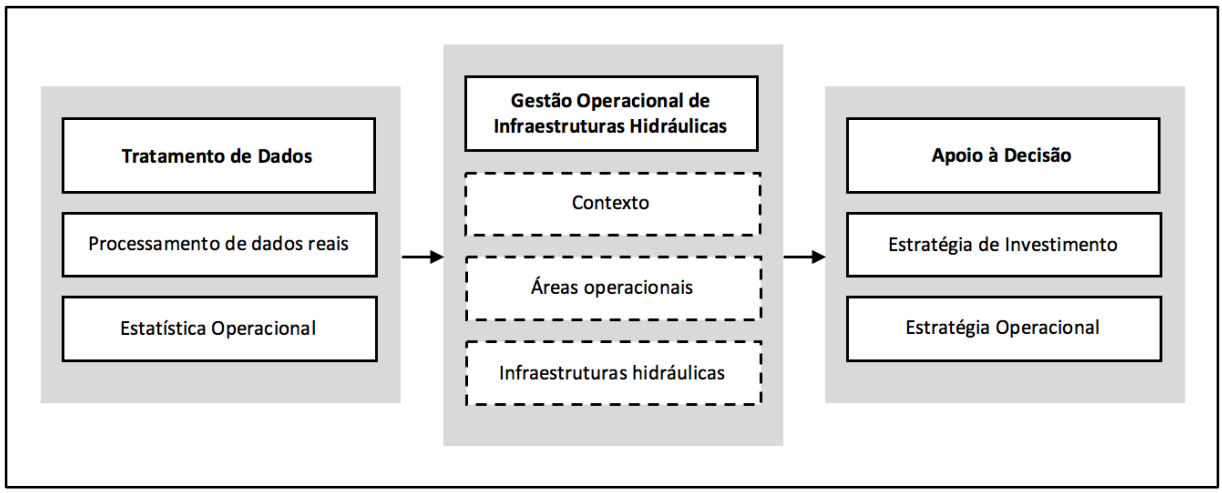


Fig. 4.1 – Representação Esquemática das Etapas da Metodologia de GOIH

A metodologia indicada incorpora as principais etapas que se consideraram na gestão operacional de infraestruturas hidráulicas, visando a otimização operacional e a aplicação expedita de procedimentos de exploração. No entanto, realça-se a necessidade de atender à flexibilidade e à adaptabilidade das etapas consideradas, possibilitando a aplicação da metodologia a sistemas em diferentes níveis de atuação (alta e baixa), de complexidade, de estádio de desempenho e desenvolvimento, de informação cadastral e de grau de atuação da gestão operacional, de acordo com a divisão de departamentos da EG.

O desenvolvimento e a aplicação da metodologia que se estuda no âmbito desta investigação, de acordo com a estrutura proposta, em construção e revisão permanente segundo uma perspetiva de melhoria contínua, figura um processo flexível, adaptável e cuja dimensão se deve alinhar com a entidade, o sistema ou a infraestrutura a que se pretende aplicar. A figura 4.2 representa, de forma esquemática, o processo de desenvolvimento da metodologia de GOIH.

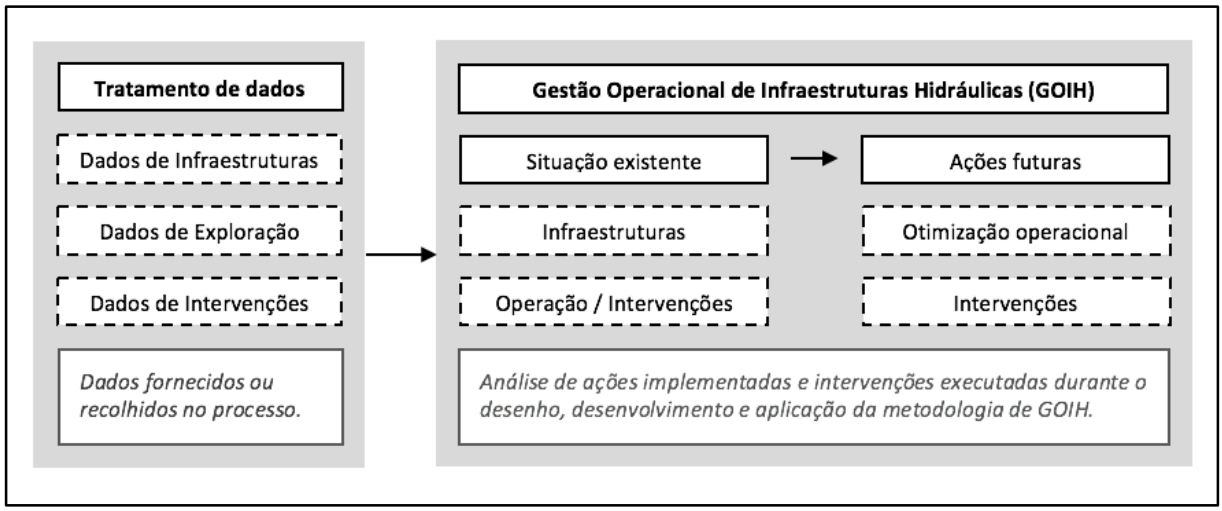


Fig. 4.2 – Representação Esquemática do Desenvolvimento da Metodologia

4.2. TRATAMENTO DE DADOS

4.2.1. APONTAMENTO INTRODUTÓRIO

O tratamento de dados permite a conversão de dados reais, muitos gerados de forma automática durante os procedimentos de exploração das infraestruturas hidráulicas, em informação útil que pode contribuir para a otimização de procedimentos operacionais e para a sustentação do processo de decisão.

O subcapítulo 4.2 descreve o procedimento de tratamento de dados, centrando-se nos aspetos mais importantes das suas duas principais etapas: processamento de dados reais e estatística operacional. Sistematizam-se as principais etapas do tratamento de dados:

- Processamento de dados reais:
  - Análise descritiva;
  - Sistematização de dados;
  - Deteção e eliminação de dados anómalos;
  - Normalização de dados;
  - Redução de dados;
- Estatística operacional:
  - Estatísticas descritivas;
  - Organização da informação;
  - Abordagem ao risco.

Realça-se que o tratamento de dados não figura um conjunto de tarefas sequenciais cronologicamente definidas. Este processo constitui uma abordagem flexível, que poderá incluir todas as etapas referidas ou parte delas, assim como necessitar da repetição de tarefas, para ajustes e/ou correções que apenas se verificam possíveis em fases posteriores do tratamento de dados. Utilizou-se a ferramenta informática Microsoft Excel® em todo o processo de tratamento de dados.

Apresenta-se uma representação esquemática do processo de tratamento de dados (Figura 4.3).

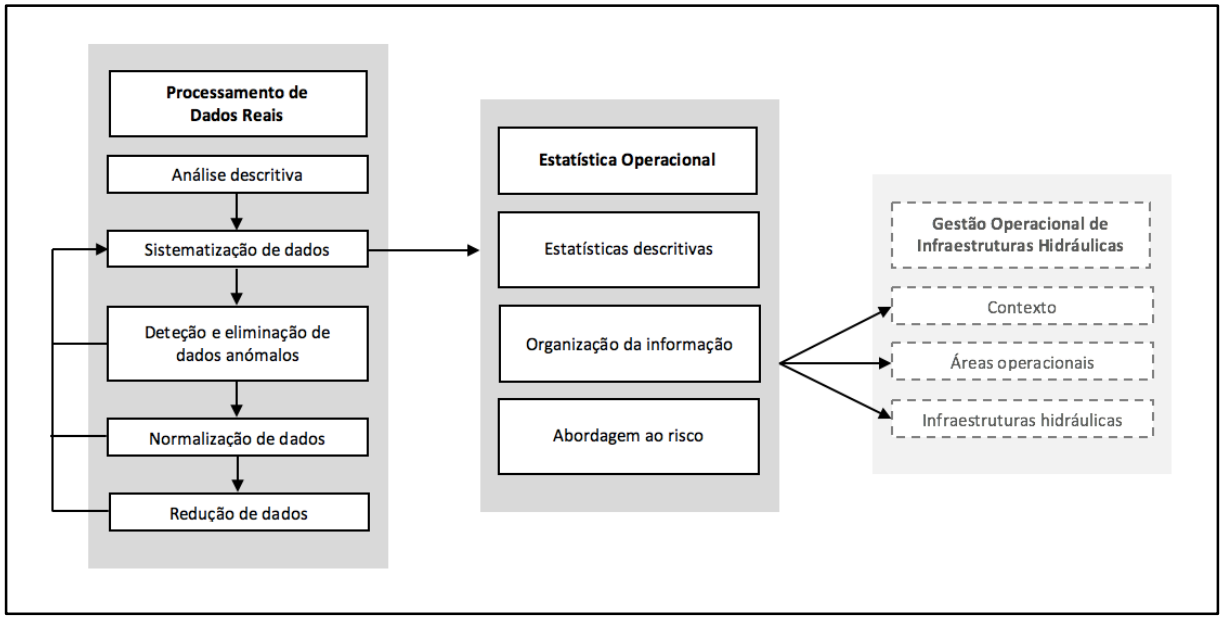


Fig. 4.3 – Representação Esquemática do Processo de Tratamento de Dados

4.2.2. PROCESSAMENTO DE DADOS REAIS

4.2.2.1. Análise descritiva

A análise descritiva de dados carateriza-se por uma análise prévia dos dados que apresenta, como principal objetivo, o reconhecimento das principais particularidades dos dados e a identificação de eventuais dados anómalos. Através de uma análise simplificada e com recurso a estatísticas preliminares, aferem-se as potencialidades dos dados, as fragilidades e as estratégias a seguir no processo de tratamento de dados.

4.2.2.2. Sistematização de dados

A sistematização de dados refere-se a uma componente crucial do tratamento de dados, transversal a todo o processo, que visa a organização dos dados mediante critérios preestabelecidos ou definidos durante o processamento de dados. A proveniência dos dados divide-se em dois grupos:

- Dados fornecidos pela EG;
- Elementos produzidos no âmbito da tese (durante o desenvolvimento e aplicação da metodologia).

No que se refere ao processo de sistematização de dados, sintetizam-se os grupos que se consideraram na organização dos dados reais disponíveis:

- Dados das infraestruturas:
  - Caraterísticas das infraestruturas (*p.ex.*: informação cadastral);
  - Dados de inquéritos (*p.ex.*: estado, desempenho e risco);
- Dados de exploração:
  - Monitorização de infraestruturas;
  - Registos de ocorrências;
  - Registos de intervenções;
  - Dados operacionais (*p.ex.*: equipas, rotinas operacionais);
- Dados de gestão:
  - Relatórios de gestão;
  - Dados de desempenho do sistema (*p.ex.*: perdas, ocorrências, custos);
  - Dados comerciais (*p.ex.*: clientes, volumes faturados).

Esta etapa do processamento deverá ser flexível e adaptável a diferentes níveis de complexidade de bases de dados e de análises que se pretendem efetuar. No âmbito do desenho, teste e aplicação da metodologia proposta nesta investigação aos casos de estudo em análise, a sistematização de dados sucede à análise descritiva inicial, preparando as etapas seguintes (deteção e eliminação de dados anómalos, normalização de dados e redução de dados). Após o cumprimento da totalidade ou de parte das etapas intermédias mencionadas, refere-se a importância de uma sistematização de dados final, para integração dos dados na fase seguinte do tratamento estatístico, a "*estatística operacional*".

4.2.2.3. Deteção e eliminação de dados anómalos

A deteção e eliminação de dados anómalos não se restringe a uma fase do processamento de dados, caraterizando-se por uma tarefa continuada durante todo o processo. Após a análise descritiva e a sistematização inicial dos dados, podem identificar-se dados anómalos a eliminar. As fases de normalização e redução de dados podem evidenciar, também, falhas de dados a corrigir.

4.2.2.4. Normalização de dados

A normalização de dados possibilita a sua uniformização, permitindo a comparação quando os dados se encontram em escalas temporais, em unidades diferentes ou apresentem proveniências de diferente tipologia. A etapa de normalização de dados carateriza-se pela flexibilidade e adaptabilidade ao tipo de dados que se pretende normalizar, podendo constituir um simples acerto de unidades ou uma organização mais detalhada. A normalização de escalas de tempo encontra-se relacionada com a etapa de redução de dados.

4.2.2.5. Redução de dados

A redução de dados visa a compactação do volume de dados inicial, podendo enquadrar-se em análises de períodos de tempo mais longos (*p.ex.* dados de consumos; registos de ocorrências).

No caso da identificação de potenciais dados anómalos, os valores considerados para períodos de tempo mais longos resultam da média dos valores considerados válidos nesse período de tempo, multiplicada pelo número de registos. Desta forma, garante-se a utilização de dados somente reais, sem recurso a estimativas para preenchimento de dados anómalos.

4.2.3. ESTATÍSTICA OPERACIONAL

4.2.3.1. Nota prévia

A estatística operacional, designação introduzida no "*Capítulo 2 – Estado da Arte*", refere-se ao tratamento estatístico de informação técnica (*p.ex.*: dados reais), tendo em conta as caraterísticas da mesma: o caráter físico dos fenómenos, as grandezas, os mecanismos que se definem a dispersão dos dados, o método de recolha de dados e a finalidade do tratamento estatístico.

O tratamento estatístico que se utiliza no âmbito do presente estudo centra-se no privilégio dos dados reais, segundo uma abordagem simultaneamente empírica e racional, em detrimento da utilização de modelos matemáticos mais sofisticados, ou do recurso a modelos probabilísticos para simulação de cenários ou previsão de fenómenos.

4.2.3.2. Estatísticas descritivas

No âmbito da presente metodologia utilizam-se estatísticas descritivas para explicar numericamente os dados reais, através da distribuição de valores (medidas centrais e de dispersão). Elencam-se as estatísticas descritivas que se podem utilizar no tratamento estatístico de dados operacionais:

- Ponto médio;
- Mediana;
- Moda;
- Média;
- Amplitude;
- Desvio padrão;
- Variância.

4.2.3.3. Organização da informação

Nesta componente da estatística operacional, tal como no recurso a estatísticas descritivas, pretende-se descrever os dados reais. Neste caso, a organização da informação visa a sintetização dos dados disponíveis e a sua representação visual, através de tabelas e gráficos.

A organização da informação revela-se preponderante para a salvaguarda da informação disponível, para o apoio à interpretação de dados reais, para a transição de informação entre as diferentes etapas da metodologia e para a comunicação de procedimentos a implementar e de resultados obtidos.

A utilização das ferramentas informáticas que se encontram atualmente disponíveis e o registo sistemático de dados, no âmbito da exploração das infraestruturas hidráulicas, propiciam a geração de volumes de dados com necessidade de organização que permita o seu devido arquivamento, consulta e transformação em informação útil que apoie a tomada de decisão.

4.2.3.4. Abordagem ao risco

A abordagem ao risco, no que se refere ao tratamento de dados, sustenta-se na utilização de dados disponíveis nas EG (*p.ex.*: históricos de ocorrências, registos de exploração, relatórios de gestão, conhecimento empírico dos colaboradores), para a determinação do risco. Pretende-se introduzir uma abordagem flexível e de complexidade variável, que permita estimar o risco e apoiar o processo de decisão. Os dados de entrada também poderão resultar de modelação hidráulica.

No que diz respeito ao cálculo de probabilidades e consequências, e à estimativa do risco, poderão ser de natureza objetiva (dados reais de exploração) ou subjetiva (inquéritos às EG e avaliação empírica), ou resultado de análises através de modelação. Sintetizam-se as abordagens referidas:

- Abordagem objetiva:
    - Dados: dados reais de exploração;
    - Probabilidades: análise quantitativa das probabilidades de ocorrência dos eventos considerados (quociente entre o número de ocorrências em determinado sistema e o número total de ocorrências);
    - Consequências: consequências monetárias associadas aos eventos considerados;
    - Risco: determinação do risco através do produto entre probabilidades de ocorrência e consequências, para eventos isolados (equação 5) ou associados (equação 8);
- Abordagem subjetiva:
    - Dados: inquéritos às EG;
    - Probabilidades: análise qualitativa da probabilidade (*p.ex.* muito baixa, baixa, média, elevada, muito elevada)
    - Consequências: análise empírica das consequências (*p.ex.* insignificante, moderada, significativa, crítica, catastrófica);
    - Risco: matriz de risco;
- Abordagem baseada na modelação:
    - Dados: modelação hidráulica;
    - Análises de risco e fiabilidade (metodologia descrita no estado da arte – capítulo 2).

Relativamente à abordagem objetiva do risco, com particular enfoque na utilização de dados reais de exploração das infraestruturas hidráulicas, realça-se o recurso a uma análise quantitativa de probabilidades e consequências, sendo o valor do risco traduzido por um valor monetário. O risco associado a um determinado evento, falha ou ocorrência, será estimado de acordo com a probabilidade

de esse acontecimento ocorrer e com a consequência associada à sua ocorrência. De acordo com a abordagem introduzida no estado da arte (capítulo 2) para os cenários múltiplos (equação 8), o risco de uma determinada infraestrutura ou subsistema será estimado com base no "*risco composto*", que se obtém pela soma dos diferentes riscos que se consideram na análise.

A abordagem subjetiva, apoiada em inquéritos efetuados à EG, para aferição das probabilidades de ocorrência dos eventos, e no conhecimento empírico, para estimativa de consequências, apresenta-se como uma avaliação expedita dos riscos associados a diferentes infraestruturas, com base no conhecimento dos colaboradores das EG.

A utilização de modelos de simulação hidráulica, aliados a uma análise probabilística da fiabilidade com recurso a métodos de simulação para geração de variáveis aleatórias (*p.ex.*: Método de Monte Carlo), embora não se aplique no âmbito dos casos de estudo desta investigação, aborda-se no estado da arte (capítulo 2) e identifica-se como uma possibilidade de abordagem ao risco.

A figura 4.4 sistematiza a abordagem ao risco, de acordo com o que se encontra supramencionado.

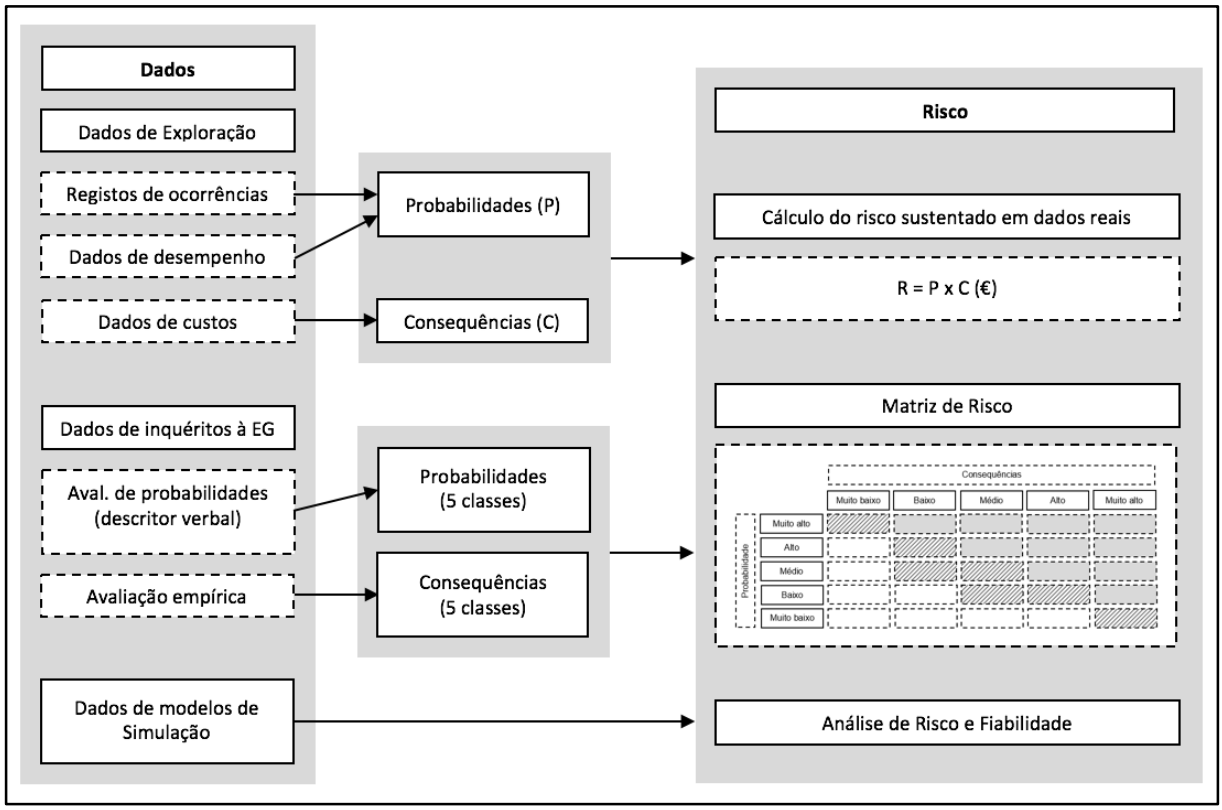


Fig. 4.4 – Representação Esquemática da Abordagem ao Risco

4.2.4. Sistema de Abastecimento de Água de Arouca

4.2.4.1. Nota prévia

Para o caso de estudo do SAA-Arouca, os dados utilizados foram disponibilizados pela EG do sistema de abastecimento de água: Águas do Norte, S.A. O desenvolvimento da presente investigação decorreu em simultâneo com diversos trabalhos executados na exploração do SAA-Arouca, tendo sido produzidos diversos elementos que integraram as rotinas de exploração, bem como identificadas, priorizadas e executadas intervenções que se detetaram durante o desenho e aplicação da metodologia.

4.2.4.2. Período Abrangido

O período abrangido pelos dados fornecidos pela EG do SAA-Arouca refere-se aos anos de 2015, 2016, 2017 e 2018. Uma vez que a metodologia foi desenvolvida no decorrer de parte deste período, alguns dados foram sendo recolhidos durante a fase de aplicação da metodologia.

4.2.4.3. Dados fornecidos pela entidade gestora

Neste ponto, sintetizam-se os dados fornecidos pela EG do SAA-Arouca, que se processaram e analisaram no âmbito deste trabalho. Os dados de exploração, por vezes gerados de forma automática, carecem de posterior seleção e análise. Indicam-se os principais dados facultados pela EG:

- Dados de volumes de água:
  - Registos de Volumes de Água Entrada no Sistema (AdDP) – Anexo A1 – Fig. A1.1;
  - Registos de Volumes de Água Entrada no Sistema (AdN) – Anexo A1 – Fig. A1.2;
  - Registos de Volumes de Água Faturada (AdN) – Anexo A1 – Fig. A1.3;
  - Dados de Monitorização de Volumes de Água Entrada no Sistema (AdDP) – Anexo A1 – Fig. A1.4;
  - Dados de Monitorização de Consumos (AdDP) – Anexo A1 – Fig. A1.5;
  - Representação de Volumes de Água Entrada nos Pontos de Entrega (AdDP) – Anexo A1 – Fig. A1.6;
  - Representação de Consumos nos Pontos de Entrega (AdDP) – Anexo A1 – Fig. A1.7;
  - Representação de Consumos em Medidores de Caudal Portáteis instalados na Rede de Distribuição (AdN) – Anexo A1 – Fig. A1.8;
  - Representação de Consumos em Medidores de Caudal de Reservatórios de Distribuição (AdN) – Anexo A1 – Fig. A1.9;
  - Representação de Consumos Mínimos Noturnos – Anexo A1 – Fig. A1.10;
  - Representação de Volumes em Reservatórios de Distribuição – Anexo A1 – Fig. A1.11;
  - Representação de Clientes em Zonas de Estudo – Anexo A1 – Fig. A1.12;
- Registos de Ocorrências:
  - Registos de Ocorrências – Roturas e faltas de água (AdN) – Anexo A1 – Fig. A1.13, Fig. A1.14 e Fig. A1.15.;
- Caraterísticas das Infraestruturas:
  - Registos de Exploração (Caraterísticas de Infraestruturas) – Anexo A1 – Fig. A1.16;
  - Registos da Gestão de Ativos (Caraterísticas de Infraestruturas) – Anexo A1 – Fig. A1.17;
- Dados de custos operacionais;
- Variáveis da ERSAR;
- Registos de qualidade da água;
- Relatórios de gestão;
- Dados comerciais (*p.ex.*: faturação, parque de contadores);
- Dados de gestão de energia (*p.ex.*: consumos de energia elétrica).

4.2.4.4. Elementos produzidos no âmbito da tese

- Levantamento cadastral de infraestruturas:
  - Levantamento de VRP – Anexo A2 – Fig. A2.1, Fig. A2.2, Fig. A2.3, Fig. A2.4, Fig. A2.5, Fig. A2.6, Fig. A2.7 e Fig. A2.8;

- Dados de monitorização de infraestruturas:
  - Monitorização de VRP – registo in situ – Anexo A2 – Fig. A2.9, Fig. A2.10, Fig. A2.11, Fig. A2.12, Fig. A2.13, Fig. A2.14, Fig. A2.15 e Fig. A2.16;
  - Monitorização e manutenção de VRP – registo sistematizado – Anexo A2 – Tab. A2.1;
  - Monitorização e manutenção de VRP – registo individual – Anexo A2 – Fig. A2.17 e Fig. A2.18;
  - Monitorização de VRP – medição de pressões – Anexo A2 – Fig. A2.19;
  - Monitorização semanal de reservatórios de distribuição – Anexo A2 – Fig. A2.20;
  - Monitorização mensal de reservatórios de distribuição – Anexo A2 – Fig. A2.21;
  - Monitorização extraordinária de consumos em reservatórios de distribuição – Anexo A2 – Fig. A2.22;
  - Monitorização extraordinária de energia elétrica em reservatórios de distribuição – Anexo A2 – Fig. A2.23;
  - Monitorização de fontanários – Anexo A2 – Fig. A2.24;
- Dados de registo sistemático de ocorrências e intervenções:
  - Registo de ocorrências – Anexo A2 – Fig. A2.25;
  - Registo de intervenções – Anexo A2 – Fig. A2.26.
- Ações de fiscalização:
  - Levantamento de ramais de incêndio – Anexo A2 – Fig. A2.27;
  - Vistoria a instalações prediais – Anexo A2 – Fig. A2.28 e Fig. A2.29.
- Registo sistemático de ações de exploração:
  - Síntese de Volumes de Água Entrada no Sistema por PE – Anexo A2 – Fig. A2.30;
  - Levantamento de perdas e segurança em reservatórios de distribuição – Anexo A2 – Fig. A2.31;
- Proposta de ferramenta de apoio à gestão operacional de infraestruturas hidráulicas:
  - Linhas gerais – Anexo A2 – Fig. A2.32;
  - Layout – Anexo A2 – Fig. A2.33;
  - Dados – Anexo A2 – Fig. A2.33;
  - Desafios – Anexo A2 – Fig. A2.35;
- Gestão de recursos humanos:
  - Estruturação de equipas de exploração – Anexo A2 – Fig. A2.36;
  - Planeamento de equipas – Anexo A2 – Fig. A2.37.

4.2.4.5. Ficheiros de Dados

Os ficheiros de dados fornecidos pela EG e produzidos durante a tese são compatíveis com as ferramentas informáticas Microsoft Excel®, Microsoft Word® e AutoCAD®, que se utilizaram para análise, processamento e tratamento dos mesmos.

4.2.5. Sistema de Drenagem de Águas Residuais da Trofa

4.2.5.1. Abordagem Geral

Os dados relativos ao caso de estudo do SAR-Trofa foram disponibilizados pela EG do sistema "em baixa" (Águas do Norte, S.A.) e pela EG do sistema "em alta" – intercetor da Trofa (TRATAVE). Os dados facultados pelas duas EG, designadamente no que se refere aos volumes dos pontos de entrega do sistema "em baixa" (bacias de drenagem) ao sistema "em alta" (intercetor da Trofa), foram verificados e compatibilizados.

4.2.5.2. Período Abrangido

O período abrangido pelos dados fornecidos pelas EG do SAR-Trofa referem-se aos anos de 2014 2015, 2016, 2017 e 2018. Realça-se que os dados referentes ao ano de 2018 são mais completos, incluindo não apenas os volumes faturados, mas também os registos de medidores de caudal, consumos energéticos, entre outros.

4.2.5.3. Dados fornecidos pela entidade gestora

Apresenta-se, neste ponto, uma síntese dos dados fornecidos pelas EG, que foram processados e analisados no âmbito desta investigação. Elencam-se os principais dados facultados:

- Dados de volumes de águas residuais:
  - Volumes faturados pela TRATAVE por ponto de entrega – Anexo A7 – figura A7.1;
  - Volumes medidos em pontos de entrega "em alta" – Anexo A7 – figura A7.2;
  - Volumes globais faturados pela TRATAVE – Anexo A7 – figura A7.4;
- Registos de exploração:
  - Registos de ocorrências – Anexo A7 – figura A7.9;
  - Registos de monitorização de IE – Anexo A7 – figura A7.10;
- Caraterísticas das infraestruturas:
  - Dados de levantamento cadastral (não tratados) – Anexo A7 – figura A7.6;
  - Dados da gestão de ativos (provisórios) – Anexo A7 – figura A7.7;
  - Dados de PE em alta (ligações aos intercetores) – Anexo A7 – figura A7.8;
- Dados de precipitação;
- Dados de intervenções executadas e programadas;
- Dados de custos operacionais;
- Relatórios de gestão;
- Dados comerciais (*p.ex.*: clientes; faturação):
  - Faturação de Águas do Norte, S.A. a clientes "em baixa" – Anexo A7 – figura A7.3;
  - Faturação da TRATAVE a clientes industriais "em alta" – Anexo A7 – figura A7.5;
- Dados de gestão de energia (*p.ex.*: consumos de energia elétrica).

4.2.5.4. Ficheiros de Dados

Os ficheiros de dados fornecidos pela EG e produzidos durante a tese são compatíveis com as ferramentas informáticas Microsoft Excel®, Microsoft Word® e AutoCAD®, que se utilizaram para análise, processamento e tratamento dos mesmos.

4.3. METODOLOGIA DE GESTÃO OPERACIONAL DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS

4.3.1. APONTAMENTO INTRODUTÓRIO

A gestão do recurso água deverá ser resiliente na resposta aos desafios da exploração dos serviços de abastecimento, drenagem e tratamento de águas, considerando questões como a disponibilidade em cenários de escassez, a preservação de origens, a segurança no abastecimento, a salvaguarda de meios recetores, a resposta a fenómenos extremos e a adequação dos sistemas a novos contextos. Enquadrado na gestão operacional de infraestruturas hidráulicas, refere-se que o incremento de eficiência operacional deverá considerar a otimização de procedimentos operacionais, alicerçada num compromisso de melhoria contínua, transversal aos diversos níveis da organização (Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J., 2018c).

A gestão da água apresenta incertezas e riscos a diferentes níveis. Em Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J. (2017a), refere-se que a gestão operacional de infraestruturas hidráulicas poderá constituir um elemento agregador de conceitos como a gestão patrimonial de infraestruturas, a gestão do risco e a gestão técnica.

A procura de um modelo de gestão comum, adaptável a diferentes cenários, indica-se como um dos objetivos desta investigação. As infraestruturas hidráulicas estudam-se do ponto de vista da operacionalidade, do risco e da decisão (Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J., 2018a).

A metodologia de GOIH pretende atender aos desafios do setor e às dinâmicas organizacionais das EG, encontrando-se alicerçada em três principais áreas operacionais: avaliação, exploração e intervenção. A estrutura que se propõe estabelece o contexto da GOIH e pretende responder às principais ocorrências associadas ao abastecimento de água e à drenagem de águas residuais e pluviais (Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J., 2018b).

A gestão dos serviços de águas, ao nível estratégico, tático e operacional, não obedece a um conjunto de procedimentos e/ou regras preestabelecidas, salientando-se o caráter dinâmico e a importância do estabelecimento do contexto e da adaptabilidade das soluções preconizadas. A GOIH, abordada no âmbito da presente investigação, deverá ajustar-se à realidade das infraestruturas e dos diferentes intervenientes (*p.ex.*: EG, entidades reguladoras, clientes). A metodologia de GOIH proposta pretende, sobretudo, organizar os procedimentos operacionais, visando o incremento da eficácia e a procura de maior eficiência, de acordo com uma estrutura desenvolvida com o intuito de sistematizar ações efetuadas, a decorrer e em perspetiva. Pretende-se propor uma metodologia expedita e colaborativa, baseada na utilização de dados reais, que possibilite o desenho de uma estratégia operacional organizada, a demonstração estruturada de resultados e o apoio à tomada de decisão.

4.3.2. Estrutura da Metodologia

4.3.2.1. Abordagem Geral

A estrutura da metodologia proposta (figura 4.5) baseia-se nos conceitos de gestão que se abordam no Capítulo 2 – Estado da Arte (gestão patrimonial – estado, desempenho, custos e riscos; gestão do risco – metodologias de cálculo simplificadas, utilização de dados reais e gestão informada pelo risco; gestão técnica – conceitos operacionais e organizacionais), bem como nos desafios que se identificam na gestão dos serviços de águas e das infraestruturas hidráulicas que os suportam (visão integrada; sustentabilidade; inovação). A definição de estratégias operacionais direcionadas para as infraestruturas em que se pretende aplicar a metodologia e o suporte à tomada de decisão identifica-se como um dos pontos fulcrais (Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J., 2018a).

Estrategicamente, a metodologia atende ao equilíbrio das diversas dinâmicas associadas ao setor, aos principais desafios e às questões organizacionais (Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J., 2018c). De acordo com a estrutura representada na figura 4.5, a metodologia de GOIH assenta em três áreas operacionais, designadamente: avaliação; exploração; intervenção (Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J., 2018b).

Segundo uma visão integrada da exploração dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, a metodologia de GOIH poderá apoiar as EG no desenvolvimento de estratégias, na definição de soluções e na operação das infraestruturas hidráulicas (Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J., 2018b). Esta abordagem procura responder aos principais desafios da gestão da água, propondo orientações operacionais que visem a sustentabilidade económica, a proteção ao ambiente e a salvaguarda de pessoas e bens (Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J., 2018a).

A metodologia de GOIH lança-se a partir do tratamento de dados (estrutura proposta em 4.2) e procura atender a questões relacionadas com o ambiente, na procura de soluções ambientalmente sustentáveis; com a sociedade, na resposta às necessidades das pessoas, através do eficaz abastecimento de água e drenagem de águas residuais; com a economia, procurando soluções eficientes com menores recursos financeiros associados e que estimulem o mercado; com a ciência, aproximando a comunidade académica e as EG; com a inovação, pelo desenvolvimento de novas soluções; com a política, por meio do envolvimento dos decisores. A metodologia (figura 4.5) inicia-se pelo estabelecimento do contexto, divide-se em áreas operacionais, que se subdividem em unidades operacionais, e enquadra-se num processo contínuo, conforme com a estrutura seguinte:

- Contexto:
    - Desafios;
    - Organização;
- Áreas operacionais:
    - Avaliação – com as seguintes unidades operacionais:
        - Estado;
        - Desempenho;
        - Custo;
        - Risco;
    - Exploração – com as seguintes unidades operacionais:
        - Controlo operacional;
        - Resposta a ocorrências;
        - Informação: dados reais;
        - Gestão informada pelo risco;
    - Intervenção – com as seguintes unidades operacionais:
        - Monitorização;
        - Manutenção;
        - Reabilitação;
        - Reforço;
- Processo contínuo:
    - Monitorização da metodologia;
    - Revisão da metodologia;
    - Melhoria contínua.

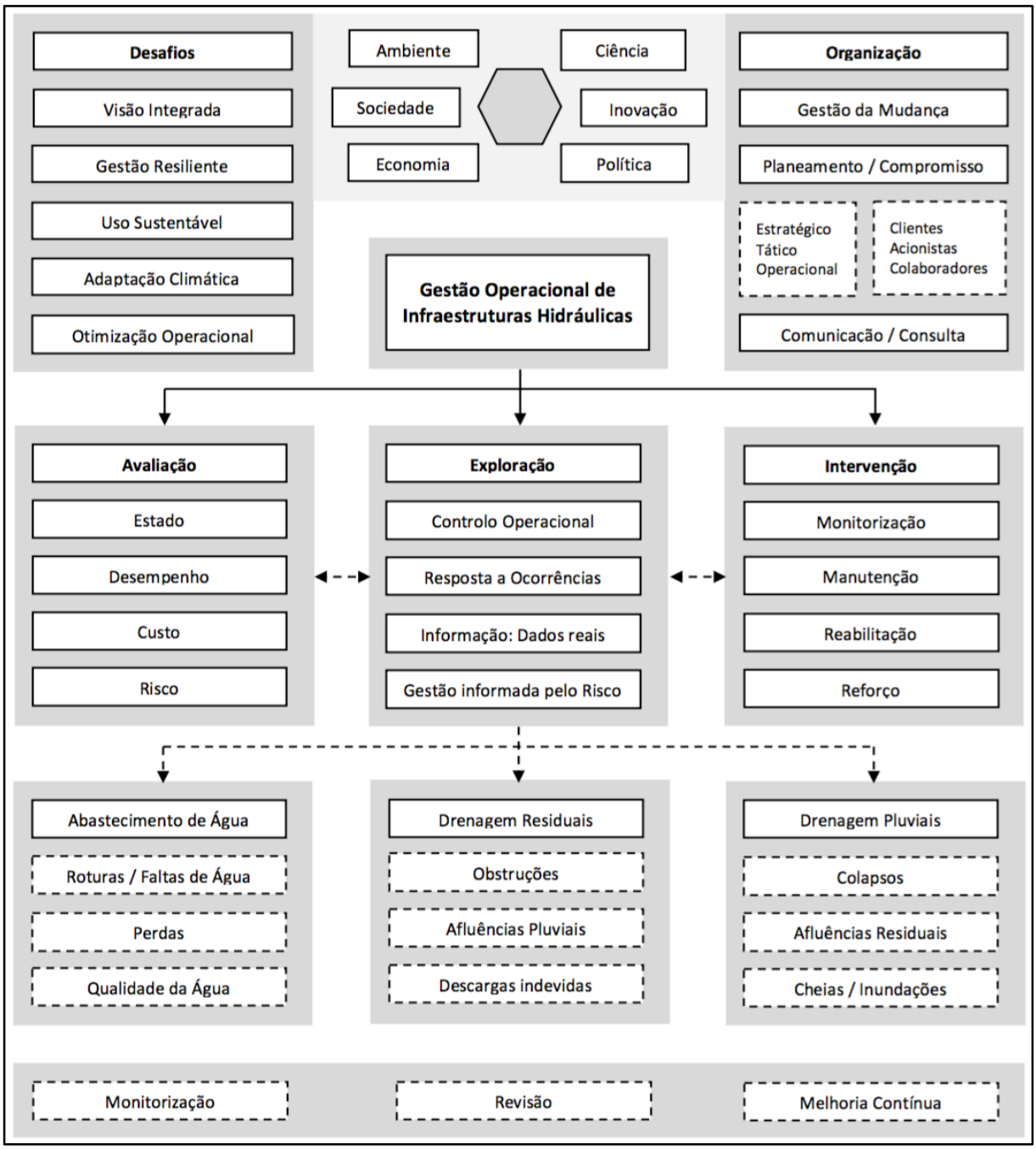


Fig. 4.5 – Representação Esquemática da Metodologia de GOIH

4.3.2.2. Desafios

O estabelecimento do contexto de base à aplicação de uma estratégia de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas deverá considerar os principais desafios que se colocam à sociedade, ao setor da água e às EG, nomeadamente a visão integrada das diversas dinâmicas da sociedade e do setor, a gestão resiliente dos recursos hídricos e dos serviços de águas, o uso sustentável da água, a adaptação climática e a otimização operacional.

Os desafios não integram, de forma explícita, as estratégias a desenhar e os procedimentos operacionais a definir, no entanto realça-se a importância de serem considerados de forma implícita na tomada de

decisão e na definição de ações operacionais. A exploração dos sistemas de abastecimento de águas e de drenagem de águas residuais e pluviais deverá efetuar-se mediante soluções que respondam de forma eficaz aos desafios que se colocam.

4.3.2.3. Organização

A abordagem às dinâmicas associadas ao setor da água e a gestão das entidades que operam nos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais necessitam de organizações estruturadas, com uma missão definida e que se traduza em objetivos específicos ajustados ao contexto que se verifica. A GOIH, tal como outros níveis de gestão (*p.ex.*: tática e estratégica), necessita do envolvimento das diferentes áreas das EG, de apoio político, de uma liderança eficaz, do estabelecimento de objetivos claros e possíveis, e do tempo necessário à aplicação de uma metodologia estruturada de gestão operacional.

A gestão da mudança em EG inclui-se no âmbito da presente metodologia, pela necessidade de criar um ambiente de mudança em organizações que operam num setor que constitui um monopólio natural, de acordo com uma gestão focada em objetivos que respondam à necessidade de diminuir as perdas económicas associadas a um serviço prestado com qualidade inferior (*p.ex.*: perdas de água nos sistemas de abastecimento; afluências pluviais nos sistemas de drenagem de águas residuais; inundações nos sistemas de drenagem de águas pluviais), de incrementar a eficácia operacional e de atingir níveis de eficiência compatíveis com a crescente exigência dos diferentes intervenientes.

O estabelecimento de prioridades deverá assentar num planeamento (*p.ex.*: estratégico; tático; operacional) que se encontre vocacionado para o reforço das áreas mais frágeis das EG, conforme um processo de mudança que se encontra descrito no Capítulo 2 – Estado da Arte. Realça-se a importância da comunicação, de forma transversal e alargada a toda a organização, e da consulta, preponderantes para a garantia de mobilização em torno da gestão da mudança.

A estruturação de departamentos, hierarquias, equipas operacionais e de outras questões relacionadas com a organização, deverá encontrar-se de acordo com o contexto em que operam as EG, considerando a sua dimensão, tipologia e âmbito de atuação. A gestão de recursos humanos e o desenho das estruturas organizativas das EG refere-se como um processo adaptativo, dinâmico e de crucial importância na obtenção de otimizações operacionais na gestão de infraestruturas hidráulicas.

4.3.2.4. Áreas operacionais

A metodologia proposta (figura 4.5) divide-se em três áreas operacionais, nomeadamente a avaliação, a exploração e a intervenção em infraestruturas hidráulicas. Os três níveis considerados enquadram-se no que se encontra descrito no Capítulo 2 – Estado da Arte e abordam-se, de forma mais detalhada, nos pontos seguintes.

4.3.3. AVALIAÇÃO

4.3.3.1. Abordagem Geral

A avaliação das infraestruturas hidráulicas divide-se em quatro áreas distintas, designadamente (Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J., 2018c):

- Avaliação de estado de conservação das infraestruturas;

- Avaliação de desempenho das infraestruturas;
- Avaliação do custo das infraestruturas;
- Avaliação do risco das infraestruturas.

Num estudo anterior realizado no âmbito desta tese de doutoramento, Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J. (2018c) apresentam um método expedito de avaliação do estado, desempenho e risco de infraestruturas hidráulicas, com base em informações que poderão ser provenientes de diferentes fontes (*p.ex.*: inquéritos às EG; avaliação patrimonial a efetuar; estudos anteriores sobre as infraestruturas; opinião de especialistas com base em dados básicos sobre as infraestruturas). Estabelecem-se 5 níveis/classes (tabela 4.1), por uniformização das informações descritas no Capítulo 2 – Estado da Arte. Salienta-se que a avaliação se encontra vocacionada para o enquadramento da situação atual das infraestruturas, apoiando a delineação de estratégias operacionais e o processo de tomada de decisão.

Tabela 4.1 – Avaliação de Infraestruturas – Classes de Avaliação

Classe	Estado	Desempenho	Risco (Probabilidade)
1	Muito bom	Excelência	Muito baixo
2	Bom	Eficiência	Baixo
3	Razoável	Eficácia	Médio
4	Mau	Pré-eficácia	Alto
5	Muito mau	Ineficácia	Muito alto

Em consonância com as informações disponíveis nas EG, a avaliação supramencionada poderá ser mais suportada por dados reais ou pela consulta aos colaboradores afetos à gestão operacional da infraestrutura (Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J., 2018c).

A avaliação do custo resulta da avaliação de estado e das informações sobre os valores unitários de construção/substituição de infraestruturas, de acordo com o processo descrito em 4.3.5.4. A atribuição de valores de referência para cada uma das infraestruturas poderá sustentar-se na análise de custos unitários considerados na bibliografia, em informações fornecidas pela EG, em valores reais de empreitadas ou em recolha de dados efetuada no âmbito da aplicação da metodologia.

O processo de avaliação que se propõe encontra-se de acordo com os princípios de gestão patrimonial de infraestruturas hidráulicas abordados no Capítulo 2 – Estado da Arte, numa perspetiva expedita e flexível, vocacionada para uma análise operacional sustentada em dados fornecidos pelas EG, sob a forma de inquérito ou resumo de análises de ativos mais detalhadas. As etapas que se indicam não são estáticas nem sequenciais, realçando-se a necessidade de a avaliação se ajustar ao contexto do ativo, infraestrutura ou sistema que se encontra em estudo. No caso de se verificar a existência de avaliações anteriores efetuadas pela EG ou por outras entidades, devem considerar-se os resultados e, eventualmente, a possibilidade de efetuar a avaliação às restantes componentes que não se encontrem incluídas e se entendam necessárias, culminando na sistematização final de resultados.

A sistematização de resultados da avaliação de infraestruturas poderá incluir os resultados da avaliação feita no âmbito da metodologia e de outras análises efetuadas fora do âmbito da aplicação da metodologia, num processo comum de estruturação e organização de dados, em que se sugere a inclusão dos seguintes elementos/etapas:

- Gráficos e tabelas resumo;

- Sistematização de resultados de risco;
- Matriz de risco;
- Sistematização de resultados de custos.

A figura 4.6 esquematiza o processo de avaliação de infraestruturas (estado; desempenho; custo; risco), desde a fase de tratamento de dados até à sistematização de resultados.

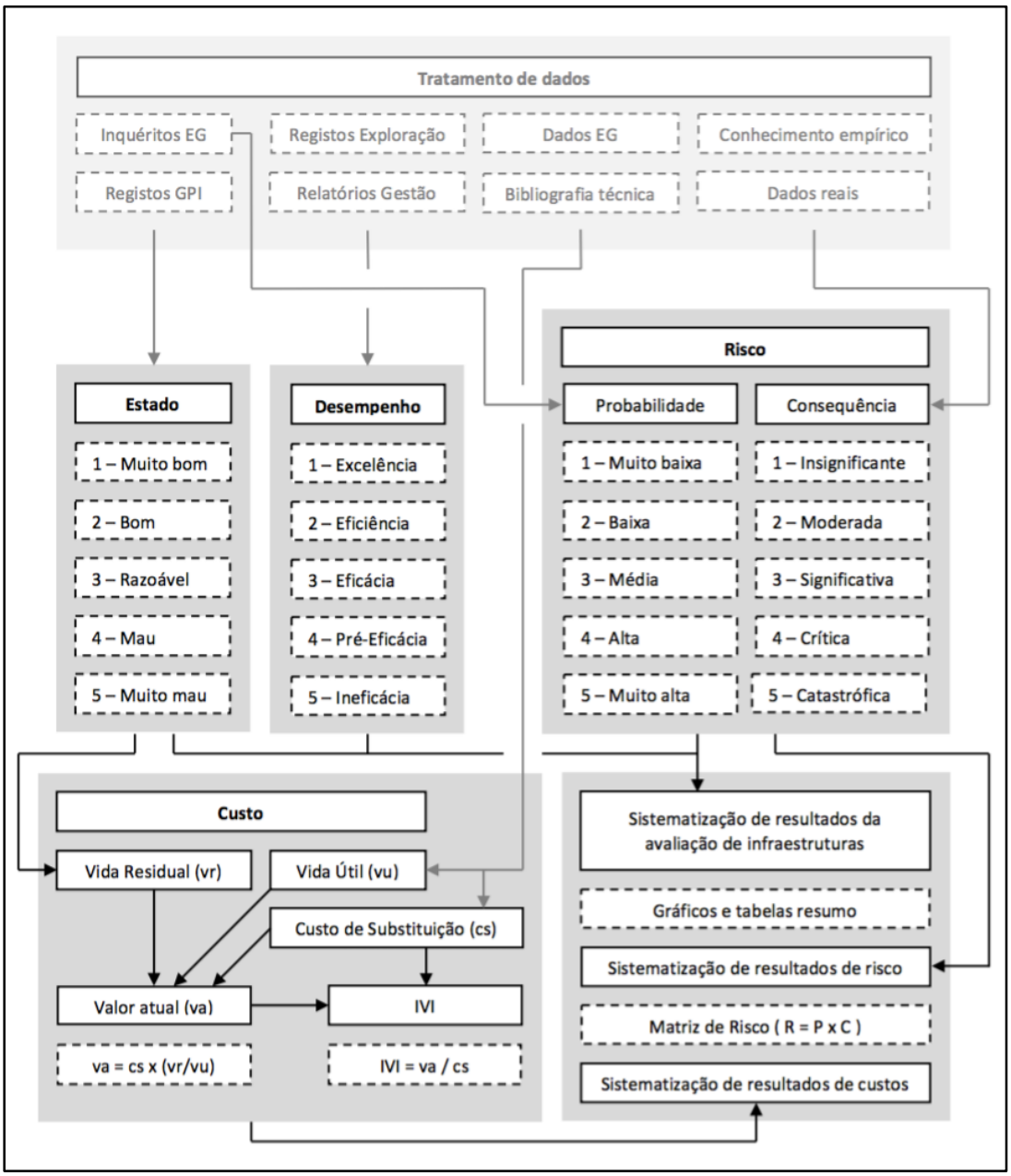


Fig. 4.6 – Representação Esquemática da Avaliação de Infraestruturas

4.3.3.2. Estado

A avaliação de estado das infraestruturas que se propõe encontra-se em consonância com as etapas propostas na figura 4.6, a partir do tratamento de dados efetuado (*p.ex.:* inquéritos à EG; dados de GPI), de acordo com as classes estabelecidas (muito bom; bom; razoável; mau; muito mau) e com o objetivo de sistematizar o estado de ativos/infraestruturas. A tabela 4.2 sintetiza os critérios de avaliação do estado de infraestruturas.

Tabela 4.2 – Avaliação do estado de infraestruturas – Classes de avaliação

Classe	Classificação	Descrição	Intervenção necessária	Taxa de reabilitação
1	Muito bom	Ativo em perfeito ou excelente estado de conservação	Manutenção normal	0%
2	Bom	Ativo que apresenta pequenas anomalias	Reparação pontual	5%
3	Razoável	Ativo que apresenta anomalias que requerem manutenção curativa significativa	Reparação significativa	10% - 20%
4	Mau	Ativo que requer renovação significativa	Renovação	20% - 40%
5	Muito mau	Ativo quase inutilizável	Substituição	> 50%

4.3.3.3. Desempenho

A avaliação de desempenho de infraestruturas, como representado esquematicamente na figura 4.6, efetua-se em cinco classes (excelência; eficiência; eficácia; pré-eficácia; ineficácia) e pretende estabelecer um enquadramento do desempenho de ativos/infraestruturas. A tabela 4.3 sistematiza os critérios de avaliação do desempenho de infraestruturas.

Tabela 4.3 – Avaliação do desempenho de infraestruturas – Classes de avaliação

Classe	Classificação	Descrição
1	Excelência	Ativo/componente cumpre a função de forma excelente.
2	Eficiência	Ativo/componente cumpre a função de forma eficiente.
3	Eficácia	Ativo/componente cumpre a função de forma eficaz.
4	Pré-eficácia	Ativo/componente cumpre função.
5	Ineficácia	Ativo/componente não cumpre a sua função.

As classes de desempenho consideradas também se podem utilizar para avaliar o desempenho social dos sistemas de abastecimento de água, de drenagem de águas residuais e de drenagem de águas pluviais, por consulta a *stakeholders*.

4.3.3.4. Custo

De acordo com as informações sintetizadas no Capítulo 2 – Estado da Arte, na parte referente à Gestão Patrimonial de Infraestruturas Hidráulicas, e com o procedimento que se encontra representado esquematicamente na figura 4.6, indicam-se, sequencialmente, os principais passos da avaliação dos custos de infraestruturas:

- Síntese de valores de substituição unitários de ativos/infraestruturas – Dados das EG / Guia de Custos do ERSAR (Covas, D. *et. al,* 2018) / Análise de valores de empreitadas associadas aos sistemas em que se integram as infraestruturas;
- Cálculo de valores de substituição de ativos/infraestruturas – dados EG/equação (2);
- Adoção de valores de vida útil de ativos/infraestruturas – tabela 2.5;
- Determinação da vida residual de ativos/infraestruturas – tabela 4.3, sustentada na avaliação prévia de infraestruturas, ou com base em dados de gestão patrimonial mais pormenorizados;
- Estimativa do valor atual de ativos/infraestruturas – equação (3)/equação (4);
- Cálculo do IVI de ativos/infraestruturas – equação (1)

A determinação dos custos de substituição das infraestruturas poderá efetuar-se através da utilização de valores unitários, obtidos a partir das diferentes fontes que se encontram suprarreferidas, ou pela análise de dados fornecidos pela EG, nomeadamente os custos de construção das infraestruturas em causa ou semelhantes, custos internos de referência, entre outros.

A tabela 4.4 sintetiza as vidas úteis residuais, com base na classe resultante da avaliação de infraestruturas, de acordo com as informações introduzidas no Capítulo 2 – Estado da Arte.

Tabela 4.4 – Avaliação da vida residual de infraestruturas – Classes de avaliação (adaptado de USEPA, 2005)

Classe	**Vida útil residual**							
	C. Civil	Condutas	Coletores	Bombas	Motores	E. Elétrico	Controlos	Edifícios
1	75	60	100	40	35	30	25	60
2	60	48	80	32	28	24	20	48
3	45	36	60	24	21	18	15	36
4	30	24	40	16	14	12	10	24
5	15	12	20	8	7	6	5	12

4.3.3.5. Risco

A estrutura desenvolvida preconiza uma avaliação do risco de infraestruturas em cinco classes de probabilidades (muito baixa; baixa; média; alta; muito alta) e de consequências (insignificante; moderada; significativa; crítica; catastrófica), como indicado na figura 4.6. A tabela 4.5 estabelece os critérios de avaliação do risco associado às infraestruturas, através da probabilidade de ocorrência de determinados eventos.

Tabela 4.5 – Avaliação do risco de infraestruturas – Classes de avaliação de probabilidades

Classe	**Classificação**	**Descrição**	**Probabilidade**
1	Muito baixa	Quase impossível	0,01 (0,00 - 0,05)
2	Baixa	Muito pouco provável	0,10 (0,02 - 0,15)
3	Média	Completamento incerto	0,50 (0,45 - 0,55)
4	Alta	Muito provável	0,90 (0,75 - 0,90)
5	Muito alta	Quase certo	0,99 (0,90 - 0,995)

A tabela 4.6 sintetiza as classes de consequências que se consideraram a avaliação de risco.

Tabela 4.6 – Avaliação do risco de infraestruturas – Classes de avaliação de consequências

Classe	Classificação	Descrição
1	Insignificante	Evento com consequência pouco relevante
2	Moderada	Evento com consequência de relevância moderada
3	Significativa	Evento com consequência relevante
4	Crítica	Evento com consequência crítica
5	Catastrófica	Evento com consequências catastróficas

A avaliação das consequências associadas aos eventos deverá encontrar-se contextualizada com a infraestrutura a que se aplica a metodologia, podendo ter um caráter mais subjetivo ou objetivo. Numa análise mais empírica, recorre-se, vulgarmente, à consulta de especialistas, para o estabelecimento das classes de consequências associadas aos diferentes eventos considerados.

A estimativa do risco que se propõe, com base na definição técnica geral de risco, explicitada pela equação (5) no Capítulo 2 – Estado da Arte, que se traduz pelo produto entre probabilidades (avaliadas em classes de 1 a 5) e consequências (avaliadas numericamente de 1 a 5), e assenta em 4 níveis de risco (avaliados numericamente de 1 a 25), designadamente:

- Risco reduzido: 1 a 4;
- Risco intermédio: 5 a 9;
- Risco elevado: 10 a 19;
- Risco muito elevado: 20 a 25;

Os níveis de risco propostos baseiam-se na matriz de risco genérica da figura 2.32, salientando-se que podem ser adequados aos casos de estudo em análise ou substituídos por análises de risco mais detalhadas anteriormente efetuadas ou a realizar. A avaliação do risco deverá ser revista e monitorizada, constituindo um instrumento de apoio á decisão. A representação dos resultados da avaliação de risco poderá efetuar-se por intermédio de gráficos, tabelas e ou matrizes de risco (tabela 4.7).

Tabela 4.7 – Avaliação do risco de infraestruturas – Matriz de risco

		Consequência				
		1 Insignificante	**2 Moderada**	**3 Significativa**	**4 Crítica**	**5 Catastrófica**
Probabilidade	**5 Muito alta**	5 Intermédio	10 Elevado	15 Elevado	20 Muito elevado	25 Muito elevado
	4 Alta	4 Reduzido	8 Intermédio	12 Elevado	16 Elevado	20 Muito elevado
	3 Média	3 Reduzido	6 Intermédio	9 Intermédio	12 Elevado	15 Elevado
	2 Baixa	2 Reduzido	4 Reduzido	6 Intermédio	8 Intermédio	10 Elevado
	1 Muito baixa	1 Reduzido	2 Reduzido	3 Reduzido	4 Reduzido	5 Intermédio

De forma mais genérica e em consonância com os níveis de risco estabelecidos, indicam-se algumas estratégias de tratamento e monitorização do risco, que se poderão adotar de acordo com a avaliação de risco proposta:

- Risco reduzido:
  - Aceitação do risco;
  - Monitorização em procedimentos de rotina;
- Risco intermédio:
  - Redução do risco;
  - Monitorização específica;
- Risco elevado
  - Transferência total ou parcial do risco;
  - Monitorização sistemática;
- Risco muito elevado:
  - Eliminação do risco;
  - Monitorização constante.

Tal como descrito no Capítulo 2 – Estado da Arte, a avaliação de riscos, mesmo quando efetuada com recurso a metodologias simplificadas, constitui um importante instrumento de gestão das infraestruturas.

4.3.3.6. Apontamento Final

A avaliação de infraestruturas que se propõe na área operacional de "Avaliação de Infraestruturas", mais especificamente nas unidades operacionais de "Estado", "Desempenho", "Custo" e "Risco", não pretende constituir a proposta de uma metodologia de avaliação patrimonial de infraestruturas, uma análise de risco detalhada ou uma avaliação de desempenho operacional. A perspetiva apresentada procura reunir conhecimentos das diferentes áreas, descritos de forma detalhada no Capítulo 2 – Estado da Arte, e, a partir destas, desenhar uma metodologia geral que apoie a GOIH.

Neste capítulo, apresentam-se diversas metodologias simplificadas de avaliação de infraestruturas, que poderão ser substituídas por análises mais detalhadas (*p.ex.* realizadas pelas EG, grupos de investigação, consultorias técnicas ou outros), em cada caso específico de avaliação.

4.3.4. EXPLORAÇÃO

4.3.4.1. Abordagem geral

Na estrutura de GOIH referida, a exploração de infraestruturas hidráulicas divide-se em quatro áreas, nomeadamente:

- Controlo operacional;
- Resposta a ocorrências;
- Informação: dados reais;
- Gestão informada pelo risco.

Na fase de tratamento de dados, sintetizam-se e elegem-se as informações consideradas relevantes na exploração de infraestruturas hidráulicas, a partir dos registos de exploração, dos relatórios de gestão, dos dados/caraterísticas das infraestruturas e dos dados de custos disponíveis nas EG.

As etapas consideradas na área operacional de exploração deverão ser contextualizadas com a infraestrutura a que se pretende aplicar a metodologia, podendo fazer sentido prescindir de alguma delas ou incluir outras. Realça-se que esta área operacional visa sobretudo a organização, a otimização, a eficiência, a gestão resiliente e o apoio à decisão.

O controlo operacional encontra-se vocacionado para a organização do registo de dados reais nas EG, para a estruturação de procedimentos operacionais, para o planeamento de rotinas, para a gestão de equipas e para outras ações que visem a organização, com retorno do ponto de vista do incremento da eficácia operacional.

A resposta a ocorrências foca as questões relacionadas com a gestão de meios humanos e materiais, com a relevância operacional de diferentes ativos/infraestruturas e com as ações preventivas. O principal objetivo deste ramo da área operacional de exploração prende-se com o reforço da capacidade de resposta das EG.

A gestão da informação, sobretudo de dados reais, revela-se crucial no atual contexto de exploração das infraestruturas hidráulicas. Presentemente, gera-se um elevado volume de dados, automaticamente ou através de registos operacionais, vulgarmente designados "*big data*", que deverão ser organizados e transformados em informação útil. A metodologia pretende alertar para esse facto, sugerindo-se uma estruturação de informação que deverá ser ajustada à infraestrutura em análise, com vista ao apoio à decisão.

No que se refere à gestão informada pelo risco, propõe-se uma metodologia de cálculo de risco expedita (produto de probabilidades por consequências), sustentada em dados reais, que possibilite a utilização do risco segundo o ponto de vista operacional, num procedimento mais adaptativo e versátil. O risco de

ocorrência de determinados eventos poderá informar a gestão operacional e apoiar o processo de decisão, na definição de estratégias de mitigação de riscos e na priorização de investimentos.

A figura 4.7 representa esquematicamente a área operacional de exploração (controlo operacional; resposta a ocorrências; informação: dados reais; gestão informada pelo risco).

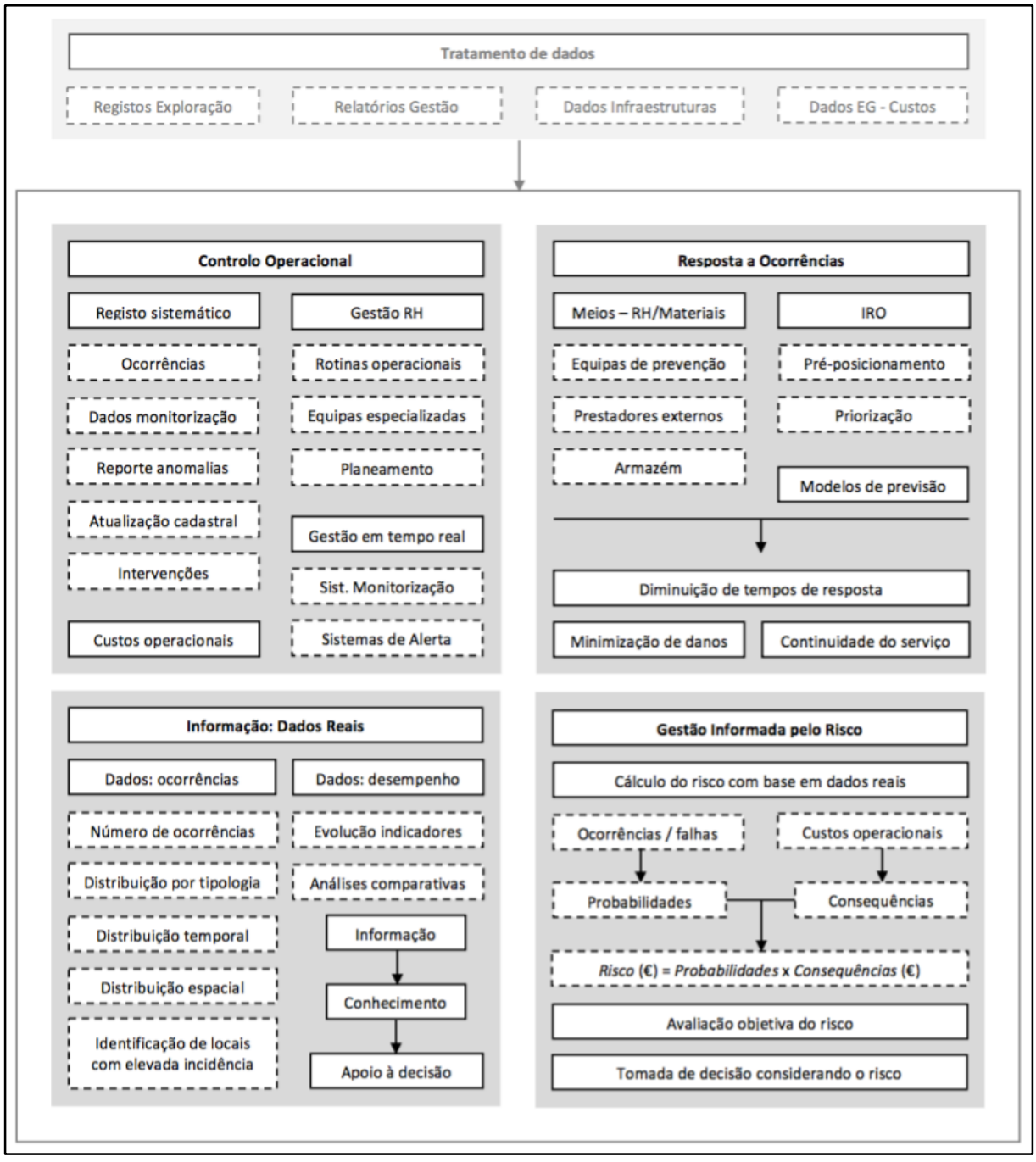


Fig. 4.7 – Representação Esquemática da Exploração de Infraestruturas

Na área operacional de exploração incluem-se também algumas considerações mais técnicas em abastecimento de água (*p.ex.*: perdas reais), drenagem de águas residuais (*p.ex.*: afluências pluviais) e drenagem de águas pluviais (*p.ex.*: afluências residuais).

4.3.4.2. Controlo Operacional

O controlo operacional, de acordo com o que se encontra esquematizado na figura 4.7, estrutura-se da seguinte forma:

- Registo sistemático – sistematização de informações relevantes para a exploração:
  - Ocorrências;
  - Dados de monitorização;
  - Reporte de anomalias;
  - Atualização cadastral;
  - Intervenções;
- Custos operacionais – organização, controlo e otimização de gastos operacionais;
- Gestão de recursos humanos – gestão musculada de equipas através das seguintes ações:
  - Estruturação de rotinas operacionais;
  - Implementação de equipas especializadas;
  - Planeamento de ações;
- Gestão em tempo real – promoção de ferramentas de gestão em tempo real, designadamente:
  - Sistemas de monitorização;
  - Sistemas de alerta.

4.3.4.3. Resposta a Ocorrências

A resposta a ocorrências, tal como se encontra patente na figura 4.7, divide-se da seguinte forma:

- Meios: recursos humanos e meios materiais – desenho, cálculo, organização, implementação e pré-posicionamento de:
  - Equipas de prevenção;
  - Prestadores externos;
  - Armazém operacional;
- Índice de Relevância Operacional (IRO) – utilização deste instrumento para:
  - Pré-posicionamento de meios humanos e materiais;
  - Priorização de ações operacionais;
- Modelos de previsão – implementação de ferramentas de previsão de eventos, para preparação de ações preventivas.

No âmbito desta investigação, propõe-se um índice, designado IRO, que pretende traduzir a relevância de determinado ativo, infraestrutura ou subsistema, considerando o seu peso no sistema. Este índice carateriza-se pela média dos pesos (em percentagem) de diferentes indicadores do sistema (*p.ex.*: número de clientes; extensão de rede; volumes de água entrada no sistema; volumes de águas residuais entregues a ETAR; volumes de águas residuais tratadas; água/saneamento faturada(o); energia elétrica; volumes de água captados), calculando-se pela seguinte expressão:

$$IRO\ (t) = \frac{\sum_{i=1}^{N}(a_{i,t}/b_{i,t})}{N} \quad (12)$$

onde:

- t – momento em que se realiza a medição;
- $IRO\ (t)$ – índice de relevância operacional no momento t;
- N – número total de indicadores considerados;
- $a_{i,t}$ – valor do indicador i relativo a determinado ativo/infraestrutura/subsistema, em t;

- bt_i – valor do indicador *i* relativo à totalidade de ativos/infraestruturas/subsistemas, em *t*.

A aplicação do IRO deverá ajustar-se ao ativo, infraestrutura ou subsistema a que se aplica, podendo considerar um ou mais indicadores, de acordo com a análise que se pretende efetuar. Com esta ferramenta poder-se-á avaliar a relevância de determinado subsistema (exemplos de indicadores: extensão de rede; número de clientes; volumes de água/águas residuais) ou infraestrutura (*p.ex.*: estação elevatória; exemplos de indicadores: energia elétrica, volumes elevados).

As estratégias definidas, de forma genérica e a especificar para as infraestruturas e sistemas a aplicar, visam os seguintes objetivos principais:

- Diminuição dos tempos de resposta;
- Minimização de danos;
- Continuidade de serviço.

4.3.4.4. Informação: Dados Reais

No que se refere à informação (dados reais), a presente metodologia, em consonância com a figura 4.7 e após o tratamento de dados, sugere a seguinte divisão:

- Dados de ocorrências – conversão de dados tratados em informação útil relativa a:
    - Número de ocorrências;
    - Distribuição por tipologia;
    - Distribuição temporal;
    - Distribuição espacial;
    - Identificação de locais com elevada incidência de ocorrências;
- Dados de desempenho – avaliação de infraestruturas e subsistemas, designadamente:
    - Evolução de indicadores;
    - Análises comparativas.

Este ramo da área operacional de exploração apresenta uma fronteira ténue com tratamento de dados (*p.ex.*: registos de exploração; relatórios de gestão; dados de infraestruturas) e realça-se que o seu principal foco se relaciona com a conversão de informação em conhecimento, que possibilite apoiar a decisão através de estratégias menos reativas e mais sustentadas em dados reais.

4.3.4.5. Gestão Informada pelo Risco

A atribuição de pesos de "importância" a diferentes componentes das infraestruturas, considerando a sua influência na eficiência global, o risco que se encontra associado e o investimento previsível, com a possibilidade de discutir o período de retorno e risco, identificam-se como uma visão diferente. A análise dos critérios de projeto e a pertinência das diversas ações a levar a cabo durante o ciclo de vida das infraestruturas, à luz desta visão, salienta-se como uma possibilidade de aplicar um modelo de gestão operacional informada pelo risco, segundo uma abordagem de suporte à decisão, considerando valores monetários reais associados a consequências de eventos, a investimentos e à resposta a ocorrências (Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J., 2017a).

No seguimento do que se encontra estruturado na figura 4.7, propõe-se uma abordagem ao risco simplificada, expedita e flexível, com uma forte vertente operacional e particular foco em dados reais. Sintetizam-se os principais passos desta gestão informada pelo risco:

- Cálculo do risco com base em dados reais:
    - Probabilidades – quociente entre o número de ocorrências/falhas associadas a determinada infraestrutura/subsistema e o total de ocorrências/falhas;
    - Consequências – custos operacionais associados a ocorrências/falhas;
    - Risco – produto entre probabilidades e consequências (equação (5));
- Avaliação objetiva do risco;
- Tomada de decisão considerando o risco.

Na ausência de históricos de dados que possibilitem a referida análise, poderão adotar-se técnicas de análise de risco e fiabilidade mais sofisticadas, com recurso a métodos de geração de dados (*p.ex.*: Método de Monte Carlo), conforme descrito no Capítulo 2 – Estado da Arte.

4.3.4.6. Abastecimento de Água

Numa vertente mais técnica e de acordo com a estrutura definida na figura 4.5, no caso dos sistemas de abastecimento de água, deve atender-se a situações relacionadas com ocorrências (*p.ex.*: roturas; faltas de água), à garantia de qualidade da água e às perdas de água. A gestão operacional deverá encarregar-se destas questões, considerando as abordagens convencionais, as soluções inovadoras, a criatividade e a capacidade de resolução de problemas, gerindo o risco e a informação disponível.

A segurança no abastecimento deverá considerar-se uma prioridade na gestão dos sistemas de abastecimento de água, tendo em conta o que se encontra preconizado no estado da arte, as práticas em vigor na EG com bons resultados, e o exemplo de casos em que os instrumentos de controlo de qualidade da água (*p.ex.*: Planos de Segurança da Água; Planos de Controlo da Qualidade da Água) se aplicam com eficácia. A monitorização da qualidade da água deve ser permanente e em melhoria contínua.

A resposta a ocorrências revela-se uma componente de crucial importância para a gestão adequada dos sistemas de abastecimento de água, tendo uma influência direta na continuidade do serviço (faltas de água) e nas perdas de água (tempo de reparação de roturas). Neste âmbito, realça-se a importância da preparação das equipas de prevenção, na elaboração, organização e fiscalização de contratos de prestação externa adequados, eventualmente por objetivos, no foco na rápida resposta a ocorrências e no registo sistemático de ocorrências (*p.ex.*: caraterização de tipos de rotura).

As perdas de água em sistemas de abastecimento de água, particularmente em sistemas em baixa, de pequena dimensão e com níveis de ineficiência elevados, representam o ponto fulcral da otimização operacional, podendo a sua redução e controlo iniciar e financiar todo o processo de transformação de uma EG, no sentido da eficiência e gestão resiliente. De acordo com o que se encontra sistematizado no Capítulo 2 – Estado da Arte, define-se uma estrutura (figura 4.8) que sintetiza os passos de uma estratégia de combate às perdas, que se propõe que integre a GOIH. Definem-se as principais componentes do combate às perdas de águas (reais e aparentes):

- Perdas reais:
    - Gestão de pressões na rede de distribuição;
    - Diminuição de tempos de resposta;
    - Gestão de infraestruturas (monitorização, manutenção, reabilitação e reforço);
    - Controlo ativo de perdas;
- Perdas aparentes:
    - Aferição de contadores;
    - Substituição de contadores;
    - Ações de fiscalização;
    - Ação comercial/instalação de contadores.

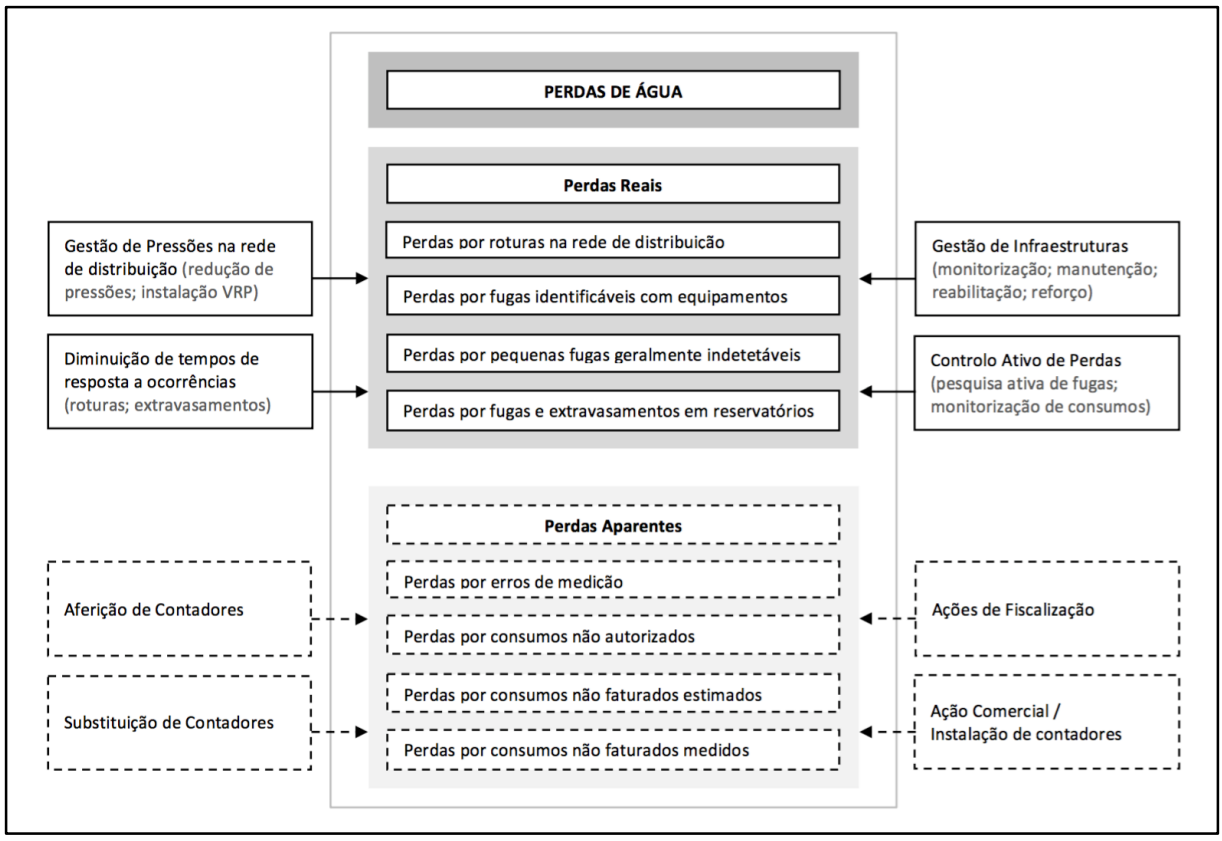


Fig. 4.8 – Representação Esquemática da Estratégia de Combate às Perdas de Água

O controlo ativo de perdas, enquadrado na estratégia integrada de combate às perdas de água, poderá incluir, entre outras, as etapas que se apresentam seguidamente:

- Definição de Zonas de Combate às Perdas (ZCP);
- Seleção, priorização e planeamento de ações futuras:
    - Elaboração do cronograma de ações;
    - Mobilização de meios humanos;
    - Definição de ações diurnas e noturnas:
        - Levantamento prévio de infraestruturas;
        - Verificação e/ou instalação de equipamentos de medição;
        - *Setp-tests*;
        - Pesquisa de fugas com equipamentos acústicos;
        - Identificação de roturas;
        - Pesquisa de consumos ilícitos;
        - Outras;
- Monitorização de consumos através da informação disponível de medidores de caudal:
    - Caraterização de volumes e CMN das ZCP;
    - Verificação e análise sistemática de dados;
    - Identificação de situações anómalas;
    - Registo de resultados associados a ações efetuadas no sistema:
        - Evolução de CMN;
        - Evolução de volumes diários;

- Reparação de roturas identificadas no âmbito do controlo ativo de perdas;
- Proposta de alterações a efetuar, para melhoria do desempenho do sistema:
    - Substituição de condutas;
    - Desativação de condutas;
    - Alteração de patamares de pressão;
    - Outras;
- Síntese de ações efetuadas e proposta de passos seguintes.

4.3.4.7. Drenagem de Águas Residuais

Relativamente aos sistemas de drenagem de águas residuais, de acordo com a metodologia de GOIH (figura 4.5), do ponto de vista da gestão técnica enquadrada na exploração, refere-se a resposta a ocorrências (*p.ex.*: colapsos; obstruções), o controlo de afluências pluviais e a salvaguarda de descargas indevidas. Tal como no caso do abastecimento de água, deverá procurar-se integrar o que se encontra descrito no estado da arte, e equilibrar a inovação com a convencionalidade.

As afluências pluviais indevidas referem-se como um problema cuja resolução poderá ser um importante contributo para a otimização da exploração dos sistemas de drenagem de águas residuais. O controlo de afluências pluviais poderá gerar ganhos a diferentes níveis (*p.ex.*: consumos energéticos; reagentes em ETAR), tanto nos sistemas "em alta" como nos sistemas "em baixa". Em determinados sistemas, onde o diferencial entre os volumes entregues em alta (VEA) e os volumes faturados a clientes em baixa (VF) dita valores de volumes não faturados (VNF) particularmente elevados, o controlo de caudais pluviais, através de soluções expeditas e eventualmente temporárias (*p.ex.*: desvio controlado de águas pluviais), poderá gerar ganhos rápidos que financiam uma estratégia integrada de combate às afluências pluviais.

Em consonância com os trabalhos analisados no estado da arte, no âmbito do desenvolvimento da presente investigação em GOIH, propõe-se uma estratégia de combate às afluências pluviais, que se representa esquematicamente na figura 4.9. Para além do controlo ativo de afluências (pesquisa ativa de afluências e monitorização de volumes), etapa comum ao controlo de afluências pluviais diretas (ligações indevidas) e de afluências pluviais indiretas (infiltrações), a estrutura proposta sugere as seguintes ações:

- Afluências pluviais diretas (ligações indevidas):
    - Redirecionamento de ligações indevidas;
    - Ampliação de redes de drenagem de águas pluviais;
    - Projeto e execução de redes separativas;
    - Intervenções em câmaras de visita;
    - Câmaras com dispositivos de controlo de caudais pluviais;
    - Soluções de controlo na origem;
    - Soluções ao nível das redes prediais;
- Afluências pluviais indiretas (infiltrações):
    - Intervenções em infraestruturas hidráulicas (*p.ex.*: coletores; ramais; câmaras de visita):
        - Monitorização de infraestruturas;
        - Manutenção de infraestruturas;
        - Reabilitação de infraestruturas;
        - Substituição de infraestruturas;
        - Reforço de infraestruturas.

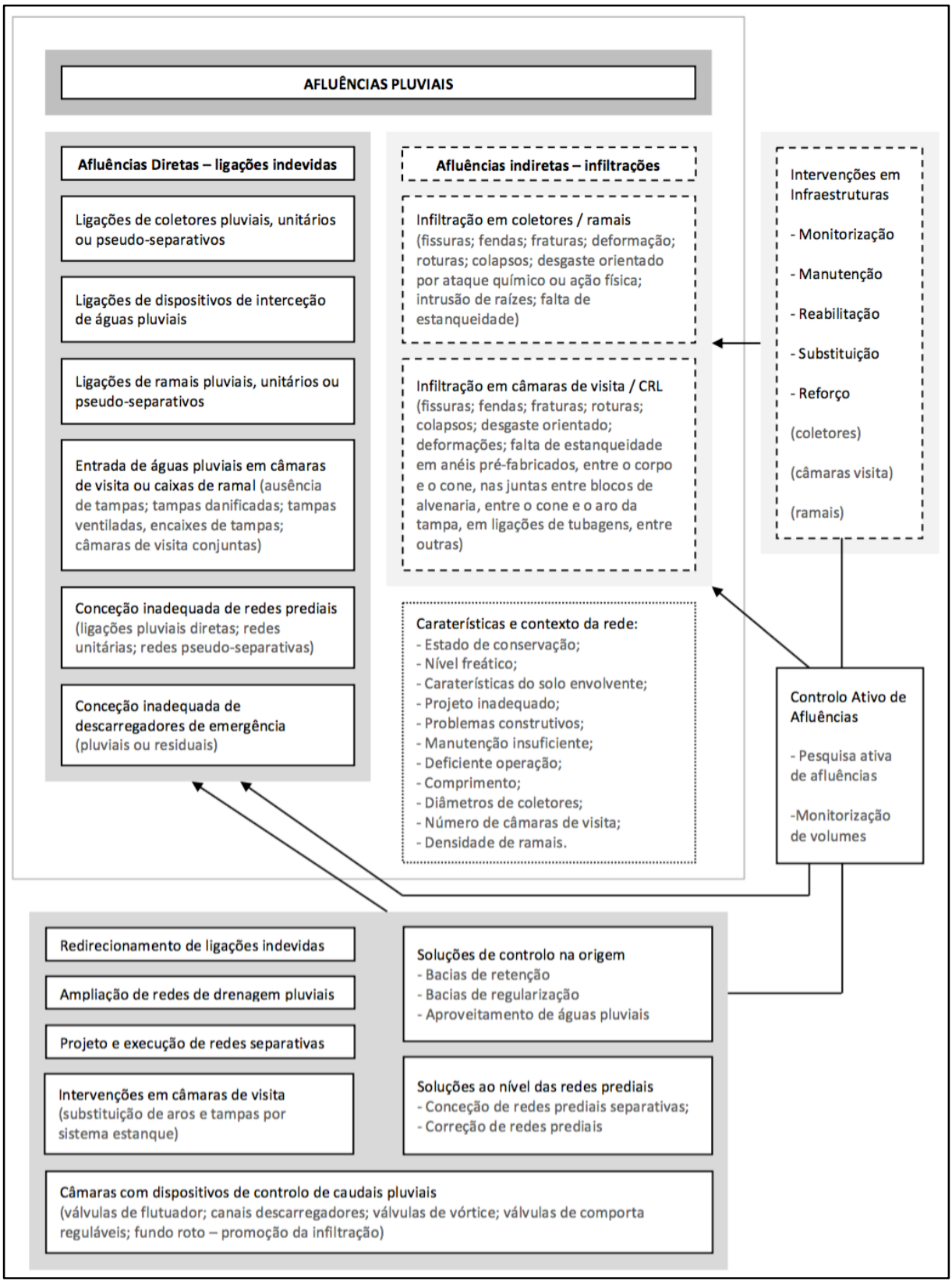


Fig. 4.9 – Representação Esquemática da Estratégia de Combate às Afluências Pluviais

4.3.4.8. Drenagem de Águas Pluviais

Em relação aos sistemas de drenagem de águas pluviais, a metodologia de GOIH (figura 4.5) considerada na presente tese de doutoramento aponta no sentido de a gestão operacional destes sistemas dever ter em conta a resposta a ocorrências (*p.ex.*: colapsos; cheias; inundações) e o controlo de afluências residuais a estas redes. A estratégia deverá atender ao estado da arte, a questões de gestão técnica amplamente descritas e implementadas em diversos sistemas, mas também a soluções de caráter inovador (*p.ex.*: drenagem dual; soluções verdes; bacias de retenção; soluções de controlo na origem).

A estrutura da estratégia de combate às afluências residuais às redes de drenagem de águas pluviais, que se apresenta nesta investigação, verifica-se bastante semelhante e com etapas comuns à referida para o controlo de afluências pluviais. A figura 4.10 representa esquematicamente essa estrutura.

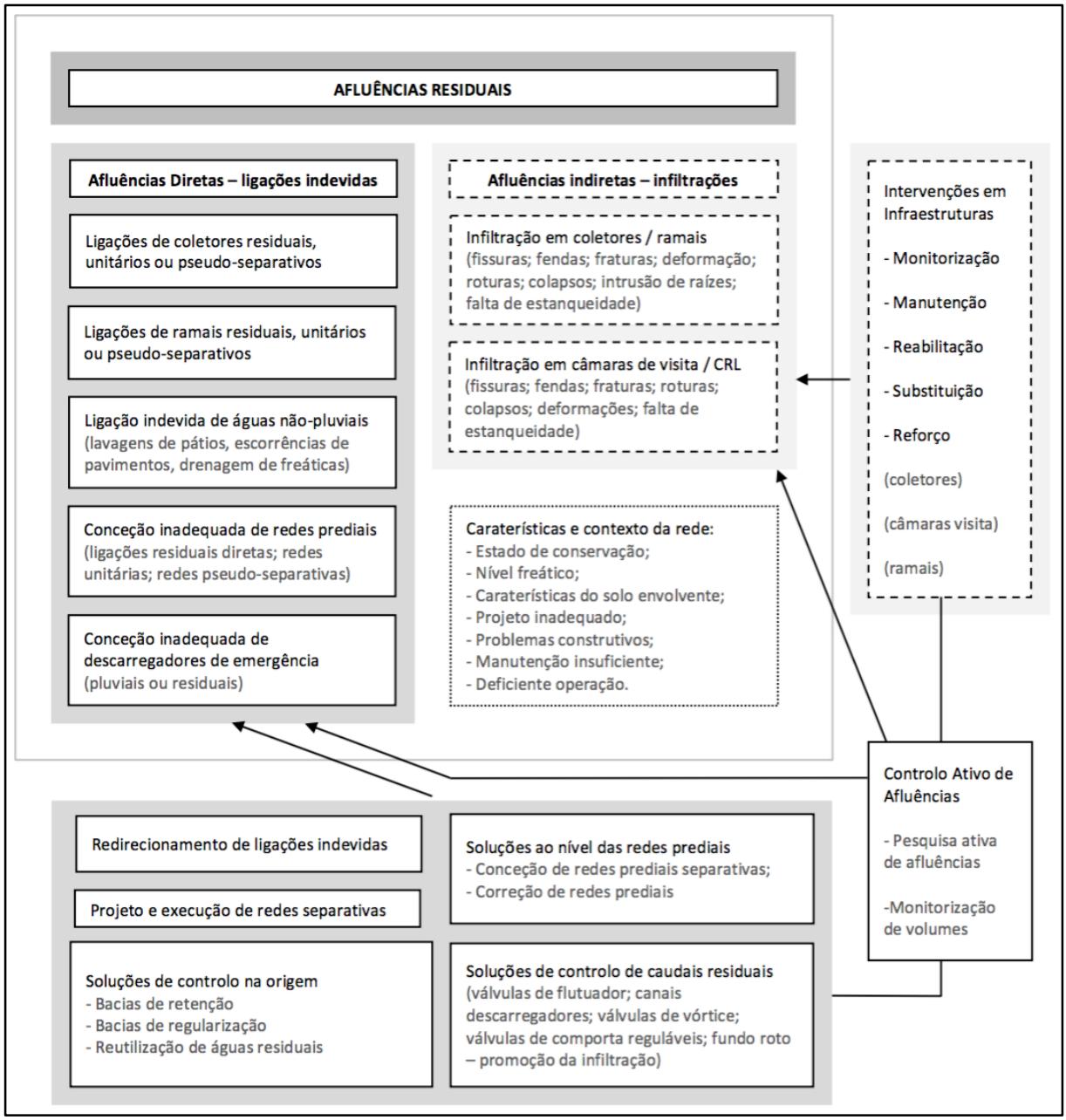


Fig. 4.10 – Representação Esquemática da Estratégia de Combate às Afluências Residuais

4.3.5. INTERVENÇÃO

4.3.5.1. Abordagem geral

A área operacional de intervenção, como se esquematiza na figura 4.10, encontra-se estruturalmente dividida nas seguintes partes:

- Monitorização;
- Manutenção;
- Reabilitação;
- Reforço.

Realça-se que a intervenção em infraestruturas hidráulicas se encontra relacionada com a exploração, particularmente no que diz respeito à monitorização. A divisão proposta visa sobretudo organizar as intervenções efetuadas nas diferentes componentes dos sistemas de abastecimento de água e drenagem de águas residuais e pluviais, com o objetivo de estabelecer prioridades, planear ações, sintetizar custos e otimizar a gestão operacional das infraestruturas hidráulicas.

A fase de tratamento de dados possibilita a síntese, sistematização e organização dos dados disponíveis (*p.ex.*: registos de exploração; registos de manutenção; investimento – planeamento/intervenções) na divisão considerada (monitorização; manutenção; reabilitação; reforço).

A monitorização de infraestruturas hidráulicas encontra-se associada ao controlo do funcionamento das diversas componentes dos sistemas de abastecimento de águas e de drenagem de águas residuais e pluviais, através do planeamento, da estruturação de rotinas e do desenho de estratégias que almejem o incremento de eficiência no desempenho e eficácia operacional.

No que se refere à manutenção de infraestruturas hidráulicas, a estrutura metodológica apresentada procura organizar intervenções de manutenção, analisar custos e planear ações futuras, de forma a sintetizar ações efetuadas, identificar necessidades e priorizar passos futuros.

Relativamente à reabilitação e ao reforço de infraestruturas hidráulicas, sugere-se que estas duas componentes da área operacional de intervenção sistematizem as ações efetuadas e a executar no futuro, possibilitando o planeamento de investimentos.

A figura 4.11 representa esquematicamente a área operacional de intervenção (monitorização; manutenção; reabilitação; reforço).

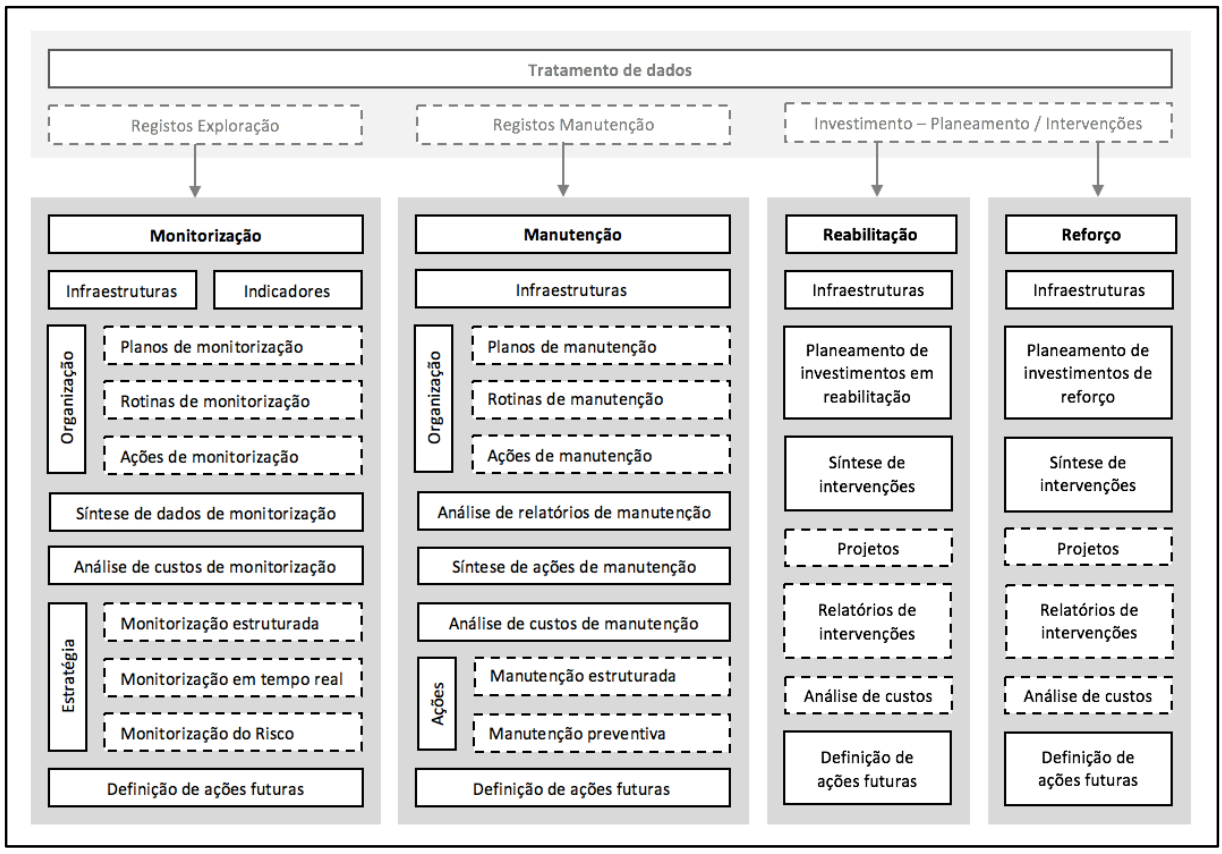


Fig. 4.11 – Representação Esquemática da Intervenção em Infraestruturas

4.3.5.2. Monitorização

A monitorização de infraestruturas hidráulicas, em linha com o que foi representado na figura 4.10, pode dividir-se da seguinte forma:

- Monitorização de infraestruturas – sistematização de ações efetuadas, a decorrer e previstas;
- Monitorização de indicadores – avaliação de indicadores de desempenho;
- Organização de:
    - Planos de monitorização;
    - Rotinas de monitorização;
    - Ações de monitorização;
- Síntese de dados de monitorização;
- Análise de custos de monitorização;
- Desenho de estratégia de:
    - Monitorização estruturada;
    - Monitorização em tempo real;
    - Monitorização do risco;
- Definição de ações futuras.

A transversalidade e a colaboração entre as diversas áreas operacionais (avaliação; exploração; intervenção) evidencia-se a diferentes níveis. A monitorização de infraestruturas hidráulicas revela-se particularmente associada à exploração, nomeadamente no controlo operacional.

A estruturação de uma estratégia de monitorização de infraestruturas hidráulicas visa uma gestão operacional mais organizada, de forma a garantir continuidade, a controlar a qualidade e a incrementar a eficácia, através de ações adequadas ao contexto dos sistemas e à estrutura das EG.

4.3.5.3. Manutenção

A manutenção de infraestruturas hidráulicas, dando cumprimento ao que se encontra patente na figura 4.10, poderá estruturar-se da seguinte forma:

- Manutenção de infraestruturas – sistematização de ações efetuadas, a decorrer e previstas;
- Organização de:
    - Planos de manutenção;
    - Rotinas de manutenção;
    - Ações de manutenção;
- Análise de relatórios de manutenção;
- Síntese de ações de manutenção;
- Análise de custos de manutenção;
- Programação de ações de:
    - Manutenção estruturada;
    - Manutenção preventiva;
- Definição de ações futuras.

A estrutura proposta pretende apoiar o desenho de uma estratégia de manutenção de infraestruturas, que deverá contextualizar-se de acordo com a tipologia e a dimensão dos sistemas a que pertencem, o seu estado de conservação, desempenho e risco, a estrutura e estado de desenvolvimento da EG e os recursos disponíveis. A organização da manutenção de infraestruturas hidráulicas deverá alicerçar-se na avaliação de infraestruturas e apoiar a exploração das mesmas.

4.3.5.4. Reabilitação

Em linha com o que se encontra definido para a área operacional de intervenção (figura 4.10), propõe-se que a reabilitação de infraestruturas hidráulicas apresente a seguinte divisão:

- Reabilitação de infraestruturas – sistematização de ações efetuadas, a decorrer e previstas;
- Planeamento de investimentos em reabilitação;
- Síntese de intervenções:
    - Projetos;
    - Relatórios de intervenções;
    - Análise de custos;
- Definição de ações futuras.

Nesta unidade operacional incluem-se ações que, a partir do tratamento de dados, da avaliação das infraestruturas e das necessidades de exploração, possibilitem a organização das intervenções de reabilitação efetuadas e o planeamento de outras a realizar no futuro, de acordo com projetos anteriores e perspetivas atuais.

4.3.5.5. Reforço

O reforço de infraestruturas hidráulicas, de acordo com o definido na figura 4.10, estrutura-se de forma semelhante à unidade operacional de reabilitação, com a seguinte divisão:

- Reforço de infraestruturas – sistematização de ações efetuadas, a decorrer e previstas;
- Planeamento de investimentos em reforço;
- Síntese de intervenções:
    - Projetos;
    - Relatórios de intervenções;
    - Análise de custos;
- Definição de ações futuras.

O objetivo de organização de intervenções de reforço revela-se semelhante ao que se encontra descrito para a reabilitação. Neste caso, a abordagem ao planeamento focar-se-á nas intervenções que permitem reforçar a capacidade de resposta e abrangência dos sistemas.

4.4. APOIO À DECISÃO

4.4.1. APONTAMENTO INTRODUTÓRIO

O apoio à decisão encontra-se intrinsecamente relacionado com o planeamento de investimentos, uma vez que as ações a implementar, de índole infraestrutural ou operacional, necessitam da mobilização de recursos financeiros. Estes recursos, deverão ser geridos de forma criteriosa, de modo a serem canalizados para as soluções que conduzam a maiores ganhos e períodos de retorno mais reduzidos. Nesse sentido, colocam-se as seguintes questões simples: Onde investir? Quanto investir? Quando investir? Como investir?

A introdução do apoio à decisão, no âmbito da metodologia de GOIH apresentada, tem como objetivo o suporte à decisão, através de orientações globais ao investimento (estratégia de investimento), do estabelecimento de cenários de investimento e do respetivo retorno (estratégia operacional), e da ponderação específica e mais detalhada de determinadas intervenções (estratégia de decisão específica). A estrutura proposta para a ferramenta de apoio à decisão procura fomentar uma visão integrada do investimento.

A ferramenta de apoio à decisão baseia-se na avaliação efetuada às infraestruturas hidráulicas (estado; desempenho; custo; risco), na síntese de procedimentos e dados de exploração (em curso e propostos) e na sistematização de intervenções de monitorização, manutenção, reabilitação e reforço (executadas e a executar). A determinação do retorno de todas as intervenções consideradas poderá não ser possível (*p.ex.*: ausência de dados), devendo a ferramenta encontrar-se preparada para responder a essa situação, considerando o retorno de determinadas intervenções e a tendência global de investimento, segundo uma visão conjunta e flexível do apoio à decisão.

O apoio à decisão deverá ser adaptável e aplicável a sistemas com registos de exploração completos e robustos, com ferramentas de gestão patrimonial e de investimento mais sofisticadas, a sistemas com poucos registos e recursos escassos de gestão e a casos intermédios. Tal como no restante da metodologia de GOIH utilizada, pretende-se que esta ferramenta reúna a melhor informação e recursos disponíveis na EG de determinado sistema, organizando, estruturando e transformando dados simples e registos automáticos em informação útil de apoio à decisão.

A ponderação de investimentos necessita de ser contextualizada, de acordo com a disponibilidade económico-financeira da EG, com o contexto do investimento (operacional ou infraestrutural), com as linhas de financiamento que podem ser utilizadas, com o período de retorno face ao horizonte temporal dos eventuais contratos de concessão em vigor, com os ganhos não mensuráveis monetariamente, entre outras questões que se considerem pertinentes em cada abordagem.

4.4.2. Ferramenta de Apoio à Decisão

4.4.2.1. Abordagem geral

O planeamento do investimento a efetuar no âmbito da gestão das infraestruturas hidráulicas inclui, essencialmente, dois tipos de investimento distintos, designadamente:

- Investimento com retorno operacional – intervenções relacionadas com a melhoria do desempenho das infraestruturas hidráulicas;
- Investimento com retorno estratégico – intervenções relacionadas com a evolução dos sistemas que integram as infraestruturas hidráulicas.

O investimento com retorno operacional na exploração das infraestruturas hidráulicas encontra-se relacionado com intervenções que podem ser analisadas no que respeita ao retorno estimado em termos da diminuição de ocorrências (*p.ex.*: roturas, faltas de água, obstruções, inundações), da redução de perdas ou de afluências indevidas, ou de entre outros ganhos operacionais. O retorno de cada intervenção poderá ser determinado com base no ganho monetário esperado, ou pela ponderação de índices de tomada de decisão, que pretende direcionar o investimento de acordo com a condição e com as necessidades das infraestruturas.

O investimento com retorno estratégico na gestão de infraestruturas hidráulicas refere-se a intervenções que se avaliam com base no interesse global da sua execução, do ponto de vista da evolução dos sistemas de abastecimento de água, de drenagem de águas residuais ou de drenagem de águas pluviais, pelo reforço da capacidade de resposta, pelo aumento da taxa de cobertura ou pelo incremento de segurança e qualidade do serviço prestado.

No âmbito do apoio à decisão, a ferramenta proposta foca-se no investimento com retorno operacional, segundo uma perspetiva de melhoria da gestão operacional de infraestruturas hidráulicas. Em "*4.4.2.5. Visão integrada de investimento*", concilia-se o investimento com retorno operacional, analisado na "Estratégia de investimento", na "Estratégia operacional" e na "Estratégia de decisão específica", propondo uma visão global de melhoria contínua do desempenho, da sustentabilidade e do serviço.

A ferramenta de apoio à decisão deverá incorporar os contributos da metodologia de GOIH proposta, bem como planos de GPI, planos estratégicos, planos de investimento e outros estudos que se encontrem acessíveis sobre determinada intervenção, ativo, infraestrutura ou sistema. No caso de se encontrarem disponíveis estudos de investimento mais robustos e detalhados, a ferramenta poderá ser utilizada como complemento e validação, ou de análise de uma intervenção específica.

A figura 4.11 sistematiza a estrutura geral dos principais "canais de informação" introduzidos pela ferramenta de apoio à decisão utilizada. Tal como representado, o apoio à decisão baseia-se nos dados sistematizados nas etapas anteriores da metodologia de GOIH, designadamente nas áreas operacionais de avaliação, exploração e intervenção.

Relativamente às áreas operacionais de avaliação e exploração de infraestruturas, a utilização de índices de apoio à decisão pretende converter os dados de diferentes origens e tipologias numa estrutura comum, genericamente designada por índices de apoio à decisão. Destes índices, destacam-se os seguintes: índice de avaliação de estado (IAE); índice de avaliação de desempenho (IAD); índice de avaliação do risco (IAR); índice de relevância operacional (IRO); índice de gestão do risco; índice de fatores de contexto (IFC). Da área operacional de avaliação, retiram-se também dados da avaliação de custo (custos de substituição; valor atual; IVI) e, da área operacional de exploração, a síntese de ocorrências e os custos operacionais sistematizados.

Em relação à área operacional de intervenção, a ferramenta de apoio à decisão integra custos de intervenções executadas e/ou planeadas, e custos de monitorização, manutenção reabilitação e reforço de infraestruturas. As intervenções consideradas e os respetivos custos integram os custos globais, nos quais se incluem também contribuições da avaliação patrimonial e dados de exploração, e dos quais se indicam as seguintes componentes principais: orçamento disponível; custos de intervenções de reabilitação; custos de intervenções de reforço; custos de reabilitação globais (CR); custos operacionais (CO). A estimativa de investimento elabora-se com base nas contribuições das diferentes áreas da EG, com particular foco nas que se citaram anteriormente.

A divisão *macro* de investimento poderá realizar-se apenas assente nos índices de decisão apresentados, resultando numa divisão percentual de investimento a partir da qual a EG poderá balizar o investimento, de acordo com as suas necessidades, ou incluir a estimativa de investimento e afetá-la pela divisão proposta, fundamentada nos índices de tomada de decisão. De acordo com a figura 4.11, a decisão pode efetuar-se a diferentes níveis, em conformidade com a disponibilidade de dados para o cálculo dos diferentes índices considerados, não necessitando de seguir a ordem referida. Salienta-se a divisão entre os custos infraestruturais (CI) e os custos operacionais (CO).

A estratégia operacional, abordada com mais especificidade num ponto seguinte, considera as informações da área operacional de intervenção e apoia a decisão, ponderando as diferentes opções a seguir (não intervir; adotar uma solução não infraestrutural; reabilitar; reforçar), efetuando uma análise por intervenção que pesa o investimento estimado, o ganho anual esperado e o período de retorno de investimento correspondente.

A otimização da decisão consiste na perspetiva integrada do apoio à decisão, ponderando uma visão *macro*, com uma estratégia operacional, podendo ser ainda especificada numa análise por intervenção. O estudo das intervenções com mais detalhe poderá conduzir à correção da estimativa de investimento e da divisão *macro* sugerida inicialmente, de acordo com o retorno estimado das intervenções e com as disponibilidades económico-financeiras da EG.

A estrutura que se mostra na figura 4.12 não pretende representar um conjunto de passos a ser executados sequencialmente. Os conceitos organizados em forma de fluxograma procuram indicar a interligação de contribuições e a cooperação transversal das diferentes áreas operacionais descritas na metodologia de GOIH. Os "canais de informação" propostos são indicativos, demonstrando que a utilização de dados reais e a sistematização de procedimentos e informações poderá ser útil no planeamento de investimentos e no apoio à decisão.

A perspetiva de apoio à decisão que se introduz na presente investigação não apresenta um caráter fechado, estático ou sequencial. Entende-se que a estrutura de uma ferramenta deste tipo deve ser suficientemente flexível, para que se adapte à dimensão, ao contexto, ao estádio de desenvolvimento e às disponibilidades financeiras de cada EG. De acordo com a estrutura descrita para a metodologia de GOIH e com a filosofia de utilização de informação incluída nesta ferramenta, propõe-se que o apoio à decisão se considere a três níveis, abordados de forma mais pormenorizada seguidamente, e que referem seguidamente:

- Estratégia de investimento;
- Estratégia operacional;
- Estratégia de decisão específica.

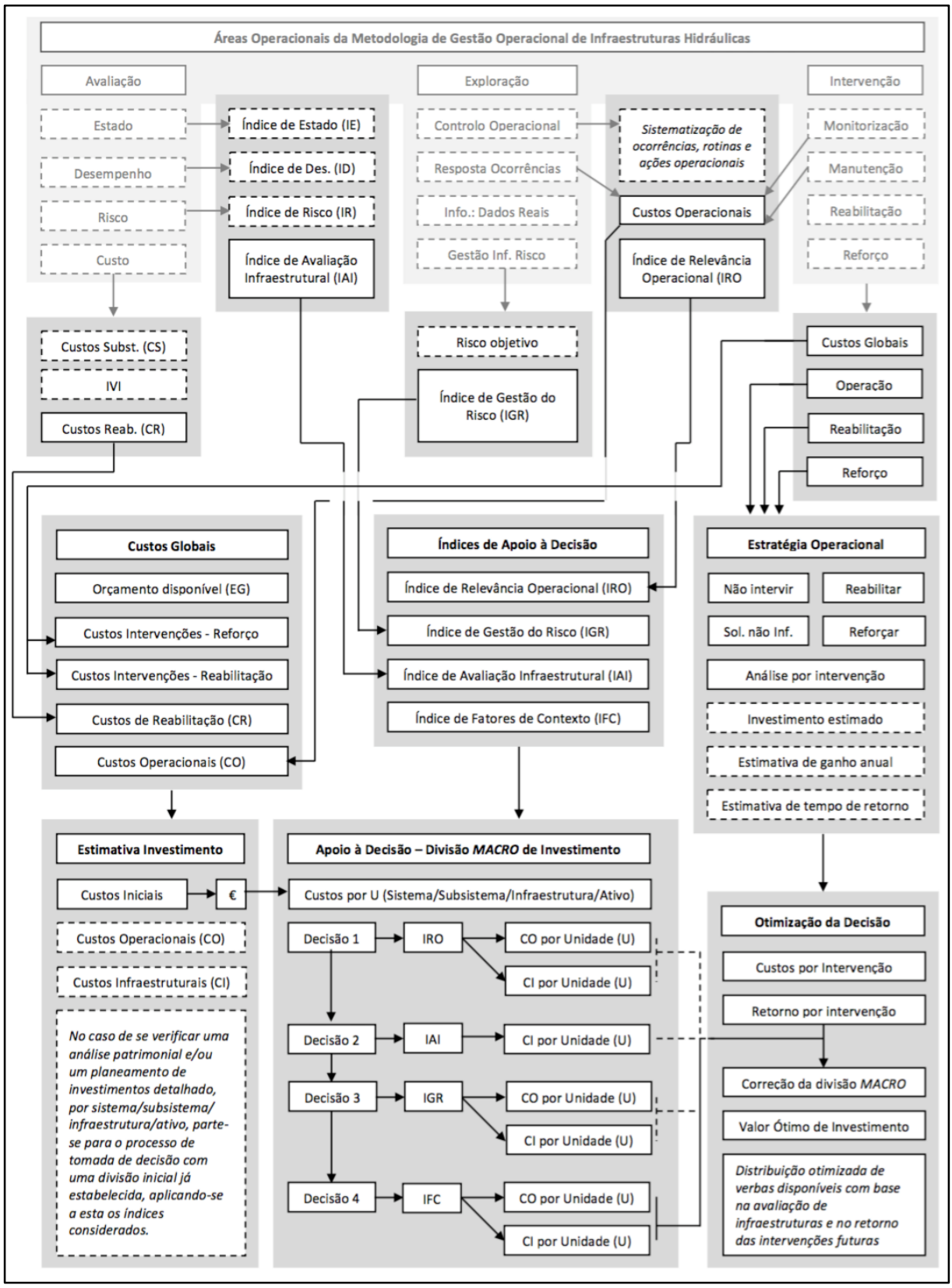


Fig. 4.12 – Representação Esquemática da Ferramenta de Apoio à Decisão

4.4.2.2. Estratégia de investimento

A estratégia de investimento apresenta, como objetivo central, o apoio ao decisor no planeamento macro de investimentos, com base em índices de apoio à decisão que pretendem traduzir a avaliação efetuada, os dados de exploração sistematizados e o contexto que se verifica.

Nesta componente, a ferramenta de apoio à decisão parte da avaliação efetuada (estado; desempenho; risco) e da componente de exploração analisada (relevância operacional; gestão informada pelo risco), e converte os resultados obtidos em índices de apoio à decisão, para os casos do investimento infraestrutural (*p.ex.*: reabilitação; reforço) e do investimento operacional (*p.ex.*: RH; viaturas; materiais), designadamente:

- Índice de Investimento Infraestrutural – III;
- Índice de Investimento Operacional – IIO.

Os índices referidos pretendem traduzir os elementos sistematizados na metodologia de GOIH em informações úteis de apoio à definição da estratégia de investimento. O III e o IIO determinam-se com base nos índices de avaliação e nos índices de gestão operacional abordados anteriormente. Nos pontos seguintes apresenta-se uma metodologia de cálculo para os índices de apoio à decisão (III e IIO), que são compostos por índices de apoio que se consideram separadamente, ao longo das etapas de decisão. Estes dois índices traduzem a divisão final do investimento, por unidade (*p.ex.*: ativo; infraestrutura; subsistema), após a aplicação dos diferentes índices de apoio à decisão (IRO; IAI; IGR).

Conforme a estrutura da figura 4.13, a estratégia de investimento parte da estimativa inicial de investimentos e dos índices de apoio à decisão, calculados por unidade de decisão (U) (*p.ex.*: ativo; infraestrutura; subsistema) e sugere uma tomada de decisão em diferentes etapas, de acordo com os índices de avaliação infraestrutural e os índices de gestão operacional. A decisão, que pode ser faseada, não necessita da totalidade destes índices e poderá incluir outros.

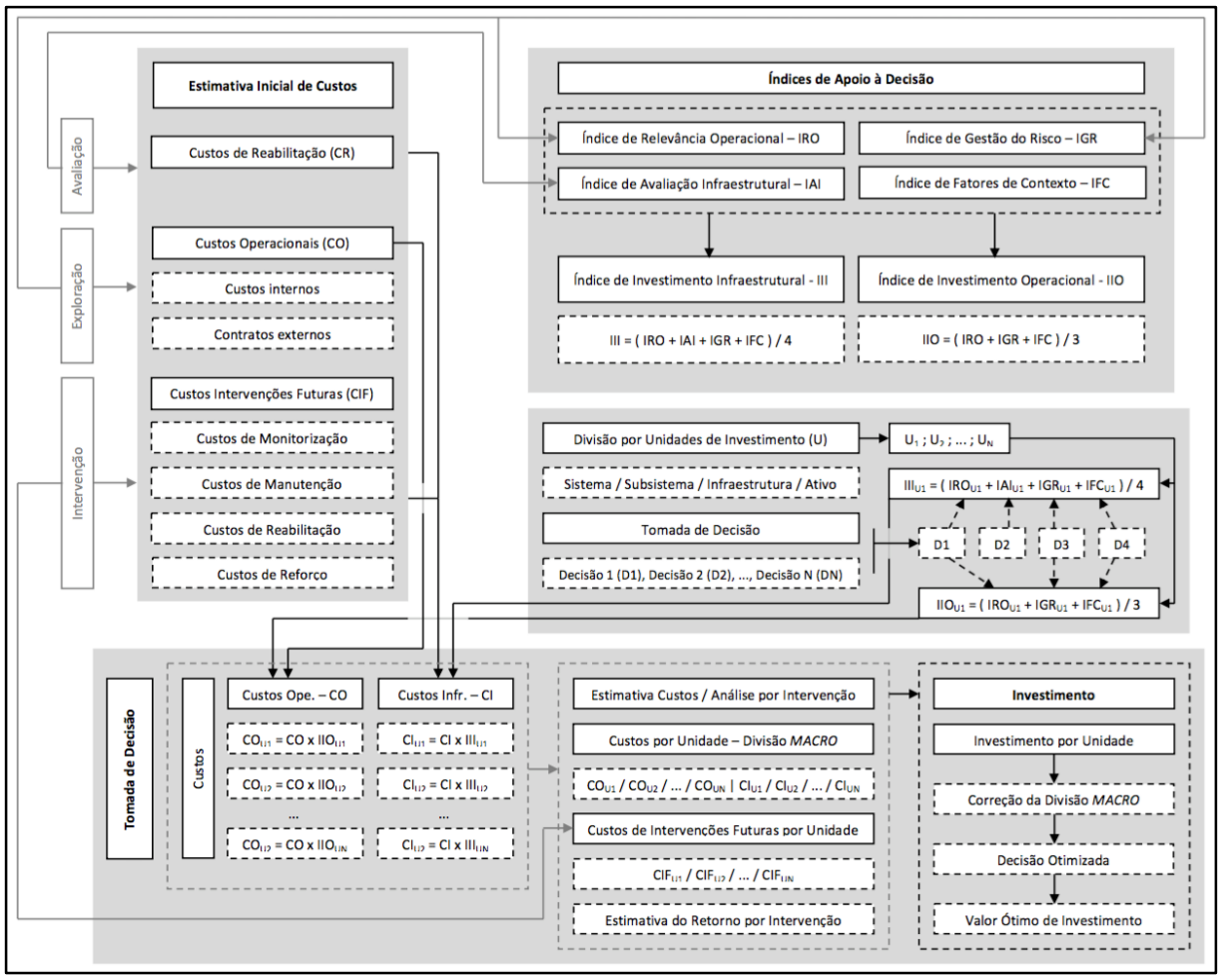


Fig. 4.13 – Representação Esquemática da Ferramenta de Apoio à Decisão – Estratégia de Investimento

De acordo com a representação esquemática da figura 4.12, embora esta ordem não seja necessariamente seguida, o primeiro nível de decisão relaciona-se com a relevância operacional (IRO), que considera a relevância operacional de cada unidade (*p.ex.*: ativo; infraestrutura; subsistema; sistema), e aplica-se ao investimento/custo operacional e ao investimento/custo infraestrutural. O segundo nível de decisão considera a avaliação efetuada (IAI) e afeta apenas o investimento/custo infraestrutural. O terceiro nível de decisão integra os dados retirados da gestão informada pelo risco (IGR) e propõe-se que influencie o investimento/custo infraestrutural e operacional. O quarto nível de decisão, inclui, caso se considere pertinente, a interpretação do contexto pelo gestor operacional (IFC) e poderá induzir o investimento/custo infraestrutural e o investimento/custo operacional.

Nos parágrafos seguintes, descreve-se o modo de cálculo dos índices de avaliação infraestrutural, dos índices de gestão operacional e dos índices de tomada de decisão. Realça-se que a metodologia de cálculo sugerida é indicativa e associada à forma como se propõe que seja efetuada a avaliação às infraestruturas e o tratamento dos dados de exploração. Na aplicação da ferramenta de apoio à decisão, poderá adotar-se outra metodologia de ponderação da avaliação e dos dados de exploração, desde que os dados sejam normalizados, em termos de escala, e colocados em base de ponderação comum.

O índice de avaliação de estado (IAE) poderá aplicar-se a diferentes escalas, de acordo com a comparação que se pretende estabelecer (*p.ex.*: entre infraestruturas; entre subsistemas; entre sistemas).

O seu valor varia entre 0 e 1 e consiste na ponderação da avaliação do estado de cada componente (*p.ex.*: ativo; infraestrutura; subsistema; sistema) que se compara, relativamente à avaliação média do estado de todas as componentes. O IAE pode calcular-se através da equação seguinte:

$$IAE_i(t) = \frac{a_{i,t}}{\frac{\sum_{i=1}^{N}(a_{i,t})}{N}} \quad (13)$$

onde:

- $IAE_i\ (t)$ – índice de avaliação de estado de *i* (*p.ex.*: ativo; infraestrutura; subsistema), em *t*;
- *t* – momento em que se realiza a avaliação;
- *N* – número total de ativos/infraestruturas/subsistemas avaliados;
- $a_{i,t}$ – valor relativo à avaliação de estado de *i* (*p.ex.*: ativo; infraestrutura; subsistema), em *t*.

O índice de avaliação de desempenho (IAD) poderá aplicar-se a diferentes escalas, de acordo com a comparação que se pretende estabelecer (*p.ex.*: entre infraestruturas; entre subsistemas; entre sistemas). O seu valor varia entre 0 e 1 e consiste na ponderação da avaliação do desempenho de cada componente (*p.ex.*: ativo; infraestrutura; subsistema; sistema) que se compara, relativamente à avaliação média do desempenho de todas as componentes. O IAD pode calcular-se através da equação seguinte:

$$IAD_i(t) = \frac{a_{i,t}}{\frac{\sum_{i=1}^{N}(a_{i,t})}{N}} \quad (14)$$

onde:

- $IAD_i\ (t)$ – índice de avaliação de desempenho de *i* (*p.ex.*: ativo; infraestrutura; subsistema), em *t*;
- *t* – momento em que se realiza a avaliação;
- *N* – número total de ativos/infraestruturas/subsistemas avaliados;
- $a_{i,t}$ – valor relativo à avaliação de desempenho de *i* (*p.ex.*: ativo; infraestrutura; subsistema), em *t*.

O índice de avaliação de risco (IAR) poderá aplicar-se a diferentes escalas, de acordo com a comparação que se pretende estabelecer (*p.ex.*: entre infraestruturas; entre subsistemas; entre sistemas). O seu valor varia entre 0 e 1 e consiste na ponderação da avaliação do risco de cada componente (*p.ex.*: ativo; infraestrutura; subsistema; sistema) que se compara, relativamente à avaliação média do risco de todas as componentes. O IAR pode calcular-se através da equação seguinte:

$$IAR_i(t) = \frac{a_{i,t}}{\frac{\sum_{i=1}^{N}(a_{i,t})}{N}} \quad (15)$$

onde:

- $IAR_i\ (t)$ – índice de avaliação de risco de *i* (*p.ex.*: ativo; infraestrutura; subsistema), em *t*;
- *t* – momento em que se realiza a avaliação;
- *N* – número total de ativos/infraestruturas/subsistemas avaliados;
- $a_{i,t}$ – valor relativo à avaliação de risco de *i* (*p.ex.*: ativo; infraestrutura; subsistema), em *t*.

O índice de gestão do risco (IGR) poderá aplicar-se a diferentes escalas, de acordo com a comparação que se pretende estabelecer (*p.ex.*: entre infraestruturas; entre subsistemas; entre sistemas). O seu valor varia entre 0 e 1 e consiste na ponderação da avaliação objetiva do risco de cada componente (*p.ex.*: ativo; infraestrutura; subsistema; sistema), determinada pela definição técnica geral do risco e que se traduz por um valor monetários, que se compara, relativamente ao valor do risco médio determinado. O IGR pode calcular-se através da equação seguinte:

$$IGR_i(t) = \frac{a_{i,t}}{\frac{\sum_{i=1}^{N}(a_{i,t})}{N}} \quad (16)$$

onde:

- $IGR_i\ (t)$ – índice de gestão do risco de *i* (*p.ex.*: ativo; infraestrutura; subsistema), em *t*;
- *t* – momento em que se realiza a avaliação;
- *N* – número total de ativos/infraestruturas/subsistemas avaliados;
- $a_{i,t}$ – valor relativo ao risco de *i* (*p.ex.*: ativo; infraestrutura; subsistema), em *t*.

O índice de investimento infraestrutural (III) poderá aplicar-se a diferentes escalas, de acordo com a comparação que se pretende estabelecer (*p.ex.*: entre infraestruturas; entre subsistemas; entre sistemas). O seu valor varia entre 0 e 1 e consiste na ponderação dos diferentes índices de avaliação considerados (*p.ex.*: IAE; IAD; IAR; IGR; IRO). O III pode calcular-se através da equação seguinte:

$$III_i(t) = \frac{\sum_{i=1}^{N}(a_{i,t})}{NI} \quad (17)$$

onde:

- *III (t)* – índice de investimento infraestrutural de *i* (*p.ex.*: ativo; infraestrutura; subsistema), no momento *t*;
- *t* – momento em que se realiza a avaliação;
- *NI* – número total de índices considerados;
- $a_{i,t}$ – valor relativo ao índice de avaliação *i* (*p.ex.*: ativo; infraestrutura; subsistema), em *t*.

Os índices que se sugerem para o cálculo do III são o IRO, o IAI, o IGR e o Índice de Fator de Contexto (IFC). O IFC pretende ser uma ponderação de 0 a 1, a atribuir pelo decisor a cada um dos sistemas, de forma a dividir o universo de decisão percentualmente, dando um peso relativo a cada ativo/infraestrutura/subsistema, de acordo com o conhecimento que tem do mesmo.

O índice de investimento operacional (IIO) poderá aplicar-se a diferentes escalas, de acordo com a comparação que se pretende estabelecer (*p.ex.*: entre infraestruturas; entre subsistemas; entre sistemas). O seu valor varia entre 0 e 1 e consiste na ponderação dos diferentes índices operacionais considerados (*p.ex.*: IGR; IRO). O IIO pode calcular-se através da equação seguinte:

$$IIO_i(t) = \frac{\sum_{i=1}^{N}(a_{i,t})}{NI} \quad (18)$$

onde:

- *IIO (t)* – índice de investimento operacional de *i* (*p.ex.*: ativo; infraestrutura; subsistema), no momento *t*;
- *t* – momento em que se realiza a avaliação;

- NI – número total de índices considerados;
- $a_{i,t}$ – valor relativo ao índice operacional i (*p.ex.*: ativo; infraestrutura; subsistema), em t.

Os índices que se sugerem para o cálculo do IIO são o IRO, o IGR e o IFC.

A introdução de fatores de contexto possibilita que o gestor operacional coloque peso em determinado investimento, infraestrutura ou subsistema, com base na experiência ou na opinião individual, ou na recolha de pareceres que indiquem em determinado sentido. Em situações de igualdade de circunstâncias, nos termos da avaliação realizada, a contextualização efetuada pelo decisor poderá indicar qual o investimento com mais interesse estratégico, a longo prazo e do ponto de vista da evolução do sistema.

4.4.2.3. Estratégia operacional

A estratégia operacional, componente proposta no âmbito da ferramenta de apoio à decisão, encontra-se direcionada para a análise de opções operacionais, tendo em conta a ponderação de investimentos, ganhos e períodos de retorno. De acordo com a estrutura representada na figura 4.14, a estratégia operacional considera diferentes opções de intervenção (*p.ex.*: não intervir; intervenção não infraestrutural; intervenção de reabilitação; intervenção de reforço) e analisa a intervenção do ponto de vista do retorno associado a determinado investimento. O investimento (I) deve estimar-se com base na melhor informação disponível (*p.ex.*: bibliografia técnica; base de dados da EG; análise de custos de empreitadas).

O ganho anual (GA) deverá considerar as perdas económicas atuais (PEA) e os ganhos económicos atuais (GEA) de determinada infraestrutura (*p.ex.*: conduta; VRP; coletor; câmara de visita), em comparação com os ganhos económicos futuros (GEF) e com as perdas económicas futuras (PEF). De forma simplificada, o GA poderá ser determinado pelas PEA, que deixarão de existir caso se efetue determinado investimento (*p.ex.*: substituição de uma conduta com perdas – o GA corresponde à estimativa de PEA associada às perdas de água anuais na conduta substituída; reabilitação de um coletor com afluências pluviais indevidas – o GA corresponde às PEA associadas às afluências pluviais indevidas ao coletor reabilitado). O período de retorno calcula-se pelo quociente entre o I e o GA.

A tomada de decisão incluirá a seleção de intervenções, a priorização de intervenções e a estimativa de investimento. No âmbito da estratégia operacional podem realizar-se, também, previsões de evolução do desempenho dos sistemas (*p.ex.*: evolução de consumos energéticos; redução de perdas de água; controlo de afluências pluviais), com base na construção de múltiplos cenários hipotéticos de investimento.

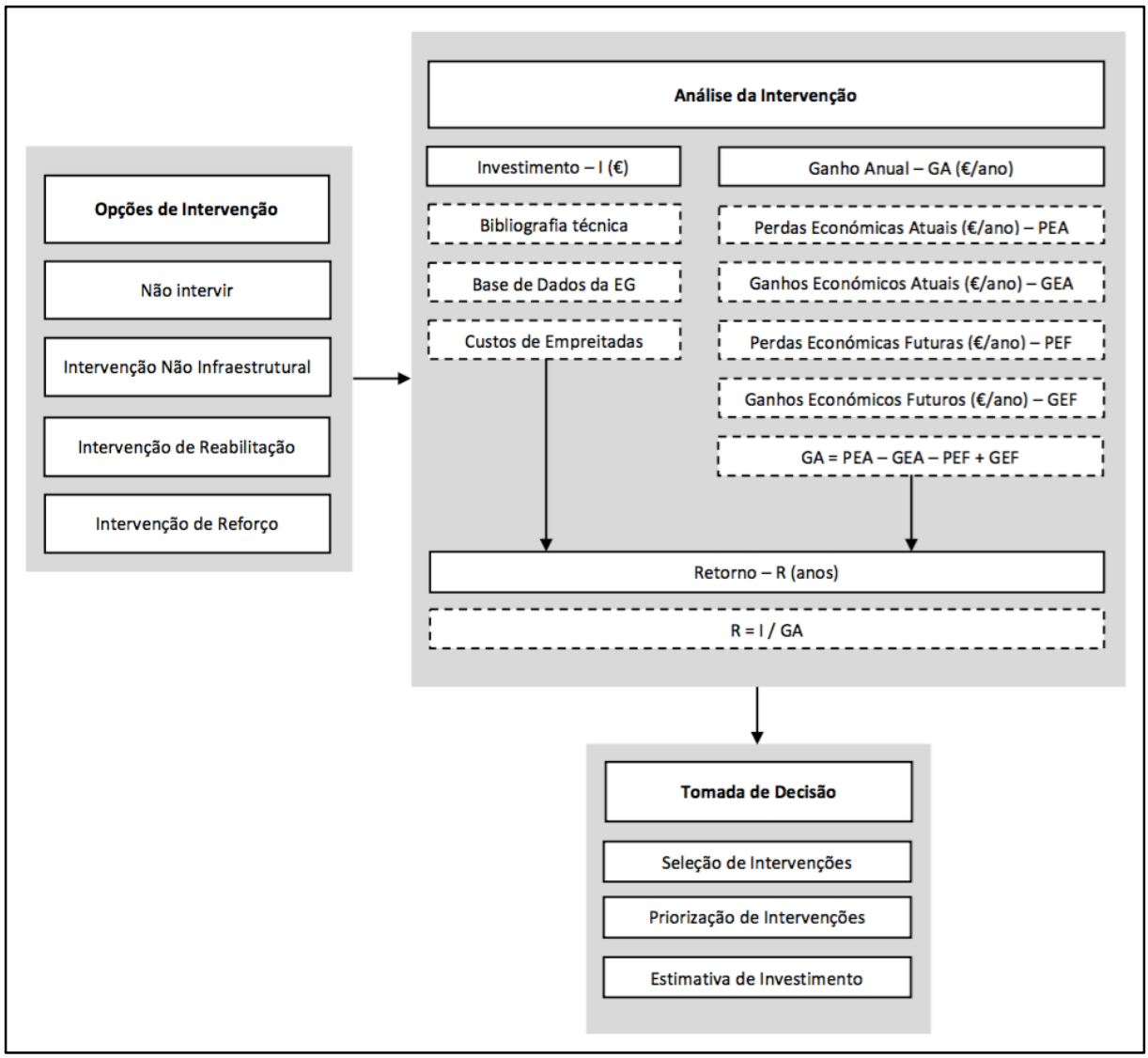


Fig. 4.14 – Representação Esquemática da Ferramenta de Apoio à Decisão – Estratégia Operacional

O período de retorno de determinado investimento poderá ser tanto menor quando maior for o ganho anual correspondente, que poderá encontrar-se associado à otimização operacional relacionada com determinada intervenção ou ação operacional, designadamente redução de perdas de água, de roturas, de obstruções, de colapsos, de inundações, de consumos energéticos, de gastos operacionais (*p.ex.*: reagentes; RH; viaturas), entre outros. O período de retorno relativo a determinado investimento calcula-se pela seguinte equação:

$$R = \frac{I}{GA} \tag{19}$$

onde:

- R – retorno, em *anos*;
- I – investimento, em *€*;
- GA – ganho anual, em *€/ano*.

$$GA = PEA - GEA - PEF + GEF \quad (20)$$

onde:

- *GA* – ganho anual, *€/ano*;
- *PEA* – perda económica atual, *€/ano*;
- *GEA* – ganho económico atual, *€/ano*;
- *PEF* – perda económica futura, *€/ano*;
- *GEF* – ganho económico futuro, *€/ano*;

4.4.2.4. Estratégia de decisão específica

Relativamente à estratégia de decisão específica, sugere-se que esta se desenvolva com a mesma abordagem descrita para a estratégia operacional, com base na previsão de investimentos, na estimativa de ganhos anuais e na determinação do retorno aproximado, mas com uma maior especificidade e focada individualmente em cada intervenção ponderada.

Propõe-se que, nesta componente, se incluam também análises de investimentos que não sejam mensuráveis monetariamente, ou que o seu interesse estratégico para a gestão das infraestruturas ou para a evolução dos sistemas deva ser ponderado, de uma perspetiva que não inclua apenas o retorno. Nesta abordagem podem incluir-se, também, as previsões de evolução dos sistemas a médio e longo prazo, de acordo com a decisão específica de se executarem determinadas intervenções.

4.4.2.5. Visão integrada de investimento

A visão integrada de investimento inclui-se na ferramenta de apoio à decisão com o objetivo de conciliar o investimento com retorno operacional (*p.ex.*: redução da ocorrência de roturas; redução de obstruções; redução de inundações; redução de perdas de água; redução de afluências indevidas; redução de faltas de água; redução de cheias), que poderá ser estimado a partir da melhoria esperada, e o investimento com retorno estratégico (*p.ex.*: equilíbrio dos sistemas; robustez da resposta; aumento da cobertura do sistema), que se avalia de forma mais global.

Os recursos económico-financeiros das entidades gestoras, das entidades governamentais ou de linhas de crédito internacionais, em cenários de escassez ou de abundância, devem ser utilizados de forma criteriosa, promovendo a otimização dos sistemas e uma gestão operacional que conduza a ganhos que possam ser direcionados para investimento, criando uma cadeia de valor. Os ganhos associados a investimentos efetuados de forma adequada poderão financiar um processo de transformação nas entidades gestoras, com ganhos para os diferentes *stakeholders*. A ferramenta de apoio à decisão referida procura, através de metodologias simples e de uma visão integrada, balizar o investimento, identificando os investimentos em que o ganho associado à mobilização de recursos poderá ser maior, ou seja, com um período de retorno mais curto. A figura 4.15 representa esquematicamente a seleção de investimentos.

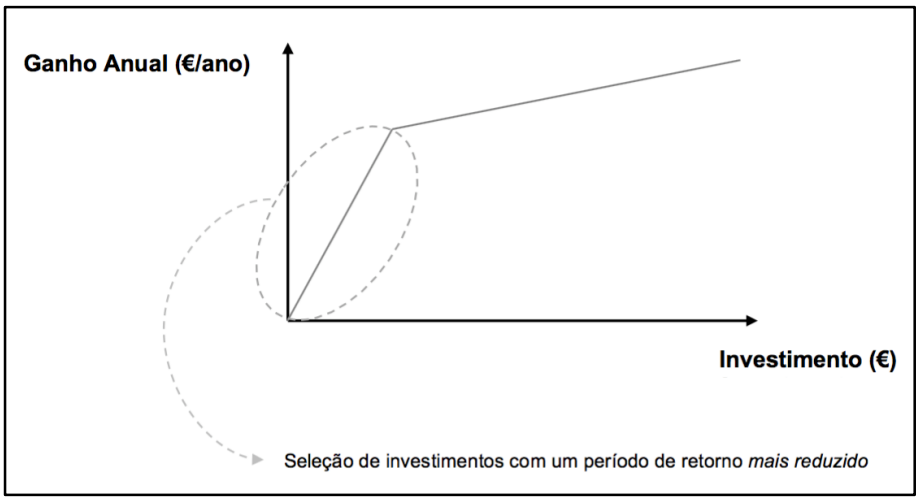


Fig. 4.15 – Representação Esquemática da Seleção de Investimentos

4.5. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA AOS CASOS DE ESTUDO

4.5.1. APONTAMENTO INTRODUTÓRIO

A metodologia de GOIH desenvolvida no âmbito desta investigação apresenta uma estrutura que se encontra assente num tratamento prévio de dados, que se contextualiza com desafios e com estrutura organizacional a que se pretende levar a cabo a sua aplicação, e que se alicerça em três áreas operacionais: avaliação; exploração; intervenção. Realça-se a flexibilidade da estrutura e a adaptabilidade de cada uma das áreas e unidades operacionais mencionadas, de acordo com o sistema a que se pretende aplicar a metodologia (abastecimento de água; drenagem de águas residuais; drenagem de águas pluviais), com o modelo de gestão da EG, com o tipo de serviço prestado (alta ou baixa) e com a totalidade ou parcialidade da sua aplicação, caso se aborde o sistema em todas as infraestruturas ou em parte delas, respetivamente.

De acordo com a abrangência, intervalo temporal, missão e objetivo da aplicação da metodologia, poderá considerar-se a totalidade ou parte das áreas e unidades operacionais referidas, bem como integrar-se outras que se revelem pertinentes na gestão operacional do ativo, da infraestrutura ou do sistema em estudo.

Neste ponto do capítulo 4, apresenta-se a aplicação da metodologia de GOIH aos casos de estudo abordados no âmbito da presente tese de doutoramento, designadamente:

- Abastecimento de água – SAA-Arouca;
- Drenagem de águas residuais – SAR-Trofa.

Referem-se estudos anteriores efetuados no âmbito do desenvolvimento da metodologia, com resultados e considerações preliminares, e a aplicação da estrutura proposta que possibilitou a obtenção dos resultados apresentados na tese de doutoramento (Capítulo 5 – Resultados).

A aplicação da metodologia de GOIH é retrospetiva e prospetiva, procedendo-se a uma análise das ações realizadas e das que se perspetivam, avaliando os resultados das opções tomadas e sugerindo ações a implementar no futuro.

4.5.2. Sistema de Abastecimento de Água de Arouca

O desenho, desenvolvimento e aplicação da estratégia operacional que se realiza nesta investigação, descrita neste capítulo designado "Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas", ocorrem de forma integrada com a exploração do SAA-Arouca, no âmbito da atuação da EG, salientando-se a flexibilidade na metodologia aplicada e a contribuição colaborativa, que se pode traduzir em dois aspetos principais, designadamente:

- Intervenções, ações, procedimentos e elementos propostos no âmbito desta investigação e implementados pela EG, na exploração do SAA-Arouca;
- Dados reais de exploração, indicadores, testes, experiências e aprendizagens da operação do SAA-Arouca, incorporados nesta investigação.

A abordagem ao caso de estudo do SAA-Arouca surge em diferentes fases da presente investigação, desde a estruturação da metodologia à discussão dos resultados da sua implementação. O estabelecimento do contexto, o enquadramento organizacional, a avaliação das infraestruturas, a discussão e otimização de procedimentos operacionais, e a sistematização das diferentes intervenções em infraestruturas referem-se a ações que se executaram no âmbito da gestão operacional do SAA-Arouca. Desta forma, produziram-se diferentes elementos, no âmbito da tese, que se implementaram nas rotinas operacionais, na resposta a ocorrências, na síntese de ações concretizadas e na estruturação de intervenções a executar.

A aplicação da metodologia de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas a este caso de estudo faz-se em estudos anteriores, realizados no âmbito desta tese de doutoramento, que se abordam, neste ponto, segundo a perspetiva da evolução da investigação.

4.5.2.1. Avaliação

No que se refere à área operacional de avaliação de infraestruturas hidráulicas, a aplicação desta metodologia ao caso de estudo do SAA-Arouca executou-se com recurso a inquéritos efetuados à EG (Anexo 3 – Fig. A3.2), em consonância com a estrutura definida nesta metodologia e com critérios predefinidos (Anexo A3 – Fig. A3.1), de acordo cada uma das unidades operacionais, designadamente:

- Avaliação do estado das infraestruturas do SAA-Arouca:
    - Captações (tabela A3.1) – avaliação da seguinte componente:
        - Construção civil;
    - Condutas adutoras (tabela A3.2) – avaliação das seguintes componentes:
        - Adutoras (PVC);
        - Adutoras (PEAD);
        - Adutoras (FF);
    - Reservatórios (tabela A3.3) – avaliação das seguintes componentes:
        - Construção civil;
        - Equipamentos (equipamentos elétricos e válvulas);
    - Sistemas de tratamento (tabela A3.4) – avaliação das seguintes componentes:
        - Construção civil;
        - Equipamentos;
    - Condutas distribuidoras (tabela A3.5) – avaliação das seguintes componentes:
        - Distribuidoras (PVC);
        - Distribuidoras (PEAD);
        - Distribuidoras (FF);
    - VRP (tabela A3.6) – avaliação das seguintes componentes:

        - Construção civil;
        - Equipamentos;
    - EE (tabela A3.7) – avaliação das seguintes componentes:
        - Construção civil;
        - Equipamentos;
- Avaliação do desempenho das infraestruturas do SAA-Arouca:
    - Captações (tabela A3.1) – avaliação da seguinte componente:
        - Disponibilidade de caudal (continuidade das origens em tempo seco);
    - Condutas adutoras (tabela A3.2) – avaliação das seguintes componentes:
        - Funcionamento (capacidade de transporte, pressão de serviço);
        - Adequação de acessórios (válvulas de seccionamento, ventosas, descargas de fundo);
    - Reservatórios (tabela A3.3) – avaliação das seguintes componentes:
        - Reserva (análise face à população abastecida);
        - Controlo de nível (existência e fiabilidade de sistemas anti extravasamento, *p.ex.*: válvulas de boia, válvulas altimétricas);
        - Estanquidade (perda de água em paredes, lajes de fundo ou acessórios de ligação às células);
    - Sistemas de tratamento (tabela A3.4) – avaliação da seguinte componente:
        - Capacidade de tratamento (existência, fiabilidade e adequação do tratamento à qualidade de água bruta);
    - Condutas distribuidoras (tabela A3.5) – avaliação das seguintes componentes:
        - Funcionamento (capacidade de transporte, pressão de serviço);
        - Adequação de acessórios (válvulas de seccionamento, ventosas, descargas de fundo);
    - VRP (tabela A3.6) – avaliação das seguintes componentes:
        - Redução de pressão (adequação da VRP ao local);
        - Disponibilidade de caudal (adequação da VRP à zona de distribuição);
    - EE (tabela A3.7) – avaliação das seguintes componentes:
        - Capacidade de elevação (pressão e caudal elevados face às necessidade locais);
        - Eficiência energética (adequação dos equipamentos);
    - Avaliação do desempenho social do SAA-Arouca (tabela A3.3):
        - Perspetiva do cliente (imagem da EG, atendimento, processo de faturação);
        - Serviço prestado (qualidade de serviço, resposta a ocorrências, resolução de problemas, instalação de contadores, execução de ramais);
        - Infraestruturas (estado das infraestruturas, segurança das infraestruturas);
        - Avaliação global;
- Avaliação do custo de infraestruturas do SAA-Arouca:
    - Avaliação da vida útil, da vida residual, do custo de substituição, do valor atual e do IVI:
        - Captações (tabela A3.8);
        - Condutas adutoras (tabela A3.9);
        - Reservatórios (tabela A3.10);
        - Sistemas de tratamento (tabela A3.11);
        - Condutas distribuidoras (tabela A3.12);
        - VRP (tabela A3.13);

        - EE (tabela A3.14);
- Avaliação do risco (probabilidade de ocorrência) das infraestruturas do SAA-Arouca:
    - Captações (tabela A3.1) – avaliação das seguintes componentes:
        - Incumprimento (não conformidades de qualidade da água);
        - Security (sistemas de intrusão, alarme, videovigilância);
    - Condutas adutoras (tabela A3.2) – avaliação das seguintes componentes:
        - Perda de água (perdas em acessórios, fugas indetetáveis e roturas);
        - Rotura (ocorrência de roturas);
        - Interrupção de serviço (ocorrência de faltas de água);
    - Reservatórios (tabela A3.3) – avaliação das seguintes componentes:
        - Perda de água (perdas por extravasamento, falta de estanquidade, outros);
        - Security (sistemas de intrusão, alarme, videovigilância);
        - Ambiente e segurança (segurança de operação das infraestruturas);
    - Sistemas de tratamento (tabela A3.4) – avaliação da seguinte componente:
        - Interrupção de serviço (paragem de funcionamento de componentes ou da totalidade do sistema);
    - Condutas distribuidoras (tabela A3.5) – avaliação das seguintes componentes:
        - Perda de água (perdas em acessórios, fugas indetetáveis e roturas);
        - Rotura (ocorrência de roturas);
        - Interrupção de serviço (ocorrência de faltas de água);
    - VRP (tabela A3.6) – avaliação das seguintes componentes:
        - Perda de água (perda de água por funcionamento deficiente de VRP);
        - Rotura (rotura por funcionamento deficiente de VRP);
        - Interrupção de serviço (falta de água por funcionamento deficiente de VRP);
    - EE (tabela A3.7) – avaliação das seguintes componentes:
        - Perda de água (perda de água na elevação);
        - Security (sistemas de intrusão, alarme, videovigilância);
        - Ambiente e segurança (segurança de operação das infraestruturas).

A avaliação efetuada adapta-se ao sistema que se avalia, de acordo com o tipo de abastecimento (sistema principal ou sistema autónomo), sendo a avaliação sempre relativa, considerando os outros sistemas da mesma tipologia.

Relativamente à eficiência energética em EE, a avaliação contextualiza-se com os equipamentos disponíveis no mercado, para cada um dos efeitos. As bombas de furo e outras bombas de potências reduzidas, comparativamente com equipamentos de outra dimensão, apresentam rendimentos significativamente diferentes. No entanto, considera-se, nesta análise, a eficiência do equipamento, face ao melhor que está disponível no mercado.

A avaliação mais detalhada das infraestruturas hidráulicas, particularmente no que se refere ao caso de estudo do SAA-Arouca, coloca em evidência a necessidade de um conhecimento mais aprofundado das diversas componentes do sistema. Refere-se que o levantamento a realizar deverá abranger as condutas adutoras e distribuidoras (extensão total aproximada, diâmetros existentes e extensão média de cada diâmetro, materiais e extensão média de cada diâmetro, idade média); as válvulas de seccionamento (número, diâmetros, materiais); as válvulas de descarga (número, diâmetros, materiais); os antigos reservatórios (estado das ligações desativadas); as ventosas (número, diâmetros, materiais); as bocas de rega/lavagem (número, diâmetros, materiais); os hidrantes (número, diâmetros, materiais); as componentes de instrumentação (número, tipo de equipamento); as estações elevatórias (alturas manométricas, equipamentos eletromecânicos, regimes de funcionamento); os ramais de ligação

(número de ramais, diâmetros, extensão média, idade média); as redes prediais (idade média, VRP, materiais, reservatórios prediais, captações de água) (Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J., 2017a).

Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J. (2018c) abordam a área operacional de avaliação de infraestruturas, da metodologia em estudo, com aplicação a uma infraestrutura do SAA-Arouca (Reservatório de Cimo da Inha), associado ao subsistema da Abelheira, do SP, em consonância com informações facultadas pela EG, através de inquérito. De acordo com o método proposto (5 níveis), avaliou-se o estado (construção civil – 2; equipamentos – 2), o desempenho (reserva – 1; extravasamentos – 2; estanquidade – 1) e a probabilidade/risco (perda de água – 3; contaminação – 2; afogamento – 2). Relativamente à avaliação de custos, numa análise preliminar para a aplicação da metodologia no âmbito da tese, para a mesma infraestrutura, obtiveram-se os seguintes valores:

- Vida útil residual (Reservatório Cimo da Inha) – construção civil (classe 2): 60 anos;
- Vida útil residual (Reservatório Cimo da Inha) – equipamentos (classe 2): 24 anos;
- Custo de Substituição (Reservatório Cimo da Inha) – 203 500€;
- Valor atual (Reservatório Cimo da Inha) – 162 800€;
- Percentagem de vida útil consumida (Reservatório Cimo da Inha) – 80%.

No estudo supramencionado, salientam-se aspetos que se podem aprofundar no âmbito desta investigação, designadamente (Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J., 2018c):

- Avaliação de desempenho de outras infraestruturas (reservatórios, estações elevatórias, condutas, captações);
- Gestão do risco com base em dados reais (risco de perda de água; risco de rotura; risco de falta de água; risco de qualidade da água; risco social);
- Estabelecimento de estratégias de intervenção (monitorização; manutenção; reabilitação; reforço).

Em Cardoso-Gonçalves e Tentúgal-Valente (2018d), artigo desenvolvido no âmbito desta tese de doutoramento, incluem-se dados relativos à avaliação global das infraestruturas do SAA-Arouca, que aponta para um custo de substituição global a rondar os 2,35 M€, um valor atual de 1,42 M€ e um IVI correspondente de cerca de 0,60. Neste artigo, refere-se que a comparação entre os SA e o SP do SAA-Arouca, através de valores médios de estado, desempenho e risco, poderá indicar classes aproximadas, no entanto, a avaliação de custo aponta valores de IVI distintos: 0,67 no caso do SP e 0,47 no caso dos SA. A avaliação das infraestruturas hidráulicas deve, por isso, efetuar-se segundo uma perspetiva integrada, que considere diferentes componentes.

4.5.2.2. Exploração

O desenvolvimento da metodologia de GOIH, em coordenação, colaboração e reciprocidade com as atividades desenvolvidas no âmbito da exploração do SAA-Arouca, reflete-se na particular proximidade da área operacional de exploração com as alterações introduzidas na gestão operacional do SAA-Arouca. Em linha com as unidades operacionais que dependem estruturalmente da exploração, aplicou-se a metodologia de acordo com a seguinte divisão:

- Controlo operacional de infraestruturas hidráulicas:
    - Registo sistemático das seguintes ações:
        - Ocorrências;
        - Monitorização de infraestruturas (reservatórios e VRP);
        - Levantamento e atualização cadastral (VRP);
    - Gestão de recursos humanos:

        - Estruturação de equipas funcionais de exploração;
        - Planeamento sistemático de tarefas;
    - Síntese de custos operacionais;
- Resposta a ocorrências:
    - Otimização de procedimentos operacionais:
        - Diminuição de tempos de resposta;
        - Minimização de danos e continuidade do serviço;
    - Cálculo e utilização do IRO;
- Informação – dados reais:
    - Organização de ocorrências por tipologia (faltas de água, não conformidades e roturas);
    - Distribuição temporal e espacial de:
        - Faltas de água;
        - Não conformidades de qualidade da água;
        - Roturas;
    - Identificação de locais com particular incidência de roturas;
- Gestão informada pelo risco:
    - Cálculo do risco com base em dados reais:
        - Probabilidades – dados de ocorrências e perdas por subsistema;
        - Consequências – custos de reparação de roturas e de aquisição e venda de água;
    - Análise objetiva do risco:
        - Risco de rotura por subsistema;
        - Risco de falta de água por subsistema;
        - Risco de perda de água por subsistema.

A utilização de dados reais permite o apoio à tomada de decisão na GOIH, designadamente na avaliação (*p.ex.:* desempenho, custo, risco), na exploração (*p.ex.:* procedimentos operacionais; resposta a ocorrências) e na intervenção (*p.ex.:* ações de manutenção e monitorização; intervenções de reabilitação e reforço). Realça-se que a incorporação de avanços tecnológicos, a caraterização de consumos, o controlo da qualidade da água e o combate às perdas de água devem ser investigados pela comunidade científica e observados pelos decisores, no sentido de otimizar o serviço prestado e beneficiar o retorno económico-financeiro e social. Os dados fornecidos pela EG do SAA-Arouca possibilitaram uma análise prévia e global do desempenho deste sistema, identificando-se algumas tendências de melhoria (*p.ex.:* qualidade da água), que se associaram a intervenções efetuadas (*p.ex.:* instalação de tratamento em sistemas autónomos; acompanhamento da qualidade da água, através de recolhas periódicas), bem como à otimização de procedimentos operacionais (*p.ex.:* diminuição do tempo de resposta para reparação de roturas; monitorização das diversas componentes do sistema de abastecimento de água). Em consonância com os dados disponibilizados e com a observação do estado e desempenho do SAA-Arouca, sistematizam-se diversas ações consideradas relevantes para a otimização da gestão deste sistema (Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J., 2017a):

- Redução de perdas reais:
    - Intervenções no sistema (ações de exploração, manutenção, reabilitação);
    - Monitorização (caudais de distribuição, caudais noturnos, deteção de fugas);
    - Gestão de pressões (instalação, monitorização e manutenção de VRP);
    - Medição de caudais em reservatórios e pontos-chave da rede;
    - Diminuição de tempos de resposta na reparação de roturas;
- Redução de perdas aparentes:
    - Substituição de contadores;
    - Contabilização de consumos públicos;

  - Ações de fiscalização;
- Redução de ocorrências:
  - Roturas (gestão de pressões na rede, substituição de troços de rede com elevada incidência de roturas);
  - Faltas de água (plano de monitorização, alertas de nível nos reservatórios);
- Garantia de qualidade da água:
  - Controlo do funcionamento dos sistemas de tratamento autónomos;
  - Monitorização da qualidade da água, através de colheitas periódicas.

Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J. (2017a) referem algumas ações executadas no âmbito da aplicação dos procedimentos desenvolvidos nesta investigação, na exploração do SAA-Arouca, nomeadamente a instalação de controlo de nível em diversos reservatórios de distribuição dos subsistemas alimentados do SP (*p.ex.:* S.M.Monte, Fráguas, Regadas, Chãos, Cabral, Pernouzela, Vila Nova), com efeito na redução de perdas a analisar em fase posterior. Salienta-se que as captações autónomas (*p.ex.:* Chãos, Melres, Telhe, Fuste, Vila Viçosa, Serabigões, Vilar de Servos) apresentam um tipo de funcionamento (através de controlo horário) e equipamentos que se podem encontrar desajustados, realçando-se a possibilidade de otimização energética destes sistemas. No mesmo trabalho, mediante a disponibilidade de dados, identificam-se algumas recomendações a incorporar no âmbito desta tese de doutoramento ou de outros trabalhos posteriores, que se sintetizam seguidamente:

- Observação e análise dos consumos associados aos PE do SP do SAA-Arouca;
- Tipificação, caraterização e localização de ocorrências (*p.ex.:* roturas; faltas de águas; não conformidades da qualidade da água);
- Estudo de perdas reais e aparentes (*p.ex.:* balanço hídrico);
- Investigação comparativa das caraterísticas das infraestruturas (p.ex.: materiais; diâmetros; estado de conservação), das questões de exploração (p.ex.: pressões; caudais) e das informações comerciais (*p.ex.:* faturação; número de clientes; tipo de clientes; grandes consumidores), com o desempenho, o custo e o risco;
- Análise multicritério da gestão operacional do SAA-Arouca, tendo em conta os aspetos anteriormente mencionados e os registos de intervenções efetuadas (*p.ex.:* monitorização do sistema; manutenção e instalação de componentes do sistema; reabilitação da rede de distribuição de água e de diferentes componentes; reforço da capacidade das infraestruturas).

Em Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J. (2018a), aplica-se a metodologia à gestão operacional do SAA-Arouca, estabelecendo-se estratégias de exploração (controlo operacional e resposta a ocorrências – roturas) e de intervenção (monitorização de pressões na rede de distribuição e substituição de troços com elevada incidência de roturas). Como orientações operacionais, realça-se a pertinência do reforço da capacidade de resposta a ocorrências, nos meses de julho a setembro, salientando-se a necessidade de intensificar o combate às roturas nos subsistemas de Abelheira, Souto Redondo e Moldes.

O artigo Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J. (2018c), elaborado no âmbito do desenvolvimento desta investigação, analisa a distribuição espacial e temporal das ocorrências do SAA-Arouca. Através de dados reais, apresenta-se como objetivo a otimização do controlo operacional, a preparação da resposta a ocorrências e a introdução do conceito de "gestão informada pelo risco". No triénio 2015-2017, no SP do SAA-Arouca, sintetizam-se as seguintes conclusões preliminares:

- Incidência mais acentuada de roturas nos meses de junho, julho, agosto e setembro;
- Risco de rotura mais acentuado nos subsistemas de Abelheira, Souto Redondo e Moldes;
- Diminuição significativa do risco de rotura no subsistema da Abelheira em 2017.

O trabalho Cardoso-Gonçalves e Tentúgal-Valente (2018d), que se enquadra na presente tese de doutoramento, apresenta resultados preliminares da aplicação da metodologia de GOIH ao SAA-Arouca. Como anteriormente referido, a particularidade deste caso de estudo relaciona-se com o facto de, nos resultados apresentados, não figurarem apenas constatações e propostas de ações, mas também dados de desempenho deste sistema, após a implementação de ferramentas e a operacionalização de ações propostas nesta investigação. Os resultados apresentados em Cardoso-Gonçalves e Tentúgal-Valente (2018d) referem-se à evolução da AES e da ocorrência de roturas no primeiro semestre de 2018.

Relativamente à evolução de AES no SAA-Arouca, à identificação de extravasamentos em períodos noturnos, em reservatórios de distribuição, e o respetivo controlo (entre março e maio de 2017) e à gestão de pressões na rede de distribuição (entre novembro de 2017 e janeiro de 2018), sucede-se uma generalizada redução de AES. Nos pontos seguintes, analisam-se, de forma sucinta, por PE, as principais ações implementadas e a evolução da AES identificada em período subsequente, designadamente no primeiro semestre do ano de 2018 (Cardoso-Gonçalves e Tentúgal-Valente, 2018d):

- Subsistema de Abelheira:
    - Substituição de diversos troços com elevada incidência de roturas e redução média de 8,5 mca (26%) da pressão a jusante de VRP;
    - Redução de cerca de 34% da água adquirida "em alta" (AES), no 1º semestre de 2018;
- Subsistema de Provisende:
    - Redução média de 7,0 mca (23%) da pressão a jusante de VRP;
    - Redução de cerca de 20% da água adquirida "em alta" (AES), no 1º semestre de 2018;
- Subsistema de Souto Redondo:
    - Redução média de 4,0 mca (13%) a jusante de VRP;
    - Instalação de diversas novas VRP na rede de distribuição deste subsistema;
    - Redução de cerca de 39% da água adquirida "em alta" (AES), no 1º semestre de 2018;
- Subsistema de Ameixieira:
    - Controlo de extravasamento em reservatórios de distribuição;
    - Redução média de 6,0 mca (18%) a jusante de VRP;
    - Embora se tenha registado uma diminuição de 20% da água adquirida em alta no período seguinte ao controlo dos extravasamentos (entre maio e dezembro de 2017), no primeiro semestre de 2018, o volume de AES verifica-se semelhante a 2017;
- Subsistema de Forcada:
    - Redução média de 4,0 mca (12%) a jusante de VRP;
    - Redução de cerca de 20% da água adquirida "em alta" (AES), no 1º semestre de 2018;
- Subsistema de Moldes:
    - Controlo de extravasamento em reservatórios de distribuição;
    - Redução média de 7,0 mca (19%) a jusante de VRP;
    - Redução de cerca de 12% da água adquirida "em alta" (AES), no 1º semestre de 2018.

Globalmente, no primeiro semestre de 2018, o volume de AES relativo ao SP do SAA-Arouca apresenta um valor de 536 671 m^3, o que significa uma redução de 23% relativamente ao volume de AES no primeiro semestre do ano de 2017 (695 137 m^3). Tendo em conta o valor médio de aquisição de água "em alta", à Águas do Douro e Paiva, S.A., a diminuição de 158 466 m^3 de AES traduz-se num decréscimo de encargos financeiros de cerca de 82 513 €. Em relação ao número de roturas ocorridas no SP do SAA-Arouca, verificou-se uma diminuição de 48% do número de roturas ocorridas no primeiro semestre de 2018 (127 roturas), face ao período homólogo de 2017 (246 roturas), o que, de acordo com os custos médios por rotura apurados, se traduziu numa redução de custos de reparação e reposição que ronda os 48 856 € (Cardoso-Gonçalves, 2018d).

4.5.2.3. Intervenção

Relativamente à área operacional de intervenção em infraestruturas hidráulicas, a metodologia de GOIH aplica-se conforme a estrutura definida na figura 4.5, considerando as unidades operacionais de monitorização, manutenção, reabilitação e reforço. Elencam-se as intervenções consideradas segundo a divisão indicada:

- Monitorização de infraestruturas hidráulicas:
  - Monitorização de reservatórios;
  - Monitorização de VRP – síntese de resultados de gestão de pressões;
- Manutenção de infraestruturas hidráulicas:
  - Manutenção de reservatórios;
  - Manutenção de VRP;
- Reabilitação de infraestruturas hidráulicas:
  - Substituição de condutas;
  - Substituição de VRP;
- Reforço de infraestruturas hidráulicas:
  - Execução de condutas;
  - Execução de câmaras de manobras;
  - Instalação de VRP;
  - Instalação de dispositivos de controlo de nível em reservatórios.

A aplicação da sistematização operacional proposta ao caso de estudo do SAA-Arouca, no âmbito do estudo descrito em Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J. (2018b), foca-se na adequação das práticas de gestão operacional à necessidade de considerar a redução de perdas de água como uma prioridade na gestão dos sistemas de abastecimento de água. A área operacional de intervenção (monitorização, manutenção, reabilitação e reforço) encontra-se aplicada ao caso de estudo do SAA-Arouca na investigação referida, com particular relevância para a análise da evolução de indicadores de perdas que se podem associar a intervenções efetuadas na rede. A evolução da AES executa-se segundo uma perspetiva de identificação de tendências, em detrimento de uma análise "causa-efeito". Os dados reais utilizados na análise referem-se a um intervalo temporal reduzido, situação que poderá colocar reservas a análises mais aprofundadas.

Considerando as recomendações que se apresentam em Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J. (2017a), o estudo posterior Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J. (2018b) realça várias intervenções implementadas no SAA-Arouca, em coordenação com o desenvolvimento desta tese de doutoramento, nomeadamente a instalação de sistemas de controlo de nível em reservatórios (de março a maio de 2017), a substituição e reforço de mais de 10 km de condutas (até abril 2018), a monitorização, manutenção, reabilitação e reforço de VRP.

A análise das intervenções efetuadas no SAA-Arouca e a evolução das perdas de água, visualizada através da dos valores de AES no SP, deverão ser enquadradas com a desativação de origens autónomas, cujas zonas abastecidas passaram a integrar o SP abastecido em alta, com a evolução do número de clientes e com a AF. Desativaram-se 5 origens autónomas, com o objetivo de privilegiar a qualidade da água, reduzir a dependência energética e garantir a continuidade de abastecimento em tempo seco (origens autónomas de fraca produtibilidade), designadamente (Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J., 2018b):

- Outubro de 2015: desativou-se o Furo do "Bunker" de São Pedro (integrou o PE de Moldes);
- Novembro de 2015: desativou-se o Furo de Ferreiros 1 (integrou o PE Souto-Redondo);

- Fevereiro de 2016: desativou-se o Furo de Jugueiros (integrou o PE Souto-Redondo);
- Abril de 2017: desativou-se a Mina de Soutelo (integrou o PE da Abelheira);
- Março de 2018: desativou-se a Mina da Mata (integrou o PE da Abelheira).

Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J. (2018b) abordam a evolução do número de clientes no SP do SAA-Arouca, tendo em conta os dados fornecidos pela EG, sintetizando-se os seguintes dados: 6 079 clientes em 2015; 5 853 clientes em 2016; 5 999 clientes em 2017; 5879 clientes em 2018 (dados do mês de abril). Salienta-se que o número de contadores, em final de 2015, apresenta um erro associado, uma vez que a distribuição pelo SP e SA não se encontra correta.

Os volumes de água distribuídos a clientes no SAA-Arouca aumentaram ao longo do tempo, referindo-se os seguintes valores: 323 304 m3 em 2015; 399 709 m3 em 2016; 478 659 m3 em 2017; 135 322 m3 nos primeiros 4 meses de 2018 (nos 4 primeiros meses de 2017 o valor de AF no SP foi de 129 480 m3). A exploração do SAA-Arouca por parte da Águas do Norte, S.A. iniciou-se em abril de 2015, com um processo de organização de leituras e de transmissão de dados de clientes que poderá ter conduzido a um registo deficiente da AF, nesse ano (Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J., 2018b).

A análise de dados reais de AES, por PE da AdDP, efetua-se no período de jan/2015 a abr/2018. Considerando que se trata de um período reduzido, esta análise necessita de uma avaliação mais detalhada, a realizar aquando da disponibilidade de um maior intervalo temporal. O estudo efetuado não pretende direcionar-se para uma avaliação do tipo "causa-efeito", com conclusões definitivas. O objetivo principal da avaliação feita prende-se com a identificação de tendências de evolução dos volumes de água entrados no SP, na sequência de intervenções efetuadas no âmbito da Gestão Operacional do SAA-Arouca, com orientação e colaboração da presente tese de doutoramento. Sistematizam-se as tendências identificadas (Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J., 2018b):

- Instalação de controlo de nível nos reservatórios de distribuição (30/03/2017 a 22/05/2017), para controlo de perdas por extravasamento – Evidenciou-se uma diminuição da AES, particularmente no PE Ameixieira e no PE Souto Redondo;
- Controlo de pressões em Tropeço (PE Souto-Redondo, 12/07/2017), através da instalação de 7 VRP numa rede de distribuição de água com pressões de serviço elevadas (redução média na ordem dos 50 a 60 mca após a instalação das VRP) – Constatou-se uma redução evidente do número de roturas no local, acompanhada pela redução da AES no PE Souto Redondo;
- Gestão de pressões no SP (17/01/2018), em intervenções sequenciais nos diversos subsistemas dependentes dos PE da AdDP, efetuada entre o final do ano de 2017 e o início de 2018 – Verificou-se, nos primeiros quatro meses de 2018, período posterior à intervenção concretizada, uma significativa redução da AES em diferentes PE, com uma redução de cerca de 20% da água comprada à AdDP, relativamente a período homólogo do ano anterior;
- Resposta a ocorrências, com a reparação de uma rotura com perda de água significativa em Rossas (PE Souto-Redondo, 24/02/18) – Refere-se que, associada a outras, poderá ter reforçado a tendência de diminuição da AES, no PE Souto Redondo.
- Ações executadas na rede de distribuição dependente do PE de Moldes, em 2018 (reparação de roturas e gestão de pressões) – Indica-se que, embora se trate de um período de análise curto, poderão encontrar-se na base da alteração significativa do volume associado ao PE Moldes, no mês de abril de 2018, que permanecia em patamar elevado até então.

Relativamente à aplicação dos procedimentos operacionais em estudo ao SAA-Arouca, particularmente na área operacional de intervenção, realça-se a necessidade da gestão de pressões e da garantia de patamares de serviços adequados, especificamente em locais com as caraterísticas orográficas do Município de Arouca. Globalmente, salienta-se que a diminuição do tempo de resposta a ocorrências e a identificação mais expedita de problemas poderão identificar-se como fatores de melhoria na gestão

operacional do SAA-Arouca. As intervenções e a otimização operacional que se encontram em implementação refletem a diminuição significativa da AES comprada à AdDP, situação que deve ser enquadrada com tendência de aumento de volume entregue a clientes (AF) e com a desativação de origens autónomas e consequente aumento da área abastecida pelo SP (Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J., 2018b).

Em relação à monitorização de VRP, na qual se enquadra a gestão de pressões no SAA-Arouca, Cardoso-Gonçalves e Tentúgal-Valente (2019d) apresentam alguns números globais da primeira fase de gestão de pressões, designadamente: diminuição da pressão em 62 VRP; redução média de pressão de cerca de 18% a jusante de VRP. No mesmo estudo estimou-se que a equipa funcional afeta a VRP, proposta e operacionalizada no âmbito do desenvolvimento desta metodologia de GOIH, tenha um custo anual de cerca de 40 000 € e que a primeira fase de gestão de pressões, com a duração aproximada de 3 meses, tenha tido um custo de cerca de 10 000 €.

No que se refere a ações operacionais a levar a cabo, para redução de perdas reais, elencam-se as seguintes: gestão de pressões (continuidade do trabalho em curso); diminuição do tempo de resposta (continuidade do trabalho em curso); instalação de contabilização em reservatórios de distribuição (em curso); substituição de condutas com roturas recorrentes e/ou perda de água (em curso); pesquisa ativa de fugas (em curso). Em relação à redução de perdas aparentes, sugerem-se os seguintes procedimentos: contabilização de consumos públicos (em curso); substituição de contadores (em curso); ações de fiscalização (em curso) (Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J., 2018b).

4.5.2.4. Apoio à Decisão

No que se refere ao apoio à decisão, a metodologia de GOIH aplica-se ao SAA-Arouca de acordo com a estrutura definida na figura 4.11, indicando-se, de forma sintética, as componentes consideradas em cada parte da ferramenta de apoio à decisão utilizada:

- Estratégia de investimento:
  - Análise do investimento efetuado em 2018 face ao IGR calculado para 2017;
  - Proposta da divisão de investimento futuro (após 2018), com base nos índices de tomada de decisão determinados com referência ao ano de 2018;
- Estratégia operacional:
  - Proposta de cenários de investimento, com a estimativa de ganhos anuais e respetivos períodos de retorno de investimento;
  - Previsão da evolução do desempenho do sistema em diferentes cenários;
- Estratégia de decisão específica:
  - Análise de investimentos, ganhos anuais e retornos de intervenções executadas;
  - Análise de investimentos, ganhos anuais e retornos de intervenções propostas;
  - Análise de intervenções estratégicas para o SAA-Arouca.

O apoio à decisão aborda-se em Cardoso-Gonçalves e Tentúgal-Valente (2018d), sendo referido que a ferramenta de apoio à decisão desenvolvida no âmbito desta investigação pretende integrar a informação disponível e sistematizada para o caso de estudo do SAA-Arouca, nas diversas áreas operacionais da metodologia (avaliação; exploração; intervenção), e, tendo em conta o investimento estimado e o retorno esperado para diversas ações executadas, apoiar gestão operacional de infraestruturas hidráulicas, colocando a decisão mais no campo da objetividade. De forma sintética, este artigo considera o investimento associado a condutas e VRP, desde o início da implementação da estratégia de gestão operacional preconizada na metodologia de GOIH, de cerca de 568 924 €, e o ganho esperado para 2018, aproximadamente 263 000 €. Realçando a necessidade de ser efetuada uma análise cautelosa dos dados,

essencialmente pelo período de análise ser particularmente reduzido, estima-se, de forma expedita, um período de retorno de investimento a rondar os 2 anos.

4.5.3. Sistema de Drenagem de Águas Residuais da Trofa

4.5.3.1. Avaliação

Relativamente à área operacional de avaliação de infraestruturas hidráulicas, a aplicação da metodologia proposta ao caso de estudo do SAR-Trofa baseou-se em inquéritos efetuados à EG (Anexo 8 – Fig. A8.1, Fig. A8.2, Fig. A8.3 e Fig. A8.4), de acordo com a estrutura predefinida e com os critérios especificados (Anexo A3 – Fig. A3.1), para as três áreas operacionais referidas, designadamente:

- Avaliação do estado das infraestruturas do SAR-Trofa:
    - Ramais de ligação (tabela A8.7) – análise da seguinte componente:
        - Construção civil;
    - Coletores e Intercetores (tabela A8.5) – análise das seguintes componentes:
        - Coletores (PVC/PPC);
        - Coletores (FFD);
        - Intercetores (PVC/PPC);
        - Intercetores (FFD);
        - Intercetores (PEAD);
    - Câmaras de visita (tabela A8.6) – análise da seguinte componente:
        - Construção civil;
    - Instalações Elevatórias (tabela A8.8) – análise das seguintes componentes:
        - Construção civil;
        - Equipamentos;
- Avaliação do desempenho das infraestruturas do SAR-Trofa:
    - Ramais de ligação (tabela A8.7) – análise das seguintes componentes:
        - Funcionamento (capacidade de transporte);
        - Adequação de órgãos acessórios (*p.ex.*: forquilhas; curvas; CRL);
    - Coletores e Intercetores (tabela A8.5) – análise das seguintes componentes:
        - Funcionamento (capacidade de transporte);
        - Adequação de órgãos acessórios (*p.ex.*: forquilhas; curvas; câmaras de visita);
    - Câmaras de visita (tabela A8.6) – análise das seguintes componentes:
        - Funcionamento (meia-cana interior; ligações);
        - Acessibilidade (dispositivos de acesso – tampas; degraus);
    - Instalações Elevatórias (tabela A8.8) – análise das seguintes componentes:
        - Capacidade de elevação;
        - Eficiência energética;
- Avaliação do custo das infraestruturas do SAR-Trofa:
    - Ramais de ligação (tabela A8.11);
    - Coletores e Intercetores (tabela A8.9);
    - Câmaras de visita (tabela A8.10);
    - Instalações Elevatórias (tabela A8.12);
- Avaliação do risco (probabilidade de ocorrência) das infraestruturas do SAR-Trofa:
    - Ramais de ligação (tabela A8.7) – análise das seguintes componentes:
        - Obstrução (ocorrência de obstruções);
        - Afluências pluviais (afluência indevida de águas pluviais);
    - Coletores e Intercetores (tabela A8.5) – análise das seguintes componentes:

        - Obstrução (ocorrência de obstruções);
        - Afluências pluviais (afluência indevida de águas pluviais);
        - Colapso (ocorrência de colapsos);
    - Câmaras de visita (tabela A8.6) – análise das seguintes componentes:
        - Obstrução (ocorrência de obstruções);
        - Afluências pluviais (afluência indevida de caudais pluviais);
        - Ambiente e segurança (segurança de operação das infraestruturas);
    - Instalações Elevatórias (tabela A8.8) – análise das seguintes componentes:
        - Interrupção de serviço (paragem de funcionamento e descarga não controlada);
        - Afluências pluviais (afluência indevida de caudais pluviais);
        - Ambiente e segurança (segurança de operação das infraestruturas).

Tal como no caso do SAA-Arouca, a avaliação que se efetua contextualiza-se com o sistema em análise, sendo uma avaliação sempre relativa, considerando sistemas, infraestruturas e componentes da mesma tipologia.

4.5.3.2. Exploração

A área operacional de exploração aplica-se ao SAR-Trofa com particular foco na questão das afluências pluviais indevidas às infraestruturas que integram este sistema, em consonância com as unidades operacionais que dependem estruturalmente da exploração, designadamente das seguintes:

- Controlo operacional de infraestruturas hidráulicas:
    - Registo sistemático das seguintes ações:
        - Ocorrências (obstruções);
        - Monitorização de infraestruturas (IE; pontos críticos);
    - Proposta de ações a planear e estruturação de equipas funcionais de exploração;
- Resposta a ocorrências:
    - Identificação de ações efetuadas internamente ou por prestador externo;
    - Cálculo e utilização do IRO, por bacia de drenagem do SAR-Trofa;
    - Proposta de diminuição de tempos de resposta e estratégia com base na relevância;
- Informação – dados reais:
    - Sistematização de registos de exploração:
        - Caraterísticas e consumos energéticos de IE;
        - Obstruções;
        - Volumes faturados em alta;
        - Volumes medidos;
    - Análise de VEA, VF e VNF, no SAR-Trofa;
    - Proposta de constituição de bases de dados e análise sistemática de registos;
- Gestão informada pelo risco:
    - Cálculo do risco de obstrução, com base em dados reais:
        - Probabilidades – dados de obstruções por bacia de drenagem;
        - Consequências – custos de desobstrução;
    - Análise objetiva do risco:
        - Risco de obstrução, por bacia de drenagem;
    - Proposta de análise e gestão informada pelo risco (afluência pluvial, colapso, inundação e interrupção de serviço).

4.5.3.3. Intervenção

Em relação à área operacional de intervenção em infraestruturas hidráulicas, a metodologia de GOIH aplica-se ao SAR-Trofa, de acordo com a figura 4.5, nas unidades operacionais de monitorização, manutenção, reabilitação e reforço, do ponto de vista de ações executadas, programadas pela EG ou propostas no âmbito desta investigação. Sintetizam-se as componentes consideradas em cada unidade:

- Monitorização de infraestruturas hidráulicas;
- Manutenção de infraestruturas hidráulicas;
- Reabilitação de infraestruturas hidráulicas;
- Reforço de infraestruturas hidráulicas.

4.5.3.4. Apoio à Decisão

Relativamente ao apoio à decisão, a metodologia de GOIH aplica-se ao SAR-Trofa em consonância com a estrutura definida na figura 4.11, sintetizando-se as componentes consideradas em cada parte da ferramenta de apoio à decisão seguida:

- Estratégia de investimento:
    - Proposta da divisão de investimento futuro (após 2019), com base nos índices de tomada de decisão determinados com referência ao ano de 2019;
- Estratégia operacional:
    - Estimativa de investimentos propostos pela EG e no âmbito da metodologia de GOIH;
    - Proposta de cenários de investimento, com a estimativa de ganhos anuais e respetivos períodos de retorno de investimento;
    - Previsão da evolução do desempenho do sistema em diferentes cenários;
- Estratégia de decisão específica:
    - Análise conceptual de soluções de controlo de afluências pluviais;
    - Análise de investimentos, ganhos anuais e retornos de intervenções propostas no âmbito do controlo de afluências pluviais.

4.6. SÍNTESE

O recurso água deverá ser gerido de forma resiliente na resposta aos desafios que emergem na exploração dos sistemas de abastecimento de água, dos sistemas de drenagem de águas residuais e dos sistemas de drenagem de águas pluviais. A GOIH deve responder às necessidades da sociedade, através da gestão otimizada dos sistemas que suportam a prestação de um serviço de primeira necessidade, incluindo soluções economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis, atendendo, entre outros, aos seguintes desígnios: preservação das origens; disponibilidade em cenários de escassez; segurança no abastecimento; salvaguarda de meios recetores; resposta a fenómenos extremos; adaptação a novos contextos (Cardoso-Gonçalves e Tentúgal-Valente, 2018c).

A metodologia de GOIH que se propõe no âmbito desta investigação inicia-se pelo tratamento de dados reais disponíveis e estabelece o contexto (desafios e organização) de base às três áreas operacionais que a estrutura incorpora: avaliação; exploração; intervenção. Tendo em conta os dados reais, as caraterísticas e os principais problemas das infraestruturas, a estratégia balizada pela metodologia procura sistematizar, de forma objetiva, a situação existente e definir as "ações propostas" para cada uma das áreas operacionais referidas (Cardoso-Gonçalves e Tentúgal-Valente, 2018d).

A estimativa do retorno associado a estratégias de GOIH, de um determinado sistema ou componente que o integra, não pretende configurar ou comparar-se com planeamentos de investimento minuciosos

ou análises financeiras detalhadas, baseadas em históricos de dados longos e robustos. A perspetiva apresentada enquadra-se no objetivo de desenhar estratégias, priorizar intervenções e planear ações de um modo mais organizado e de acordo com uma ferramenta que possibilite uma tomada de decisão mais objetiva (Cardoso-Gonçalves e Tentúgal-Valente, 2018d).

A aplicação da metodologia aos casos de estudo do SAA-Arouca e do SAR-Trofa, tal como explanado anteriormente e apresentado em resultados no Capítulo 5 – Resultados, obedece, em ambos, à mesma estrutura, explicitada neste capítulo, mas efetua-se com abrangência e intervalo temporal distinto. O caso de estudo do SAA-Arouca pode designar-se como "*Caso de Estudo Âncora*", tendo sido abordado ao longo de todo o processo de desenvolvimento da metodologia, onde diversas ações, ferramentas e intervenções foram estruturadas, propostas, implementadas e testadas, no âmbito da exploração deste sistema de abastecimento de água, que funcionou como um "*laboratório vivo*" para a operacionalização da metodologia. Nesse sentido, os resultados que se apresentam para o SAA-Arouca integram, não apenas as propostas de gestão operacional com vista à otimização, como no caso do SAR-Trofa, mas também resultados reais que ocorreram na sequência de ações sugeridas na metodologia e já executas *in loco*.

5
RESULTADOS

5.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A gestão operacional de infraestruturas hidráulicas, de acordo com a metodologia de GOIH apresentada, encontra-se particularmente focada na organização, procedendo-se a uma avaliação sintética das infraestruturas, na procura da otimização de procedimentos operacionais e da priorização de intervenções. De acordo com a abrangência da aplicação da metodologia em estudo, os resultados poderão ser apresentados de acordo com uma ou mais áreas operacionais consideradas na estrutura proposta, designadamente: avaliação; exploração; intervenção.

A metodologia utilizada inicia-se pelo tratamento de dados reais, que se divide na fase de processamento de dados e na estatística operacional. Esta fase permite organizar os dados de acordo com a estrutura indicada, começando-se a desenhar a estratégia operacional das infraestruturas hidráulicas. Os resultados que se apresentam correspondem à aplicação da metodologia aos casos de estudo descritos no Capítulo 3 – Casos de Estudo, de acordo com a estrutura referida no Capítulo 4 – Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas, e nos aspetos referidos em 4.5. Aplicação da Metodologia aos Casos de Estudo.

Os resultados da avaliação de infraestruturas realizada (estado; desempenho; custo; risco) apresentam-se, por infraestrutura, através de tabelas completas com a avaliação efetuada (Anexo 3), tabelas-resumo da avaliação e representações gráficas dos resultados obtidos. No caso da avaliação de custos, apresentam-se sínteses de custos, em detrimento das representações gráficas. Os critérios de avaliação encontram-se descritos no Capítulo 4 – Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas e sistematizados na figura A3.1 (Anexo 3).

Relativamente à exploração (controlo operacional de infraestruturas hidráulicas; resposta a ocorrências; informação – dados reais; gestão informada pelo risco), incluem-se resultados de rotinas e meios operacionais que se encontram associados aos sistemas em estudo, propõem-se eventuais alterações e analisam-se as ocorrências do ponto de vista temporal e espacial. A gestão informada pelo risco refere-se ao cálculo do risco com base em dados reais de exploração, possibilitando a utilização de informação disponível para o apoio à decisão e a priorização de ações.

No que se refere à área operacional de intervenção (monitorização; manutenção; reabilitação; reforço), os resultados incidem sobre a síntese de ações efetuadas e a proposta de ações seguintes.

Os resultados obtidos pela aplicação da metodologia desenvolvida no âmbito desta tese de doutoramento apresentam-se de acordo com a estrutura proposta na mesma, podendo tratar-se de resultados da análise

de dados referentes a períodos anteriores, fornecidos pela EG, ou de dados resultantes da aplicação da metodologia na gestão operacional das infraestruturas (SAA-Arouca).

O Capítulo 5 – Resultados integra uma breve introdução (5.1. Considerações Gerais), sistematiza os resultados nas diferentes áreas operacionais propostas (avaliação; exploração; intervenção), para cada um dos casos de estudo (5.2. Sistema de Abastecimento de Água de Arouca; 5.3. Sistema de Drenagem de Águas Residuais da Trofa), e termina com uma breve síntese (5.5. Síntese).

5.2. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE AROUCA

5.2.1. APONTAMENTO INTRODUTÓRIO

O SAA-Arouca apresenta-se como o "*Caso de Estudo Âncora*", salientando-se a sua transversalidade ao longo das diferentes etapas da presente investigação, nomeadamente no desenho, desenvolvimento, teste, aplicação e discussão da metodologia de GOIH. O estudo deste sistema de abastecimento de água efetuou-se em simultâneo com a coparticipação do autor na gestão operacional do sistema, num projeto colaborativo e dinâmico, com a implementação e teste de diversas ferramentas desenvolvidas no âmbito desta tese de doutoramento.

Em consonância com o que se encontra proposto nos pontos e capítulos anteriores, os resultados da avaliação do SAA-Arouca (estado; desempenho; custo; risco) apresentam-se para as seguintes infraestruturas: captações; condutas adutoras; reservatórios; sistemas de tratamento; condutas distribuidoras; VRP; EE. Os inquéritos efetuados à EG e os respetivos resultados da avaliação encontram-se no Anexo A3. A figura A3.1 sistematiza os critérios de avaliação e a figura A3.2 constitui um exemplo de um dos inquéritos efetuados à EG (Águas do Norte, S.A.).

Os resultados da área operacional de exploração do SAA-Arouca (controlo operacional; resposta a ocorrências; informação – dados reais; gestão informada pelo risco) caraterizam-se por uma abordagem mais descritiva e de síntese de rotinas e procedimentos, no caso do controlo operacional e da resposta a ocorrências, e por uma abordagem mais objetiva, no caso da utilização de dados reais e da gestão informada pelo risco, com a distribuição espacial de ocorrências e com a estimativa do risco baseada em dados reais.

As intervenções em infraestruturas hidráulicas (monitorização; manutenção; reabilitação; reforço), do ponto de vista dos resultados do SAA-Arouca, referem-se a diferentes infraestruturas e componentes deste sistema, designadamente: reservatórios (monitorização e manutenção); VRP (monitorização, manutenção, reabilitação e reforço); condutas (reabilitação e reforço); câmaras de manobras (reforço); dispositivos de controlo de nível em reservatórios (reforço).

Neste caso de estudo, os resultados referidos descritos anteriormente e que se apresentam nos pontos seguintes, referem-se a três fases distintas, designadamente:

- Triénio 2015 a 2017 (exploração do SAA-Arouca pela Águas do Norte, S.A.);
- Evolução do sistema em 2018, após implementação de diversas ações no âmbito da metodologia de GOIH;
- Propostas de ações futuras no âmbito da GOIH.

Apresentam-se, também os resultados da aplicação da ferramenta de apoio à decisão proposta, no planeamento *macro* de investimento, na estratégia operacional de cálculo de retorno e previsão de evolução de perdas e roturas, e na análise de intervenções específicas consideradas.

Tal como referido no Capítulo 3 – Casos de Estudo, o SAA-Arouca constitui o "*Caso de Estudo Âncora*", cuja gestão operacional se efetuou em simultâneo com o desenvolvimento desta investigação, com contribuição mútua e aplicação de diversas ações propostas no âmbito do desenvolvimento da metodologia de GOIH. A partir deste caso de estudo, concebe-se, estrutura-se, desenha-se, operacionaliza-se, testa-se e e valida-se uma estratégia de GOIH.

5.2.2. AVALIAÇÃO

5.2.2.1. Estado

Relativamente à avaliação do estado das infraestruturas hidráulicas do SAA-Arouca, apresentam-se os resultados relativos à avaliação das seguintes componentes do sistema:

- Captações (construção civil);
- Condutas adutoras (PVC, PEAD e FF);
- Reservatórios (construção civil e equipamentos);
- Sistemas de tratamento (construção civil e equipamentos);
- Condutas distribuidoras (PVC, PEAD e FF);
- VRP (construção civil e equipamentos);
- EE (construção civil e equipamentos).

Os resultados da avaliação do estado (construção civil) das diferentes captações do SAA-Arouca sistematiza-se na Tabela A3.1 (Anexo A3).

De acordo com a avaliação efetuada, a maioria das captações do SAA-Arouca encontra-se em estado razoável (16 captações; 70%). Não se identificam captações em muito bom ou muito mau estado; as restantes distribuem-se da seguinte forma: 13% (3 captações) em bom estado e 17% (4 captações) em mau estado. A figura 5.1 representa graficamente a avaliação do estado das captações do SAA-Arouca.

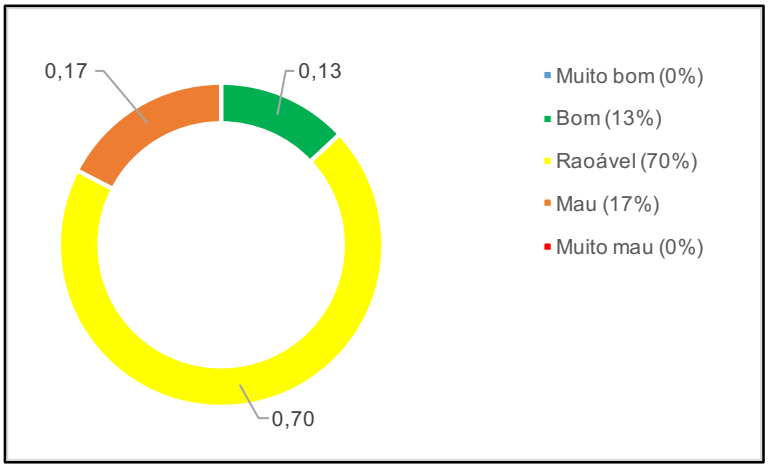


Fig. 5.1 – Avaliação de Estado das Captações do SAA-Arouca

A avaliação do estado das condutas adutoras do SAA-Arouca (PVC; PEAD; FF) apresenta-se, de forma completa, na Tabela A3.2 (Anexo A3). Referem-se os seguintes aspetos principais:

- A totalidade das condutas adutoras em FF (6 358 m) encontra-se em muito bom estado;
- Praticamente todas as condutas adutoras em PVC se encontram em bom estado (97%; 6 171 m), sendo consideradas as restantes em mau estado (3%; 185 m);

- A maior percentagem das condutas adutoras em PEAD encontra-se em estado razoável (46%; 12 419 m), distribuindo-se as restantes da seguinte forma: 13% (3 598 m) em muito bom estado, 23% (6 025 m) em mau estado e 18% (4 721 m) em muito mau estado.

A figura 5.2 representa graficamente a avaliação do estado das condutas adutoras do SAA-Arouca.

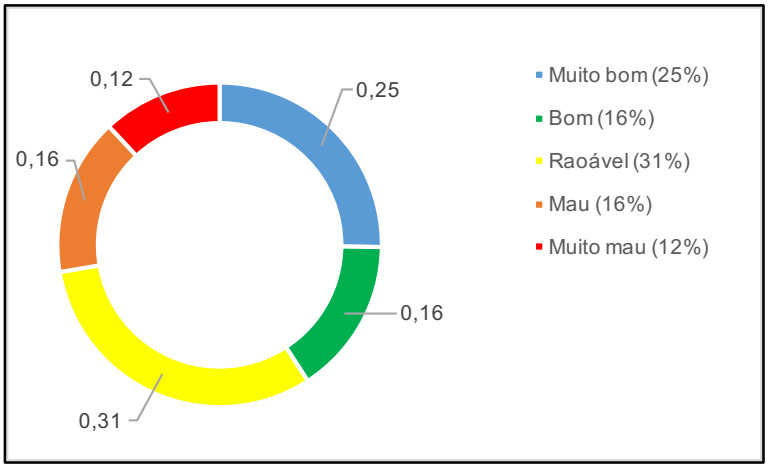


Fig. 5.2 – Avaliação de Estado das Adutoras do SAA-Arouca

A tabela A3.3 (Anexo 3) inclui os resultados da avaliação do estado (construção civil e equipamentos) dos reservatórios do SAA-Arouca. No que se refere à construção civil, o maior número de reservatórios, 22, (47%) se encontra em mau estado. Indica-se a existência de 2 reservatórios (4%), em muito bom estado, 7 reservatórios (15%) em bom estado, 9 reservatórios (19%) em estado razoável e 7 reservatórios (15%) em muito mau estado. A figura 5.3 representa graficamente a avaliação do estado (construção civil) dos reservatórios do SAA-Arouca.

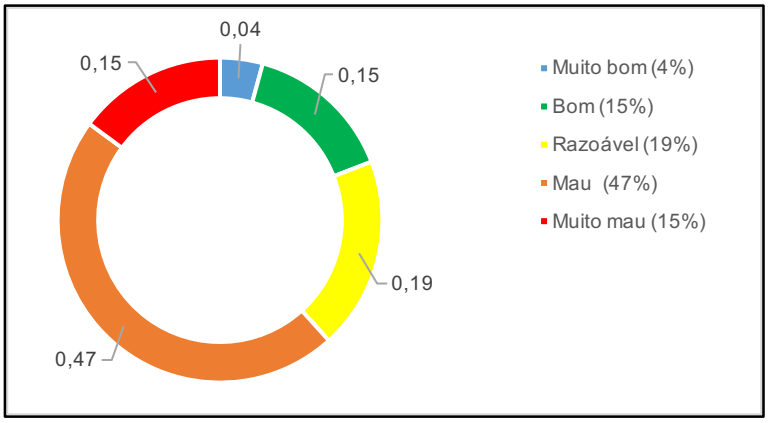


Fig. 5.3 – Avaliação de Estado dos Reservatórios do SAA-Arouca – Construção Civil

No que diz respeito aos equipamentos dos reservatórios do SAA-Arouca (tabela 5.3), realça-se que a maioria se encontra em mau estado (55%; 26 reservatórios). Não se registam reservatórios com os equipamentos em muito bom estado, dividindo-se os restantes de acordo com as seguintes percentagens: 6% (3 reservatórios) em bom estado, 36% (17 reservatórios) em estado razoável e 2% (1 reservatório)

em muito mau estado. A figura 5.4 representa graficamente a avaliação do estado (equipamentos) dos reservatórios do SAA-Arouca.

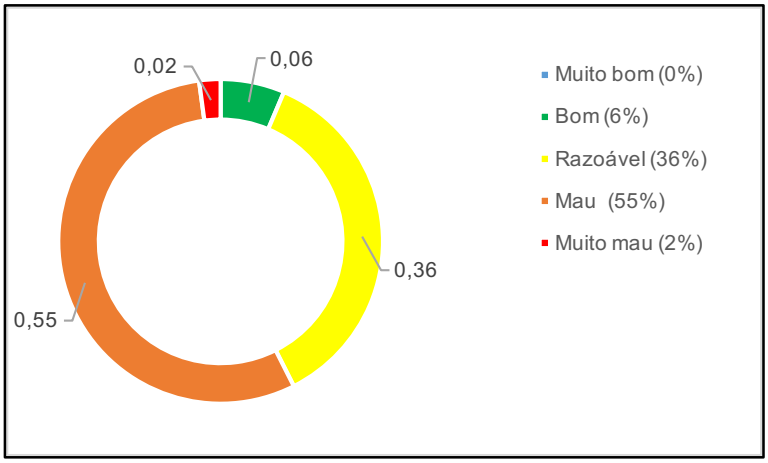


Fig. 5.4 – Avaliação de Estado dos Reservatórios do SAA-Arouca – Equipamentos

Os resultados da avaliação do estado (construção civil e equipamentos) dos sistemas de tratamento do SAA-Arouca encontram-se incluídos na tabela A3.4 (Anexo A3). A análise aos resultados dos inquéritos efetuados à EG, indica que a maioria dos sistemas de tratamento se encontra em estado (construção civil e equipamentos) razoável (70%; 12 sistemas de tratamento), uma pequena percentagem em bom estado (6%; 1 sistema de tratamento) e os restantes em mau estado (24%; 4 sistemas de tratamento). A figura 5.5 representa graficamente a avaliação do estado (construção civil) dos sistemas de tratamento do SAA-Arouca.

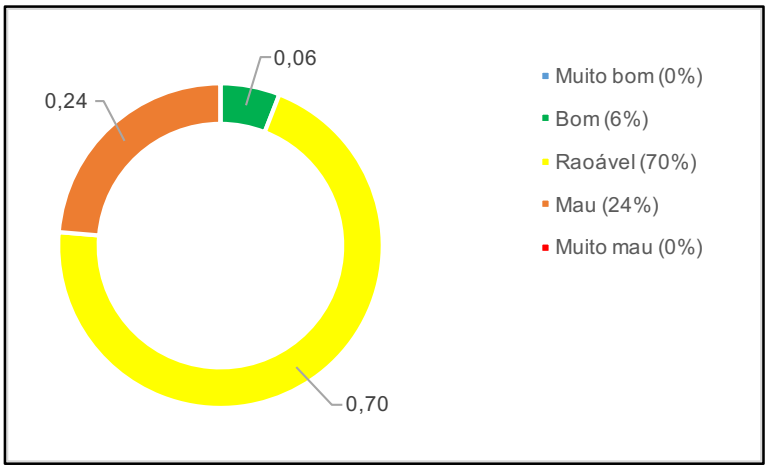


Fig. 5.5 – Avaliação de Estado dos Sistemas de Tratamento do SAA-Arouca – Construção Civil

A figura 5.6 representa graficamente a avaliação do estado (equipamentos) dos sistemas de tratamento do SAA-Arouca.

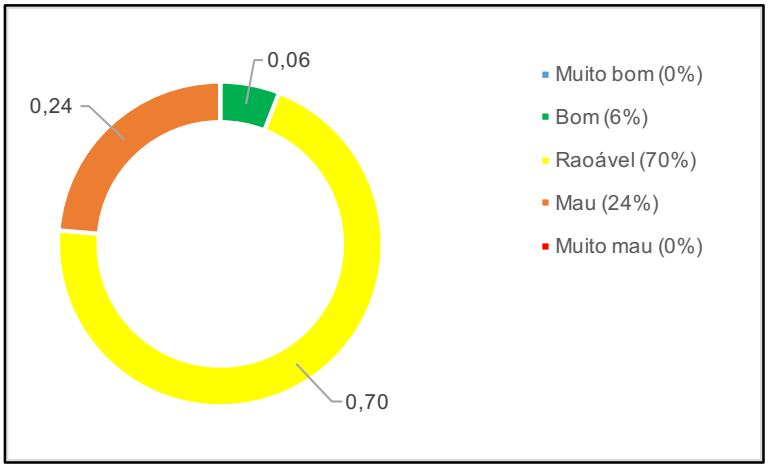


Fig. 5.6 – Avaliação de Estado dos Sistemas de Tratamento do SAA-Arouca – Equipamentos

A avaliação completa do estado das condutas distribuidoras (PVC; PEAD; FF) do SAA-Arouca insere-se na tabela A3.5 (Anexo A3). A avaliação representa-se graficamente na figura 5.7 e indicam-se os seguintes aspetos principais:

- Praticamente todas as condutas distribuidoras em PVC (95%; 33 430 m) encontram-se em estado razoável, considerando-se as restantes (5%; 1 658 m) em bom estado;
- A maioria das condutas distribuidoras em PEAD encontram-se em estado razoável (77%; 291 628 m), distribuindo-se as restantes da seguinte forma: 14% (52 815 m) em bom estado e 9% (35 801 m) em mau estado.

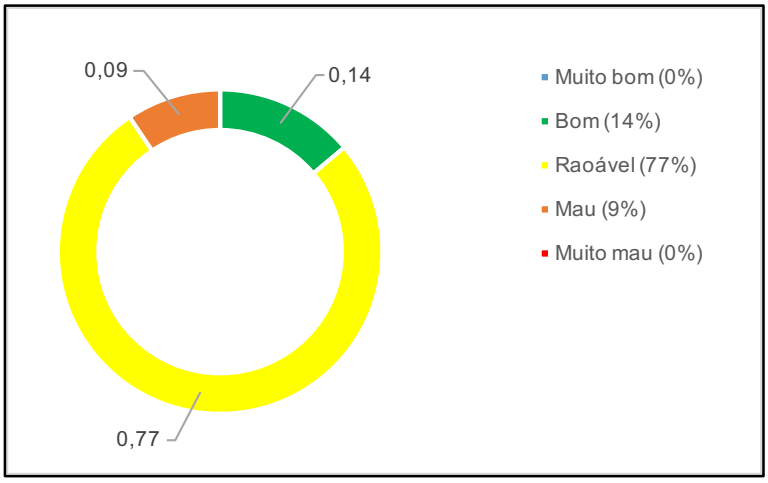


Fig. 5.7 – Avaliação de Estado das Condutas Distribuidoras do SAA-Arouca

A tabela A3.6 (Anexo A3) inclui os resultados da avaliação do estado (construção civil e equipamentos) das VRP do SAA-Arouca. As VRP do SAA-Arouca, no que se refere ao estado de conservação da parte de construção civil, encontram-se distribuídas nas diferentes classes consideradas da seguinte forma:

4% (4 VRP) em muito bom estado, 24% (35 VRP) em bom estado, 42% (60 VRP) em estado razoável, 15% (22 VRP) em mau ou muito mau estado. A figura 5.8 representa graficamente a avaliação do estado (construção civil) das VRP do SAA-Arouca.

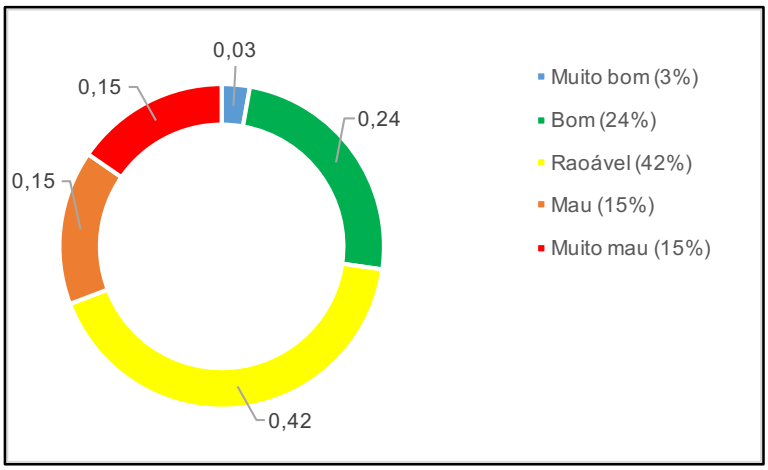


Fig. 5.8 – Avaliação de Estado das VRP do SP do SAA-Arouca – Construção Civil

Relativamente ao estado dos equipamentos, a maioria das VRP encontra-se em bom estado (71%; 101 VRP). Indica-se a avaliação das restantes: 20% (29 VRP) em estado razoável, 7% (10 VRP) em mau estado e 1% (3 VRP) em muito bom ou muito mau estado. A figura 5.9 representa graficamente a avaliação do estado dos equipamentos das VRP do SAA-Arouca.

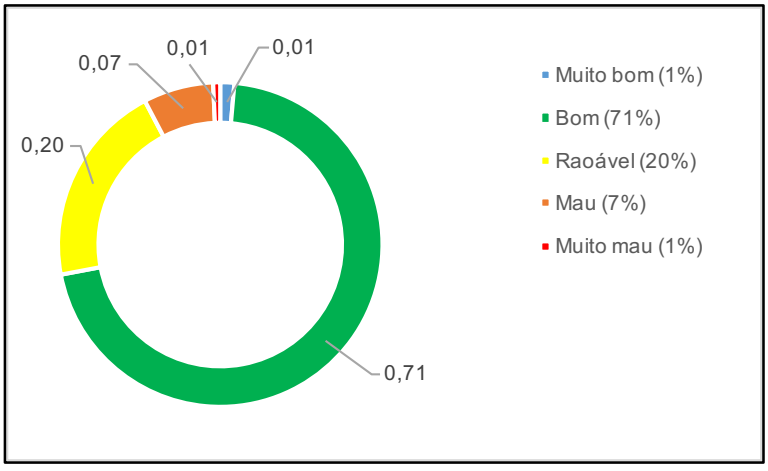


Fig. 5.9 – Avaliação de Estado das VRP do SP do SAA-Arouca – Equipamentos

Os resultados da avaliação do estado (construção civil e equipamentos) das EE do SAA-Arouca sistematiza-se na Tabela A3.7 (Anexo A3). De acordo com a avaliação efetuada, no que se refere à construção civil, a maioria (77%; 17 EE) das EE do SAA-Arouca encontra-se em estado razoável. Não se classificam EE em muito bom ou muito mau estado e refere-se que 14% (3 EE) se consideram em bom estado e 9% (2 EE) em mau estado. A figura 5.10 representa graficamente a avaliação do estado (construção civil) das EE do SAA-Arouca.

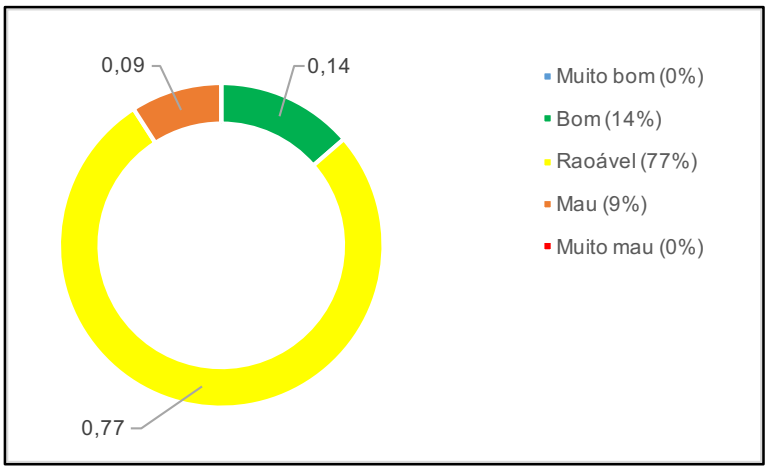


Fig. 5.10 – Avaliação de Estado das EE do SAA-Arouca – Construção Civil

Em relação ao estado dos equipamentos das EE, tal como no caso da parte de construção civil, a maioria considera-se em estado razoável (77%; 17 EE) e não se identificam EE com os equipamentos em muito bom ou muito mau estado. As restantes encontram-se em bom estado (18%; 4 EE) e uma pequena percentagem em mau estado (5%; 1 EE). A figura 5.11 representa graficamente a avaliação do estado dos equipamentos das EE do SAA-Arouca.

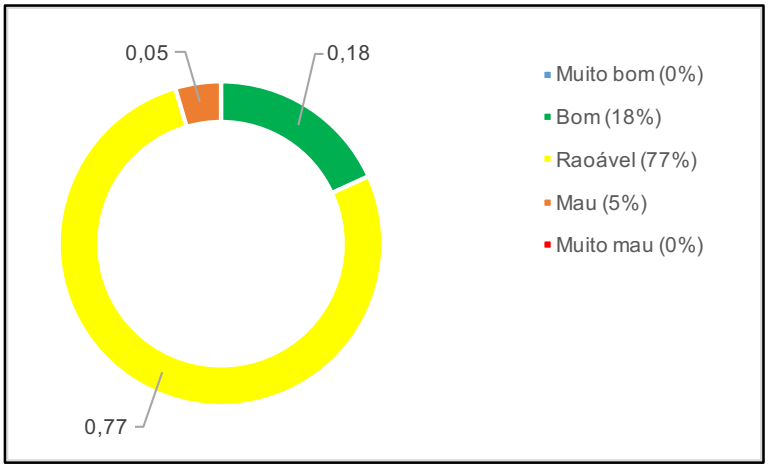


Fig. 5.11 – Avaliação de Estado das EE do SAA-Arouca – Equipamentos

5.2.2.2. Desempenho

No que diz respeito à avaliação do desempenho das infraestruturas do SAA-Arouca, avaliam-se as seguintes componentes:

- Captações (disponibilidade de caudal);
- Condutas adutoras (funcionamento e adequação de acessórios);
- Reservatórios (reserva, controlo de nível e estanquidade);
- Sistemas de tratamento (capacidade de tratamento);
- Condutas distribuidoras (funcionamento e adequação de acessórios);
- VRP (redução de pressão e disponibilidade de caudal);
- EE (capacidade de elevação e eficiência energética).

No âmbito do presente estudo, avalia-se, também, o desempenho social do SAA-Arouca.

A avaliação do desempenho das captações do SAA-Arouca, com base nos inquéritos efetuados à EG, traduziu-se nos resultados organizados na tabela A3.1 (Anexo A3). No que se refere à disponibilidade de caudal das captações do SAA-Arouca, indica-se que 7 captações (30%) apresentam um desempenho eficiente (30%), 10 captações (43%) um desempenho eficaz e 6 captações (26%) um desempenho pré-eficaz. Não se identificam captações com desempenho excelente ou ineficaz. A figura 5.12 representa graficamente a avaliação do desempenho (disponibilidade de caudal) das captações do SAA-Arouca.

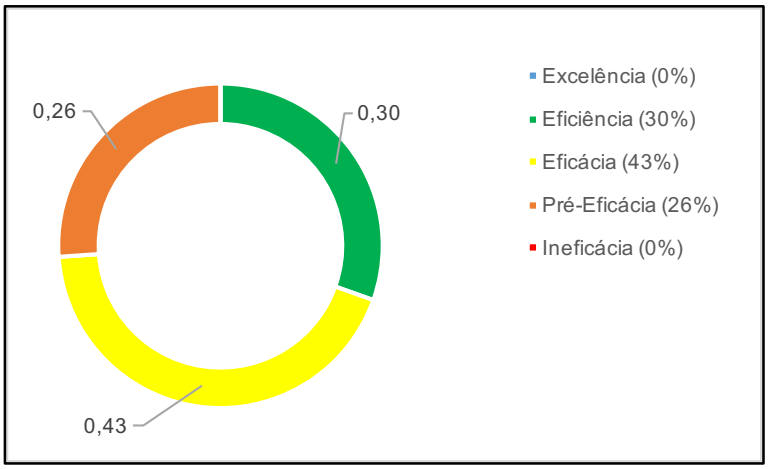


Fig. 5.12 – Avaliação de Desempenho das Captações do SAA-Arouca – Disponibilidade de Caudal

A tabela A3.2 (Anexo A3) inclui a totalidade dos resultados da avaliação de desempenho (funcionamento e adequação dos acessórios) das condutas adutoras do SAA-Arouca. No que diz respeito ao funcionamento das condutas adutoras, a maior percentagem (47%; 18 639 m) considera-se com um desempenho eficaz, não se identificando quaisquer condutas adutoras no nível de excelência ou ineficácia. As restantes apresentam um desempenho eficiente (25%; 9 769 m) e pré-eficaz (28%; 11 069 m). A figura 5.13 representa graficamente a avaliação do desempenho (funcionamento) das condutas adutoras do SAA-Arouca.

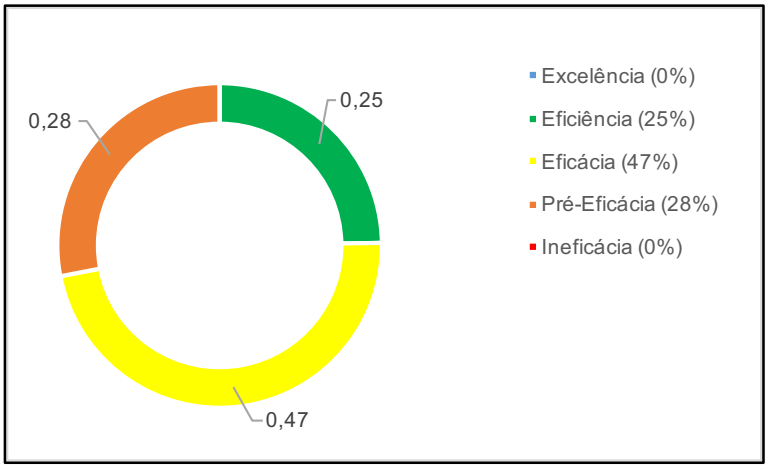


Fig. 5.13 – Avaliação de Desempenho das Adutoras do SAA-Arouca – Funcionamento

Tal como no caso do funcionamento, a avaliação da adequação dos acessórios das condutas adutoras não identifica condutas com um desempenho excelente nem ineficaz. Avalia-se a maior percentagem de

condutas com um desempenho eficiente (48%; 18 903 m), dividindo-se as restantes entre eficaz (27%; 10 852 m) e pré-eficaz (25%; 9 722 m). A figura 5.14 representa graficamente a avaliação do desempenho (adequação de acessórios) das condutas adutoras do SAA-Arouca.

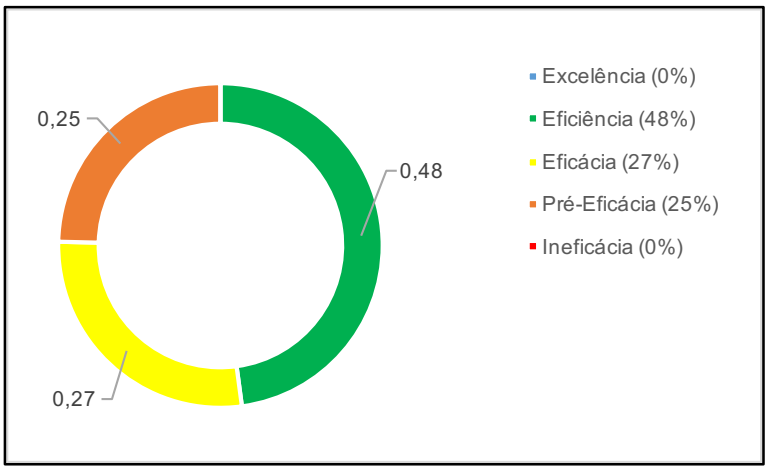


Fig. 5.14 – Avaliação de Desempenho das Adutoras do SAA-Arouca – Adequação de Acessórios

A informação completa respeitante à avaliação de desempenho (reserva, controlo de nível e estanquidade) dos reservatórios do SAA-Arouca encontra-se sistematizada na tabela A3.3 (Anexo 3). Relativamente à capacidade de reserva, cerca de 40% (19) dos reservatórios apresenta um desempenho eficaz, distribuindo-se o desempenho dos restantes da seguinte forma: 15% (7 reservatórios), excelente; 28% (13 reservatórios), eficiente; 13% (6 reservatórios), pré-eficaz; 4% (2 reservatórios), ineficaz. A figura 5.15 representa graficamente a avaliação do desempenho (capacidade de reserva) dos reservatórios de distribuição do SAA-Arouca.

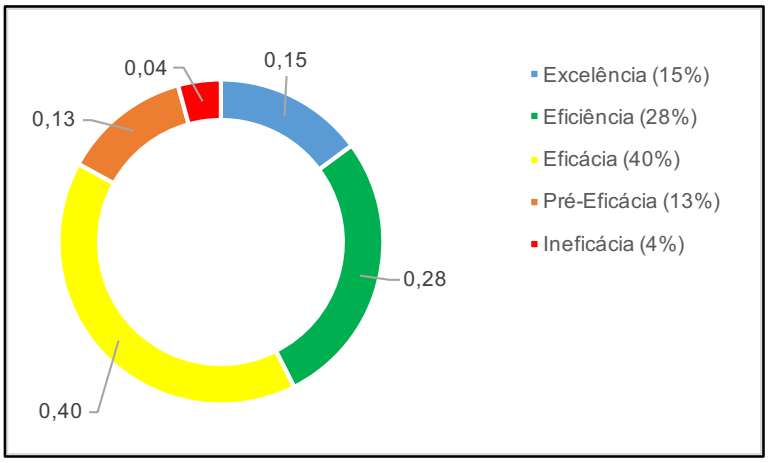


Fig. 5.15 – Avaliação de Desempenho dos Reservatórios do SAA-Arouca – Reserva

O controlo de nível dos reservatórios de distribuição do SAA-Arouca avalia-se da seguinte forma: 9% (4 reservatórios) com desempenho eficiente; 19% (9 reservatórios) com desempenho eficaz; 68% (32 reservatórios) com desempenho pré-eficaz; 4% (2 reservatórios) com desempenho ineficaz. Não se consideram reservatórios com um desempenho excelente neste parâmetro de avaliação. A figura 5.16

representa graficamente a avaliação do desempenho (controlo de nível) dos reservatórios de distribuição do SAA-Arouca.

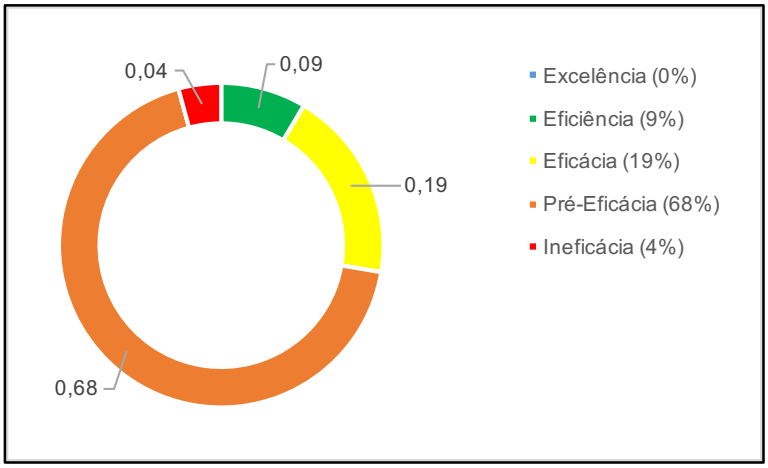


Fig. 5.16 – Avaliação de Desempenho dos Reservatórios do SAA-Arouca – Controlo de Nível

No que se refere à estanquidade, 17% (8) dos reservatórios apresentam um desempenho excelente, 6% (3 reservatórios), um desempenho eficiente, 30% (14 reservatórios), um desempenho eficaz, 40% (19 reservatórios), um desempenho pré-eficaz e 6% (3 reservatórios), um desempenho ineficaz. A figura 5.17 representa graficamente a avaliação do desempenho (estanquidade) dos reservatórios de distribuição do SAA-Arouca.

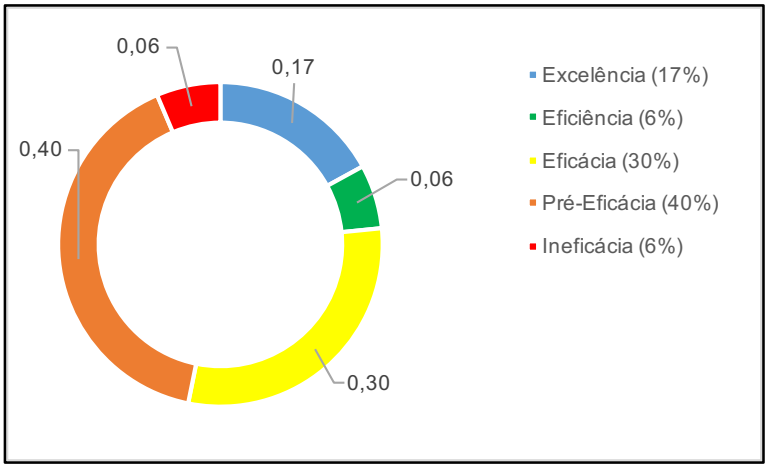


Fig. 5.17 – Avaliação de Desempenho dos Reservatórios do SAA-Arouca – Estanquidade

A tabela A3.4 (Anexo A3) integra a totalidade dos resultados da avaliação do desempenho (capacidade de tratamento) dos sistemas de tratamento do SAA-Arouca. O desempenho dos sistemas de tratamento do SAA-Arouca considera-se maioritariamente eficaz (70%; 12 sistemas). Não se identificam sistemas com um desempenho excelente nem ineficaz, distribuindo-se os restantes da seguinte forma: 18% (3 sistemas) com desempenho eficiente; 12% (2 sistemas) com desempenho pré-eficaz. A figura 5.18 representa graficamente a avaliação do desempenho (capacidade de tratamento) dos sistemas de tratamento do SAA-Arouca.

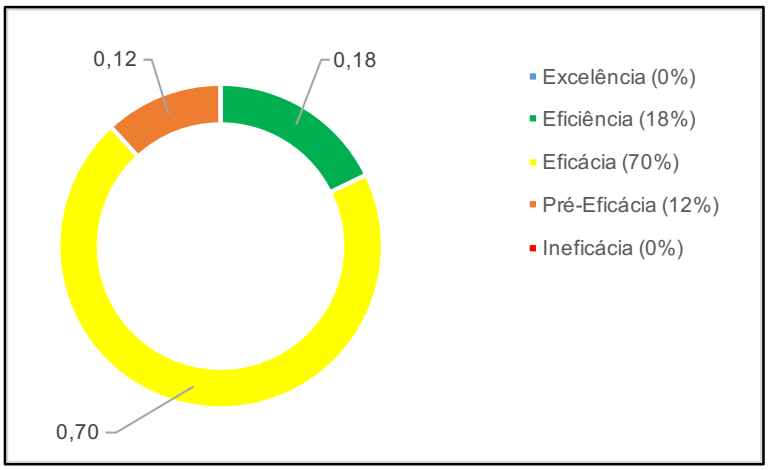


Fig. 5.18 – Avaliação de Desempenho dos Sistemas de Tratamento do SAA-Arouca – Capacidade de Tratamento

No anexo A3 (tabela A3.5) apresentam-se todos os resultados da avaliação de desempenho (funcionamento e adequação dos acessórios) das condutas distribuidoras do SAA-Arouca. No que se refere à avaliação das condutas distribuidoras, não se identificam condutas com um desempenho excelente ou ineficaz. Avalia-se a maior percentagem de condutas com um desempenho pré-eficaz (40%; 153 440 m), dividindo-se as restantes da seguinte forma: 35% (134 054 m) com um desempenho eficiente e 24% (91 065 m) com um desempenho eficaz. A figura 5.19 representa graficamente a avaliação do desempenho (funcionamento) das condutas distribuidoras do SAA-Arouca.

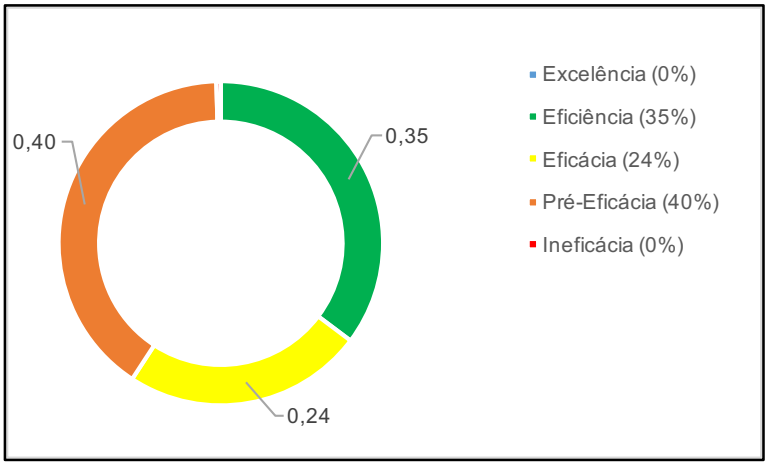


Fig. 5.19 – Avaliação de Desempenho das Condutas Distribuidoras do SAA-Arouca – Funcionamento

Relativamente à adequação dos acessórios das condutas distribuidoras, a maior percentagem (50%; 191 523 m) considera-se com um desempenho pré-eficaz, com uma percentagem próxima das condutas distribuidoras com desempenho eficaz (46%; 176 794 m). Não se identificam condutas distribuidoras com um desempenho excelente, referindo-se uma percentagem de 2% (5 803 m) para as que apresentam um funcionamento eficiente ou ineficaz. A figura 5.20 representa graficamente a avaliação do desempenho (adequação de acessórios) das condutas distribuidoras do SAA-Arouca.

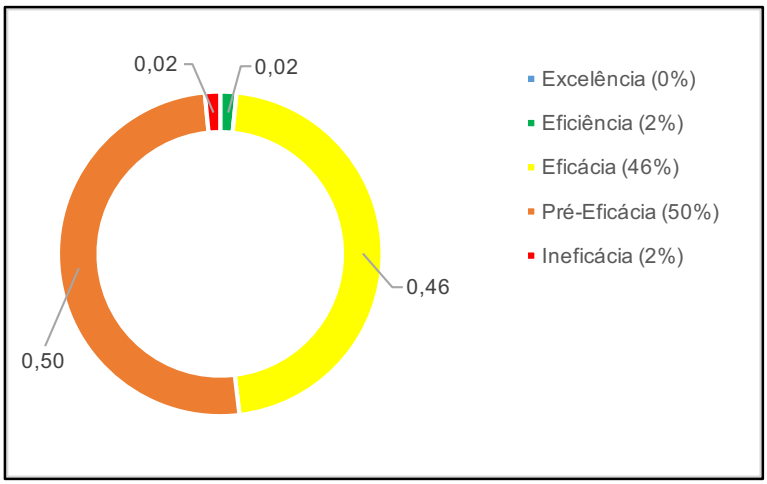


Fig. 5.20 – Avaliação de Desempenho das Condutas Distribuidoras do SAA-Arouca – Adequação Acessórios

A avaliação do desempenho (redução de pressão e disponibilidade de caudal) das VRP do SAA-Arouca inclui-se, de forma completa, na tabela A3.6 (Anexo 3). Relativamente à redução de pressão, as VRP do SAA-Arouca consideram-se, na sua grande maioria, (90%; 129 VRP) com um desempenho eficiente. Não se identificam VRP com um desempenho excelente nesta componente, avaliando-se o desempenho das restantes da seguinte forma: 4% (6 VRP), eficaz; 2% (3 VRP), pré-eficaz; 3% (5 VRP), ineficaz. A figura 5.21 representa graficamente a avaliação do desempenho (redução de pressão) das VRP do SAA-Arouca.

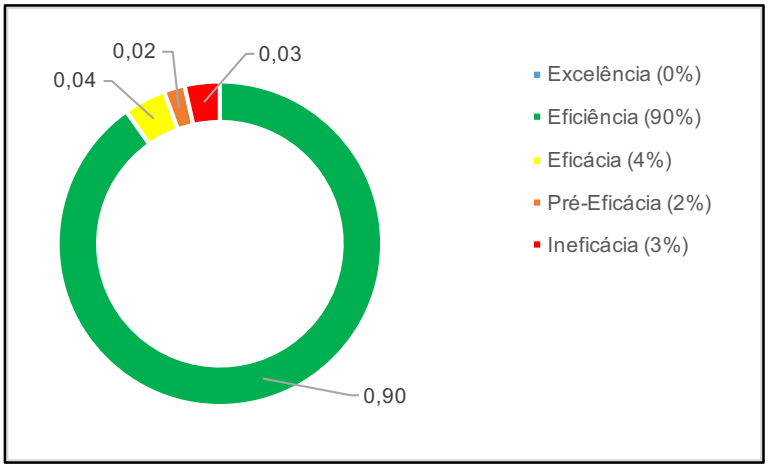


Fig. 5.21 – Avaliação de Desempenho das VRP do SP do SAA-Arouca – Redução de Pressão

No que se refere à disponibilidade de caudal das VRP do SAA-Arouca, apresentam-se os seguintes resultados: 6% (9 VRP), excelente; 45% (65 VRP), eficiente; 42% (60 VRP), eficaz; 6% (9 VRP), pré-eficaz; 0%, ineficaz. A figura 5.22 representa graficamente a avaliação do desempenho (disponibilidade de caudal) das VRP do SAA-Arouca.

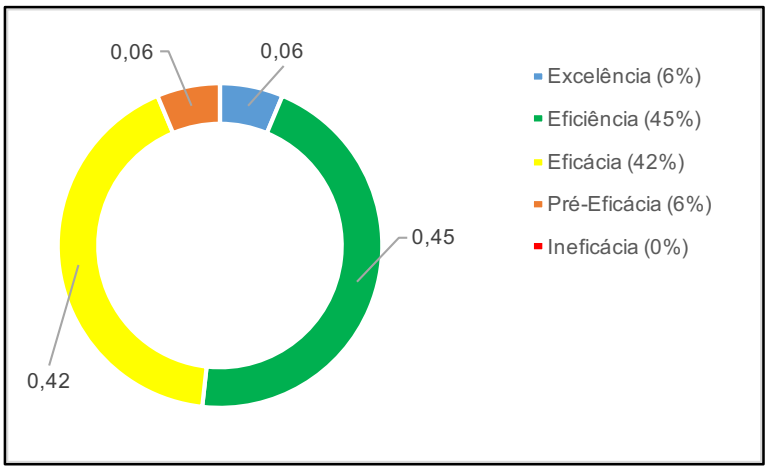


Fig. 5.22 – Avaliação de Desempenho das VRP do SP do SAA-Arouca – Disponibilidade de Caudal

A tabela A3.7 (Anexo A3) integra a totalidade dos resultados da avaliação do desempenho (capacidade de elevação e eficiência energética) das EE do SAA-Arouca. No que diz respeito à capacidade de elevação, a maior percentagem (55%; 12 EE) das EE apresenta um funcionamento eficiente. Grande parte (41%; 9 EE) com registam-se com um desempenho eficaz e as restantes (5%; 1 EE) apresentam um desempenho pré-eficaz. A figura 5.23 representa graficamente a avaliação do desempenho (capacidade de elevação) das EE do SAA-Arouca.

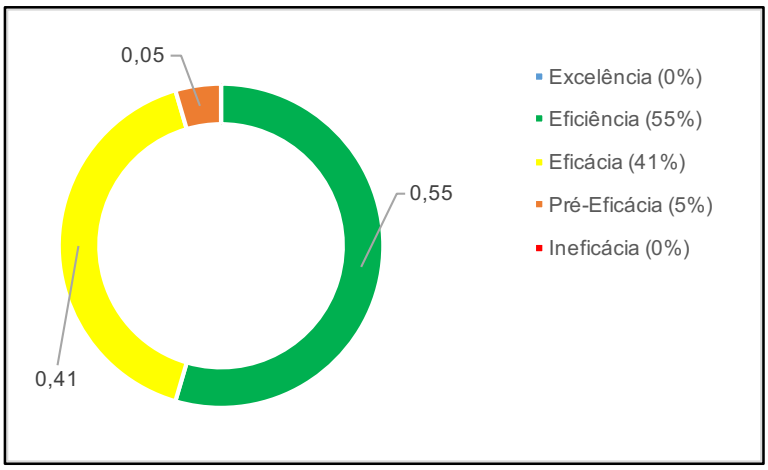


Fig. 5.23 – Avaliação de Desempenho das EE do SAA-Arouca – Capacidade de Elevação

Tal como no caso da capacidade de elevação, no desempenho relativo à eficiência energética não se identificam EE com um funcionamento excelente nem ineficaz. O desempenho ineficiente também não se associa a nenhuma EE avaliada. A maioria das EE (68%; 15 EE) consideram-se com um desempenho eficaz e as restantes (32%; 7 EE) pré-eficaz. A figura 5.24 representa graficamente a avaliação do desempenho (eficiência energética) das EE do SAA-Arouca.

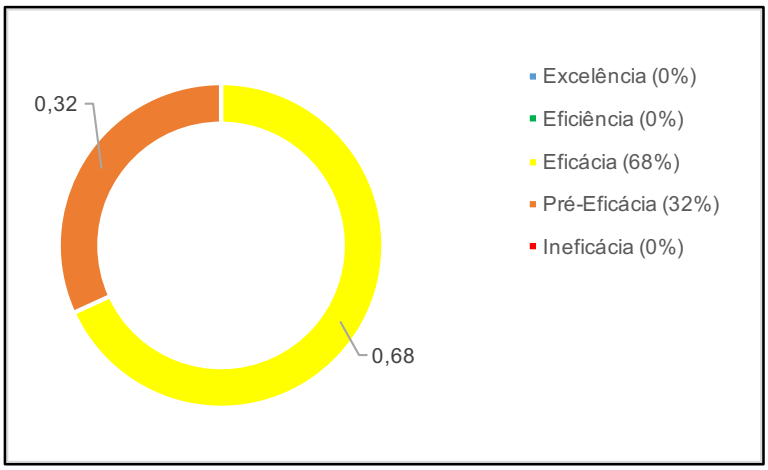


Fig. 5.24 – Avaliação de Desempenho das EE do SAA-Arouca – Eficiência Energética

O desempenho social avalia-se com base no inquérito da figura A3.3 (Anexo 3), distribuído aos presidentes de Juntas de Freguesia e a diferentes responsáveis do Município de Arouca, aos quais se solicitou o preenchimento do mesmo, de acordo com a perceção que tinham da opinião dos clientes do SAA-Arouca. Apresenta-se o número de respostas em cada uma das componentes e a respetiva percentagem. A figura 5.25 representa graficamente a avaliação do desempenho social do SAA-Arouca.

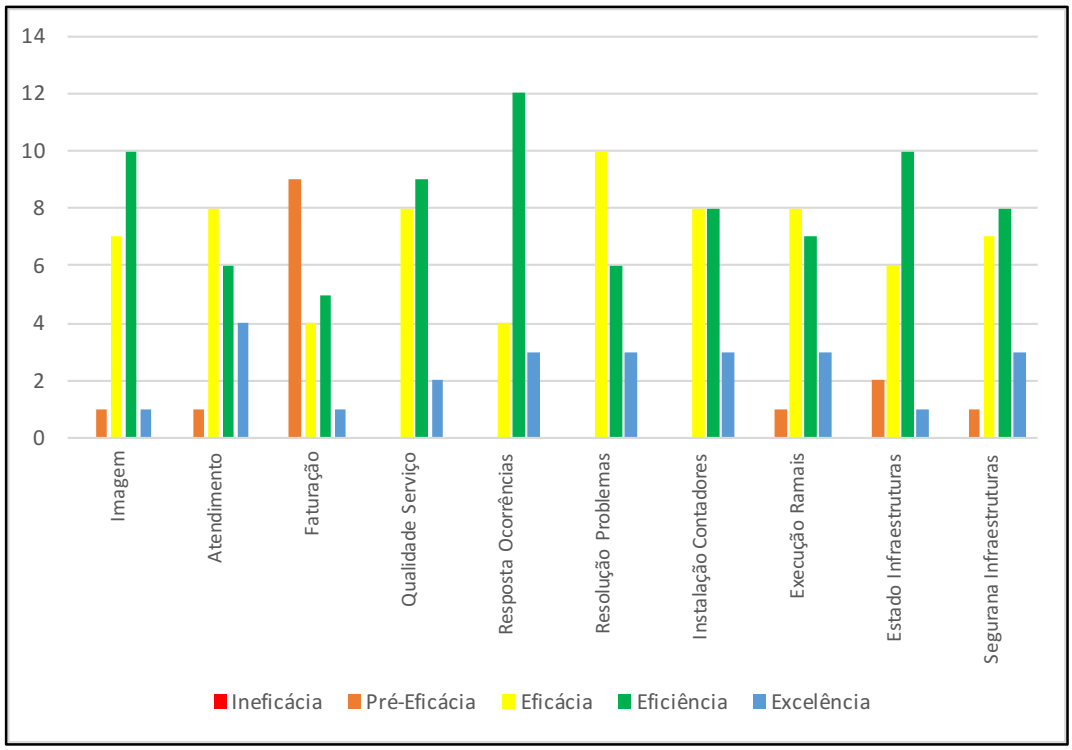


Fig. 5.25 – Avaliação de Desempenho Social – Avaliação Global (totais)

A avaliação da perspetiva do cliente, no que se refere à imagem da EG, evidencia um desempenho maioritariamente eficiente (53%), distribuindo-se as restantes respostas da seguinte forma: 5% indicam um desempenho excelente, 37%, eficaz e os restantes 5%, pré-eficaz. Não se registaram respostas que indicassem que a imagem da entidade gestora se encontrava na classe de desempenho ineficaz.

A figura 5.26 representa graficamente a avaliação do desempenho social do SAA-Arouca, da perspetiva do cliente (imagem da EG).

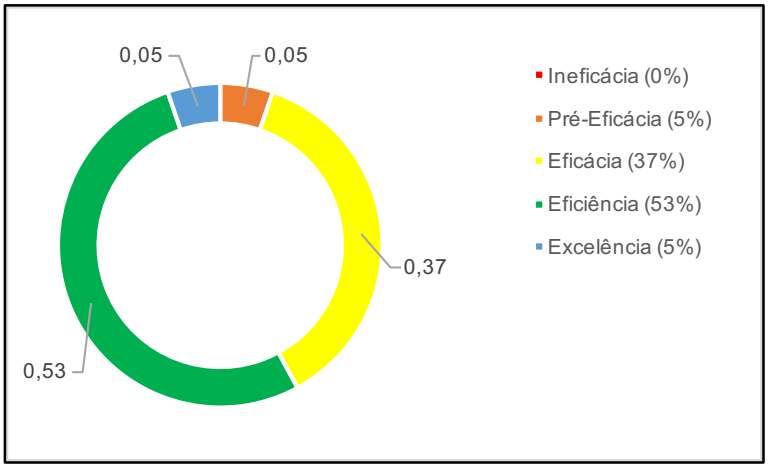


Fig. 5.26 – Avaliação de Desempenho Social da Perspetiva do Cliente – Imagem da Entidade Gestora

Da perspetiva do cliente e de acordo com a avaliação efetuada, as respostas relativas ao desempenho no atendimento dividem-se da seguinte forma: 0%, ineficaz; 5%, pré-eficaz; 42%, eficaz; 32%, eficiente; 21%, excelente.

A figura 5.27 representa graficamente a avaliação do desempenho social do SAA-Arouca, da perspetiva do cliente (atendimento).

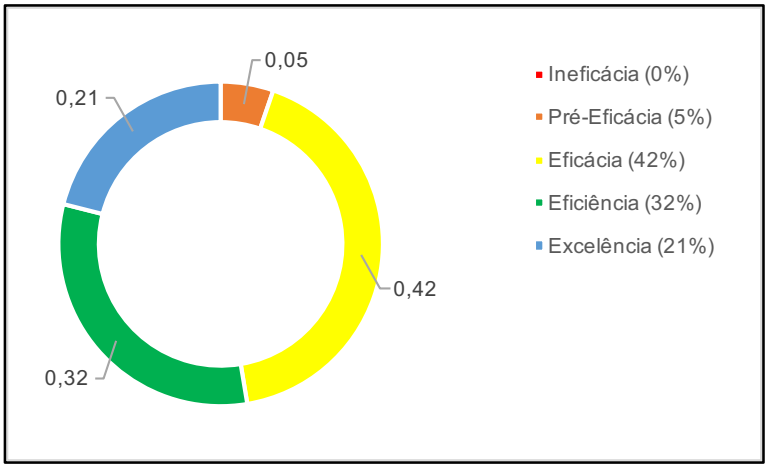


Fig. 5.27 – Avaliação de Desempenho Social da Perspetiva do Cliente – Atendimento

No que se refere ao processo de faturação, da perspetiva do cliente, a maior percentagem de respostas indica que o desempenho se encontra na classe de pré-eficácia (47%). As restantes respostas apontam 21% para desempenho eficaz, 26% para desempenho eficiente e 5% para desempenho excelente.

A figura 5.28 representa graficamente a avaliação do desempenho social do SAA-Arouca, da perspetiva do cliente (processo de faturação).

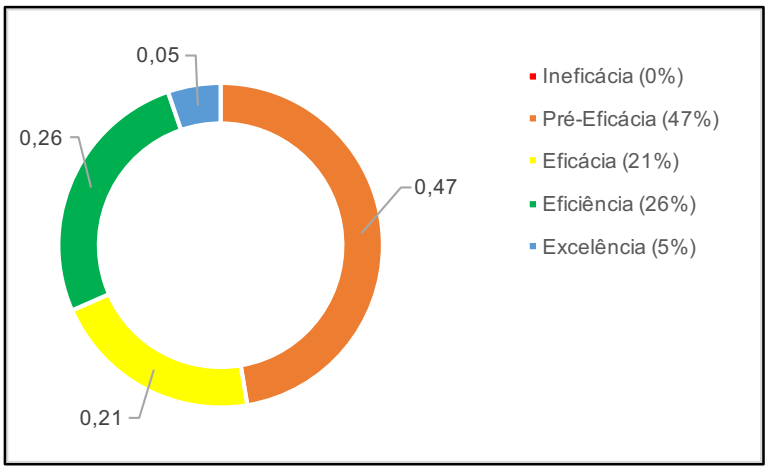


Fig. 5.28 – Avaliação de Desempenho Social da Perspetiva do Cliente – Processo de Faturação

Em relação ao serviço prestado, a avaliação efetuada à qualidade do serviço traduz-se nas seguintes respostas: 0% indicam um desempenho ineficaz ou pré-eficaz, 42% um desempenho eficaz, 47% um desempenho eficiente e 11% um desempenho excelente.

A figura 5.29 representa graficamente a avaliação do desempenho social do SAA-Arouca, relativamente ao serviço prestado (qualidade de serviço).

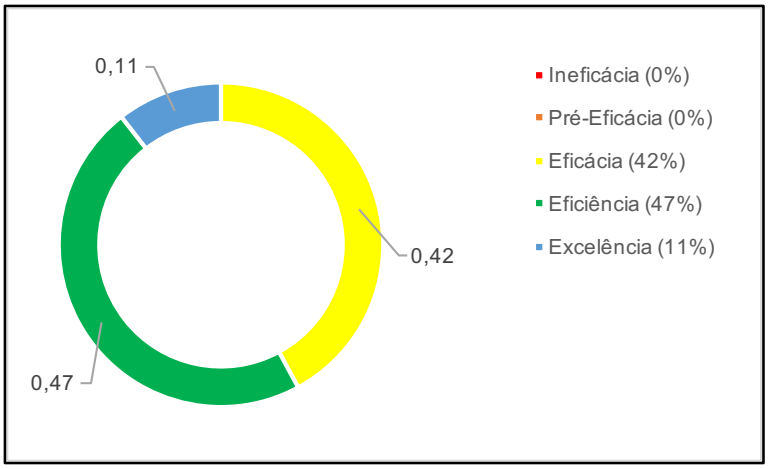


Fig. 5.29 – Avaliação de Desempenho Social do Serviço Prestado – Qualidade de Serviço

Relativamente à resposta a ocorrências, refere-se que a maior percentagem de respostas (63%) apontou no sentido de um serviço prestado de forma eficiente. Não se registaram respostas que indicassem um desempenho ineficaz ou pré-eficaz. Indica-se a distribuição das restantes respostas: 21%, eficaz, e 16%, excelente.

A figura 5.30 representa graficamente a avaliação do desempenho social do SAA-Arouca, relativamente ao serviço prestado (resposta a ocorrências).

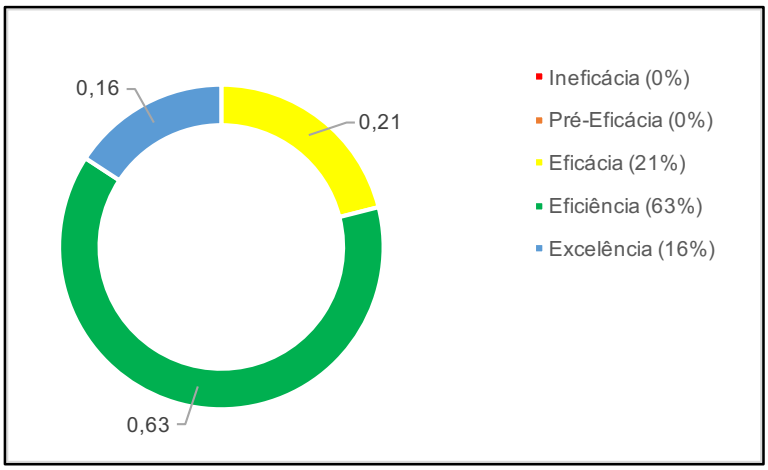


Fig. 5.30 – Avaliação de Desempenho Social do Serviço Prestado – Resposta a Ocorrências

A resolução dos problemas reportados, de acordo com o inquérito de desempenho social efetuado, avalia-se da seguinte forma: 0%, desempenho ineficaz ou pré-eficaz; 52%, desempenho eficaz; 32%, desempenho eficiente; 16%, desempenho excelente.

A figura 5.31 representa graficamente a avaliação do desempenho social do SAA-Arouca, relativamente ao serviço prestado (resolução de problemas reportados).

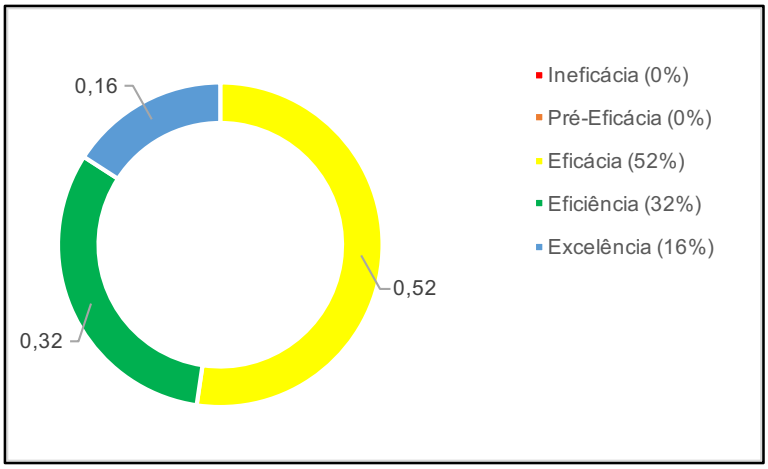


Fig. 5.31 – Avaliação de Desempenho Social do Serviço Prestado – Resolução de Problemas Reportados

O desempenho social do serviço prestado na instalação de contadores, tal como no caso da resolução de problemas reportados, não regista respostas que indiquem um desempenho ineficaz ou pré-eficaz. Nas restantes classes de desempenho, as respostas distribuem-se da seguinte forma: 42%, desempenho eficaz; 42%, desempenho eficiente; 16%, desempenho excelente.

A figura 5.32 representa graficamente a avaliação do desempenho social do SAA-Arouca, relativamente ao serviço prestado (instalação de contadores).

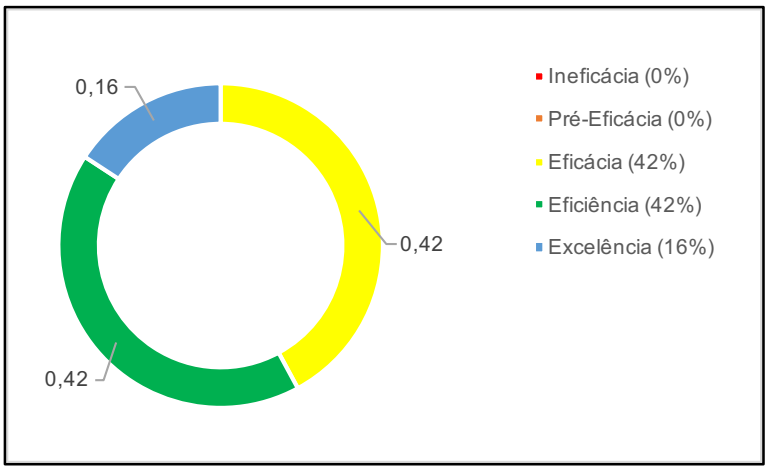


Fig. 5.32 – Avaliação de Desempenho Social do Serviço Prestado – Instalação de Contadores

A instalação de contadores, também avaliada no âmbito do desempenho social do serviço prestado, associa-se à seguinte divisão: 0%, desempenho ineficaz; 5%, desempenho pré-eficaz; 42%, desempenho eficaz; 37%, desempenho eficiente; 16%, desempenho excelente.

A figura 5.33 representa graficamente a avaliação do desempenho social do SAA-Arouca, relativamente ao serviço prestado (execução de ramais).

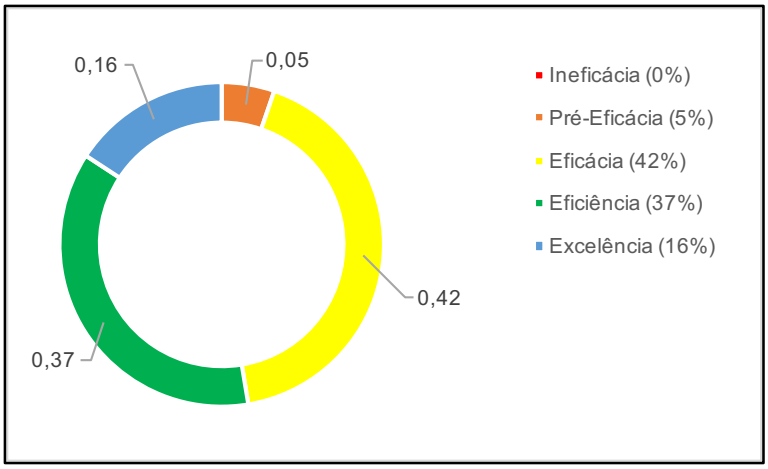


Fig. 5.33 – Avaliação de Desempenho Social do Serviço Prestado – Execução de Ramais

O desempenho social das infraestruturas do SAA-Arouca, no que se refere ao estado de conservação das infraestruturas, avalia-se da seguinte forma: 0%, desempenho ineficaz; 11%, desempenho pré-eficaz; 32%, desempenho eficaz; 53%, desempenho eficiente; 5%, desempenho excelente.

A figura 5.34 representa graficamente a avaliação do desempenho social das infraestruturas do SAA-Arouca (estado de conservação das infraestruturas).

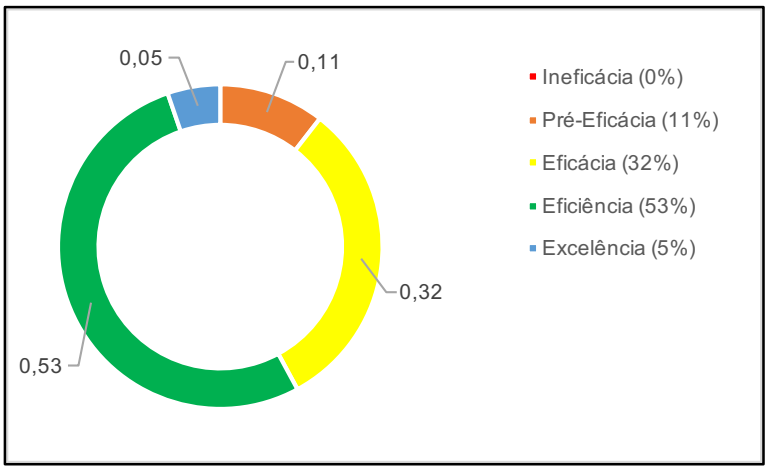


Fig. 5.34 – Avaliação de Desempenho Social das Infraestruturas – Estado de Conservação das Infraestruturas

Relativamente à segurança das infraestruturas, de acordo com o inquérito de desempenho social efetuado à EG, não se consideram infraestruturas com um desempenho ineficaz. A maior percentagem (42%) refere-se a um desempenho eficiente, seguindo-se, sequencialmente, o eficaz (37%), o excelente (16%) e o pré-eficaz (5%).

A figura 5.35 representa graficamente a avaliação do desempenho social das infraestruturas do SAA-Arouca (segurança das infraestruturas).

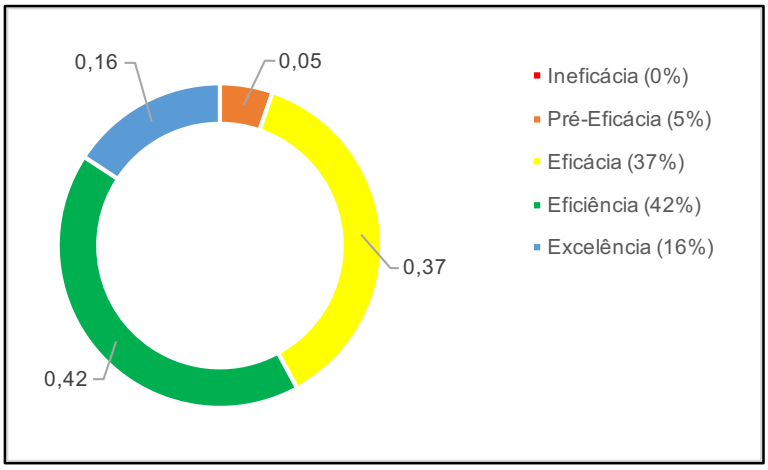


Fig. 5.35 – Avaliação de Desempenho Social das Infraestruturas – Segurança das Infraestruturas

A avaliação do desempenho social global do SAA-Arouca, apresenta os seguintes resultados: 0%, desempenho ineficaz; 8%, desempenho pré-eficaz; 37%, desempenho eficaz; 43%, desempenho eficiente; 12%, desempenho excelente.

A figura 5.36 representa graficamente a avaliação global do desempenho do SAA-Arouca.

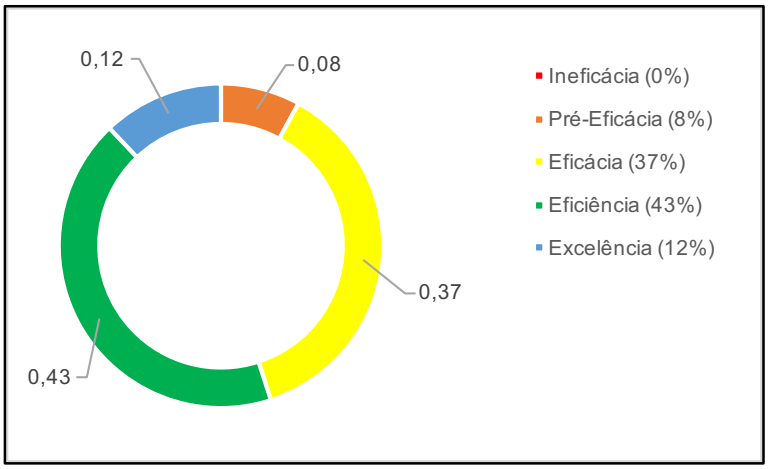


Fig. 5.36 – Avaliação de Desempenho Social – Avaliação Global (valores médios)

5.2.2.3. Custo

Em relação à avaliação de custo das infraestruturas do SAA-Arouca, avaliam-se patrimonialmente (vida útil; vida residual; custo de substituição; valor atual; IVI) as seguintes componentes:

- Captações;
- Condutas adutoras;
- Reservatórios;
- Sistemas de tratamento;
- Condutas distribuidoras;
- VRP;
- EE.

A avaliação do custo das infraestruturas do SAA-Arouca efetua-se de acordo com a metodologia que se encontra preconizada no Capítulo 4 – Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas, em consonância com a avaliação de estado e com a estimativa de custos de construção de infraestruturas hidráulicas considerados.

A tabela A3.8 (Anexo A3) sistematiza os dados da avaliação do custo das captações do SAA-Arouca, baseada nos inquéritos efetuados à EG. A avaliação de custos das captações do SAA-Arouca sintetiza-se na tabela A3.15 (Anexo A3). Refere-se que se estima um valor de 158 625 € para a substituição das captações, um valor atual de 99 460€ e um IVI de 0,63.

No anexo A3, a tabela A3.9 inclui a totalidade dos dados da avaliação do custo das condutas adutoras do SAA-Arouca, baseada nos inquéritos efetuados à EG. A tabela A3.16 (Anexo A3) sintetiza os dados da avaliação de custos das condutas adutoras, por subsistema do SAA-Arouca. Estima-se um valor de 1 381 695 € para a substituição da totalidade das condutas, para as quais se considera um valor atual de 901 544 € e um IVI de 0,65.

A tabela A3.10 (Anexo A3) integra a totalidade dos dados da avaliação do custo dos reservatórios do SAA-Arouca, com base nos inquéritos efetuados à EG e nos custos estimados. A avaliação de custos dos reservatórios do SAA-Arouca encontra-se sintetizada tabela A3.17 (Anexo A3). Indica-se que a estimativa dos custos apresenta os seguintes valores: 2 353 779 € de custo de substituição; 1 425 292 € de valor atual; 0,61 de IVI.

A avaliação do custo dos sistemas de tratamento do SAA-Arouca encontra-se sistematizada na tabela A3.11 (Anexo 3). A tabela A3.18 (Anexo A3) apresenta os dados principais dessa avaliação de custos (vida residual; custo de substituição; valor atual; IVI). O valor estimado para a substituição da totalidade dos sistemas de tratamento é de 60 800 €, para os quais se considera um valor atual de 35 760 € e um IVI de 0,59.

A tabela A3.12 (Anexo A3) inclui os dados da avaliação do custo das condutas distribuidoras do SAA-Arouca, com base nos inquéritos efetuados à EG e nos custos estimados. A avaliação de custos das condutas distribuidoras do SAA-Arouca encontra-se sintetizada na tabela A3.19 (Anexo A3). A estimativa de custos efetuada aponta os seguintes valores: 15 200 880 € de custo de substituição; 9 287 480 € de valor atual; 0,61 de IVI.

No anexo A3, a tabela A3.13 inclui a totalidade dos dados da avaliação do custo das VRP do SAA-Arouca. A tabela A3.20 (Anexo A3) sintetiza essa informação, por subsistema do SAA-Arouca. Estimam-se os seguintes valores: 590 614 € de custos de substituição; 409 441 € de valor atual; 0,64 de IVI.

A tabela A3.14 (Anexo A3) integra a totalidade dos dados da avaliação do custo das EE do SAA-Arouca, com base nos inquéritos efetuados à EG e nos custos estimados. A informação encontra-se sintetizada, por subsistema, na tabela A3.21 (Anexo A3). Estimam-se os seguintes valores totais: 99 000 € de custo de substituição da totalidade das EE, 61 100 € de valor atual e 0,62 de IVI.

A síntese da avaliação de custo das infraestruturas do SAA-Arouca, para o ano de 2017, efetua-se na tabela 5.1 As estimativas efetuadas apontam para os seguintes valores: custo de substituição das infraestruturas do SAA-Arouca de 19 845 393 €; valor atual das infraestruturas do SAA-Arouca de 12 220 077 €; IVI das infraestruturas do SAA-Arouca de 0,62.

Tabela 5.1 – Avaliação do Custo das Infraestruturas do SAA-Arouca (2017) – Síntese

	Custo Substituição (CS)	Valor Atual (VA)	IVI
Captações	158 625 €	99 460 €	0,63
Condutas Adutoras	1 381 695 €	901 544 €	0,65
Reservatórios	2 353 779 €	1 425 292 €	0,61
Sistemas de Tratamento	60 800 €	35 760 €	0,59
Condutas Distribuidoras	15 200 880 €	9 287 480 €	0,61
VRP	590 614 €	409 441 €	0,69
EE	99 000 €	61 100 €	0,62
Total	**19 845 393 €**	**12 220 077 €**	**0,62**

Os valores de IVI obtidos para as diferentes infraestruturas do SAA-Arouca, a rondar os 60%, indicam que as infraestruturas se encontram estabilizadas, estando-se a investir, em média, o equivalente à depreciação. A avaliação de infraestruturas efetuada pretende estabelecer o enquadramento geral do estado, desempenho, custo e risco das infraestruturas, com o principal objetivo de apoiar a tomada de decisão nas ações de exploração e intervenção no SAA-Arouca. Na tabela 5.2 representa-se a percentagem de vida útil consumida das diversas infraestruturas do SAA-Arouca.

Tabela 5.2 – Estimativa dos custos de reabilitação das Infraestruturas do SAA-Arouca (2017) – Síntese

	Vida Útil Consumida
Captações	37%
Condutas Adutoras	35%
Reservatórios	39%
Sistemas de Tratamento	41%
Condutas Distribuidoras	39%
VRP	31%
EE	38%
SAA-Arouca (Global)	**38%**

5.2.2.4. Risco

A avaliação do risco das infraestruturas do SAA-Arouca, através de inquéritos relacionados com a probabilidade de ocorrência de determinados eventos, efetua-se nas seguintes componentes:

- Captações (incumprimentos e *security*);
- Condutas adutoras (perda de água, rotura e interrupção de serviço);
- Reservatórios (perda de água, *security* e ambiente e segurança);
- Sistemas de tratamento (interrupção de serviço);
- Condutas distribuidoras (perda de água, rotura e interrupção de serviço);
- VRP (perda de água, rotura e interrupção de serviço);
- EE (perda de água, *security* e ambiente e segurança).

A tabela A3.1 (Anexo A3) inclui a totalidade dos dados das probabilidades de ocorrência, resultantes da avaliação do risco (incumprimento e *security*) nas captações do SAA-Arouca. No que se refere ao incumprimento, a maior percentagem de infraestruturas apresenta uma probabilidade de ocorrência média (48%; 11 captações), dividindo-se as restantes da seguinte forma: 43% (10 captações) com probabilidade de ocorrência alta e 9% (2 captações) com probabilidade de ocorrência baixa. A figura 5.37 representa graficamente o risco (probabilidade de incumprimento) das captações do SAA-Arouca.

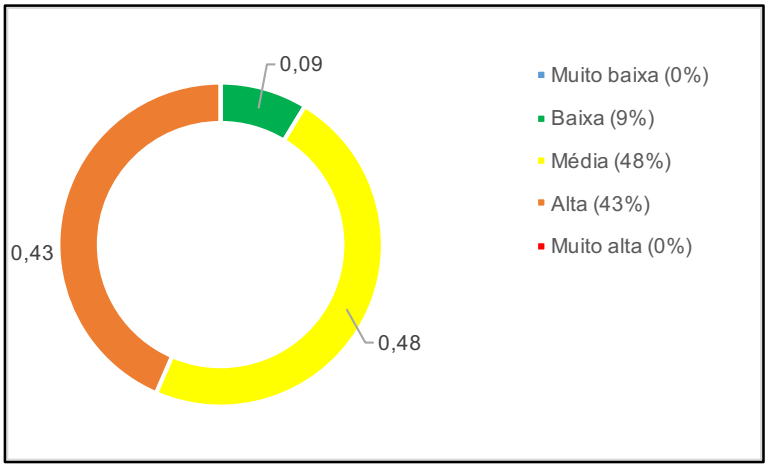


Fig. 5.37 – Avaliação do Risco das Captações do SAA-Arouca – Incumprimento

Relativamente ao risco designado por "*security*", considera-se a seguinte distribuição de probabilidades de ocorrência: 70% (16 captações) com probabilidade de ocorrência baixa e 30% (7 captações) com probabilidade de ocorrência média. A figura 5.38 representa graficamente o risco (*security*) das captações do SAA-Arouca.

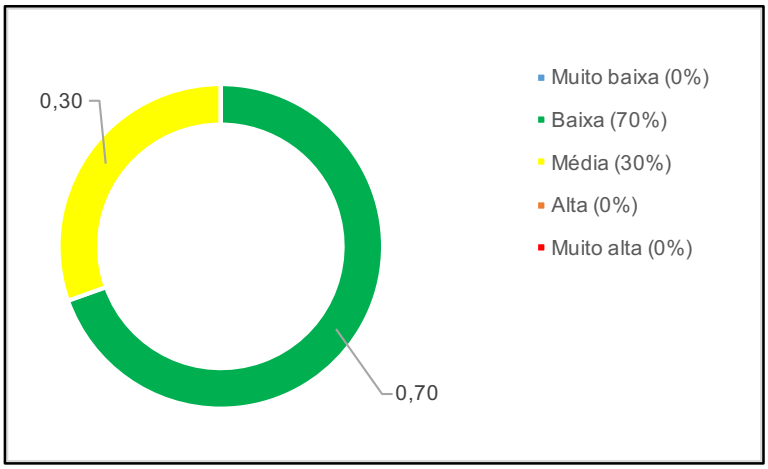


Fig. 5.38 – Avaliação do Risco das Captações do SAA-Arouca – Security

Os dados da avaliação do risco das condutas adutoras (perda de água, rotura e interrupção de serviço) encontram-se sistematizados na tabela A3.2 (Anexo A3). Relativamente à probabilidade de perda de água, a maior percentagem de infraestruturas (53%; 20 948 m) apresenta uma probabilidade de ocorrência média, distribuindo-se as restantes probabilidades da seguinte forma: 19% (7 598 m) das infraestruturas com probabilidade baixa; 15% (5 822 m) das infraestruturas com probabilidade alta; 13% (5 109 m) das infraestruturas com probabilidade muito alta. A figura 5.39 representa graficamente o risco (probabilidade de perda de água) das condutas adutoras do SAA-Arouca.

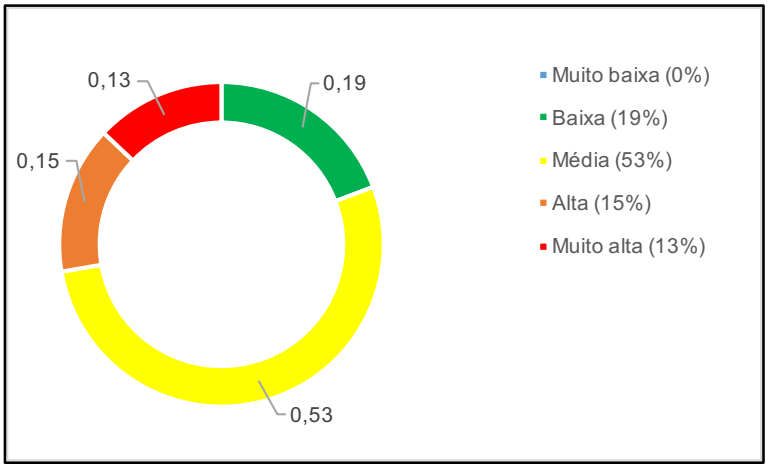


Fig. 5.39 – Avaliação do Risco das Adutoras do SAA-Arouca – Probabilidade de Perda de Água

No que diz respeito ao risco de rotura, a partir da avaliação efetuada, estabelece-se o seguinte: 9% (3 598 m) das infraestruturas com probabilidade de rotura muito baixa, 45% (17 939 m) com probabilidade baixa, 23% (9 134 m) com probabilidade média, 19% (7 597 m) com probabilidade alta

e 3% (1 209 m) com probabilidade muito alta. A figura 5.40 representa graficamente o risco (probabilidade de rotura) das condutas adutoras do SAA-Arouca.

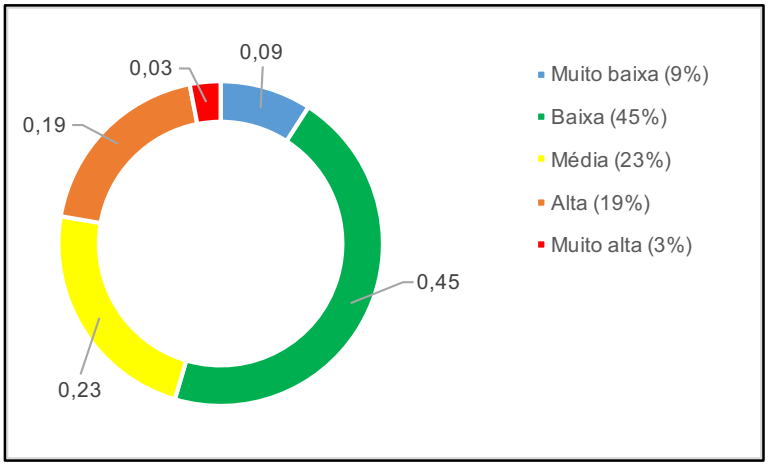


Fig. 5.40 – Avaliação do Risco das Adutoras do SAA-Arouca – Probabilidade de Rotura

Em relação ao risco de interrupção de serviço, a maioria das condutas adutoras (54%; 21 330 m) apresenta uma probabilidade de ocorrência média. As restantes infraestruturas distribuem-se, pelas diferentes classes de probabilidades, como se descreve seguidamente: 9% (3 598 m) apresentam uma probabilidade de interrupção de serviço muito baixa, 24% (9 643 m) uma probabilidade baixa, 9% (3 697 m) uma probabilidade alta e 3% (1 209 m) uma probabilidade muito alta. A figura 5.41 representa graficamente o risco (probabilidade de interrupção de serviço) das condutas adutoras do SAA-Arouca.

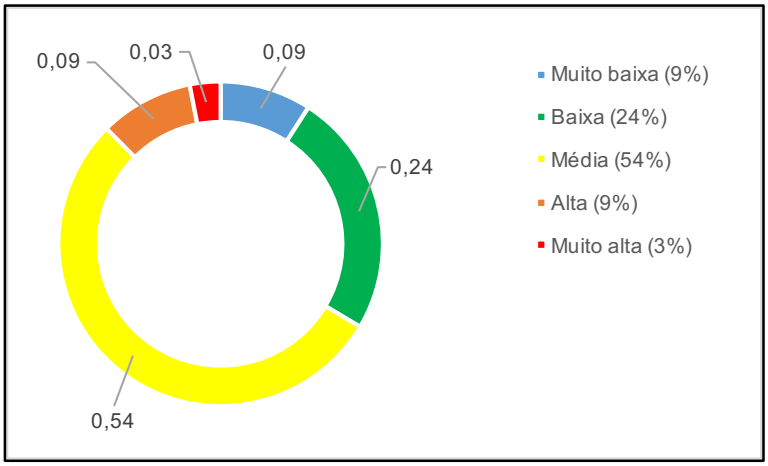


Fig. 5.41 – Avaliação do Risco das Adutoras do SAA-Arouca – Probabilidade de Interrupção de Serviço

A tabela A3.3 (Anexo A3) integra todos os dados da avaliação do risco (perda de água, *security* e ambiente e segurança) dos reservatórios do SAA-Arouca, efetuada através do inquérito das probabilidades de ocorrência. Relativamente à probabilidade de perda de água, apresentam-se os seguintes resultados para os reservatórios do SAA-Arouca: 4% (2 reservatórios) com probabilidade de perda de água muito baixa, 4% (2 reservatórios), baixa, 43% (20 reservatórios), média, 40% (19 reservatórios), alta e 9% (4 reservatórios), muito alta. A figura 5.42 representa graficamente o risco (probabilidade de perda de água) dos reservatórios do SAA-Arouca.

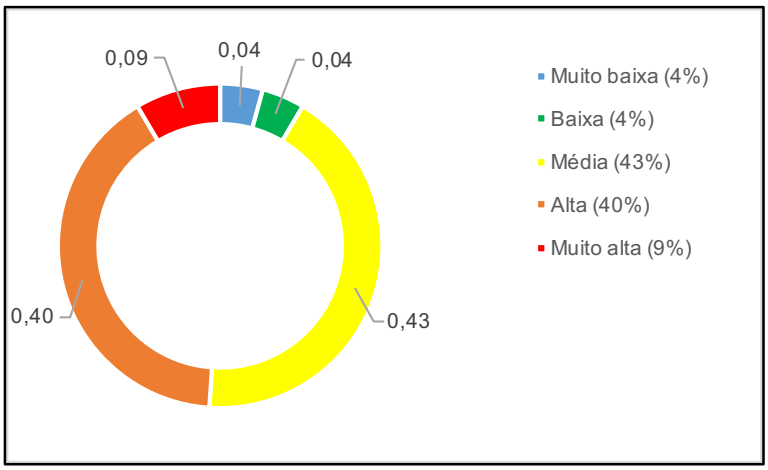


Fig. 5.42 – Avaliação do Risco dos Reservatórios do SAA-Arouca – Probabilidade de Perda de Água

Em relação ao risco designado por "*security*", de acordo com a avaliação de probabilidades de ocorrência efetuada, considera-se a seguinte divisão para os reservatórios do SAA-Arouca: 9% (4 reservatórios) com probabilidade de ocorrência muito baixa; 13% (6 reservatórios) com probabilidade de ocorrência baixa; 40% (19 reservatórios) com probabilidade de ocorrência média; 38% (18 reservatórios) com probabilidade de ocorrência alta. A figura 5.43 representa graficamente o risco (probabilidade de contaminação) dos reservatórios do SAA-Arouca.

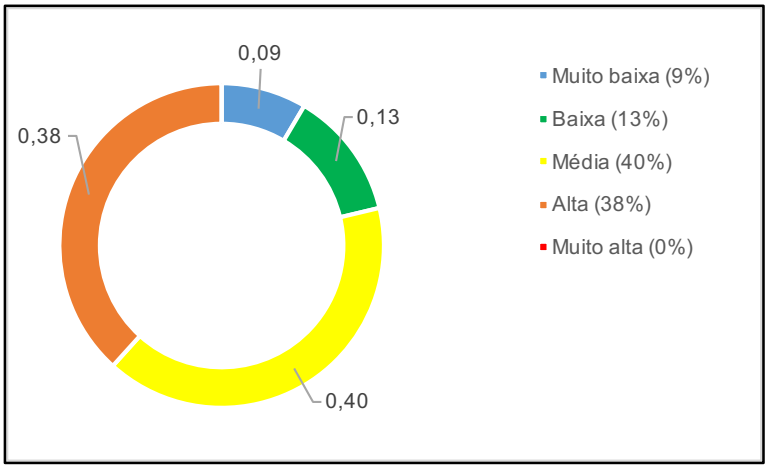


Fig. 5.43 – Avaliação do Risco dos Reservatórios do SAA-Arouca – Probabilidade de Contaminação (Security)

No que diz respeito ao ambiente e segurança dos reservatórios do SAA-Arouca, avaliam-se as probabilidades de ocorrência de eventos associados a este risco da seguinte forma: 11% (5 reservatórios) com probabilidade muito baixa; 13% (6 reservatórios) com probabilidade baixa; 43% (20 reservatórios) com probabilidade média; 34% (16 reservatórios) com probabilidade alta. A figura 5.44 representa graficamente o risco (probabilidade de acidente) dos reservatórios do SAA-Arouca.

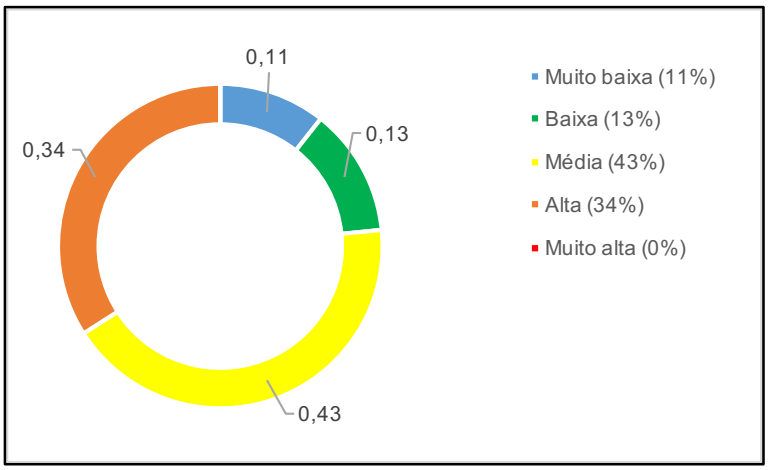


Fig. 5.44 – Avaliação do Risco dos Reservatórios do SAA-Arouca – Probabilidade de Acidente (Ambiente e Segurança)

A avaliação do risco dos sistemas de tratamento (probabilidade de interrupção de serviço) encontra-se sistematizada na tabela A3.4 (Anexo A3). A maioria dos sistemas de tratamento (82%; 14 sistemas) apresenta uma probabilidade de interrupção de serviço média, dividindo-se os restantes sistemas de tratamento da seguinte forma: 6% (1 sistema) com probabilidade de interrupção de serviço baixa e 12% (2 sistemas) com probabilidade de interrupção de serviço alta. A figura 5.45 representa graficamente a avaliação do risco (interrupção de serviço) dos sistemas de tratamento do SAA-Arouca.

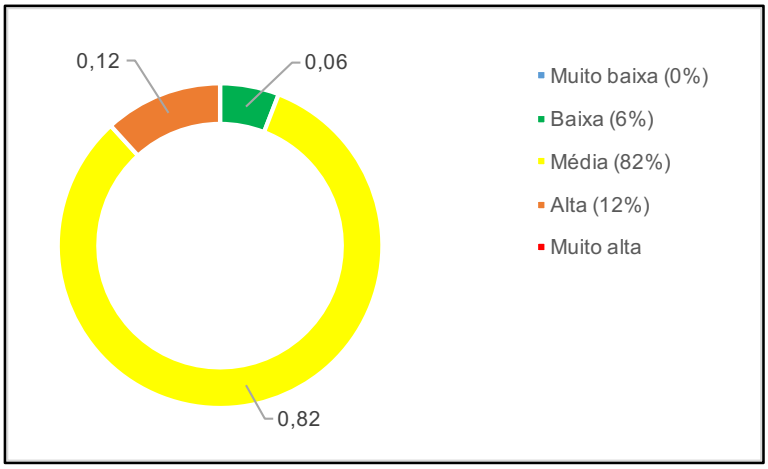


Fig. 5.45 – Avaliação do Risco nos Sistemas de Tratamento do SAA-Arouca – Probabilidade de Interrupção de Serviço

Os dados da avaliação do risco das condutas distribuidoras (perda de água, rotura e interrupção de serviço) encontram-se sistematizados na tabela A3.5 (Anexo A3). No que se refere à probabilidade de perda de água, a maior percentagem (45%; 171 458 m) de infraestruturas apresenta uma probabilidade de ocorrência alta, seguindo-se as que se avaliam com uma probabilidade de ocorrência de perda de água média (39%; 146 623 m) e finalizando-se com as que se consideram com uma probabilidade de perda de água baixa (16%; 60 620 m). Não se registaram respostas que indicassem condutas adutoras com probabilidade de perda de água muito baixa, salientando-se que uma percentagem próxima de 0% se associa a uma probabilidade muito alta de perda de água em condutas distribuidoras. A figura 5.46

representa graficamente a avaliação do risco (probabilidade de perda de água) das condutas distribuidoras do SAA-Arouca.

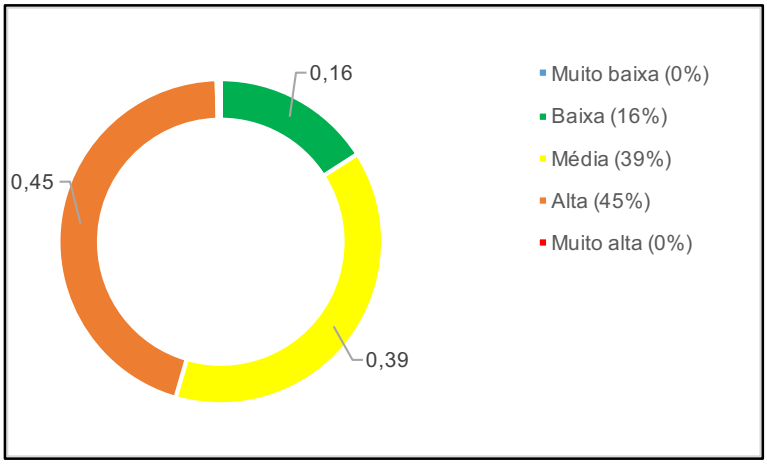


Fig. 5.46 – Avaliação do Risco das Condutas Distribuidoras do SAA-Arouca – Probabilidade de Perda de Água

Relativamente ao risco de rotura em condutas distribuidoras, de acordo com a avaliação efetuada, estabelece-se o seguinte: 18% (66 998 m) com probabilidade de rotura baixa, 38% (143 587 m) com probabilidade de rotura média, 42% (158 922 m) com probabilidade de rotura alta e 3% (10 737 m) com probabilidade de rotura muito alta. A figura 5.47 representa graficamente a avaliação do risco (probabilidade de rotura) das condutas distribuidoras do SAA-Arouca.

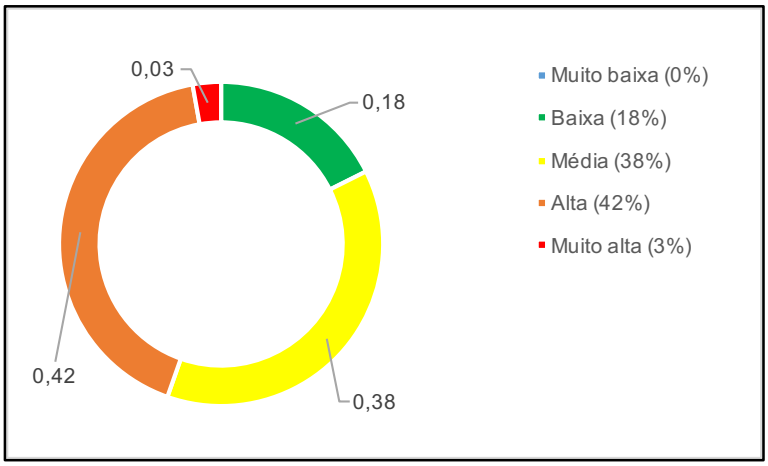


Fig. 5.47 – Avaliação do Risco das Condutas Distribuidoras do SAA-Arouca – Probabilidade de Rotura

No que diz respeito ao risco de interrupção de serviço, a maioria das condutas distribuidoras (54%; 205 759 m) apresenta uma probabilidade de ocorrência de rotura média. As restantes distribuem-se, pelas diferentes classes de probabilidades consideradas, como se descreve seguidamente: 43% (162 205 m) com probabilidade de ocorrência de rotura baixa e 3% (12 280 m) com probabilidade de ocorrência de rotura alta. A figura 5.48 representa graficamente a avaliação do risco (probabilidade de interrupção de serviço) das condutas distribuidoras do SAA-Arouca.

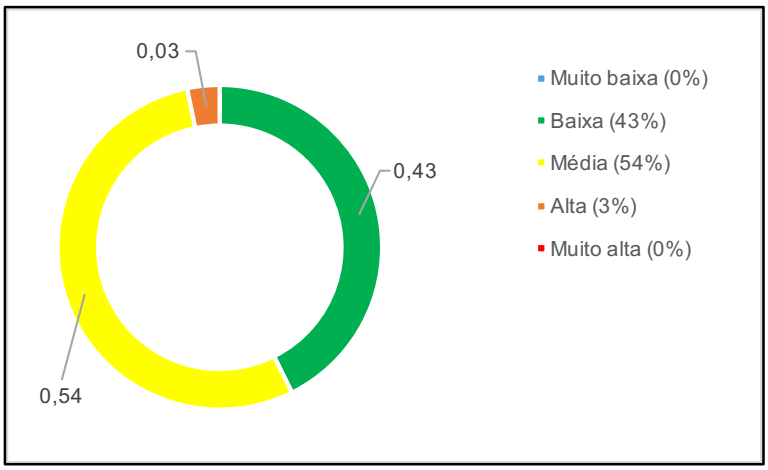


Fig. 5.48 – Avaliação do Risco das Condutas Distribuidoras do SAA-Arouca – Probabilidade de Interrupção de Serviço

A tabela A3.6 (Anexo A3) inclui a totalidade dos dados da avaliação de risco das VRP (perda de água, rotura e interrupção de serviço) do SAA-Arouca. Relativamente à probabilidade de perda de água, a maioria das VRP (93%; 133 VRP) apresenta uma probabilidade de perda de água baixa, avaliando-se 5% (7 VRP) com probabilidade média, 1% (2 VRP) com probabilidade muito baixa e 1% (1 VRP) com probabilidade muito alta. A figura 5.49 representa graficamente a avaliação do risco (probabilidade de perda de água) das VRP do SAA-Arouca.

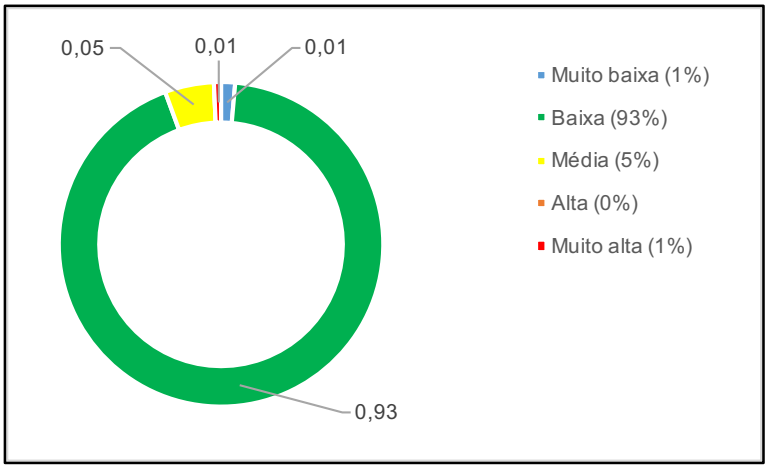


Fig. 5.49 – Avaliação do Risco das VRP do SP do SAA-Arouca – Probabilidade de Perda de Água

No que se refere ao risco de rotura em VRP, em consonância com a avaliação efetuada, estabelece-se a seguinte divisão por classes de probabilidades: 0%, muito baixa; 88% (126 VRP), baixa; 9% (13 VRP), média; 2% (3 VRP), alta; 1% (1 VRP), muito alta. A figura 5.50 representa graficamente a avaliação do risco (probabilidade de rotura) das VRP do SAA-Arouca.

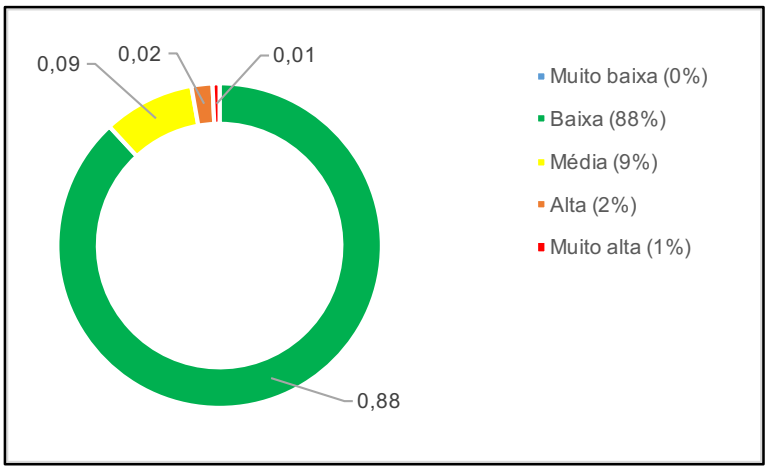


Fig. 5.50 – Avaliação do Risco das VRP do SP do SAA-Arouca – Probabilidade de Rotura

Em relação ao risco de interrupção de serviço em VRP, a maioria (92%; 132 VRP) das VRP apresenta uma probabilidade de ocorrência baixa, distribuindo-se as restantes probabilidades residuais como se indica seguidamente: 1% (2 VRP) com probabilidade muito baixa; 3% (5 VRP) com probabilidade média; 3% (4 VRP) com probabilidade alta. A figura 5.51 representa graficamente a avaliação do risco (probabilidade de interrupção de serviço) das VRP do SAA-Arouca.

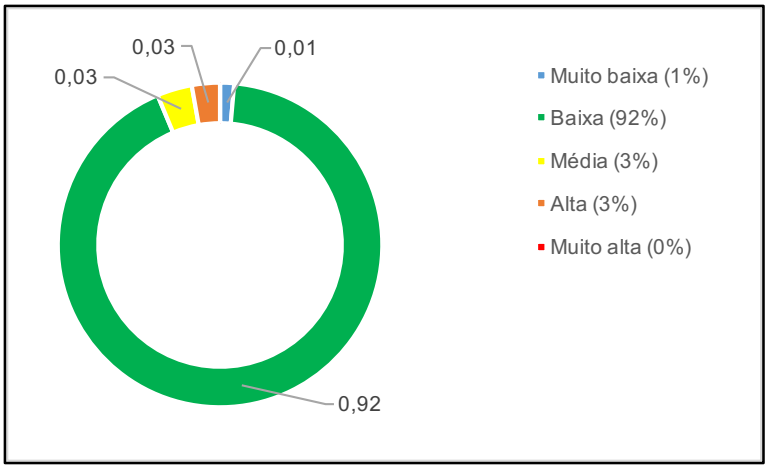


Fig. 5.51 – Avaliação do Risco das VRP do SP do SAA-Arouca – Probabilidade de Interrupção de Serviço

Os dados que resultam da avaliação de risco (perda de água, *security* e ambiente e segurança) das EE do SAA-Arouca, pelo inquérito das probabilidades de ocorrência, sistematizam-se na tabela A3.7 (Anexo 3). No que diz respeito à probabilidade de perda de água, apresentam-se os seguintes resultados para as EE do SAA-Arouca: 59% (13 EE) com probabilidade de perda de água baixa, 14% (3 EE) com probabilidade média, 18% (4 EE) com probabilidade alta e 9% (2 EE) com probabilidade muito alta. A figura 5.52 representa graficamente a avaliação do risco (perda de água) das EE do SAA-Arouca.

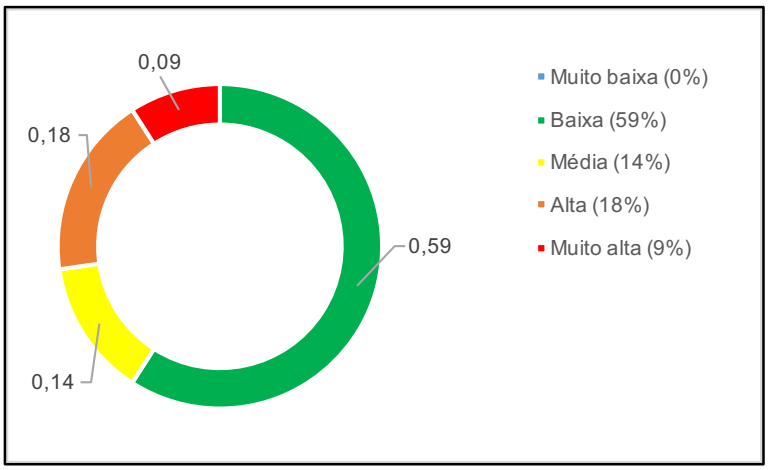


Fig. 5.52 – Avaliação do Risco das EE do SAA-Arouca – Probabilidade de Perda de Água

Relativamente ao risco designado por "*security*", de acordo com a avaliação de probabilidades de ocorrência efetuada, considera-se a seguinte divisão para as EE do SAA-Arouca: 41% (9 EE) com probabilidade de ocorrência baixa, 50% (11 EE) com probabilidade de ocorrência média e 9% (2 EE) com probabilidade de ocorrência alta. A figura 5.53 representa graficamente a avaliação do risco (*security*) das EE do SAA-Arouca.

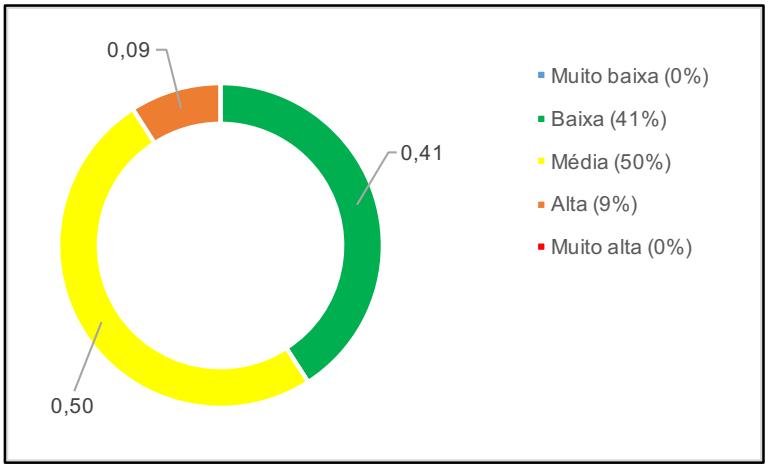


Fig. 5.53 – Avaliação do Risco das EE do SAA-Arouca – Probabilidade de Contaminação (Security)

Em relação ao ao ambiente e segurança das EE do SAA-Arouca, avaliam-se as probabilidades de ocorrência de eventos associados a este risco da seguinte forma 32% (7 EE) com probabilidade baixa, 55% (12 EE) com probabilidade média e 14% (3 EE) com probabilidade alta. A figura 5.54 representa graficamente a avaliação do risco (ambiente e segurança) das EE do SAA-Arouca.

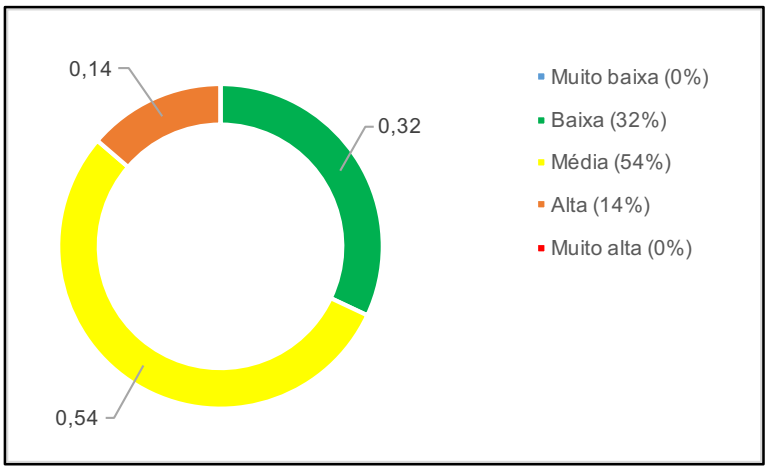


Fig. 5.54 – Avaliação do Risco das EE do SAA-Arouca – Probabilidade de Acidente (Ambiente e Segurança)

A tabela A5.1 (Anexo A5) constitui a matriz de risco que sistematiza a informação da avaliação de risco das infraestruturas hidráulicas do SAA-Arouca, efetuada no âmbito da aplicação da metodologia de GOIH. Neste contexto, identificam-se as infraestruturas que apresentam um nível de risco muito elevado, com a necessidade de eliminação do risco identificado e de monitorização constante:

- Risco *Security*: Reservatório de Agras (*já desativado*), Regadas (*já desativado*), Cavada (*já desativado*), Urrô (*já desativado*), Sanfins (*já desativado*), Barrol, São João, Fráguas, Porto Escuro, Vila Nova do Pisco (*já desativado*), Vilarinho, Fuste, Friães, Covêlo de Paivô (*reservatório novo em construção*), Cando, Regoufe 2, Cabreiros e Castanheira;
- Risco *Security*: EE-Novais (*já desativada*) e Furo de Vila Viçosa (*já reforçada a segurança*).

Relativamente ao nível de risco elevado, o risco *security* relativo a reservatórios, EE e captações surge em diversas infraestruturas, associado a uma consequência crítica. Destes, salienta-se que a necessidade de transferência total ou parcial do risco se efetuou através da desativação de algumas infraestruturas (*p.ex.*: Mata) e do reforço da segurança em outras (*p.ex.*: instalação e verificação de dispositivos de acesso em diversos reservatórios). O risco associado às condições de ambiente segurança de alguns reservatórios, parte deles já desativados (*p.ex.*: Agras, Regadas, Sanfins, Urrô, Vila Nova do Pisco) e em EE, algumas entretanto reabilitadas (*p.ex.*: Furo de Ferreiros 2), também se avaliou com o nível elevado. Em relação ao risco de interrupção de serviço, surgem algumas condutas adutoras e distribuidoras, sistemas de tratamento e VRP, parte delas já intervencionadas (*p.ex.*: VRP no PE de Abelheira; VRP no PE de Moldes).

Em relação ao nível de risco intermédio, a que se refere parte significativa dos riscos avaliados nas infraestruturas do SAA-Arouca (*p.ex.*: incumprimento, perda de água, rotura), do ponto de vista da necessidade de redução do risco e de monitorização específica, salienta-se a estratégia de combate às perdas de água através da redução da resposta a ocorrências, da gestão de pressões e das ações de manutenção, reabilitação e reforço, cujos resultados se analisam posteriormente.

O nível de risco reduzido, considerado aceitável e associado a uma monitorização em procedimentos de rotina refere-se a diversas VRP, atualmente incluídas numa rotina de monitorização programada anualmente (analisada com maior detalhe posteriormente), e a outras infraestruturas cuja abordagem se encontra programada anualmente, considerando ações que permitam que o nível de risco se encontre dentro de patamares adequados ao correto funcionamento do SAA-Arouca.

Tal como referido anteriormente, o desenvolvimento e a aplicação da metodologia proposta efetuaram-se em colaboração com a EG, com o envolvimento do autor na exploração do SAA-Arouca, tendo parte das situações identificadas sido resolvidas, de acordo com um critério de priorização que teve em conta o risco das infraestruturas avaliadas.

5.2.2.5 Ações propostas

Relativamente à avaliação de infraestruturas, realça-se que esta área operacional da metodologia de GOIH se trata é de um processo contínuo, de atualização permanente. A avaliação efetuada refere-se ao ano de 2017, de acordo com os inquéritos efetuados e com as informações sobre o sistema, as infraestruturas e os ativos disponíveis à data. Como ações futuras, neste âmbito, propõe-se a atualização da avaliação infraestrutural (estado, desempenho, custo e risco) num momento posterior, após a otimização operacional efetuada e os investimentos em monitorização, manutenção, reabilitação e reforço, com a inclusão, entre outras, das componentes que se indicam seguidamente:

- Levantamento e avaliação de outras infraestruturas, designadamente:
    - Válvulas de seccionamento;
    - Ventosas;
    - Descargas de fundo;
    - Hidrantes;
    - Ramais domiciliários;
    - Ramais de incêndio;
- Levantamento e avaliação de equipamentos eletromecânicos;
- Levantamento e avaliação mais pormenorizada de captações (em simultâneo com a remoção e manutenção de equipamentos de bombagem e desinfeção);
- Elaboração de planos de GPI;
- Elaboração de previsões de custos de reabilitação de infraestruturas.

Do ponto de vista da gestão patrimonial de infraestruturas hidráulicas, realça-se a importância da atualização cadastral de novas alterações introduzidas no sistema, bem como a melhoria constante do cadastro de situações existentes e infraestruturas construídas. Propõe-se que, no âmbito da exploração de infraestruturas hidráulicas, se adaptem as ferramentas de apoio ao registo operacional, de forma a incluírem a possibilidade de atualizar o cadastro das infraestruturas operadas e intervencionadas nas diferentes situações. A introdução desta dinâmica permitirá a atualização permanente do cadastro, visando a melhoria do conhecimento das infraestruturas existentes e a sua exploração mais otimizada.

5.2.2.6 Apontamento Final

A avaliação de infraestruturas hidráulicas efetuada no âmbito desta investigação, de acordo com a estrutura proposta na metodologia (estado; desempenho; risco; custo), inclui as seguintes componentes do SAA-Arouca: captações; condutas adutoras; reservatórios; sistemas de tratamento; condutas distribuidoras; VRP; EE. O estado, o desempenho e o risco avaliam-se de acordo com os cinco níveis propostos no Capítulo 4 – Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas, com base em inquéritos efetuados à EG. Procurou-se efetuar uma avaliação simples e expedita, onde figurasse de forma abrangente, a situação atual do SAA-Arouca. A avaliação do custo efetua-se com base na determinação do IVI, do valor atual e dos custos de substituição das infraestruturas, de acordo com informações recolhidas na bibliografia de gestão patrimonial de infraestruturas hidráulicas, em informações da EG ou em dados recolhidos durante a investigação. A tabela A3.22 (Anexo A3) sistematiza as informações da avaliação de infraestruturas hidráulicas efetuada no SAA-Arouca, sintetizadas na tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Avaliação de Infraestruturas do SAA-Arouca – Síntese

Avaliação	Abelheira	Provisende	S. Redondo	Ameixieira	Forcada	Moldes	SA	Média
Estado	2,49 (bom)	2,45 (bom)	2,64 (razoável)	3,42 (razoável)	2,82 (razoável)	3,11 (razoável)	3,36 (razoável)	2,88 (razoável)
Desempenho	2,20 (eficiência)	2,32 (eficiência)	2,70 (eficácia)	3,30 (eficácia)	3,27 (eficácia)	3,07 (eficácia)	3,30 (eficácia)	2,86 (eficácia)
Risco	6,07 (intermédio)	4,38 (baixo)	8,02 (intermédio)	7,81 (intermédio)	6,22 (intermédio)	8,13 (intermédio)	8,69 (intermédio)	7,77 (intermédio)

Relativamente a considerações específicas identificadas no processo de avaliação de infraestruturas, sintetizam-se alguns pontos a considerar para o planeamento de ações futuras no SAA-Arouca:

- Ações e intervenções a considerar no SP do SAA-Arouca:
  - Subsistema de Abelheira – necessário efetuar o controlo de pressões;
  - Subsistema de Provisende – necessário efetuar o controlo de pressões e instalar válvulas de seccionamento e executar descargas de fundo;
  - Subsistema de Souto Redondo – necessário efetuar o controlo de pressões e substituir a adutora do reservatório de São João;
  - Subsistema de Ameixieira – necessário efetuar o controlo de pressões e substituir a adutora do reservatório de Fráguas;
  - Subsistema de Forcada – necessário executar uma ligação desde o reservatório de Forcada até Santo Aleixo;
  - Subsistema de Moldes – necessário efetuar controlo de pressões e substituir as redes de Pernouzela, Cancelo e trechos da Zona Histórica da Vila;
- Ações e intervenções a considerar nos SA do SAA-Arouca:
  - SA de Canelas – necessário efetuar o controlo de pressões;
  - Conduta adutora do reservatório de Várzeas (Alvarenga) – necessário instalar ventosas;
  - Conduta adutora do reservatório de Tebilhão – necessário inspecionar a mina;
  - Conduta adutora do reservatório de Cabreiros – necessário desviar parte da água da captação.

5.2.3. EXPLORAÇÃO

5.2.3.1. Controlo Operacional

No que se refere ao controlo operacional do SAA-Arouca, apresentam-se os resultados relativos aos seguintes aspetos:

- Registo sistemático;
- Custos operacionais;
- Gestão de recursos humanos.

Relativamente ao registo sistemático, incluem-se as ocorrências (Anexo A2 – Fig. A2.25), os dados de monitorização de reservatórios (Anexo A2 – Fig. A2.20, Fig. A2.21 e A2.22) e de VRP (Anexo 2 – Fig. A2.9, Fig. A2.10, Fig. A2.11, Fig. A2.12, Fig. A2.13, Fig. A2-14, Fig. A2.15, Fig. A2.16, Tabela A2.1, Tabela A2.17 e Tabela A2.18), e o levantamento e atualização cadastral de VRP (Anexo A2 – Fig. A2.1, Fig. A2.2, Fig. A2.3, Fig. A2.4, Fig. A2.5, Fig. A2.6, Fig. A2.7 e Fig. A2.8).

A tabela 5.4 sistematiza diversas ações de controlo operacional, propostas e implementadas no âmbito da aplicação da metodologia ao SAA-Arouca. A monitorização de reservatórios inicia-se em jul/17, com o registo sistemático de valores de cloro residual, de volumes de água e de consumos de energia elétrica. Um mês depois, em ago/17, iniciou-se a gestão e registo sistemático de ocorrências no SAA-Arouca (roturas e faltas de água), com a otimização através da gestão de ocorrências visando a vista à diminuição do tempo de resposta e com o registo completo da identificação e resolução das situações identificadas (*p.ex.*: data; localização; ordem de serviço; materiais; prestador externo; necessidades de reposição). No mesmo mês (ago/17), iniciou-se a gestão estruturada de trabalhos diversos, com o objetivo de organização e priorização de ações a executar, sobretudo no combate às perdas de água e reforço de abastecimento a zonas com problemas identificados.

Tabela 5.4 – Síntese de ações de controlo operacional no SAA-Arouca

Ocorrência	Data
Monitorização de reservatórios	jul/17
Gestão e registo sistemático de ocorrências	ago/17
Gestão estruturada de trabalhos diversos	ago/17
Monitorização de fontanários com origens autónomas	ago/17
Constituição e gestão de equipa de VRP	nov/17

A monitorização de fontanários com origens autónomas, com qualidade da água não controlada, iniciou-se em ago/17, com a introdução de rotinas que consistem na verificação e reposição de sinalização indicativa de "água não controlada", em cada um dos pontos de consumo (fontanários).

Em nov/17 constitui-se a Equipa Funcional de VRP, com a principal missão de conhecimento, organização e controlo das VRP do SAA-Arouca. A atuação desta equipa iniciou-se com o levantamento das VRP existentes (Fase 0), efetuando-se em seguida a monitorização, manutenção, substituição e instalação de novas VRP. O principal objetivo desta equipa centra-se na gestão de pressões no SAA-Arouca, com o início da redução de pressões em diferentes pontos do SP (Fase 1), identificada como um dos pilares da estratégia de redução de perdas nos sistemas de abastecimento de água.

Em linha com o que se encontra referido no Capítulo 4 – Gestão Operacional de Infraestruturas, sistematizam-se os custos operacionais no triénio 2015-2017 (figura 5.55 e figura 5.56). Constata-se que, no ano de 2016, se verificou uma redução de cerca de 18% dos custos operacionais, relativamente

a 2015. No ano de 2017, os custos operacionais apresentaram um pequeno decréscimo (0,67%), relativamente ao ano anterior.

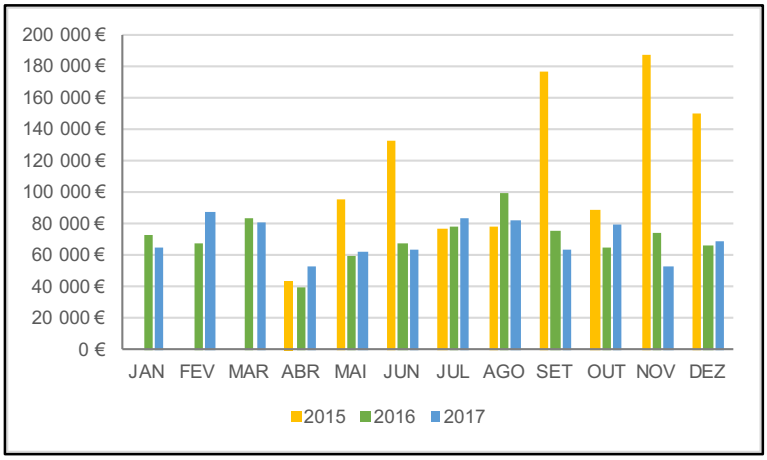


Fig. 5.55 – Representação Gráfica da distribuição mensal de gastos operacionais do SAA-Arouca no triénio 2015-2017 (Fonte: AdN)

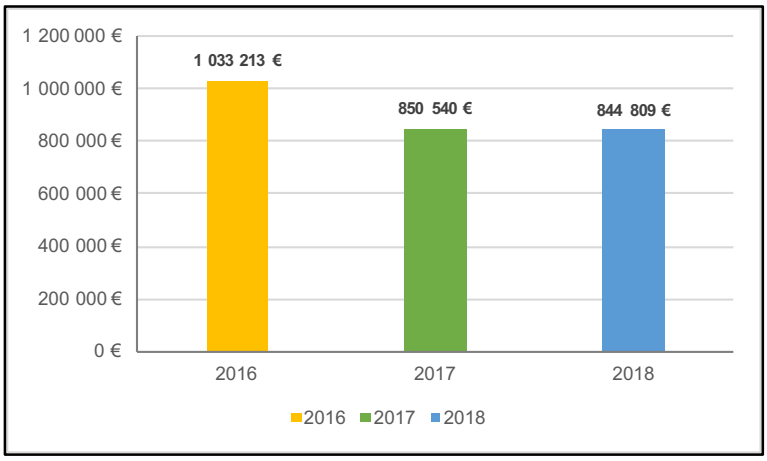


Fig. 5.56 – Representação Gráfica dos gastos operacionais anuais do SAA-Arouca no triénio 2015-2017 (Fonte: AdN)

A gestão de recursos humanos enquadra-se na presente unidade operacional (controlo operacional), com a implementação das seguintes ações:

- Estruturação de equipas funcionais de exploração – Anexo A2 (Fig. A2.36);
- Planeamento de tarefas – Anexo A2 (Fig. A2.37).

As equipas funcionais propostas desenharam-se tendo em contra as principais rotinas indispensáveis à gestão adequada das infraestruturas hidráulicas (*p.ex.*: monitorização de qualidade da água; prevenção) e aos desafios da otimização operacional (*p.ex.*: gestão de pressões; combate às perdas e infiltrações). Neste pressuposto, foram propostas as seguintes equipas funcionais:

- Monitorização do sistema:
  - Qualidade da água;
  - Volumes e consumos;
  - Consumos energéticos;

  - Verificação de equipamentos eletromecânicos;
- Prevenção:
  - Resposta a ocorrências;
  - Resolução de problemas urgentes;
- Perdas:
  - Otimização operacional;
  - Controlo ativo de fugas;
  - Vistorias noturnas e diurnas;
- VRP:
  - Monitorização, manutenção, substituição e instalação de VRP;
  - Gestão de pressões na rede;
- Roturas:
  - Identificação de roturas;
  - Reparação de roturas;
  - Acompanhamento do trabalho efetuado por prestadores externos;
  - Diminuição dos tempos de resposta.

No âmbito do controlo operacional do SAA-Arouca, propõe-se genericamente uma ferramenta de apoio à GOIH, com a definição das linhas gerais (Anexo A2 – Fig. A2.32), do *layout* (Anexo A2 – Fig. A2.33), dos dados (Anexo A2 – Fig. A2.33) e dos desafios (Anexo A2 – Fig. A2.35). As linhas gerais desta ferramenta poderão considerar-se no desenvolvimento de uma nova ferramenta de apoio à exploração dos sistemas, na escolha de uma existente no mercado ou na melhoria de uma que se encontre implementada na EG.

5.2.3.2. Resposta a Ocorrências

Relativamente à resposta a ocorrências, com o objetivo de promover uma resposta atempada e eficaz às diferentes solicitações da gestão operacional do SAA-Arouca, referem-se algumas ações implementadas no âmbito da aplicação da metodologia, que se enquadram no reforço da capacidade da EG, das quais se destacam as seguintes:

- Diminuição dos tempos de resposta através de:
  - Otimização do processo de envio de equipas internas de identificação de ocorrências:
  - Acompanhamento e controlo sistemático de prestadores externos;
- Gestão do SAA-Arouca, tendo em conta a relevância dos subsistemas, possibilitando:
  - Continuidade do serviço;
  - Minimização de danos.

O IRO, calculado para o SP do SAA-Arouca (tabela 5.5), poderá ser um indicador dos locais com particular relevância, a utilizar-se como um instrumento expedito de planeamento e gestão de equipas operacionais, designadamente:

- Equipa de prevenção da Águas do Norte (atuação 24h);
- Equipa de execução de roturas do Prestador Externo (tempo de mobilização até 2h).

Tabela 5.5 – Índice de Relevância Operacional nos Subsistemas do SP do SAA-Arouca

	Índice de Relevância Operacional - IRO						
Subsistema	**Extensão** (km)		**Clientes** (un)		**AES** (m3)		**Global**
Abelheira	82 897	0,26	986	0,17	320 029	0,22	**0,22**
Provisende	51 157	0,16	543	0,09	184 335	0,13	**0,13**
S. Redondo	68 619	0,21	1 045	0,18	220 921	0,15	**0,18**
Ameixieira	12 896	0,04	157	0,03	57 626	0,04	**0,04**
Forcada	27 929	0,09	487	0,08	184 803	0,13	**0,10**
Moldes	75 864	0,24	2 609	0,45	491 300	0,34	**0,34**

A figura 5.57 representa graficamente o IRO, para cada um dos subsistemas do SP do SAA-Arouca. O subsistema dependente do PE de Moldes refere-se como o que apresenta um maior valor de IRO (0,34), seguindo-se o subsistema da Abelheira (0,22) e, sequencialmente de forma decrescente, os seguintes: Souto Redondo (0,18); Provisende (0,13); Forcada (0,10); Ameixieira (0,04).

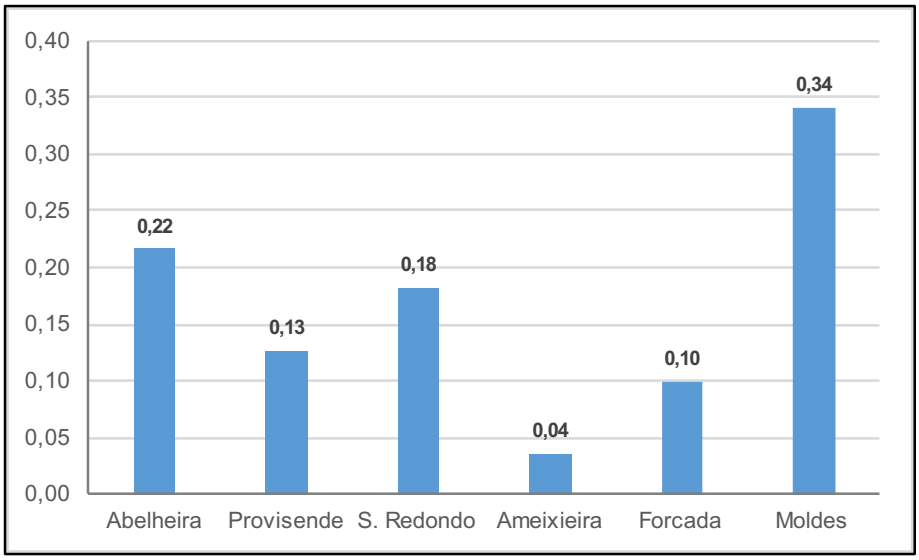


Fig. 5.57 – Representação Gráfica do Índice de Relevância Operacional nos Subsistemas do SP do SAA-Arouca

5.2.3.3. Informação: Dados Reais

A utilização de dados reais na GOIH inclui-se na área operacional de exploração, efetuando-se, no âmbito da aplicação da metodologia ao SAA-Arouca, uma organização das ocorrências por topologia (faltas de água; não conformidades; roturas) e uma distribuição temporal e espacial das mesmas. Efetua-se, também, a identificação dos locais com particular incidência de roturas.

Na figura 5.58 sistematizam-se as faltas de água ocorridas no SP do SAA-Arouca, nos anos de 2016 e 2017. Refere-se que o subsistema de Souto Redondo apresentou um aumento de 73% de faltas de água em 2017, relativamente a 2016. Globalmente, no ano de 2017, registam-se mais 29% de faltas de água do que no ano anterior.

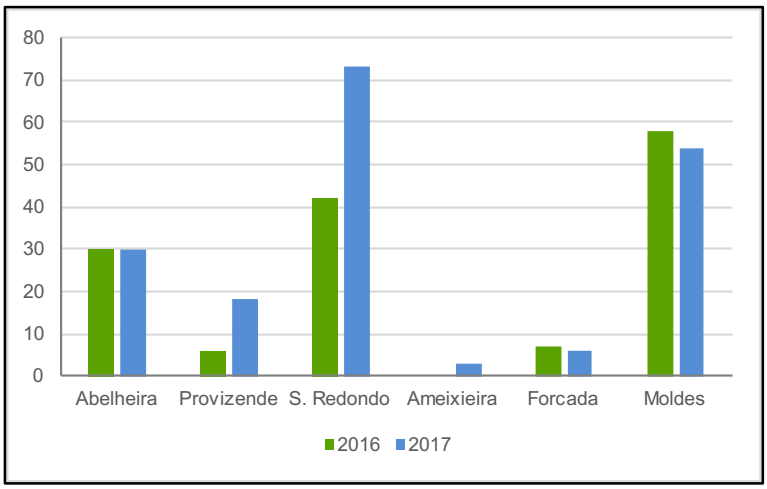


Fig. 5.58 – Representação gráfica do número de faltas de água ocorridas no SP no período de 2016 a 2017

O aumento de faltas de água que se verificou no ano de 2017 deve-se, sobretudo, ao efeito do aumento que ocorreu na rede de distribuição dependente do PE de Souto Redondo, situação que se poderá encontrar relacionada com problemas associados à falta de capacidade de transporte e a roturas ocorridas na adutora do reservatório de São João.

Relativamente à qualidade da água, as não conformidades registadas no SAA-Arouca, no decorrer do ano de 2017, encontram-se indicadas na tabela A4.2 (Anexo A4). Verifica-se que cerca de 78% das não conformidades ocorreram nos SA do SAA-Arouca, situação que se justifica pela menor fiabilidade dos sistemas de tratamento, relativamente ao abastecimento em alta do SP.

A distribuição mensal de roturas no SAA-Arouca organiza-se na figura 5.59. Os dados do ano de 2015 encontram-se incompletos. Verifica-se um aumento do número de roturas ocorridas nos meses de junho, julho e agosto, superior a 50%, relativamente à média mensal de roturas.

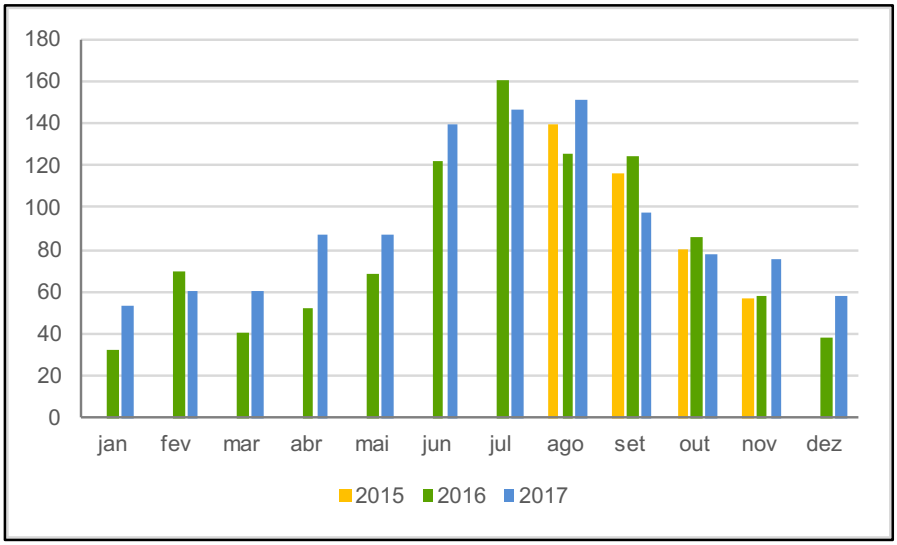


Fig. 5.59 – Representação gráfica da distribuição mensal das roturas ocorridas no SAA-Arouca (2015 a 2017)

No que diz respeito à distribuição espacial de roturas, apresentam-se os seguintes dados:

- Distribuição por subsistema (figura 5.60);
- Distribuição por coordenada (figura 5.61);
- Identificação dos locais com particular incidência de roturas.

A distribuição de roturas por subsistema (figura 5.60) evidencia que a rede dependente do PE de Moldes apresenta a maior percentagem de roturas (cerca de 30%), no triénio 2015-2017. No mesmo período, as roturas ocorridas no subsistema de Souto Redondo representam valores que variam entre 21% (2015) e 23% (2017) do total de roturas ocorridas. No subsistema da Abelheira, registam-se valores de roturas que variam entre 25% (2015) e 18% (2017). Seguem-se, sequencialmente e de forma decrescente, o subsistema de Provisende (cerca de 10%), o subsistema de Ameixieira (entre 7% e 8%) e o de Forcada (entre 5% e 6%).

Uma vez que o registo de roturas se encontrava incompleto (*p.ex.*: sem coordenadas), a divisão das roturas por subsistema do SP do SAA-Arouca efetuou-se pela localização descrita no registo da rotura (*p.ex.*: lugar; freguesia), considerando os locais abastecidos por cada subsistema. A figura 5.60 representa graficamente a distribuição de roturas, por subsistema, do SP do SAA-Arouca.

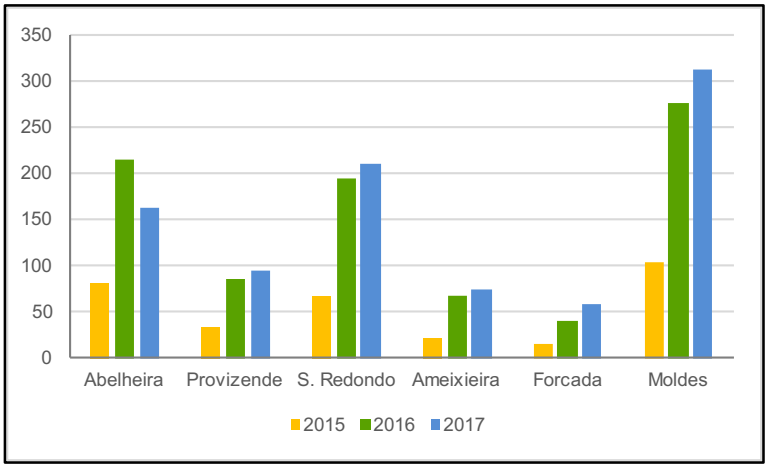


Fig. 5.60 – Representação gráfica do número de roturas ocorridas no SP no período de 2015 a 2017

A figura 5.61 reúne registos fotográficos de diferentes roturas ocorridas no SAA-Arouca, em acessórios (*p.ex.*: válvulas de seccionamento; curvas) e em conduta elevatória (associada à EE-Casinha).



Fig. 5.61 – Registo fotográfico de roturas ocorridas no SAA-Arouca

Na figura 5.62 apresenta-se o registo fotográfico da reparação de uma rotura no SAA-Arouca, através de um acessório de reparação (*abraçadeira tapa-poros*).



Fig. 5.62 – Registo fotográfico da reparação de uma rotura ocorrida no SAA-Arouca (29/12/2016)

O registo sistemático de ocorrências (*p.ex.*: roturas) revela-se um processo evolutivo, implementado e melhorado no decorrer da aplicação desta metodologia ao SAA-Arouca. A figura 5.63 representa as roturas ocorridas no SAA-Arouca no biénio 2016-2017, cujo registo inclui a localização com coordenada. Nesta representação através da localização em mapa, tal como na representação gráfica da figura 5.63, evidencia-se a particular incidência de roturas no subsistema de Moldes. Esta análise,

através de coordenadas, já possibilitada uma análise mais pormenorizada dos locais com maior incidência de roturas (*p.ex.*: zona da EE de Novais; zona de Ponte de Telhe; zona de Barbeito).

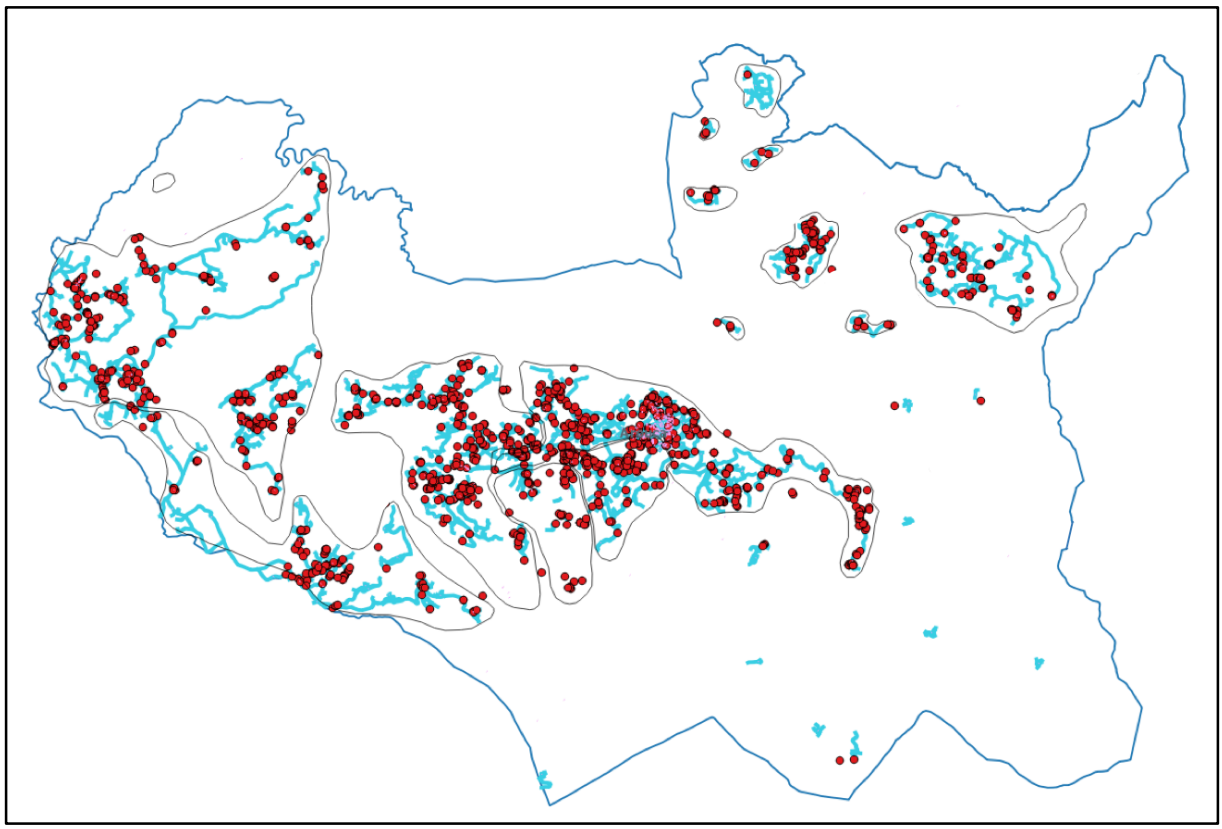


Fig. 5.63 – Representação gráfica dos locais das roturas no SAA-Arouca nos anos de 2016 e 2017

Em complemento da distribuição representada na figura 5.63, sistematizam-se, no anexo A4 (tabela A4.1), os locais com particular incidência de roturas.

De acordo com a distribuição espacial de roturas efetuada, identificam-se, por subsistema, os locais específicos com um número de roturas superior a 10, no triénio 2015-2018:

- Abelheira: Cela do Arda, Mascotes, Mosteirô, Orvida, Parameira, Tapada, Agras, Belide e Vila;
- Provisende: Barbeito, Chave, Provisende, Tojal, Côto da Lomba e Farrapa;
- Souto Redondo: Costa, Aldeia, Carvalhal, Ferreiros, São João, Lameira, Lourosa de Matos, Nogueiró, Paço, Amieiro, Barrol, Fundo de Vila, Pena e Urrô;
- Ameixieira: Barreiros, Sá, Ameixieira/Cales, Santa Maria do Monte e Presa;
- Forcada: Carrola, Figueiredo, Romariz, Salvador e Sardoal;
- Moldes: Adros, Amilo, Casinha, Cruz da Toita, Mouras, Novais, Parada, Pimenta, Boco, Cancelo, Forno Telheiro, Pernouzela, Pinheiro, São Pedro, Valdasna, Vila Nova, Centro Histórico da Vila, Bouceguedim, Celadinha, Celado, Ponte Telhe.

Na figura 5.64, representam-se os locais com particular incidência de roturas, com a indicação do número de roturas ocorridas no período entre agosto de 2015 e dezembro de 2017.

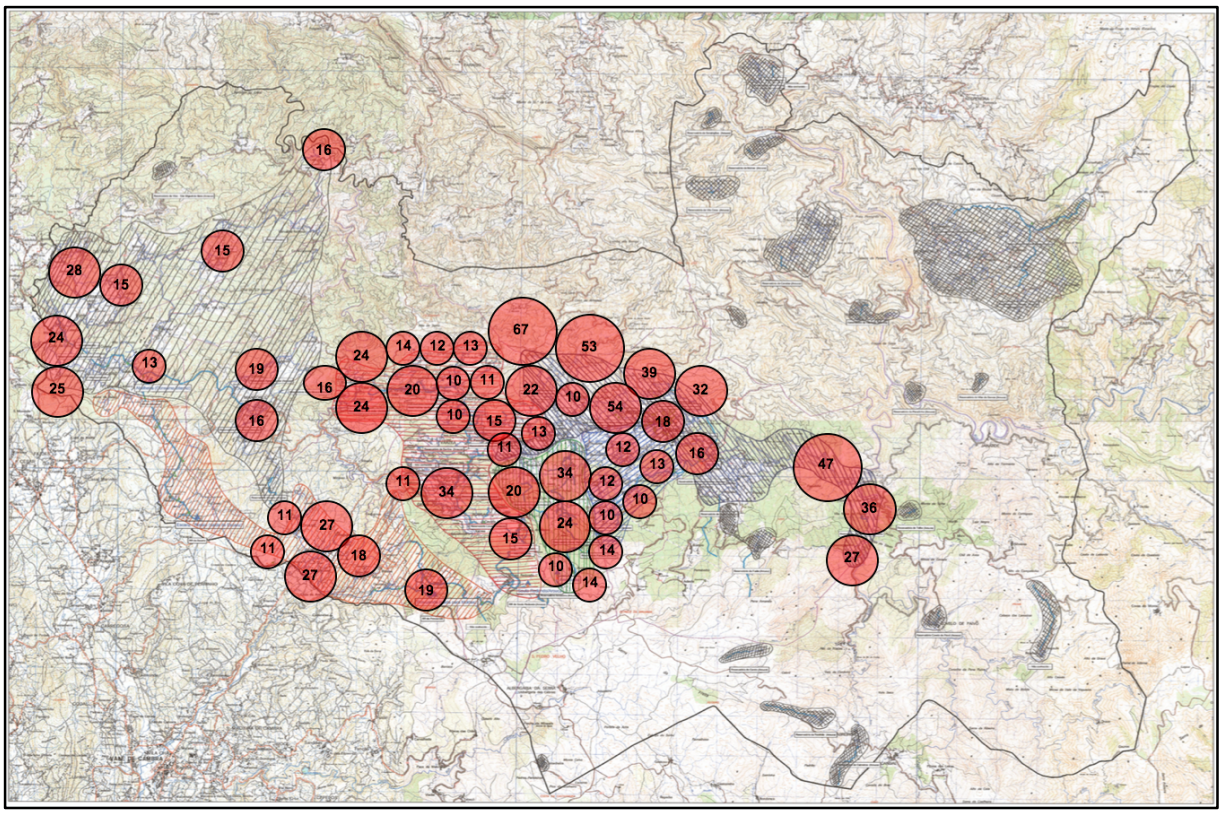


Fig. 5.64 – Representação gráfica de locais com elevada incidência de roturas no SAA-Arouca no período de 2015 a 2017

5.2.3.4. Gestão Informada pelo Risco

A gestão informada pelo risco, de acordo com a abordagem que se encontra descrita no Capítulo 4 – Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas, aplica-se ao SAA-Arouca com a determinação de probabilidades de ocorrência de eventos, e das respetivas consequências, com base em dados reais disponíveis. A avaliação objetiva do risco efetua-se para o caso da ocorrência de roturas, faltas de água e perdas de água.

Na tabela A4.3, sintetizam-se os valores que possibilitam a determinação do risco de rotura por subsistema do SP do SAA-Arouca. A probabilidade de ocorrência de rotura por subsistema calcula-se pelo quociente entre o número de roturas em cada subsistema e o número total de roturas, no período decorrido entre agosto de 2015 e dezembro de 2017. De acordo com os dados reais disponíveis, indicam-se as probabilidades de rotura por subsistema: 0,22 – Abelheira; 0,10 – Provisende; 0,21 – Souto Redondo; 0,08 – Ameixieira; 0,06 – Forcada; 0,33 – Moldes.

Para a determinação das consequências (tabela A4.3), que se traduzem pelo custo da ocorrência de uma rotura, consideram-se os custos reais de reparação de roturas e respetiva reposição de pavimentos em cada um dos subsistemas, relativos ao triénio 2015-2017. Pelo quociente entre os custos totais associados a roturas e o número de roturas ocorridas, obtém-se um custo médio unitário por rotura, por subsistema, designadamente: 382€ no subsistema da Abelheira; 394€ no subsistema de Provisende; 405€ no subsistema de Souto Redondo; 383€ no subsistema da Ameixieira; 462€ no subsistema da Forcada e 417€ no subsistema de Moldes. O custo médio de rotura no SAA-Arouca ronda os 404€.

No período considerado (de agosto de 2015 a dezembro de 2017) para a análise objetiva do risco de rotura (tabela A4.3) no SP do SAA-Arouca, verifica-se que o subsistema de Moldes apresenta o risco

de rotura mais elevado (136€), seguindo-se, sequencialmente e de forma decrescente, Souto Redondo (86€), Abelheira (85€), Provisende (38€), Ameixieira (32€) e Forcada (26€). A figura 5.65 representa graficamente o risco de rotura anual, por subsistema do SP do SAA-Arouca.

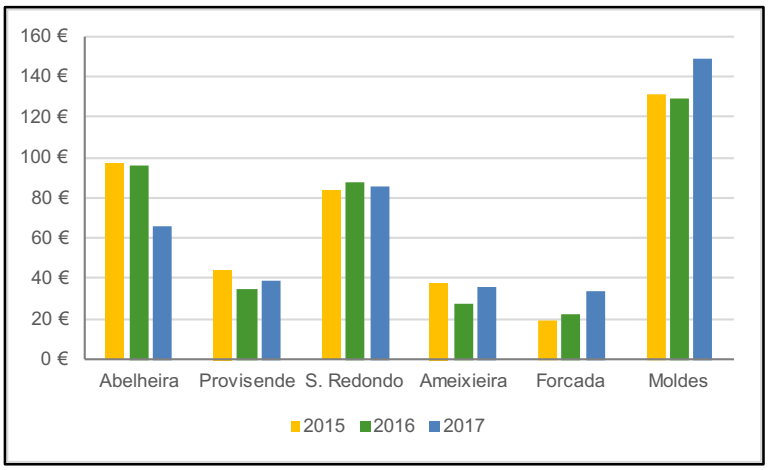


Fig. 5.65 – Representação gráfica do risco de rotura anual, no SP do SAA-Arouca, no período de 2015 a 2017

A figura 5.66 representa graficamente o risco de rotura, por subsistema do SP do SAA-Arouca, no triénio 2015-2017.

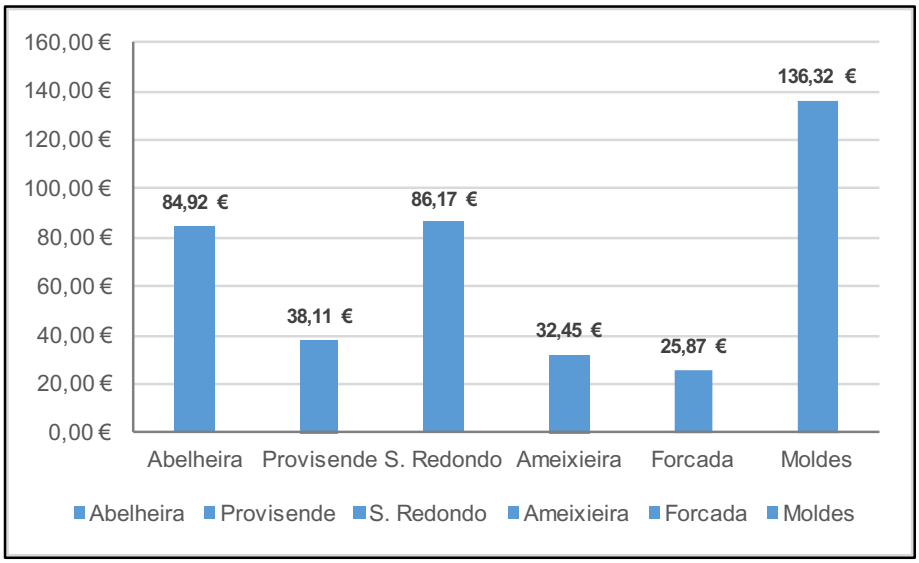


Fig. 5.66 – Representação gráfica do risco de rotura no SP do SAA-Arouca no triénio 2015-2017

A abordagem ao risco de falta de água no SP do SAA-Arouca, no biénio 2016-2017, encontra-se sintetizada na tabela A4.4. As probabilidades de falta de água, por subsistema do SP do SAA-Arouca, determinam-se pelo quociente entre o número de faltas de água em cada subsistema e o número total de faltas de água no SP. Em consonância com os dados disponíveis, referem-se as probabilidades de falta de água por subsistema: 0,18 – Abelheira; 0,02 – Provisende; 0,35 – Souto Redondo; 0,01 – Ameixieira; 0,04 – Forcada; 0,34 – Moldes.

Relativamente às consequências da falta de água por subsistema do SP do SAA-Arouca (tabela A4.4), determina-se o custo associado à ocorrência de uma falta de água, que se traduz pela estimativa da água não entregue a clientes nesse subsistema. Através do volume de AF por subsistema, no triénio 2015-2017, determina-se a água que se fatura em cada um deles, em 3 horas, período admitido como duração média de uma falta de água (em consonância com os dados da EG). Considerando 1,6071€/m^3 como custo médio de água faturada a clientes no SAA-Arouca, calcula-se o custo médio de uma falta de água em cada subsistema, designado por consequência na abordagem objetiva ao risco, obtendo-se os seguintes valores: 33€ – Abelheira; 17€ – Provisende; 33€ – Souto Redondo; 3€ – Ameixieira; 16€ – Forcada; 113€ – Moldes.

Pela análise objetiva do risco de falta de água no triénio 2015-2017 (tabela A4.4), de acordo com a metodologia descrita no Capítulo 4 – Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas, refere-se que o subsistema de Moldes apresenta o risco de rotura mais elevado (risco: 39€), seguindo-se o subsistema de Souto Redondo (risco: 12€) e o subsistema da Abelheira com metade do risco do anterior (risco: 6€). Os subsistemas de Provisende, Ameixieira e Forcada apresentam valores de risco de falta de água próximos de zero. A figura 5.67 representa graficamente o risco de falta de água, por subsistema do SP do SAA-Arouca, no triénio 2015-2017.

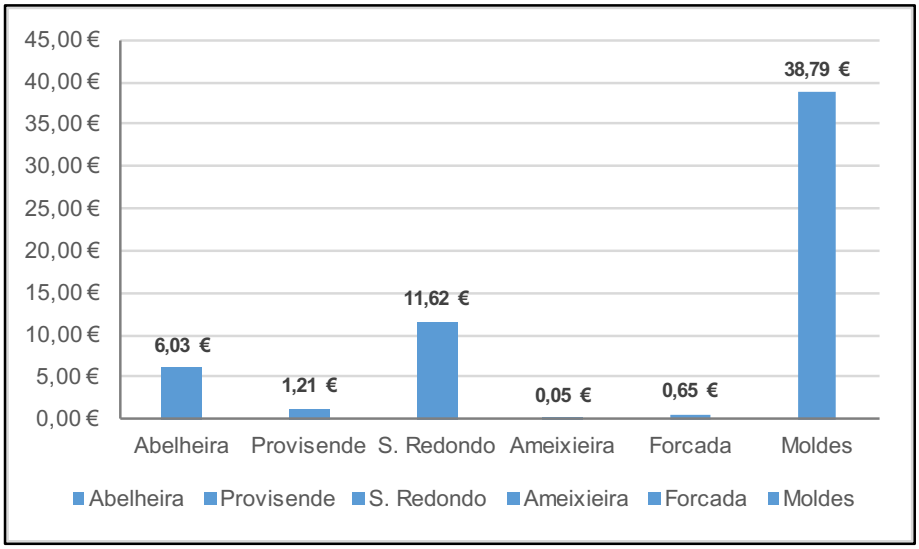


Fig. 5.67 – Representação gráfica do risco de falta de água no SP do SAA-Arouca no período de 2015 a 2017

O risco de perda de água no SP do SAA-Arouca aborda-se, enquadrado na unidade operacional da gestão informada pelo risco, da área operacional de exploração, para o ano de 2017. A síntese da análise efetuada integra a tabela A4.5. As probabilidades de perda de água, por subsistema do SP do SAA-Arouca, calculam-se pelo quociente entre o volume anual de água não faturada em cada subsistema e o volume anual total de água não faturada. De acordo com a análise efetuada, indicam-se as probabilidades de perda de água por subsistema: 0,24 – Abelheira; 0,14 – Provisende; 0,15 – Souto Redondo; 0,05 – Ameixieira; 0,15 – Forcada; 0,27 – Moldes.

No que se refere às consequências da perda de água por subsistema do SP do SAA-Arouca (tabela A4.5), os custos associados à perda de água estimam-se com base no volume de AES por subsistema, no ano 2017, calculando-se a água que entra em cada um dos PE, em 3 horas, período equivalente ao considerado para as faltas de água, uniformizando o período de tempo para a determinação do risco. Tendo em conta o custo de aquisição de água em alta (0,5207€/m^3), calcula-se o custo médio da perda

de água, obtendo-se os seguintes valores de consequências para os diferentes subsistemas do SP: 46€ – Abelheira; 28€ – Provisende; 29€ – Souto Redondo; 9€ – Ameixieira; 28€ – Forcada; 51€ – Moldes.

O risco de rotura no SAA-Arouca, no ano de 2017, pela abordagem objetiva considerada, evidencia que o subsistema de Moldes apresenta maior risco de rotura (risco: 14€), seguindo-se o subsistema de Abelheira (risco: 11€). Os subsistemas de Provisende, Souto Redondo e Forcada apresentam um risco de perda de água de cerca de 4€ e o subsistema de Ameixieira próximo de zero. A figura 5.68 representa graficamente o risco perda de água, por subsistema do SP do SAA-Arouca, no triénio 2015-2017.

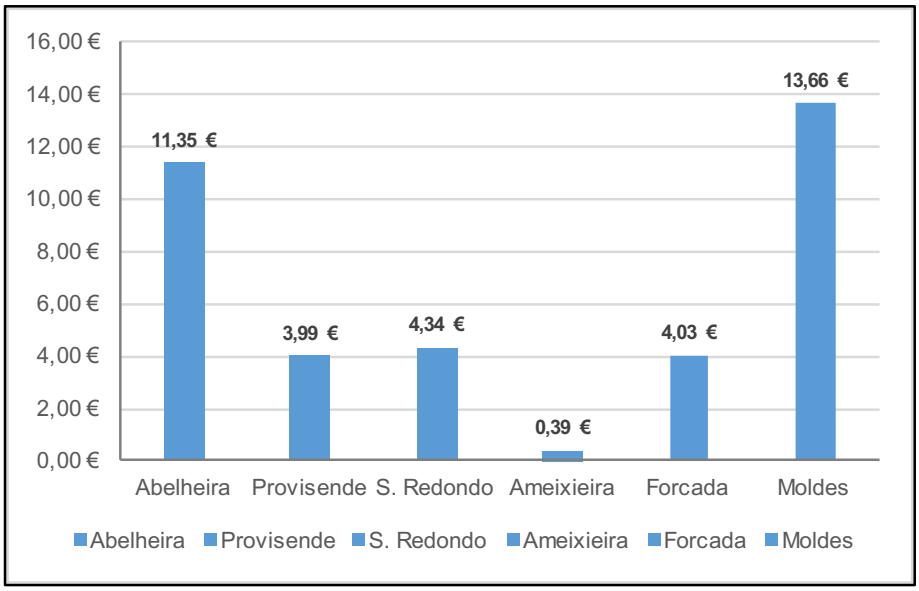


Fig. 5.68 – Representação gráfica do risco de perda de água no SP do SAA-Arouca no ano 2017

5.2.3.5. Ações propostas

De acordo com a metodologia de GOIH utilizada, na área operacional de exploração das infraestruturas hidráulicas, propõe-se diferentes ações em cada uma das unidades operacionais (controlo operacional; resposta a ocorrências; informação – dados reais; gestão informada pelo risco), assim como ações relacionadas com o combate às perdas de água. Realça-se que parte destas ações, desenhadas de acordo com o diagnóstico efetuado até ao final do ano de 2017, foram executadas ou encontram-se em execução.

Relativamente ao controlo operacional, propõe-se que os elementos produzidos no âmbito do desenvolvimento da metodologia de GOIH, referidos nos pontos anteriores, sejam incorporados numa ferramenta única de apoio à exploração (*p.ex.*: Aquafield). Indica-se que parte deles já foram incorporados.

A estruturação de equipas funcionais (Anexo A2 – Figura A2.36) e o planeamento de equipas (Anexo A2 – Figura A2.37) proposeram-se e implementaram-se no decorrer do ano de 2018, verificando-se uma otimização de RH nas diferentes ações afetas a cada uma das equipas. No decorrer do mesmo ano, realça-se a gestão sistemática da equipa de combate às perdas de água, a monitorização diária de medidores de caudal, através da plataforma *BiWater*, a organização de viaturas por equipas funcionais, e a gestão de materiais e equipamentos. A tabela 5.6 sintetiza a afetação de RH e a alocação de meios relativos às equipas funcionais do SAA-Arouca. Os valores monetários associados a RH, viaturas e materiais sintetizaram-se com base em dados reais de custos horários de RH, número de colaboradores, número de viaturas, distâncias médias anuais percorridas e custos anuais com materiais de armazém.

Tabela 5.6 – Síntese de afetação de meios e custos associados às equipas funcionais do SAA-Arouca

Equipas funcionais	Recursos Humanos		Viaturas		Material		Custos totais
	Afetação	Custo	Afetação	Custo	Afetação	Custo	
Prevenção	30%	47 520 €	30%	5 850 €	60%	12 000 €	65 370 €
Monitorização SAA	10%	15 840 €	30%	5 850 €	5%	1 000 €	22 690 €
Roturas / Desobstruções	10%	15 840 €	10%	1 950 €	10%	2 000 €	19 790 €
VRP	20%	31 680 €	15%	2 925 €	20%	4 000 €	38 605 €
Perdas / Infiltrações	30%	47 520 €	15%	2 925 €	5%	1 000 €	51 445 €
Total		**158 400 €**		**19 500 €**		**20 000 €**	**197 900 €**

Em relação a situações futuras, propõe-se a sistematização de "valores objetivo" de volumes diários, de CMN e de parâmetros de qualidade da água em reservatórios de distribuição, a integrar nas verificações efetuadas nas rotinas de monitorização das infraestruturas hidráulicas, bem como o planeamento de substituição de equipamentos eletromecânicos, que necessitará de ser acompanhado por um levantamento cadastral adequado (*em curso*) e da constituição de uma reserva mínima para substituição em situações de avaria com necessidade de resolução urgente.

A tabela 5.7 sintetiza as ações propostas de controlo operacional do SAA-Arouca, incluindo a indicação do estado atual de cada uma dessas ações.

Tabela 5.7 – Síntese de ações futuras de controlo operacional no SAA-Arouca

Ocorrência	Estado
Introdução da plataforma Aquafield na monitorização de reservatórios	Executado em jan/18
Introdução da plataforma Aquafield na gestão de ocorrências	Executado em jun/18
Planeamento de Equipas	Executado em out/18
Gestão de Equipa de Perdas	Executado em out/18
Monitorização de consumos	Executado em out/18
Organização de Viaturas	Executado em nov/18
Gestão de Materiais e Equipamentos	Executado em nov/18
Registo de valores objetivo de volumes e qualidade da água	A executar
Planeamento de Substituição de Equipamentos Eletromecânicos	A executar

No que se refere à resposta a ocorrências, salienta-se a importância do reforço da eficácia operacional na resposta a ocorrências, promovendo a diminuição do tempo de resposta a ocorrências, através de ações musculadas que envolvam equipas mistas constituídas por RH da EG e prestadores externos. A formação contínua de todos os colaboradores, e especializada dos elementos das equipas funcionais de exploração possibilita uma gestão mais robusta a ocorrências e o reforço da capacidade de resolução autónoma de situações com maior complexidade.

A utilização de dados reais de exploração das infraestruturas hidráulicas, num contexto de desenvolvimento tecnológico e recurso a equipamentos que geram elevados volumes de dados automaticamente, deve considerar-se como uma componente a ter em conta no apoio à gestão operacional e à tomada de decisão. Nesse sentido, segundo uma perspetiva de melhoria contínua, propõe-se que se efetue uma recolha estruturada de dados reais, para formulação de históricos de dados mais completos e análises mais robustas. Na síntese de resultados associados às ações implementadas

utilizam-se dados relativos à evolução de AES, de ANF, de PR, de roturas, de faltas de água e de não conformidades de qualidade da água.

A gestão informada pelo risco sugere-se, no âmbito da presente metodologia, como uma estratégia de apoio à exploração de infraestruturas hidráulicas, procurando colocar a tomada de decisão mais próxima da objetividade e das ações preventivas e, por consequência, mais distante da subjetividade e das ações reativas. A tabela A4.6 sintetiza os valores de risco de rotura, risco de falta de água e risco de perda de água por subsistema dependente de cada um dos PE do SAA-Arouca.

O investimento realizado no decorrer dos anos de 2017 e de 2018, no SAA-Arouca, cujo resultado em termos de desempenho do SAA-Arouca se analisa na síntese, em intervenções de monitorização, manutenção, reabilitação e reforço, bem como as estratégias operacionais desenhadas, propostas e implementadas, efetuou-se tendo em conta a análise de risco efetuado, segundo a perspetiva da "*Gestão Informada pelo Risco*".

O risco associado aos subsistemas de Abelheira, Souto Redondo e Moldes, este último com particular relevância, no que se refere ao risco de rotura, de falta de água e de perda de água, influenciou o planeamento de ações, investimentos e o posicionamento de equipas. Nestes subsistemas, como se pode verificar na tabela A4.6 que inclui uma síntese do risco calculado com base em dados reais, para o SP do SAA-Arouca, verificou-se uma descida do risco de rotura e do risco de perda de água em 2018.

Propõe-se que a organização de rotinas operacionais, o reforço da capacidade de resposta e a alocação de recursos (RH e financeiros) tenham em conta a avaliação de risco efetuada, considerando a relevância de cada um dos subsistemas do SP do SAA-Arouca e maximizando o retorno das ações a implementar.

Como ações propostas, refere-se a possibilidade de avaliar o risco de qualidade da água, através do número de não conformidades e da consequência que se encontra associada, bem como a introdução de análises mais detalhadas de risco e fiabilidade, com recurso ao teste de *funções performance*, com geração automática de dados (*p.ex.*: método de Monte Carlo), associado à modelação da rede de distribuição do SAA-Arouca (*p.ex.*: EPANET).

Relativamente ao combate às perdas de água, propõe-se que se prossiga com a estratégia desenhada para o SAA-Arouca, descrita na metodologia de GOIH (Capítulo 4 – Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas) e especificada neste capítulo, no ponto *5.2.3.6. Síntese*, salientando-se a importância do acompanhamento dos registos dos medidores de caudal instalados e a instalar, da permanência de equipas no terreno em ações de pesquisa de fugas, na manutenção do processo de controlo de pressões na rede, da otimização da resposta a ocorrências (*p.ex.*: roturas), da verificação rápida da correção de situações de extravasamento e do investimento em intervenções de reabilitação com retorno, do ponto de vista da redução de roturas e de perdas de água.

Em relação ao combate às perdas aparentes, refere-se que corresponde a uma área distinta da EG, fora do âmbito da exploração, cuja metodologia de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas proposta não foi implementada. No entanto, realça-se a importância do combate a esta componente das perdas de água, propondo-se as seguintes ações:

- Redução de perdas por erros de medição: aferição de contadores e substituição de contadores (*em curso*);
- Redução de perdas por consumos não faturados: instalação de contadores (*em curso*);
- Redução de perdas por consumos não autorizados: fiscalização – inspeção local.

5.2.3.6. Ações Desenvolvidas

A estratégia de combate às perdas reais de água no SAA-Arouca que se estruturou, desenhou, implementou e operacionalizou no âmbito da aplicação da metodologia de GOIH desenvolvida nesta investigação assenta nos principais aspetos descritos na bibliografia, designadamente:

- Eliminação do extravasamento em reservatórios de distribuição;
- Gestão de pressões na rede de distribuição;
- Diminuição do tempo de resposta na reparação de roturas;
- Controlo ativo de perdas (constituição de equipa funcional de perdas);
- Substituição de condutas.

O controlo das perdas por extravasamento em reservatórios de distribuição do SAA-Arouca refere-se como a primeira estratégia implementada no âmbito desta metodologia de GOIH e teve início em mar/17 e término em mai/17. Instalaram-se dispositivos de controlo de nível (*p.ex.*: válvula de bóia; válvula altimétrica) em sete reservatórios de distribuição do SP, com uma redução dos volumes entrados nos respetivos PE, nos meses seguintes, conforme descrito no Capítulo 4 – Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas, na componente de aplicação da metodologia ao caso de estudo do SAA-Arouca. Na figura 5.69 apresenta-se o registo fotográfico de uma perda de água por extravasamento num reservatório de distribuição do SAA-Arouca.



Fig. 5.69 – Perda por extravasamento num reservatório de distribuição do SAA-Arouca

A diminuição dos tempos de resposta na reparação de roturas, através da organização do processo de gestão de ocorrências no SAA-Arouca, a partir de ago/17, possibilitou a mobilização mais rápida das equipas de prevenção e de prestadores externos. Através de medidas simplificadas, assentes sobretudo no processo de comunicação entre as equipas do terreno, reforçou-se a capacidade de resposta.

A figura 5.70 representa o registo fotográfico de uma rotura reparada em período noturno, no SAA-Arouca, realizada no âmbito da diminuição dos tempos de resposta a ocorrências.

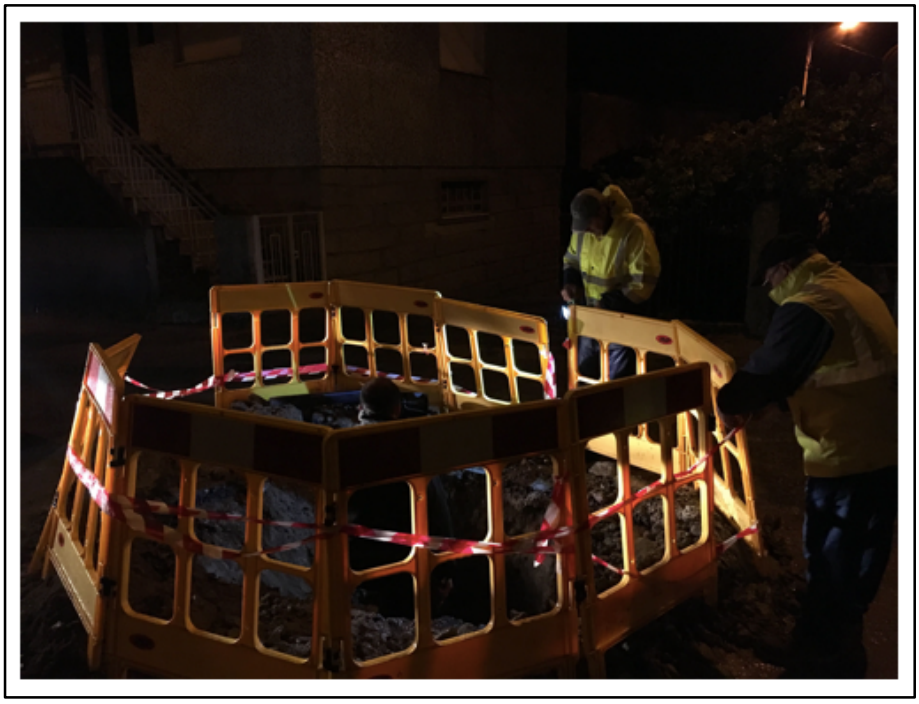


Fig. 5.70 – Registo fotográfico da reparação noturna de uma rotura no SAA-Arouca, efetuada no âmbito da diminuição do tempo de resposta a ocorrências (30/10/2018)

A gestão de pressões efetuada na rede de distribuição do SAA-Arouca, abordada na área operacional de intervenção, iniciou-se com um levantamento completo de todas as VRP instaladas no sistema, seguindo-se um processo de controlo de pressões que integrou os seguintes passos principais:

- Redução de pressões em VRP instaladas:
  - Pressões fixadas de acordo com a medição de pressões mínimas e máximas nos pontos críticos do sistema;
  - A Fase 1 de gestão de pressões no SP terminou em jan/18. A Fase 2 de gestão de pressões no SP encontra-se em curso. A Fase 3 deverá integrar os SA;
- Manutenção de VRP e adequação do seu funcionamento;
- Substituição de VRP com funcionamento deficiente ou caraterísticas inadequadas;
- Instalação de novas VRP em locais com pressões de serviço desajustadas.

O investimento em reabilitação, através da substituição de condutas no SAA-Arouca, aborda-se de forma mais detalhada na área operacional de intervenção em infraestruturas hidráulicas. Realça-se que se propôs e procedeu à substituição de troços com perdas significativas ou com roturas recorrentes, encontrando-se identificadas outras situações a intervencionar no futuro.

A constituição de uma equipa funcional de combate às perdas, desenhada e proposta no âmbito da presente investigação, dando cumprimento a um dos pilares da estratégia de combate às perdas (controlo ativo de perdas de água), verifica-se em set/18, com as principais missões que se enquadram com o que se encontra definido na metodologia de GOIH. Até ao final de 2018, efetuaram-se as seguintes ações:

- Definição de Zonas de Combate a Perdas (ZCP):

    - Verificação de pontos de medição disponíveis (*p.ex.*: medição em PE; medidores de caudal em reservatórios de distribuição; medidores de caudal portáteis);
    - ZCP selecionadas e trabalhadas em 2018:
        - Rede de distribuição do Reservatório de São Pedro (ZCP Reservatório de São Pedro):
            - Rede de distribuição a jusante da VRP CM-Arouca (ZCP VRP);
            - Rede de distribuição de Vila Nova (ZCP Vila Nova);
            - Rede de distribuição de São Pedro (ZCP São Pedro);
        - Rede de distribuição dependente do PE da Abelheira (ZCP Abelheira);
        - Rede de distribuição dependente do PE de Provisende (ZCP Provisende);
        - Rede de distribuição dependente do PE de Forcada (ZCP Forcada);
        - Rede de distribuição do SA de Canelas (ZCP Canelas);
- Seleção, priorização e planeamento de ações futuras no SAA-Arouca (*p.ex.*: seleção de datas; marcação de vistorias; mobilização de meios humanos);
- Monitorização dos consumos através da plataforma disponível na EG (*BiWater*):
    - Verificação de volumes diários em medidores de caudal do SAA-Arouca;
    - Análise de CMN em medidores de caudal do SAA-Arouca;
    - Identificação de situações anómalas em medidores de caudal do SAA-Arouca;
    - Constituição de um histórico de dados de macromedição no SAA-Arouca;
- Execução de ações locais de controlo ativo de perdas de água no SAA-Arouca:
    - Ações diurnas e noturnas efetuadas pela equipa funcional de perdas:
        - Levantamento de infraestruturas e pontos críticos do sistema;
        - Verificação do funcionamento adequado dos equipamentos de medição;
        - Execução de *step-tests*;
        - Pesquisa de fugas com equipamentos acústicos;
        - Identificação de roturas;
        - Pesquisa de consumos ilícitos;
    - Reparação de roturas identificadas;
    - Proposta de substituição de condutas;
- Síntese de ações efetuadas e proposta de passos seguintes no SAA-Arouca.

A figura 5.71 constitui um registo fotográfico de diferentes ações de pesquisa de fugas com recurso a equipamentos acústicos, efetuadas no SAA-Arouca, no âmbito do combate às perdas de água.

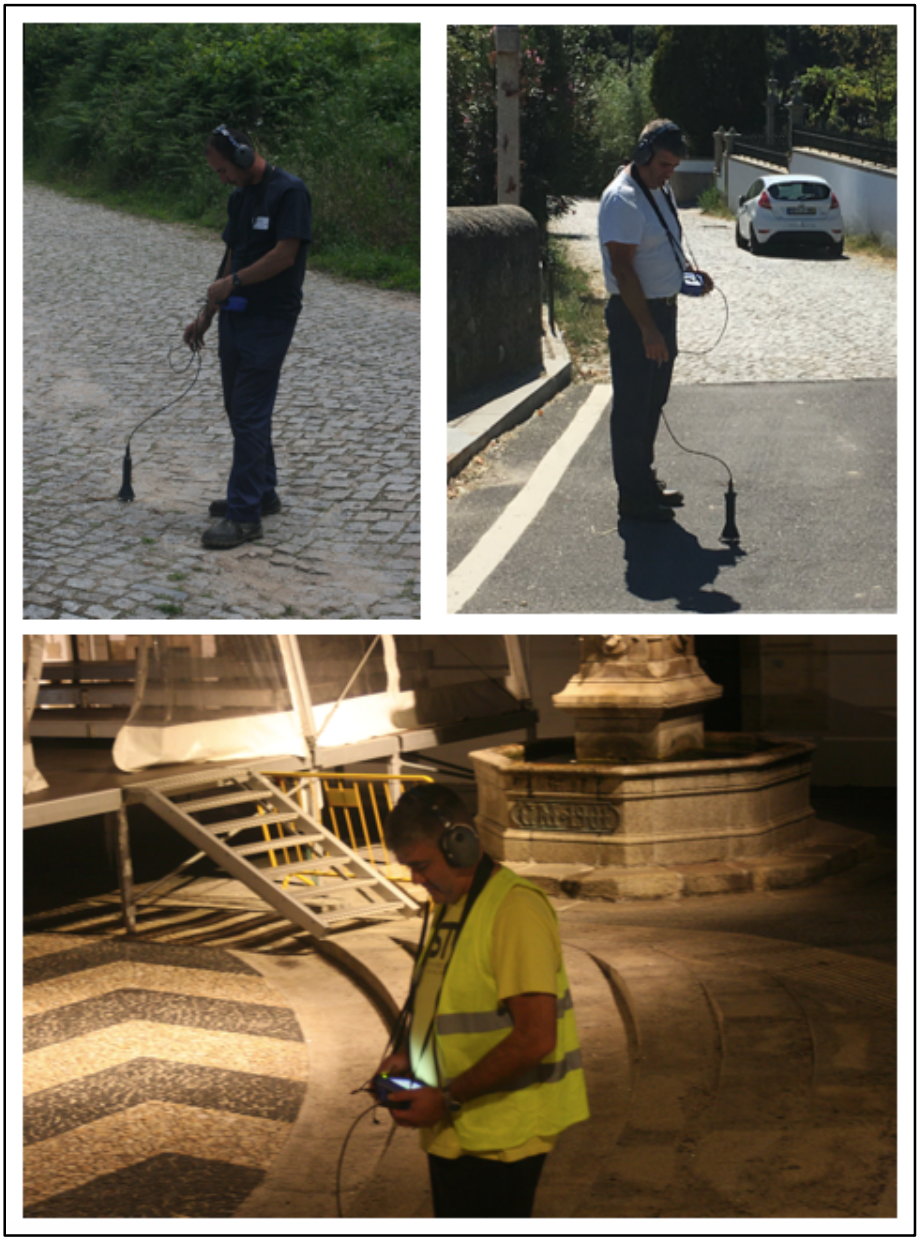


Fig. 5.71 – Registo fotográfico da atuação da Equipa de Perdas – Deteção de fugas com equipamentos acústicos

A rede de distribuição do Reservatório de São Pedro, representada esquematicamente na figura 5.72, considerou-se como uma ZCP (ZCP Reservatório de São Pedro), a dividir em diferentes ZCP, nas quais, no âmbito do controlo ativo de perdas, se realizam campanhas de combate às perdas de água e se monitorizam as medições que se efetuam (volumes diários e CMN). O controlo ativo de perdas na rede de distribuição do Reservatório de São Pedro iniciou-se pela ZCP VRP (jun/18), seguindo-se a ZCP Vila Nova (set/18) e a ZCP São Pedro (nov/18). A rede de distribuição associada ao reservatório de Chãos não se analisou no âmbito desta campanha de combate às perdas, uma vez que ainda não se verificava a possibilidade de efetuar medições na saída deste reservatório. A desativação da EE-Novais (dez/18) retirou o Reservatório de Chãos da dependência da zona abastecida pelo Reservatório de São Pedro (PE Moldes), através da construção de uma conduta adutora associada ao PE de Souto Redondo.

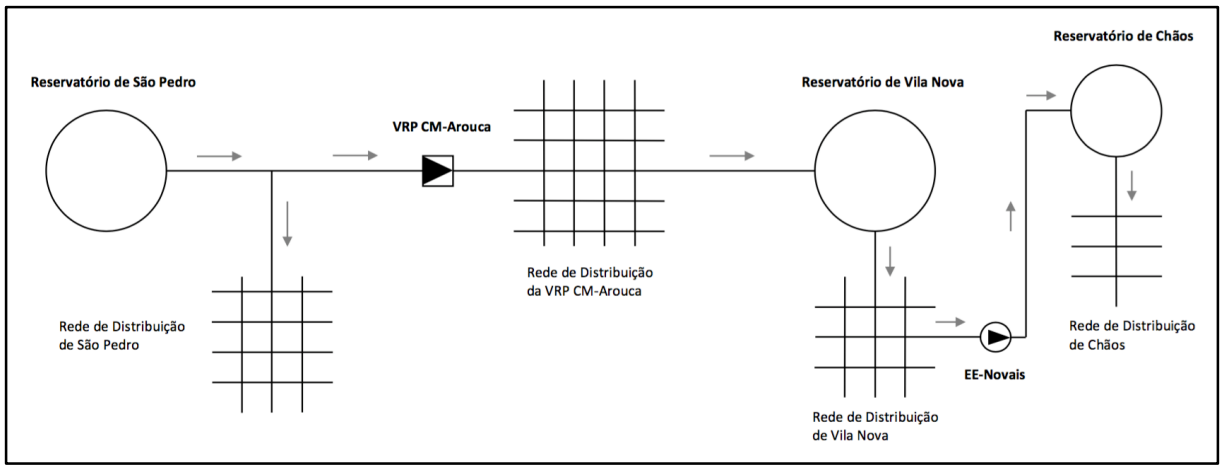


Fig. 5.72 – Representação esquemática da zona abastecida pelo reservatório de São Pedro

A ZCP associada à rede de distribuição de água a jusante da VRP CM-Arouca representa a zona de abastecimento com maior densidade de clientes do SAA-Arouca. Neste local, com recurso a um medidor de caudal portátil instalado no âmbito do controlo ativo de perdas, efetuou-se uma análise inicial da zona em jun/18, com a determinação de um CMN de, aproximadamente, 7 m^3/h (pressão a jusante da VRP de 40 mca). Efetuaram-se diversas vistorias noturnas nesta ZCP (*p.ex.*: 15/06/2018, 17/06/2018, 19/06/2018, 26/06/2018, 09/07/2018 e 19/07/2018), com a execução de *setp-tests*, pesquisa de fugas com equipamentos acústicos e testes de patamares de pressão na VRP. No seguimento destas ações, sintetizam-se as principais intervenções levadas a cabo:

- Substituição de um trecho da conduta instalada na Rua Eça de Queirós, onde se detetou um consumo anómalo num *setp-test* e se identificaram diversas roturas com geofone, numa extensão de cerca de 50 m (29/06/2018);
- Substituição de um trecho da conduta instalada na Rua Dr. Coelho da Rocha, onde se detetou um consumo anómalo num *setp-test* e se identificaram diversas roturas com geofone, numa extensão de cerca de 55 m (11/07/2018);
- Instalaram-se 2 válvulas de seccionamento que possibilitaram a alteração do patamar de pressão de jusante da VRP CM-Arouca (16/07/2018);
- Redução da pressão de jusante da VRP CM-Arouca para 30 mca (17/07/2018).

Na figura 5.73 apresenta-se o registo fotográfico da atuação da equipa de perdas, com a utilização de um medidor de caudal portátil.



Fig. 5.73 – Registo fotográfico da atuação da Equipa de Perdas – Medidor portátil da ZCP VRP (SAA-Arouca)

O teste de alteração da pressão de jusante da VRP da CM-Arouca, efetuado no dia 19/07/2018, das 02h 30m às 03h 00m, possibilitou que se sistematizassem os seguintes valores de caudal (Q) registados no medidor portátil, de acordo com a pressão de jusante (PJ) regulada na VRP:

- PJ = 50 mca – Q = 8,4 m^3/h;
- PJ = 40 mca – Q = 5,2 m^3/h (- 38%);
- PJ = 30 mca – Q = 4,3 m^3/h (- 49%);
- PJ = 20 mca – Q = 0,5 m^3/h (- 94%).

Pela medição de pressão em pontos críticos, verificou-se que a pressão de 20 mca a jusante da VRP CM-Arouca se encontrava incompatível com o abastecimento com uma pressão de serviço adequada. Constatou-se que uma PJ de 30 mca possibilitava um funcionamento adequado da rede de distribuição desta ZCP. As intervenções propostas e efetuadas nesta ZCP, com um custo aproximado de 6.000.€, e a redução da PJ da VRP para 30 mca poderão ter resultado numa redução do CMN em, aproximadamente, 3 m^3/h, o que se poderá traduzir numa redução anual de cerca de 26 280.m^3, com um custo de aquisição de água em alta de cerca de 13 684.€.

A rede de distribuição associada ao reservatório de Vila Nova abordou-se, no âmbito do controlo ativo de perdas de água, com a intervenção da equipa funcional de perdas de água. Uma vez que não existe medidor de caudal na saída deste reservatório (instalação programada para 2019), o trabalho efetuado nesta zona iniciou-se com a instalação de um medidor portátil, para controlo dos volumes de saída e do CMN. Efetuaram-se vistorias noturnas a esta ZCP (*p.ex.*: 25/10/2018 e 29/10/2018), com a execução de *setp-tests* e pesquisas com geofone, detetando-se as situações que conduziram às ações que se sintetizam seguidamente:

- Reparação de rotura na zona da Pimenta:
  - Data: 20/09/2017;
  - CMN anterior (aproximado): 11 m^3/h;
  - CMN posterior (aproximado): 10 m^3/h;
  - Redução de CMN estimada: 1 m^3/h (- 9%);
- Passagem do 1º trecho de uma conduta antiga da ZCP instalada na EN-224 para um patamar de pressão inferior, dependente do PE Souto Redondo:
  - Data: 01/10/2018;
  - CMN anterior (aproximado): 10 m^3/h;
  - CMN posterior (aproximado): 7 m^3/h;
  - Redução de CMN estimada: 3 m^3/h (- 27%);
- Reparação de rotura na zona de Mouras (EE-Novais):
  - Data: 11/10/2018;
  - CMN anterior (aproximado): 7 m^3/h;
  - CMN posterior (aproximado): 5 m^3/h;
  - Redução de CMN estimada: 2 m^3/h (- 18%);
- Passagem do 2º trecho de uma conduta antiga da ZCP instalada na EN-224 para um patamar de pressão inferior, dependente do PE Souto Redondo:
  - Data: 30/10/2018;
  - CMN anterior (aproximado): 5 m^3/h;
  - CMN posterior (aproximado): 3 m^3/h;
  - Redução de CMN estimada: 2 m^3/h (- 18%).

A conduta antiga instalada na EN-224 poderá ser posteriormente desativada, verificando-se a necessidade de alterar cerca de 25 ramais domiciliários para uma conduta mais recente que já se encontra instalada no local, com um custo aproximado de 2 500 €. A reparação das roturas referida, pelos valores médios considerados, teve um custo de 800 €. A redução do CMN na ZCP Vila Nova foi de cerca de 8 m^3/h, aproximadamente de 72% do CMN que se verificava quando se iniciou a campanha de combate às perdas, o que se poderá traduzir numa poupança anual de cerca de 70 080 m^3, com um custo de aquisição de água em alta de cerca de 36 491 €.

Relativamente à ZCP São Pedro, delineou-se uma estratégia de controlo ativo de perdas que se baseou nos dados recolhidos no medidor de caudal instalado à saída do Reservatório de São Pedro, apoiado pelo medidor de caudal portátil instalado na VRP da CM-Arouca, à entrada na ZCP VRP. No período que decorreu entre 01/11/2018 e 13/11/2018 monitorizaram-se os consumos associados a estes dois medidores de caudal, tendo-se obtido os seguintes valores aproximados:

- CMN associado à ZCP Reservatório de São Pedro: 16 m^3/h;
- CMN associado à adutora do Reservatório de Vila Nova: 6 m^3/h;
- CMN associado à ZCP VRP: 3 m^3/h (PJ = 35 mca);
- CMN associado à ZCP São Pedro: 7 m^3/h.

Uma vez que a medição principal se encontrava à entrada da ZCP do Reservatório de São Pedro, incluindo a ZCP São Pedro, a ZCP VPR e a ZCP Vila Nova, efetuaram-se diversas vistorias noturnas (*p.ex.*: 05/11/2018; 07/11/2018; 13/11/2018) e efetuaram-se novos testes da PJ da VRP CM-Arouca, para aferir o impacto real desta zona na ZCP Reservatório de São Pedro. Os testes de pressão efetuados no dia 07/11/2018 (00h à 01h) possibilitaram que se sistematizassem os seguintes valores de caudal (Q) para diferentes pressões a jusante da VRP (PJ):

- PJ = 40 mca – Q = 6,50 m^3/h;

- PJ = 35 mca – Q = 4,60 m^3/h (- 29%);
- PJ = 30 mca – Q = 3,40 m^3/h (- 48%);
- PJ = 25 mca – Q = 2,50 m^3/h (- 62%);
- PJ = 20 mca – Q = 0,50 m^3/h (- 92%).

Os valores obtidos nos testes de pressão permitem observar a importância da pressão de jusante na ZCP VRP, considerando-se estratégias que possibilitem a redução da PJ, designadamente através da alteração do abastecimento aos pontos críticos. Os valores ligeiramente superiores para a PJ de 35 mca no teste de pressão (4,60 m^3/h), efetuado entre as 00h e as 01h, e o CMN estimado para esta ZCP na análise global (3 m^3/h) evidencia que o CMN se verifica mais tarde. Nesta ZCP, constatou-se que esse mínimo deverá ocorrer entre as 02h e as 05h. No âmbito deste trabalho, entre 06/11/2018 e 09/11/2018, colocou-se a VRP com diferentes PJ, constatando-se que:

- PJ = 40 mca – CMN= 3,5 m^3/h;
- PJ = 30 mca – CMN = 3,0 m^3/h;
- PJ = 20 mca – CMN = 2,0 m^3/h.

Na vistoria noturna efetuada no dia 13/11/2018, procedeu-se ao fecho da adutora do Reservatório de Vila Nova e efetuou-se um *setp-test* que permitiu estimar que o caudal verificado no medidor de caudal do Reservatório de São Pedro (10,5 m^3/h) apresentava a seguinte divisão:

- ZCP VRP: 3,5 m^3/h (PJ da VRP de 35 mca);
- ZCP São Pedro:
  - Rua Drª Salomé Martingo: 6 m^3/h;
  - Restantes áreas da ZCP São Pedro: 1 m^3/h.

Após a vistoria noturna supramencionada, efetuou-se uma pesquisa de roturas, com recurso a geofone, na Rua Drª Salomé Martingo, no dia seguinte, tendo sido detetadas 4 roturas localizadas e considerada a possibilidade de perdas em outros pontos da conduta de distribuição instalada nesta rua. Uma vez que a reparação das roturas identificadas teria um custo associado de cerca de 1 600 € e não seria a garantia da resolução da perda de água nesta zona, propôs-se a substituição da rede de distribuição deste arruamento, com o reforço do diâmetro instalado (DN 63 mm) para DN 90 mm, e com a execução de 11 novos ramais domiciliários, com a possibilidade de cumprir, também, os seguintes propósitos:

- Reforçar o abastecimento nesta zona, designadamente a um novo edifício de 30 habitações, que se encontrava abastecido por uma conduta DN 63 mm;
- Dotar de redundância o abastecimento à Zona Histórica da Vila;
- Abastecer a Rua Drª. Salomé Martingo, a Avenida da Liberdade e a Rua Arnaldo Lhamas, pontos críticos da zona de abastecimento da VRP CM-Arouca, diretamente do Reservatório de São Pedro, possibilitando a redução da PJ da VRP.

A substituição da rede de distribuição da Rua Drª. Salomé Martingo efetuou-se em 15/11/2018, com um custo de 11 279 €, e a PJ da VRP CM-Arouca foi reduzida para 28 mca em 26/11/2018. A redução do CMN na ZCP Reservatório de São Pedro ronda os 7 m^3/h (redução de 67% relativamente aos 10,5 m^3/h iniciais), com a ZCP São Pedro a passar de 7 m^3/h para 1 m^3/h (associado à substituição da conduta referida) e a ZCP a passar de 3,5 m^3/h para 2,5 m^3/h (associado à diminuição da PJ da VRP CM-Arouca). Esta redução do CMN poderá traduzir-se numa poupança anual de cerca de 61 320 m^3, com um custo de aquisição de água em alta de cerca de 31 929 € (custo unitário de aquisição de 0,5207 €/m^3).

A ZCP Abelheira considerou-se no âmbito do controlo ativo de perdas em 2018, com a execução de diversas ações, designadamente: monitorização de consumos; vistorias noturnas com *step-tests* (*p.ex.*: 19/11/2018; 28/11/2018; 30/11/2018), campanhas de pesquisa de fugas com equipamentos acústicos;

medição de pressões em diversos pontos da rede de distribuição desta ZCP. Em seguimento das ações supramencionadas, propuseram-se e executaram-se as seguintes ações:

- Instalação de VRP no Reservatório de Agras (27/11/2018);
- Deteção e reparação de 3 roturas, em Mascotes, Romão e Cela do Arda (28/11/2018);
- Deteção e reparação de 7 roturas no lugar de Agras (29/11/2018);
- Instalação de VRP na Avitureira (30/11/2018);
- Deteção e reparação de rotura na Travessa da Liberdade, lugar de Agras (01/12/2018);
- Deteção e reparação de rotura em Cabeçais, na EN326 (10/12/2018).

A monitorização do CMN e os *step-tests* efetuados na ZCP Abelheira demonstraram que a adução ao Reservatório de Cimo da Inha, pertencente a esta ZCP, representa cerca de 10 m^3/h do CMN. Inicialmente esta ZCP apresentava um CMN de, aproximadamente, 20 m^3/h. Após as ações referidas, regista-se um CMN de cerca de 18 m^3/h, estimando-se uma redução de 2 m^3/h. Estima-se um investimento associado à instalação das VRP de 3 000 € e à reparação das roturas de 4 850 €. A redução do CMN poderá traduzir-se numa poupança anual de cerca de 17 520 m^3, com um custo de aquisição de água em alta de cerca de 9 123 € (custo unitário de aquisição de 0,5207 €/m^3). O controlo ativo de perdas nesta ZCP encontra-se em curso.

Na rede de distribuição da ZCP Provisende efetuaram-se duas vistorias noturnas com *step-tests* (24/11/2018 e 03/12/2018), e pesquisa de fugas com equipamentos acústicos em zonas de suspeita de fugas indetetáveis à superfície. Em consequência destas ações, detetaram-se e repararam-se 2 roturas, com um investimento aproximado de 800 €. O CMN desta ZCP rondava os 7 m^3/h e reduziu-se para 6 m^3/h. Constata-se uma redução de, aproximadamente, 1 m^3/h, o que se poderá traduzir numa poupança estimada de 8 760 m^3, com um custo de aquisição de água em alta de cerca de 4 561 € (custo unitário de aquisição de 0,5207 €/m^3). O controlo ativo de perdas encontra-se em curso, salientando-se que se verificou que as duas zonas industriais abastecidas por este PE apresentam um consumo elevado, nomeadamente em período noturno, o que poderá enviesar a análise do CMN. Propõe-se que se inclua, no trabalho futuro a efetuar nesta zona, uma caraterização das indústrias e do seu regime de utilização de água, através da instalação de equipamentos (*p.ex.*: *loggers*) ou pesquisa local.

O CMN da ZCP Forcada, abastecida em alta pelo PE Forcada registou, no primeiro semestre de 2018, um valor de 14 m^3/h. Em jul/18, fechou-se a conduta adutora que abastecia o Reservatório de São Pedro (PE Moldes), que efetuava a transferência de volumes entre diferentes PE. A monitorização de consumos possibilitou que se estimasse que o CMN médio da rede de distribuição da ZCP Forcada apresentava um valor de 9 m^3/h. As ações de controlo ativo de perdas executadas nesta ZCP sistematizam-se seguidamente:

- Deteção e reparação de uma rotura em Romariz (*step-test* efetuado em 26/11/2018);
- Deteção e reparação de uma rotura em Figueiredo (*step-test* efetuado em 07/12/2018);
- Deteção e reparação de uma rotura no lugar da Pimenta (geofone – 20/12/2018);
- Deteção e reparação de 2 roturas no lugar do Soto (geofone – 22/12/2018).

Na ZCP Forcada, após as ações efetuadas no âmbito do combate às perdas de água, estima-se uma redução do CMN de cerca de 2,6 m^3/h, registando-se um valor médio de CMN de, aproximadamente, 6,4 m^3/h. O investimento associado à reparação de roturas ronda os 2 000 €. A redução referida traduz-se numa redução anual de 22 776 m^3, com um custo estimado de aquisição em alta de 11 860 €. A equipa de perdas afeta ao SAA-Arouca encontra-se a trabalhar esta ZCP, com a execução de *step-tests* e pesquisa com equipamentos acústicos (*p.ex.*: geofone), nas zonas que ainda não foram verificadas.

Embora a estratégia de combate às perdas de água tenha incidido prioritariamente no SP, o SA de Canelas (figura 5.74) foi objeto de análise e intervenção, no âmbito do combate às perdas de água, uma vez existia a suspeita de perdas elevadas neste sistema e se constatava que as origens de água (3 furos) que abastecem este sistema apresentavam dificuldade de repor o abastecimento numa situação de falta de água no Reservatório de Canelas.

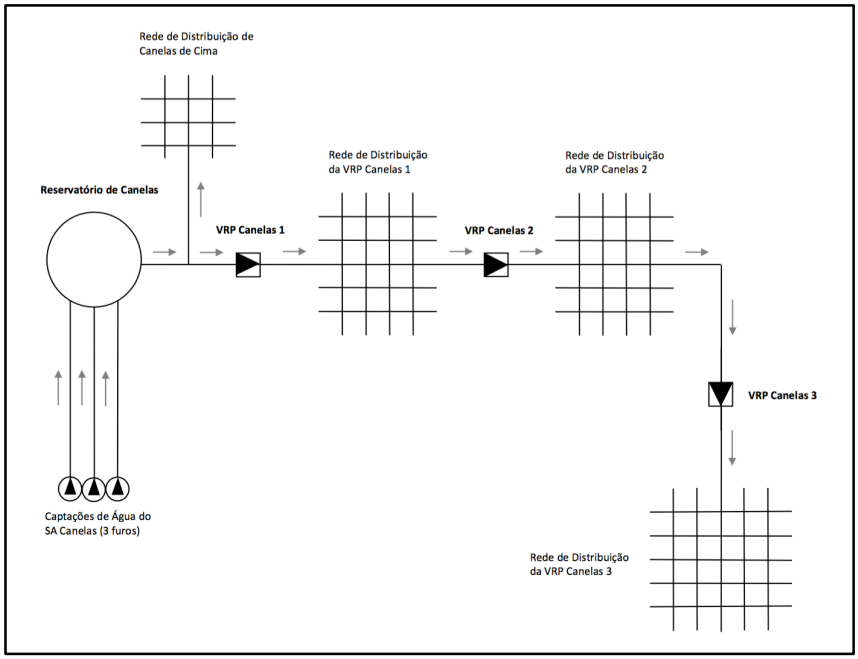


Fig. 5.74 – Representação esquemática do SA de Canelas

O combate às perdas de água na ZCP Canelas efetuou-se no decorrer do ano de 2018, com a implementação das ações e com os dados registados que se sistematizam seguidamente.

- CMN médio no 1º semestre de 2018: 4 m^3/h;
- Controlo de pressões na ZCP Canelas:
  - Substituição da VRP Canelas 3 (06/07/2018) – custo: 1 250 €;
  - Redução de pressão nas restantes VRP da ZCP Canelas (07/07/2018);
  - CMN médio após controlo de pressões: 3,2 m^3/h;
- Deteção e reparação de rotura em 21/12/2018:
  - Rotura detetada pela equipa de perdas;
  - CMN médio após reparação de rotura: 1,8 m^3/h.

O controlo de pressões efetuado nas VRP da ZCP Canelas possibilitou que se reduzisse, em média, cerca de 20 mca a jusante das VRP instaladas, o que representa uma diminuição de, aproximadamente, 43%. A tabela 5.8 sintetiza os dados do controlo de pressões por VRP.

Tabela 5.8 – Síntese de dados da gestão de pressões no SA de Canelas

VRP	PJ inicial	PJ após controlo pressões	Redução PJ	
VRP 1	30	20	-10	-33%
VRP 2	50	30	-20	-40%
VRP 3	60	30	-30	-50%
	47	**27**	**-20**	**-43%**

A representação gráfica da figura 5.75 refere-se aos consumos horários registados no medidor de caudal instalado à saída do reservatório de Canelas, considerando dados referentes a três dias em cada um dos patamares de CMN indicados anteriormente. A evolução do CMN no SA de Canelas evidencia a redução de perdas de água após as ações efetuadas nesta ZCP.

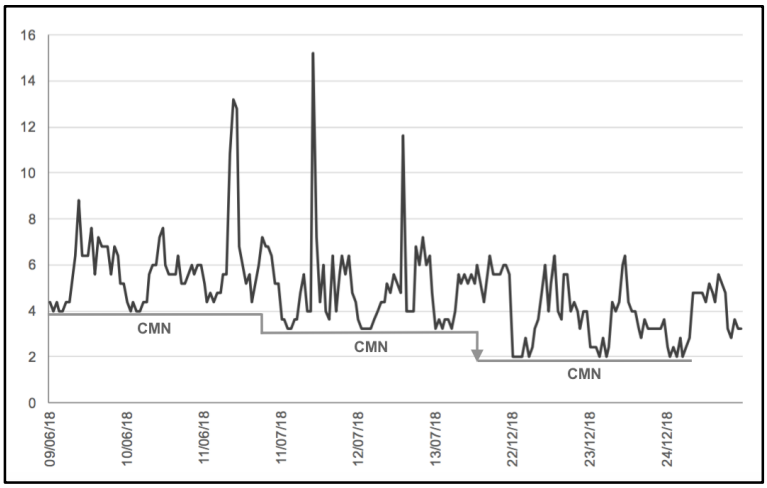


Fig. 5.75 – Evolução do CMN na ZCP Canelas

Relativamente à ocorrência de roturas, que se representa esquematicamente na figura 5.76, salienta-se que no 1º semestre de 2018 ocorreram 25 roturas no SA de Canelas, sensivelmente as mesmas que no 1º semestre de 2017 (26 roturas), registando-se, no 2º semestre de 2018, a ocorrência de 17 roturas. Após a campanha de redução de pressões efetuada neste SA, no 2º semestre de 2018, verifica-se uma redução de 17 roturas relativamente a 2017 (- 50%). A redução verificada traduz-se na diminuição de cerca de 6 868 € nos encargos com a reparação de roturas neste sistema.

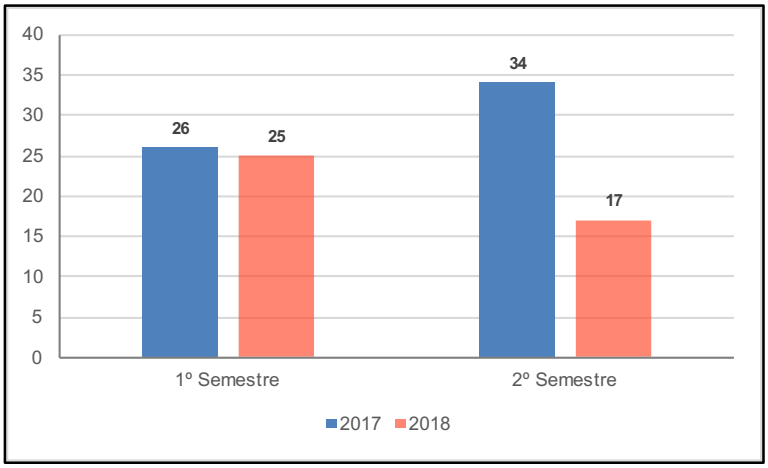


Fig. 5.76 – Evolução do número de roturas na ZCP Canelas

As ações de combate às perdas de água efetuadas na ZCP Canelas (gestão de pressões e controlo ativo de perdas) tiveram um custo estimado de cerca de 2 000 € e conduziram a uma redução do CMN de, aproximadamente, 2,2 m^3/h (- 55%), com uma redução anual associada de 19 272 m^3, correspondendo a um ganho associado de 5 782 € (0,30 €/m^3). A redução 50% de roturas que se verificou no 2º semestre de 2018, após o controlo de pressões nesta ZCP, relativamente ao período homólogo de 2017, traduziu-

se numa redução de custos de reparação estimada em 6 868 €. A manter-se a mesma proporção de redução de roturas no 1º semestre, poderá aproximar-se o ganho anual associado a redução de roturas em 12 928 €.

No âmbito do controlo ativo de perdas, as ações propostas encontram-se relacionadas com a monitorização diária dos consumos associados a esta ZCP, com identificação, registo, deteção e resolução de eventuais problemas verificados. Pelos valores considerados para o SA de Canelas, considerando o investimento associado às intervenções (2 000 €) e o ganho anual (18 710 €) associado à redução de perdas (5 782 €) e roturas (12 928 €), poder-se-á estimar um período de retorno do investimento pouco superior a 1 mês.

5.2.3.7. Apontamento Final

A tabela 5.9 sintetiza os resultados do combate às perdas, efetuado em diferentes ZCP do SAA-Arouca, com a sistematização da evolução do CMN e com a apresentação de uma estimativa do ganho anual associado à redução do CMN que se verifica.

Tabela 5.9 – Síntese dos resultados do controlo ativo de perdas no SP do SAA-Arouca no ano de 2018

ZCP	Período	CMN			Ganho anual estimado	
		Inicial	Final	Redução		
ZCP VRP	jun/18 – jul/18	7,0 m^3/h	4,0 m^3/h	4,0 m^3/h (- 57%)	35 040 m^3	18 245 €
	nov/18 – dez/18	3,5 m^3/h	2,5 m^3/h			
ZCP Vila Nova	set/18 – out/18	11,0 m^3/h	3,0 m^3/h	8,0 m^3/h (- 73%)	70 080 m^3	36 491 €
ZCP São Pedro	nov/18 – dez/18	7,0 m^3/h	1,0 m^3/h	6,0 m^3/h (- 86%)	52 560 m^3	27 368 €
ZCP Abelheira	nov/18 – *em curso*	**20,0 m^3/h*	**18,0 m^3/h*	2,0 m^3/h (- 10%)	17 520 m^3	9 123 €
ZCP Provisende	nov/18 – *em curso*	7,0 m^3/h	6,0 m^3/h	1,0 m^3/h (- 14%)	8 760 m^3	4 561 €
ZCP Forcada	dez/18 – *em curso*	9,0 m^3/h	6,4 m^3/h	2,6 m^3/h (- 29%)	22 776 m^3	11 860 €
		Total:		**23,6 m^3/h**	**206 736 m^3**	**107 648 €**

**Os valores de CMN da ZCP Abelheira incluem o abastecimento contínuo ao Reservatório de Cimo da Inha, com uma adução de, aproximadamente, 10 m^3/h.*

Do ponto de vista do retorno do investimento em combate às perdas de água no SAA-Arouca, considera-se um investimento associado a recursos humanos da equipa de perdas de, aproximadamente, 17 000 €. As intervenções efetuadas neste âmbito (*p.ex.*: reparação de roturas; substituição de condutas; instalação de VRP; substituição de ramais) representam um investimento de cerca de 31 230 €. O valor do investimento total associado ao combate às perdas, no período de 4 meses considerado, aproxima-se em 48 230 €. Considerando o ganho anual de cerca de 95 338 €, estima-se um período de retorno de aproximadamente 6 meses.

A estratégia integrada de combate às perdas de água implementada no SAA-Arouca, no âmbito do desenvolvimento e implementação da metodologia de GOIH, traduz-se em resultados que se podem avaliar globalmente, pela evolução da AES e pelos resultados do indicador de desempenho de perdas considerado. O controlo ativo de perdas, um dos pilares da estratégia de combate às perdas de água

desenhada, em curso atualmente, avalia-se de forma mais detalhada no período em que foi implementada em 2018 (aproximadamente 4 meses), analisando-se as diferentes ações efetuadas, intervenções executadas e resultados obtidos. No investimento considerado, incluem-se os custos associados a recursos humanos e a intervenções efetuadas, e a estimativa de ganho anual traduz-se em função da projeção anual do efeito da redução do CMN verificada no período considerado. Os valores não pretendem constituir uma análise rigorosa de custos, que apenas poderá ser efetuada com um histórico de dados mais robusto, mas sim permitiu proceder a uma avaliação do período de retorno associado ao investimento realizado no controlo ativo de perdas, que, de acordo com os dados disponíveis e com a observação efetuada, será inferior a um ano.

5.2.4. INTERVENÇÃO

5.2.4.1. Monitorização

No decorrer do desenvolvimento e implementação da metodologia de GOIH, planearam-se, estruturaram-se e operacionalizaram-se as seguintes tarefas:

- Monitorização da qualidade da água – medição de cloro residual em reservatórios de distribuição;
- Monitorização de volumes de água – controlo de níveis de água e registo de volumes de saída;
- Monitorização de VRP – verificação de funcionamento e gestão de pressões;
- Monitorização da resposta a ocorrências – registo sistemático de tarefas da equipa de exploração.

No âmbito deste capítulo (Capitulo 5 – Resultados), considera-se relevante a apresentação das seguintes ações de monitorização de infraestruturas hidráulicas do SAA-Arouca:

- Monitorização de VRP;
- Monitorização de reservatórios;
- Monitorização de fontanários com origens não controladas;
- Monitorização e registo sistemático de ocorrências.

No que diz respeito à monitorização de VRP, implementada no SAA-Arouca, no âmbito do desenho, desenvolvimento, aplicação e teste da metodologia de GOIH proposta, consideram-se as seguintes fases:

- Fase 0 – Levantamento cadastral de VRP;
- Fase 1 – Gestão de pressões (concluída em jan/2018):
    - Redução de pressões;
    - Atualização cadastral (*p.ex.*: novas VRP, alteração de patamares de pressão);
- Fase 2 – Gestão de Pressões (em curso):
    - Redução de pressões;
    - Registo sistemático de pressões na rede;
    - Atualização cadastral (*p.ex.*: novas VRP, alteração de patamares de pressão).

O levantamento cadastral de VRP (fase 0) encontra-se sistematizado nas figuras A2.1, A2.2, A2.3, A2.4, A2.5, A2.6, A2.7 e A2.8 (Anexo A2). O registo do funcionamento das VRP do SAA-Arouca efetuou-se, de forma detalhada, na "ficha de VRP" (figura A2.17 e figura A2.18, do Anexo A2), desenvolvida no âmbito desta tese de doutoramento. Este registo, por VRP, integra a base de dados da EG.

Enquadrado no desenvolvimento das ações supramencionadas, com os recursos humanos (RH) disponíveis na equipa de exploração do SAA-Arouca, desenhou-se, propôs-se e constitui-se uma equipa especializada em VRP, com as principais missões de monitorização, manutenção, substituição e

instalação de VRP. A equipa formou-se com auxílio de RH da EG especializados na área, bem como com formação e visita técnica a fornecedores (*p.ex.*: Valcon, Grupo Tecnilab – figura 5.77).



Fig. 5.77 – Registo fotográfico da visita técnica e ação de formação da Equipa de VRP nas instalações da Valcon

A figura 5.78 constitui um registo fotográfico da atuação Equipa de VRP, durante a Fase 2 de gestão de pressões, no SP do SAA-Arouca.



Fig. 5.78 – Registo fotográfico da atuação da Equipa de VRP do SAA-Arouca – Gestão de pressões (Fase 2)

As informações sobre o funcionamento das VRP, no final da Fase 1 de monitorização, constam das figuras A2.9, A2.10, A2.11, A2.12, A2.13, A2.14, A2.15 e A2.16 (Anexo A2). A tabela 5.10 sintetiza as intervenções de monitorização de VRP efetuadas no SP do SAA-Arouca.

Tabela 5.10 – Síntese de intervenções de monitorização de VRP no SP do SAA-Arouca

Subsistema	**Número de VRP**	**Número de VRP com Redução de Pressão**	**Pressão Média Reduzida** (mca)	**Conclusão da 1ª Fase de Gestão de Pressões**
Abelheira	33	17	17	jan/18
Provisende	14	10	11	dez/17
Souto Redondo	40	12	15	dez/17
Ameixieira	11	4	20	dez/17
Forcada	15	7	14	dez/17
Moldes	30	11	16	out/17
Total	**143**	**62**	**15**	**jan/18**

No decorrer da Fase 1 de gestão de pressões no SP do SAA-Arouca, reduziu-se a pressão em 62 das 143 VRP instaladas, diminuindo-se, em média, 15 mca por VRP. O registo completo das ações de gestão de pressões nas VRP do SAA-Arouca integra a tabela A2.1 (Anexo A2). Nesta tabela encontram-se registadas as ações de redução de pressões por VRP, na primeira fase de gestão de pressões. A síntese da gestão de pressões efetuada na Fase 1 inclui-se na tabela 5.11.

Tabela 5.11 – Síntese da gestão de pressões no SP do SAA-Arouca

Subsistema	**Pressão Média a Jusante de VRP**			
	Fase 0 (mca)	Fase 1 (mca)	Redução de Pressões na Fase 1 de Gestão de Pressões	
			(mca)	
Abelheira	32,9	24,4	8,5	26%
Provisende	30,0	23,0	7,0	23%
S. Redondo	32,9	28,7	4,2	13%
Ameixieira	32,1	26,4	5,7	18%
Forcada	36,6	32,2	4,4	12%
Moldes	34,7	28,0	6,7	19%
Total	**33,2**	**27,2**	**6,0**	**18%**

A Fase 1 de gestão de pressões efetuada no SP do SAA-Arouca possibilitou uma redução média de 18% da pressão a jusante de VRP, baixando-se, por consequência, a pressão de serviço de todo o sistema de abastecimento de água. A redução de pressões efetuou-se com recurso à medição local de pressões, estabelecendo-se o critério de garantia de pressão de serviço adequada no abastecimento aos pontos críticos dependentes de cada VRP. Realça-se que a diminuição de pressão alcançada se efetuou sem prejuízo da continuidade e qualidade do serviço prestado.

Enquadrado na Fase 2 da monitorização de VRP (figura 5.79), o registo sistemático de pressões no SP do SAA-Arouca, que se encontra em curso, efetua-se com recurso ao formulário desenvolvido no âmbito deste estudo, que se apresenta no Anexo A2 (figura A2.19).



Fig. 5.79 – Registo fotográfico da atuação da Equipa de VRP do SAA-Arouca – Registo sistemático de pressões

Relativamente à monitorização de reservatórios, o registo sistemático da monitorização de reservatórios (qualidade da água e volumes) e da resposta a ocorrências, preparado no pressuposto de organização proposta na metodologia de GOIH, iniciou-se em julho de 2017, com os registos que se incluem em diferentes formulários de registo desenvolvidos, designadamente:

- Monitorização semanal de reservatórios (figura A2.20 – Anexo A2);
- Monitorização mensal de reservatórios (figura A2.21 – Anexo A2);
- Monitorização extraordinária de reservatórios (figuras A2.22 e A2.23 – Anexo A2).

A monitorização de fontanários com origens de água não controlada, com a verificação da existência de placa informativa de origem de água não controlada, regista-se através de formulário desenvolvido e implementado nas rotinas operacionais (figura A2.24 – Anexo A2).

No que se refere a ocorrências, a monitorização das ações de resposta a ocorrências efetua-se com recurso ao formulário representado na figura A2.25 (Anexo A2).

A ferramenta Aquafield foi introduzida nas rotinas de monitorização de infraestruturas hidráulicas do SAA-Arouca, no decorrer do ano de 2018, iniciando-se pela monitorização de reservatórios, em janeiro de 2018. A monitorização de ocorrências começou a ser registada, através do Aquafield, em junho de 2018.

5.2.4.2. Manutenção

A unidade operacional de manutenção de infraestruturas hidráulicas, que incorpora a área operacional de intervenção, aborda-se, na aplicação da metodologia ao SAA-Arouca, nas seguintes intervenções:

- Manutenção de VRP;
- Manutenção de reservatórios.

A Fase 1 de monitorização de VRP, descrita no ponto 5.2.4.1 Monitorização, efetua-se em paralelo com a manutenção de VRP (figura 5.80). Sintetizam-se os números das ações de manutenção em VRP do SP do SAA-Arouca, por subsistema, na tabela 5.12.

Tabela 5.12 – Síntese de intervenções de manutenção de VRP no SP do SAA-Arouca

Subsistema	**Número total de VRP**	**Número de VRP com Manutenção**	**Conclusão** (1ª Fase de Manutenção)
Abelheira	33	12	jan/18
Provisende	14	1	dez/17
Souto Redondo	40	13	dez/17
Ameixieira	11	0	dez/17
Forcada	15	4	dez/17
Moldes	30	9	out/17
Total	**143**	**39**	**jan/18**



Fig. 5.80 – Registo fotográfico da atuação da Equipa de VRP do SAA-Arouca – Manutenção

Em relação às intervenções de manutenção nos reservatórios do SAA-Arouca, salientam-se as intervenções no Reservatório de Vista Alegre e no Reservatório de Cimo da Inha, das quais se apresenta uma síntese na tabela A12.1 (Anexo A12). Os custos de mão de obra calculam-se com base num valor de 5€/colaborador/hora, tendo em conta o número de horas efetuadas. Os custos de materiais constam das informações facultadas pela EG. As intervenções de manutenção nos reservatórios de Vista Alegre (Mansores) e de Cimo da Inha (Escariz) foram efetuadas por equipas internas da Águas do Norte, S.A.

5.2.4.3. Reabilitação

A reabilitação de infraestruturas hidráulicas analisa-se de acordo com a metodologia proposta no Capítulo 4 – Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas, organizando-se os dados disponibilizados pela EG e/ou recolhidos no âmbito deste estudo (*p.ex.*: designação; local; extensão; diâmetro; data; custo). As infraestruturas do SAA-Arouca que se incluem nos resultados da unidade operacional de reabilitação são as seguintes:

- Substituição de condutas;
- Substituição de VRP.

As intervenções de reabilitação de condutas de abastecimento de águas encontram-se divididas por subsistema do SAA-Arouca. A tabela A12.2 (Anexo A12) sintetiza as informações das reabilitações de condutas no subsistema de Abelheira do SP do SAA-Arouca. A substituição de diferentes trechos da rede de distribuição do lugar de Orvida (freguesia de Escariz) efetuou-se na perspetiva de priorização de investimentos de reabilitação nos locais com elevada incidência de roturas e perdas de águas associadas.

A tabela A12.3 (Anexo A12) sintetiza as informações das reabilitações de condutas no subsistema de Provisende, do SP do SAA-Arouca. A substituição de trechos de rede nos lugares de Areeiro, Barbeito, Chave e Côto da Lomba, todos na freguesia de Chave, enquadra-se na substituição de rede em locais com particular incidência de roturas, identificados na área operacional de exploração desta metodologia, designadamente na unidade operacional de "*Informação: Dados Reais*".

A tabela A12.4 (Anexo A12) sintetiza as informações das reabilitações de condutas no subsistema de Souto Redondo do SP do SAA-Arouca. As intervenções de substituição de condutas nas redes dependentes do PE de Souto Redondo efetuaram-se de acordo com a perspetiva de priorização de zonas com maior risco de rotura e de perda de água, procedendo-se à substituição de pequenos trechos de condutas com elevada incidência de roturas (*p.ex.*: Barrol; Carvalhal; Lameira) e de condutas com maior dimensão, como o caso da conduta distribuidora do Pousadouro, que possibilitou a desativação da EE-Casinha, o combate às perdas de água, a redução da ocorrência de roturas e o equilíbrio das áreas abastecidas, com o aumento da zona afeta ao PE de Souto Redondo.

A tabela A12.5 (Anexo A12) sintetiza as informações das reabilitações de condutas no subsistema de Ameixieira do SP do SAA-Arouca. A intervenção efetuada no lugar da Presa, freguesia de Santa Eulália, refere-se a um local com elevada incidência de roturas e consequente perda de água.

A tabela A12.6 (Anexo A12) sintetiza as informações das reabilitações de condutas no subsistema de Forcada do SP do SAA-Arouca. Neste subsistema, os locais onde se efetuaram substituições de condutas identificaram-se como locais associados a diversas ocorrências (roturas).

A tabela A12.7 (Anexo A12) sintetiza as informações das reabilitações de condutas no subsistema de Moldes do SP do SAA-Arouca. As substituições de condutas efetuadas na rede de distribuição dependente do PE de Moldes priorizaram-se de acordo com os critérios referidos para os restantes subsistemas (incidência de roturas e perdas de água), salientando-se locais como os de Amilo, Pimenta e Pernouzela como pequenos trechos a substituir e o investimento associado à substituição da conduta distribuidora do lugar de Ponte Telhe (freguesia de Moldes), planeada em parceria com o Município de Arouca, que efetuou obras de pavimentação neste local.

A tabela A12.8 (Anexo A12) sintetiza as informações das reabilitações de condutas nos SA do SAA-Arouca. As intervenções efetuadas referem-se a locais com elevada incidência de roturas, no caso dos lugares de Fraguinha e Pirraça, ambos na freguesia de Alvarenga, bem como a reposição de tubagens

danificadas na sequência de incêndios ocorridos no ano de 2016, nomeadamente trechos da adutora do reservatório de Cabreiros.

As extensões de condutas substituídas no SAA-Arouca até ao final do ano de 2017 e o respetivo custo estimado distribuem-se, por subsistema, da seguinte forma:

- Abelheira: 1660 m – 24 827 €;
- Provisende: 250 m – 6 520 €;
- Souto Redondo: 4014 m – 88 927 €;
- Ameixieira: 40 m – 1 600 €;
- Forcada: 120 m – 4 800 €;
- Moldes: 870 m – 16 931€;
- Sistemas autónomos: 615 m – 8 370 €.

A figura 5.81 apresenta o registo fotográfico de intervenções de reabilitação de condutas efetuadas no SAA-Arouca, durante o desenvolvimento da presente investigação.



Fig. 5.81 – Reabilitação de infraestruturas no SAA-Arouca – Substituição de condutas

Em relação às VRP do SP do SAA-Arouca, a tabela A12.9 (Anexo A12) sistematiza as diversas substituições efetuadas até ao final do ano de 2017. As VRP substituídas foram identificadas pelas equipas operacionais do SAA-Arouca, referindo-se a situações em que as VRP existentes não se encontravam a funcionar ou adequadas à função pretendida.

Os custos relativos à substituição de VRP estimam-se de acordo com os valores considerados na avaliação patrimonial das infraestruturas hidráulicas do SAA-Arouca, tendo sido substituídas 10 VRP, com um custo total associado de 21 000 €.

As ações de reabilitação de infraestruturas hidráulicas do SAA-Arouca incluem, também, a substituição de válvulas de seccionamento e ventosas, a reabilitação de câmaras de manobras e outras componentes de construção civil que não foram sistematizadas no âmbito desta tese de doutoramento. A figura 5.82 inclui registos fotográficos da situação de válvulas de seccionamento, instaladas em câmaras de manobras, que foram substituídas no âmbito de intervenções de reabilitação.



Fig. 5.82 – Reabilitação de infraestruturas – Válvulas se seccionamento do SAA-Arouca a substituir

5.2.4.4. Reforço

O reforço das infraestruturas hidráulicas do SAA-Arouca aborda-se, no âmbito do presente estudo, do ponto de vista da organização das informações facultadas pela EG e estruturadas durante o desenvolvimento deste trabalho (*p.ex.*: designação; local; extensão; diâmetro; data; custo). A área operacional de intervenção, mais especificamente no que se refere à unidade operacional de reforço, aplica-se às seguintes infraestruturas do SAA-Arouca:

- Instalação de condutas;
- Instalação de VRP;
- Construção de câmaras de manobras;
- Instalação de controlos de nível em reservatórios.

As intervenções nas infraestruturas do SAA-Arouca dividem-se entre o SP e os SA do SAA-Arouca. A tabela A12.10 (Anexo A12) sintetiza a informação das intervenções de reforço de condutas no SP do SAA-Arouca. O reforço de condutas efetuou-se com objetivos distintos, de acordo com cada intervenção, podendo especificar-se o seguinte: abastecimento a novos clientes (*p.ex.*: Lar de idosos de Chave, Vale Quartas, São João e Belece); reforço da capacidade de transporte (*p.ex.*: Igreja Mansores, Barrol – fase 1, Pedra Má e Sanfins); desativação de origens autónomas (*p.ex.*: Soutelo – Vista Alegre

e Friães – Santo Estêvão); otimização operacional, através do equilíbrio de pressões ou da desativação de troços com perdas de água elevadas (*p.ex.*: Barreiros, Chãos e São Lourenço).

As informações sobre as intervenções de reforço de condutas nos SA do SAA-Arouca encontram-se sintetizadas na tabela A12.11 (Anexo A12). As intervenções de reforço de condutas nos SA visaram o reforço da capacidade de transporte aos locais referidos na designação da intervenção.

As extensões de condutas de abastecimento de água e os respetivos custos, associados às intervenções de construção indicadas na tabela 5.61 (sistema principal) e na tabela 5.62 (sistemas autónomos) distribuem-se, por subsistema, da seguinte forma:

- Abelheira: 1795 m – 69 804 €;
- Provisende: 285 m – 3 111 €;
- Souto Redondo: 2926 m – 73 057 €;
- Ameixieira: 70 m – 2800 €;
- Forcada: 386 m – 6 514 €;
- Moldes: 310 m – 12 004 €;
- Sistemas Autónomos: 300 m – 5 474 €.

A tabela A12.12 (Anexo A12) sintetiza a informação das intervenções de reforço de câmaras de manobras no SAA-Arouca, que se referem a situações de reformulação de nós, de substituição de válvulas de seccionamento com necessidade de execução de câmaras de manobras, e de instalação de novas válvulas de seccionamento, ventosas e VRP.

As intervenções de instalação de VRP no subsistema da Abelheira, do SAA-Arouca descrevem-se na tabela A12.13 (Anexo A12) e encontram-se associadas ao controlo de pressões na zona da Vila de Mansores, que integra este subsistema.

A tabela A12.14 (Anexo A12) lista as intervenções de reforço de VRP no subsistema de Provisende do SAA-Arouca. As VRP de Chave e Tojal visaram a redução de pressões neste local, cuja pressão de serviço se encontrava desajustada. A VRP de Soutelo encontra-se associada à inclusão desta zona de abastecimento na rede dependente do PE de Provisende, abastecida anteriormente por uma origem autónoma.

O reforço de VRP no subsistema de Souto Redondo (SAA-Arouca) descreve-se na tabela A12.15 (Anexo A12). Evidenciam-se as diversas intervenções na freguesia de Tropeço, dependente deste PE, tendo-se instalado 10 VRP para controlo de pressões na rede de distribuição desta zona, onde se verificavam pressões de serviço demasiado elevadas, particular incidência de roturas e perdas de água elevadas.

A tabela A12.16 (Anexo A12) sistematiza as informações de reforço de VRP no subsistema da Ameixieira (SAA-Arouca). As situações indicadas referem-se a locais onde se verificavam pressões de serviço desajustadas, realçando-se a zona de Barreiros, com elevada incidência de roturas.

A síntese das informações sobre as intervenções de instalação de VRP (reforço) no subsistema da Forcada do SAA-Arouca inclui-se na tabela A12.17 (Anexo A12). As VRP instaladas localizam-se a jusante da VRP Santo Aleixo e incluem-se nas ações de aumento da área abastecida por esta VRP e pelo PE da Forcada, com vista ao equilíbrio das áreas de abastecimento.

A tabela A12.18 (Anexo A12) refere-se ao reforço de VRP no subsistema de Moldes, do SAA-Arouca. As VRP instaladas visaram o controlo de pressões em zonas com pressões de serviço demasiado

elevadas, destacando-se o controlo da linha de Ponte de Telhe, com a instalação das VRP de Ponte Telhe 1, Ponte Telhe 2, Celadinha e Cela, zona sem contabilização, mas com suspeita de perdas elevadas.

A tabela A12.19 (Anexo A12) integra a VRP instalada nos SA do SAA-Arouca, num local com particular incidência de roturas e perdas de água.

Tendo em conta os valores considerados para a instalação de válvulas redutoras de pressão, estima-se um investimento na ordem dos 81 000 €, associado à instalação de 35 VRP.

As informações relativas à instalação de sistemas de controlo de nível (válvulas de boia e válvulas altimétricas) no SAA-Arouca sintetizam-se na tabela A12.20 (Anexo A12). As intervenções referidas enquadram-se no combate às perdas de água por extravasamento em reservatórios.

A figura 5.83 integra o registo fotográfico de intervenções de reforço de infraestruturas hidráulicas, executadas no SAA-Arouca, no decorrer desta investigação.



Fig. 5.83 – Reforço de infraestruturas no SAA-Arouca – Instalação de condutas

5.2.4.5. Ações propostas

No âmbito do desenvolvimento da presente investigação, e em consonância com a estratégia proposta e adotada pela EG no SAA-Arouca, elencaram-se diversas intervenções de monitorização, manutenção, reabilitação e reforço de infraestruturas hidráulicas, resultantes de situações previamente identificadas pelo Município de Arouca, pela EG, ou de propostas efetuadas com vista à otimização operacional deste

sistema de abastecimento de água (*p.ex.*: redução de perdas de água; redução de roturas; eficiência energética; desativação de origens autónomas).

A identificação e sistematização de intervenções não pretende ser um levantamento exaustivo de todas as necessidades das infraestruturas hidráulicas, tratando-se antes da tradução do melhor conhecimento atual sobre estas infraestruturas. As situações a contemplar em investimentos futuros, sobretudo no caso da reabilitação de infraestruturas hidráulicas, deverão ser priorizadas de acordo com o retorno esperado pela sua execução, situação que dependerá do estado atual das infraestruturas, devendo este processo ser dinâmico e adaptável à alteração dos pressupostos de definição dos investimentos. Parte das intervenções identificadas até ao final do ano de 2017 foi executada no decorrer do ano de 2018, encontrando-se outras em curso.

No que se refere à monitorização de infraestruturas hidráulicas, o processo de monitorização e de registo de ocorrências proposto e implementado na exploração do SAA-Arouca revelou-se um processo evolutivo e de melhoria contínua, que se iniciou com a mobilização da equipa de exploração para a importância deste processo. No princípio do ano de 2018, introduziu-se o *software* Aquafield na equipa de exploração do SAA-Arouca, iniciando-se o processo de familiarização da ferramenta na rotina operacional mais estruturada do ponto de vista do planeamento de tarefas: monitorização de qualidade da água em reservatórios de distribuição. A partir de jun/18, introduziu-se, nesta ferramenta o registo sistemático de ocorrências, passando todo o registo de ações operacionais de reparação de roturas e resolução de situações de falta de água ou de variações de pressão a ser efetuado na mesma ferramenta.

No âmbito da organização do processo de monitorização de infraestruturas hidráulicas no SAA-Arouca, propõe-se que se estabilize o processo de registo de ações operacionais numa ferramenta única e transversal a diferentes áreas da EG, incluindo ações que já se encontram em registo sistematizado e outras a incluir neste processo, designadamente:

- Monitorização da qualidade da água – medição de cloro residual em reservatórios de distribuição;
- Monitorização de volumes de água – controlo de níveis de água e registo de volumes de saída;
- Monitorização de VRP – verificação de funcionamento e gestão de pressões;
- Monitorização da resposta a ocorrências – registo sistemático de tarefas da equipa de exploração.

A Fase 2 da Gestão de Pressões encontra-se em curso, referindo-se que, até ao final do ano de 2018, se monitorizaram VRP nas redes de distribuição dependentes dos seguintes PE:

- Souto Redondo:
  - 38 VRP monitorizadas;
  - 22 VRP com redução de pressão (cerca de 11 mca de redução média);
- Ameixieira:
  - 11 VRP monitorizadas;
  - 7 VRP com redução de pressão (cerca de 10 mca de redução média);
- Moldes:
  - 27 VRP monitorizadas;
  - 10 VRP com redução de pressão (cerca de 11 mca de redução média).

Encontra-se programado, para o ano de 2019, a continuação da Fase 2 de gestão de pressões, com a monitorização das restantes VRP do SP, nas redes dependentes dos PE de Abelheira, Provisende e Forcada. Propõe-se que a Fase 3 inclua, também, a monitorização das VRP instaladas nos SA do SAA-Arouca. A prioridade de redução da AES no SP, dependente do abastecimento em alta, por aquisição de água à AdDP, influenciou a priorização do SP nas primeiras duas fases de monitorização de VRP.

Na síntese global das ações efetuadas no SAA-Arouca, aborda-se o caso do SA de Canelas, para o qual se efetua uma análise dos resultados do trabalho de gestão de pressões efetuado no âmbito da monitorização de VRP. Neste caso, evidencia-se a importância da Fase 3, de monitorização de VRP com vista à redução de perdas de água, incluir os SA, potenciando a redução de custos associados à captação (*p.ex.*: custos energéticos), ao tratamento e à resposta em cenários de escassez de água nas origens (*p.ex.*: transporte por autotanque).

As ações futuras de manutenção no SAA-Arouca podem dividir-se em duas principais categorias, designadamente: estratégia de manutenção estruturada e preventiva, para a globalidade do SAA-Arouca; intervenções específicas de manutenção prioritárias.

A estratégia de manutenção estruturada e preventiva deverá considerar a avaliação do estado, desempenho e risco de infraestruturas efetuada, encontrando-se alinhada com política de gestão patrimonial da EG, considerando um investimento adequado e de acordo com as disponibilidades para o efeito. Em relação às intervenções específicas de manutenção, consideram-se as seguintes ações:

- Manutenção de VRP (Fase 2 – em curso);
- Manutenção de Reservatórios:
    - Verificação e manutenção de dispositivos de acesso às células e segurança de diversas instalações;
    - Pintura, substituição de componentes e beneficiação dos seguintes reservatórios: reservatório de Vila Nova (*em curso*); reservatório de São Pedro (*em curso*); reservatório de Pousadouro; reservatório de Santa Maria do Monte; reservatório de Chãos; reservatório de Espírito Santo (*adjudicado no valor de 87 965 €*).

A tabela 5.13 apresenta uma síntese das ações propostas para a Fase 2 de manutenção de VRP, por subsistema do SP do SAA-Arouca. Propõe-se que, tal como no caso da monitorização de VRP, se inclua, na Fase 3 de manutenção, os SA.

Tabela 5.13 – Síntese de futuras intervenções de manutenção de VRP no SP do SAA-Arouca

Subsistema	**Número de VRP**	**Número de VRP para Manutenção** (Fase 2)
Abelheira	33	20
Provisende	14	7
Souto Redondo	40	25 *(executada em 10 VRP até dez/18)*
Ameixieira	11	11 *(executada em 3 VRP até dez/18)*
Forcada	15	6
Moldes	30	17 *(executada em 1 VRP até dez/18)*
Total	**143**	**86**

Relativamente às ações futuras de reabilitação, neste ponto, consideram-se as intervenções de substituição de condutas e de VRP que se encontravam inventariadas até ao final do ano de 2017. Apresenta-se, neste âmbito, uma estimativa da extensão e do investimento associado, bem como a situação atual (executado ou não executado).

A tabela A12.21 (Anexo A12) sintetiza as intervenções futuras de substituição de condutas que se encontram inventariadas, pela EG e no âmbito desta investigação, incluindo uma estimativa do investimento associado. Parte das intervenções consideradas já se executou no decorrer do ano de 2018, com um investimento estimado de 101 663 €.

As intervenções que constam na tabela A12.21 (Anexo A12) não pretendem configurar um levantamento exaustivo de todas as intervenções a efetuar, no futuro, no SAA-Arouca. Tal como nas intervenções de monitorização, manutenção e reforço, a informação incluída nas "*Ações Propostas*" pretende ser a organização da informação que existe atualmente na EG e recolhida no âmbito da presente investigação. As diferentes situações consideradas apresentam diferente relevância, tecendo-se considerações sobre algumas delas.

Das intervenções de substituição de condutas efetuadas no decorrer do ano de 2018, por PE do SP do SAA-Arouca, destacam-se as seguintes, do ponto de vista da ocorrência de roturas e consequente perda de água associada: no PE de Abelheira, a substituição das condutas distribuidoras de Belide (média de 6 roturas anuais, com perda de água aproximada de 2 100 m^3) e de Agras (média de 5 roturas anuais, com perda de água aproximada de 1 750 m^3); no PE de Souto Redondo, a substituição das condutas da Costa – parte 1 (média de 5 roturas anuais, com perda aproximada de 1750 m^3) e de Forno Telheiro (média de 4 roturas anuais, com perda de água aproximada de 1 400 m^3); no PE de Moldes, a substituição das condutas de Mouras (média de 5 roturas anuais, com perda de água aproximada de 1 750 m^3) de Novais (média de 8 roturas anuais, com perda de água aproximada de 2 800 m^3) e da Rua Salomé Martingo (média de 5 roturas anuais, com perda de água aproximada de 1 750 m^3); nos SA, a substituição da conduta de Canelas de Baixo (média de 5 roturas anuais, com perda de água estimada de 1 750 m^3).

As intervenções não executadas avaliam-se, do ponto de vista do retorno de investimento (redução de roturas e perdas de água), na ferramenta de apoio à decisão, desenhando-se cenários de investimento, com base no tempo de retorno estimado para os investimentos a efetuar. Salientam-se algumas situações identificadas como locais com elevada incidência de ocorrências (roturas): Mascotes; Orvida – parte 4; Ponte Telhe – parte 3; Costa – parte 2; Barreiros – parte 1 e parte 2; Toita; Valdasna; Pernouzela; Canelas de Baixo – parte 2.

As futuras intervenções de reabilitação de VRP encontram-se sistematizadas na tabela A12.22 (Anexo A12). No decorrer do ano de 2018, substituíram-se 16 VRP, com um investimento associado de 25 250 €, que correspondiam a situações urgentes e enquadráveis nos contratos em vigor, com o apoio da Equipa de VRP. As restantes situações, 17 VRP com um investimento aproximado de 52 500 €, com um valor unitário substancialmente superior, aguardam o enquadramento contratual para avançar.

De modo semelhante ao referido para a reabilitação de condutas de abastecimento de água, as intervenções futuras de substituição de VRP, com particular relevância em termos de ocorrência de roturas, incluem a zona da Costa (freguesia de Rossas e PE de Souto Redondo), de Agras (freguesia de Mansores e PE de Abelheira) e de Valdasna (UF Arouca-Burgo e PE de Moldes). Realçam-se também as VRP de Mosteirô, Sá, Santa Maria do Monte e Urrô como situações a observar.

Em relação à reabilitação de reservatórios, refere-se que se encontra adjudicada a reabilitação do reservatório de Espírito Santo, pertencente ao SA de Alvarenga, com o valor de 87 965 €.

As intervenções de reforço de infraestruturas propostas para o SAA-Arouca contemplam informações facultadas pela EG e reunidas durante o presente trabalho, salientando-se que se consideram de forma específica as seguintes tipologias: reforço de condutas adutoras e distribuidoras; instalação de VRP.

A tabela A12.23 (Anexo A12) sintetiza as informações relativas a futuras intervenções de reforço de condutas adutoras e distribuidoras no SAA-Arouca. Do total de intervenções inventariadas (40 168 m,

com um investimento estimado em 1 632 099€), refere-se que se executaram 4 302 m de condutas em 2018 (109 597 €).

O reforço de infraestruturas hidráulicas, nomeadamente a construção de novas condutas adutoras ou distribuidoras, não se avalia do ponto de vista do retorno em termos de roturas ou perdas de água, embora se reconheça que as intervenções propostas poderão conduzir a reduções de encargos associadas à redução de pressões que as novas ligações permitem. A desativação de outras condutas com problemas associados à ocorrência de roturas ou de perdas de água identifica-se como um eventual retorno a considerar. A análise mais detalhada de algumas intervenções, bem como a estimativa do que lhe está associado, aborda-se no âmbito da ferramenta de apoio à decisão.

No que diz respeito às intervenções executadas em 2018, que pertencem à listagem de intervenções propostas no âmbito da investigação, salienta-se a Adutora do reservatório de Chãos, com um investimento de, aproximadamente, 51 148 €, que possibilita a desativação da EE-Novais e respetiva conduta elevatória, com poupanças energéticas e redução de roturas e perdas de água que se analisam na ferramenta de apoio à decisão, utilizada na ponderação deste investimento. A construção desta conduta adutora permite o equilíbrio das áreas de abastecimento, passando a zona abastecida pelo reservatório de Chãos do PE de Moldes para o PE de Souto Redondo. A execução da conduta designada como "Abastecimento ao lugar da Mata" possibilitou a desativação da origem autónoma da Mata, que passou a integrar a área de abastecimento associada ao PE de Abelheira.

Acerca das intervenções de reforço de condutas de abastecimento de água a executar, refere-se que as intervenções inventariadas podem integrar três grupos com objetivos distintos: incremento da área abastecida pelo SP, com a inclusão de novas zonas de abastecimento (*p.ex.*: Bustelo-Fuste; Adutora de Miraves; Adutora do Vizo) ou com a desativação de origens autónomas(*p.ex.*: Frães-Fuste); alterações estratégicas das áreas abastecidas pelos diferentes PE do SP (*p.ex.*: Abastecimento Santa Eulália; Forcada – parte 1 e parte 2; Cancelo-Picoto); melhorias específicas de desempenho do SAA-Arouca, através da implementação de soluções mais robustas (*p.ex.*: Abelheira; Acesso a Moldes; Adutora do Pousadouro; São João - Aldeia; Forno Telheiro – parte 2) .

A tabela A12.24 (Anexo A12) inclui uma síntese das futuras intervenções de instalação de VRP no SP do SAA-Arouca, salientando-se que, das 63 VRP inventariadas para instalação (180 500 €), se instalaram, no decorrer de 2018, 26 VRP, com um investimento estimado em 57 500 €.

Sobre as VRP instaladas em 2018, salientam-se as seguintes intervenções, em locais que, além de se verificarem pressões de serviço desajustadas, também se registam ocorrências (roturas) e consequente perda de água: VRP Aldeia-Tropeço (média: 4 roturas/ano, com perda de água estimada em 1 400 m^3); VRP Romariz (média: 6 roturas/ano, com perda de água estimada em 2 100 m^3); VRP Vila Cova (média: 4 roturas/ano, com perda de água estimada em 1 400 m^3); VRP Nogueiró 2 (média: 6 roturas/ano, com perda de água estimada em 2 100 m^3).

Em relação às VRP que se encontram listadas para instalar no SAA-Arouca, salienta-se que se efetua, no âmbito da ferramenta de apoio à decisão, uma análise do retorno estimado para estas intervenções (roturas e perdas de água), de forma a estabelecer uma prioridade ao equacionar cenários de investimento.

Relativamente a ações futuras de reforço de reservatórios de distribuição, refere-se que se encontra adjudicada a construção do reservatório de Cela, pertencente ao subsistema de Moldes, com o valor de 86 983 €. Este reservatório constituirá uma reserva para a rede de distribuição da zona de Ponte de Telhe, que atualmente se encontra diretamente abastecida pelo PE de Moldes.

5.2.4.6. Apontamento Final

A área operacional de intervenção em infraestruturas hidráulicas aborda-se do ponto de vista da monitorização, manutenção, reabilitação e reforço de infraestruturas hidráulicas, referindo-se as diversas ações propostas à EG, no âmbito do desenvolvimento da metodologia de GOIH, tendo sido parte delas já implementada, encontrando-se outras em execução, planeadas ou em estudo.

No que se refere à monitorização de infraestruturas hidráulicas, desenharam-se e encontram-se implementadas diversas rotinas, designadamente: monitorização de reservatórios (qualidade da água e volumes); monitorização de VRP; monitorização de fontanários e origens não controladas; monitorização e registo sistemático de ocorrências. A monitorização de VRP apresenta particular relevância nesta investigação, com o levantamento das VRP existentes no SAA-Arouca, com a constituição, formação e operacionalização de uma equipa especializada em VRP, com a gestão de pressões efetuada no SP do SAA-Arouca (concluída Fase 1 e em curso a Fase 2) e com o planeamento das ações seguintes (Fase 3 da gestão de pressões, que inclui os SA).

A gestão de pressões efetuada no SP do SAA-Arouca, até ao final do ano de 2018, encontra-se resumida na tabela 5.14, onde se inclui a Pressão Média de Jusante (PMJ) das VRP de cada um dos pontos de entrega, nas diferentes fases do processo de gestão de pressões.

Tabela 5.14 – Síntese da Gestão de Pressões no SP do SAA-Arouca efetuada até dez/2018

	Fase 0	**Fase 1**			**Fase 2** (até dez/18)		
PE	**PMJ** (mca)	**PMJ** (mca)	**Redução de PMJ** (mca)	**Redução de PMJ**	**PMJ** (mca)	**Redução de PMJ** (mca)	**Redução de PMJ**
Abelheira	32,9	24,4	8,5	26%	-	-	-
Provisende	30,0	23,0	7,0	23%	-	-	-
Souto Redondo	32,9	28,7	4,2	13%	26,3	2,4	8%
Ameixieira	32,1	26,4	5,7	18%	18,6	7,8	30%
Forcada	36,6	32,2	4,4	12%	-	-	-
Moldes	34,7	28,0	6,7	19%	23,9	4,1	15%
Total	**33,2**	**27,2**	**6,0**	**18%**	**-**	**-**	**-**

Relativamente à manutenção de infraestruturas hidráulicas, aborda-se a manutenção de reservatórios, com a referência aos locais intervencionados, e as situações que se consideram importantes em ações futuras, bem como a manutenção de VRP, com a apresentação dos resultados do trabalho efetuado e das ações propostas no âmbito da gestão de VRP.

Em relação à reabilitação de infraestruturas hidráulicas, incluem-se, nesta análise, as ações efetuadas em termos de substituição de condutas adutoras e distribuidoras, analisadas por subsistema, e as VRP substituídas. As ações futuras abordam as intervenções referidas, com o destaque da relevância de algumas intervenções consideradas.

O reforço de infraestruturas hidráulicas considera a instalação de condutas adutoras e distribuidoras, a instalação de novas VRP, a construção de câmaras de manobras e a instalação de sistemas de controlo de nível em reservatórios. Nesta unidade operacional, propõem-se diferentes intervenções de execução

de novas condutas e de instalação de VRP, tecendo-se algumas considerações sobre a relevância destas intervenções.

A tabela 5.15 sintetiza os investimentos de reabilitação e reforço de condutas adutoras e distribuidoras de VRP efetuados no período 2016-2018 (informação por PE na tabela A12.25 – Anexo A12), bem como as ações seguintes que resultam das informações facultadas pela EG e recolhidas no âmbito desta investigação.

Tabela 5.15 – Síntese de intervenções efetuadas no SAA-Arouca no biénio 2016-2017

Ano	Reabilitação		Reforço		Total
	Condutas	VRP	Condutas	VRP	
2016	83 235 €	-	-	-	**83 235 €**
2017	202 425 €	21 000 €	172 764 €	81 000 €	**477 189 €**
2018	101 663 €	25 250 €	109 597 €	57 500 €	**294 010 €**
seguinte	463 553 €	52 500 €	1 522 501 €	123 000 €	**2 161 554 €**
total	850 876 €	98 750 €	1 804 862 €	261 500 €	**3 015 988 €**

A importância do controlo de pressões em sistemas de abastecimento de água, particularmente em zonas com as caraterísticas orográficas do Município de Arouca, evidencia a particular relevância das intervenções efetuadas em VRP. Desde o início da gestão de pressões no SAA-Arouca, de acordo com a estratégia desenhada e proposta previamente em trabalhos associados a esta investigação, até ao final do ano de 2018, destacam-se as seguintes ações:

- Instalação de 61 novas VRP;
- Substituição de 26 VRP;
- Manutenção de 92 VRP;
- Redução de pressão em 101 VRP;
- Redução média de pressão: 30% (*valor aproximado*).

5.2.5. Aplicação da Metodologia de GOIH ao SAA-Arouca – Síntese de Resultados

5.2.5.1. Apontamento introdutório

A metodologia de GOIH considerada nesta tese de investigação desenvolve-se, testa-se e aplica-se no âmbito da exploração do SAA-Arouca, em colaboração com a EG (Águas do Norte, S.A.). Neste ponto, apresentam-se resultados do desempenho deste sistema, ocorridos na sequência das ações propostas e implementadas, designadamente:

- Evolução de ocorrências (faltas de água e roturas);
- Evolução de perdas de água;
- Síntese de custos.

5.2.5.2. Evolução de ocorrências

A evolução de ocorrências analisa-se, agora, sob o ponto de vista do número anual de faltas de água e de roturas. A tabela 5.16 sintetiza os valores de faltas de água no SAA-Arouca, onde se pode verificar que o número de faltas de água em 2018 apresentou uma redução de cerca de 23% em relação a 2017,

encontrando-se em valores semelhantes a 2016. Os valores relativos a faltas de água, por subsistema, identificam-se como um indicador importante para a gestão operacional, no planeamento de ações e no pré-posicionamento de equipas de exploração. Salienta-se que os subsistemas de Souto Redondo e de Moldes, tal como os SA (dependentes de origens autónomas) apresentam maior relevância, neste aspeto.

Tabela 5.16 – Síntese de número de faltas de água ocorridas no SAA-Arouca no triénio 2016-2018

	2016	2017	2018	
				variação relativamente a 2017
Abelheira	30	30	8	-73%
Provisende	6	18	11	-39%
Souto Redondo	42	73	38	-48%
Ameixieira	0	3	3	0%
Forcada	7	6	9	50%
Moldes	58	54	75	39%
Total SP	143	184	144	-22%
SA	44	50	36	-28%
Total	**187**	**234**	**180**	**-23%**

A evolução do número de roturas identificadas e reparadas por prestador externo, no SAA-Arouca, no triénio 2016-2018, analisa-se para a globalidade do sistema e, mais especificamente para o SP, por PE. Verifica-se uma redução generalizada do número de ocorrências (roturas). Anualmente, no SAA-Arouca, as roturas distribuem-se da seguinte forma:

- Ano de 2016: 887 roturas reparadas por prestador externo;
- Ano de 2017: 770 roturas reparadas por prestador externo;
- Ano de 2018: 463 roturas reparadas por prestador esterno.

De acordo com os registos considerados (roturas reparadas por prestador externo), no ano de 2018, regista-se uma diminuição de 48% do número de roturas relativamente a 2016, salientando-se que a redução mais significativa ocorre no ano de 2018, verificando-se a ocorrência de menos 40% de roturas em relação a 2017. Considerando os custos médios de reparação de 220 €/rotura e de 50 €/m^2, obtém-se um valor de redução global de custos superior a 120 000 €, no ano de 2018, em relação a 2017.

Por PE do SP do SAA-Arouca (representação gráfica da figura 5.84), a diminuição de roturas em 2018, relativamente a 2017, é generalizada nas diferentes redes de distribuição associadas a cada PE: -28% de roturas no subsistema de Abelheira (redução de custos estimada – 12 120 €); -58% de roturas no subsistema de Provisende (redução de custos estimada – 13 332 €); -45% de roturas no subsistema de Souto Redondo (redução de custos estimada – 24 644 €); -29% de roturas no subsistema de Ameixieira (redução de custos estimada – 7 272 €); -26% de roturas no subsistema de Forcada (redução de custos estimada – 4 848 €); -50% roturas no subsistema de Moldes (redução de custos estimada – 44 844 €).

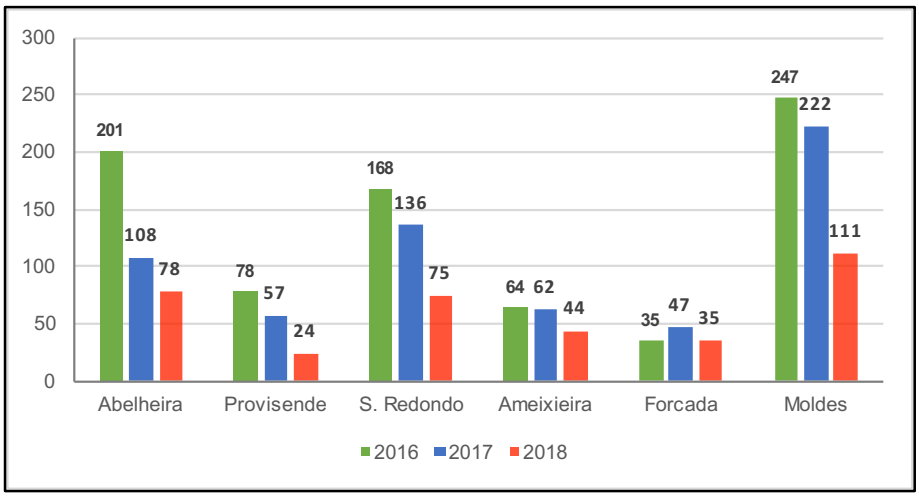


Fig. 5.84 – Número de roturas ocorridas nos subsistemas do SP do SAA-Arouca no triénio 2016-2018

A figura 5.85 representa graficamente a evolução do número de roturas ocorridas no SP do SAA-Arouca, no triénio 2016-2018. A representação evidencia a particular redução ocorrida em 2018, período subsequente e coincidente com ações de combate às perdas de água, com particular foco na redução de pressões de serviço.

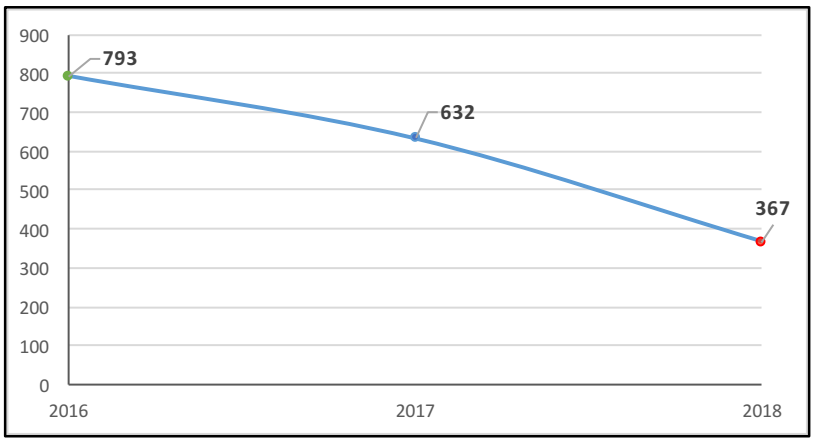


Fig. 5.85 – Evolução do número de roturas ocorridas no SP do SAA-Arouca no triénio 2016-2018

O número de ocorrências do SP representa o maior do total verificado no SAA-Arouca (89% em 2016, 82% em 2017 e 79% em 2018), embora se realce que se verifica uma diminuição gradual, associada ao trabalho que tem vindo a ser desenvolvido no SP (redução de pressões). Por representar uma grande percentagem do total de roturas, o efeito da redução de ocorrências influencia a tendência global, como se pode verificar na representação gráfica da figura 5.86.

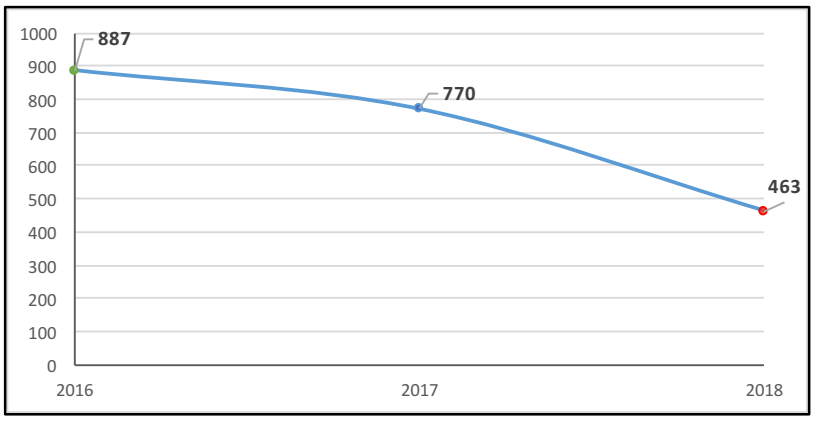


Fig. 5.86 – Evolução do número de roturas ocorridas no SAA-Arouca no triénio 2016-2018

Verifica-se que as roturas reparadas por prestador externo, nos dois últimos anos, no SP do SAA-Arouca, decresceu cerca de 50%, deduzindo-se que esta redução se encontra associada, essencialmente, à gestão de pressões efetuada. Nos SA, em 2018, registou-se uma diminuição de 30% de roturas verificadas e reparadas, devendo-se esta diminuição à redução que ocorreu no SA de Canelas, onde, tal como descrito na área operacional de exploração, se efetuou uma gestão de pressões na rede de distribuição, evidenciando-se a dedução efetuada para o SP. Esta diminuição traduz-se numa redução significativa de custos operacionais associados à reparação destas roturas.

Considerando a incidência média de roturas nos locais onde se efetuaram intervenções de reabilitação (*p.ex.*: substituição de condutas; substituição de VRP) e de reforço (*p.ex.*: instalação de VRP), em 2018, estima-se uma redução de 119 roturas no SAA-Arouca, em 2019, com uma diminuição de encargos de reparação e reposição de pavimentos a rondar os 48 076 €.

5.2.5.3. Evolução de perdas de água até 2018

O combate às perdas de água efetuado no SP do SAA-Arouca, analisado sobretudo do ponto de vista da redução da AES, adquirida pela EG do SAA-Arouca à Águas do Douro e Paiva, S.A. (EG do sistema de abastecimento em alta), desenvolvido no âmbito desta investigação, integrou, entre outras, as seguintes etapas principais:

- Eliminação de extravasamento em reservatórios de distribuição;
- Gestão de pressões de serviço (regulação cíclica e ajuste de patamares de pressão);
- Diminuição do tempo de resposta a ocorrências;
- Correção de roturas e substituição de condutas;
- Controlo ativo de perdas (constituição de uma equipa funcional de perdas):
    - Definição de ZCP;
    - Análise direcionada a cada ZCP;
    - Levantamento de infraestruturas e atualização cadastral em cada ZCP;
    - Compreensão do funcionamento das redes e planeamento de ações para cada ZCP;
    - Utilização de medidores portáteis em zonas sem medição;
    - Análise sistemática de valores de medição obtidos, de acordo com ajustes de pressão e outras otimizações efetuadas;
    - Deteção de roturas (visual e com equipamentos acústicos);
- Acompanhamento técnico.

Nos parágrafos seguintes, analisa-se a evolução das perdas de água no SP do SAA-Arouca, por PE e globalmente, enquadrando-se as ações supramencionadas e referindo outras especificas, implementadas nas redes dependentes de cada PE. A redução que se verificou resulta de diferentes ações, das quais se salienta a redução de pressões de serviço nos diferentes patamares existentes e a criação de outros, nomeadamente através da introdução de VRP.

A evolução dos volumes mensais associados ao PE de Abelheira representam-se, graficamente, na figura 5.87, identificando-se as duas ações consideradas mais relevantes no combate às perdas de água, designadamente: substituição de diferentes trechos de condutas com elevada incidência de roturas (concluída em mai/17); gestão de pressões (concluída a Fase 1 em jan/18). A gestão de pressões efetuada neste subsistema (concluída a Fase 1 de monitorização) possibilitou uma redução média de 26% da pressão a jusante de VRP. No quadriénio 2015-2018, verifica-se uma redução de 39% da AES, tendo-se registado, no ano de 2018, uma diminuição de 24% da AES relativamente a 2017.

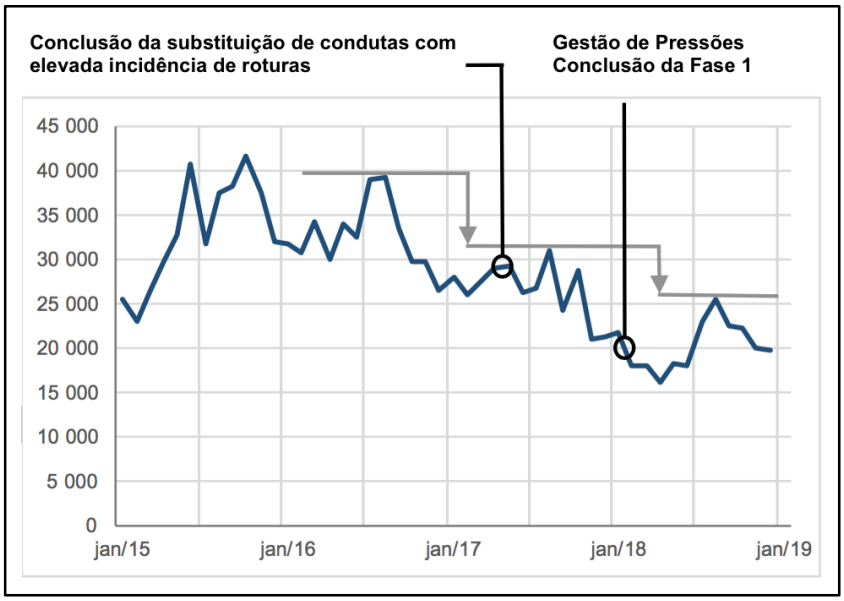


Fig. 5.87 – Evolução da AES no contexto do combate às perdas no subsistema de Abelheira do SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018

No PE de Provisende, cuja evolução mensal de AES, se representa graficamente na figura 5.88, realça-se a gestão de pressões (concluída a Fase 1 em dez/17) como o principal marco no combate a perdas de água efetuado na rede de distribuição que se encontra dependente deste PE. A gestão de pressões que se efetuou neste subsistema permitiu uma redução média de pressões a jusante de VRP na ordem dos 23%. Verificou-se uma redução de 24% da AES no quadriénio 2015-2018, realçando-se que, no ano de 2018, se regista uma diminuição de 27% da AES relativamente a 2017.

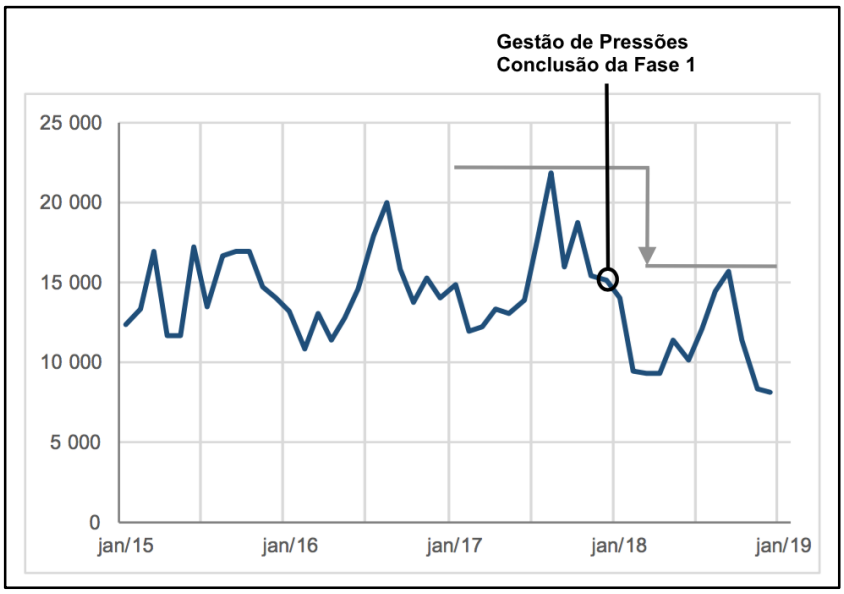


Fig. 5.88 – Evolução da AES no contexto do combate às perdas no subsistema de Provisende do SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018

A figura 5.89 representa graficamente a evolução mensal de AES no PE de Souto Redondo, no quadriénio 2015-2018, destacando-se, cronologicamente, diferentes ações de combate a perdas de água que se podem relacionar com a redução dos volumes entrados, designadamente: controlo de extravasamento no reservatório de regadas; instalação de diversas VRP, na freguesia de Tropeço; gestão de pressões (conclusão da Fase 1 em dez/17 e da Fase 2 em dez/18). A globalidade das ações efetuadas neste subsistema possibilitou uma redução média de pressões a jusante de VRP de cerca de 32%. Neste PE, no quadriénio 2015-2018, verificou-se uma redução de 29% da AES, registando-se, em 2018, uma diminuição de 32% face a 2017.

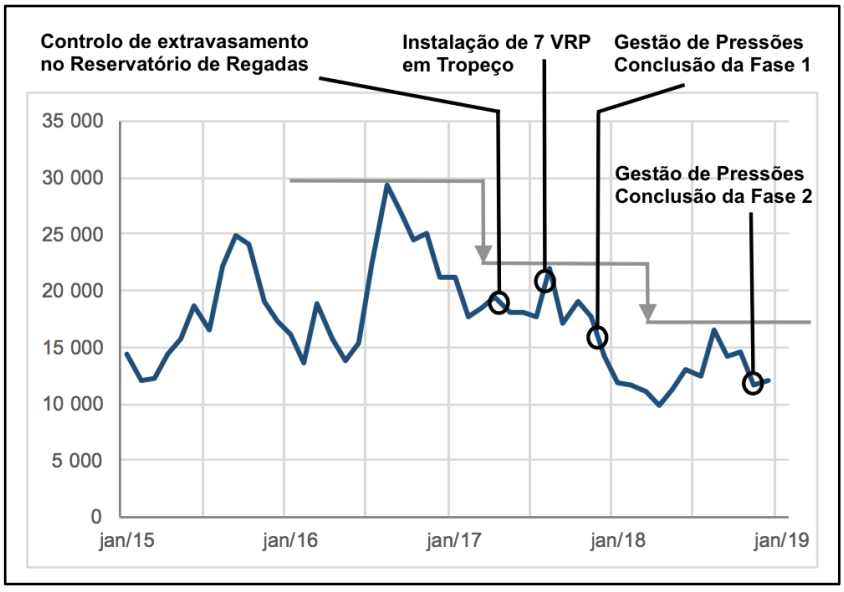


Fig. 5.89 – Evolução da AES no contexto do combate às perdas no subsistema de Souto Redondo do SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018

Na figura 5.90, identificam-se pontos principais do combate às perdas de água efetuado na rede dependente do PE de Ameixieira. Salienta-se o controlo do extravasamento em reservatórios de distribuição e a gestão de pressões (conclusão da Fase 1, em dez/17, e conclusão da Fase 2, em dez/18). A pressão média a jusante de VRP decresceu 42%, decorrente das ações implementadas. No quadriénio 2015-2018, verificou-se uma redução de 23% da AES.

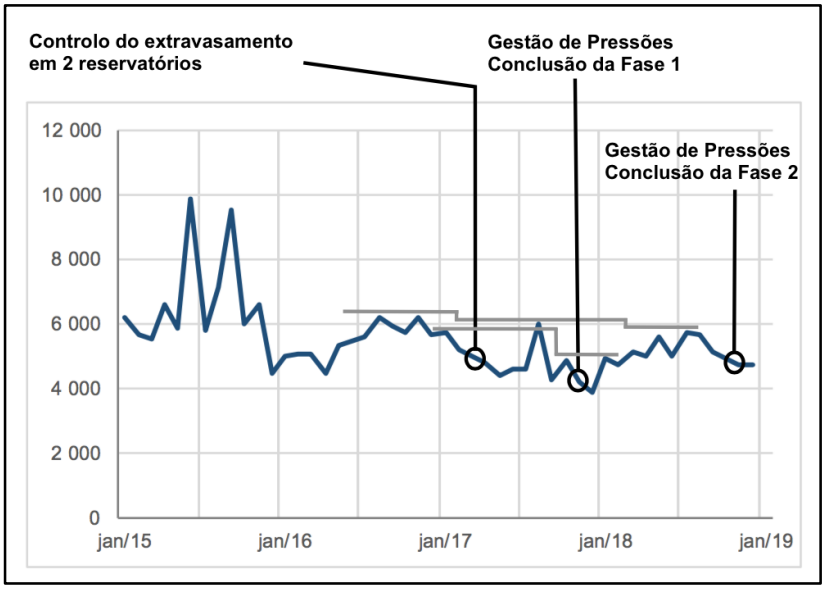


Fig. 5.90 – Evolução da AES no contexto do combate às perdas no subsistema de Ameixieira do SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018

No subsistema de Forcada (figura 5.91), realça-se a gestão de pressões efetuada (conclusão da Fase 1, em dez/17) no âmbito do combate às perdas de água, que possibilitou uma redução média da pressão a jusante de VRP em cerca 12%. No triénio 2015-2018, registou-se uma diminuição de 28% da AES, tendo-se verificado, em 2018, uma diminuição de 29%, face a 2017.

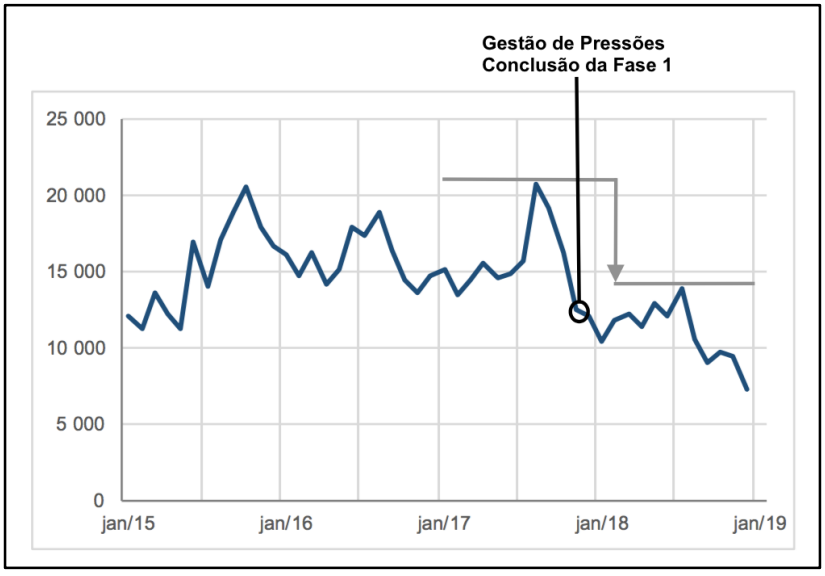


Fig. 5.91 – Evolução da AES no contexto do combate às perdas no subsistema de Forcada do SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018

A evolução da AES e os principais marcos do combate às perdas de água no subsistema dependente do PE de Moldes representam-se graficamente na figura 5.92. Das ações efetuadas, destacam-se as seguintes: controlo do extravasamento em 4 reservatórios (entre abr/17 e mai/17) e gestão de pressões (conclusão da Fase 1, em out/17, e da Fase 2, em dez/18). A redução da pressão a jusante de VRP, decorrente das ações efetuadas na rede dependente deste PE, ronda os 40%. A desativação de condutas com elevada perda de água (*p.ex.*: Boco) e a reparação de roturas com elevada perda de água, nos primeiros meses de 2018, também contribuíram para a diminuição de AES, neste PE. No quadriénio 2015-2018, a redução de AES é de 36%, tendo-se verificado, em 2018, uma redução de 18% relativamente a 2017.

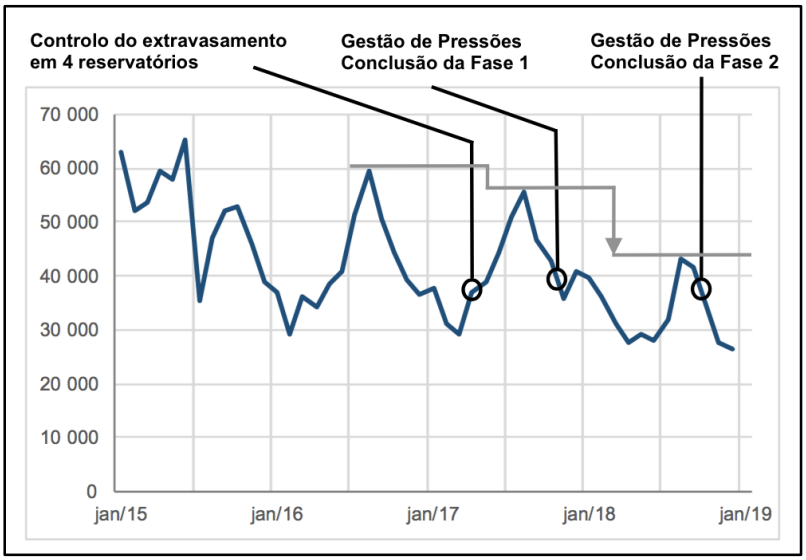


Fig. 5.92 – Evolução da AES no contexto do combate às perdas no subsistema de Moldes do SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018

A tabela 5.17 sintetiza os valores de AES, no quadriénio 2015-2018, explicitando os volumes dos diferentes PE, da análise efetuada nos parágrafos anteriores. Inclui-se a variação que se verificou em 2018, em percentagem e com a estimativa da redução de custos de aquisição de água à EG, em alta (AdDP), de acordo com os valores médios considerados (0,5207 €/m^3).

Tabela 5.17 – Síntese de volumes de AES no SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018

	2015	2016	2017	2018		
					variação relativamente a 2017	
Abelheira	396 972	391 099	320 029	243 467	-24%	-39 866 €
Provisende	176 057	172 740	184 335	133 683	-27%	-26 374 €
Souto Redondo	211 702	242 959	220 921	150 629	-32%	-36 601 €
Ameixieira	79 360	65 818	57 626	61 391	7%	1 960 €
Forcada	182 738	190 143	184 803	130 935	-29%	-28 049 €
Moldes	624 357	497 472	491 300	397 995	-19%	-48 584 €
Total SP	**1 671 186**	**1 560 231**	**1 459 014**	**1 118 100**	**-23%**	**-177 514 €**

Apesar da gestão de pressões efetuada na rede dependente do PE de Ameixieira, verifica-se uma subida da AES no ano de 2018, relativamente a 2017, realçando-se a necessidade de efetuar uma campanha de combate às perdas de água, neste subsistema. Globalmente, verifica-se uma descida da AES no quadriénio 2015-2018, tornando-se evidente, nos diferentes PE (figura 5.93), com a exceção do PE de Ameixieira, que a descida mais acentuada ocorre em 2018.

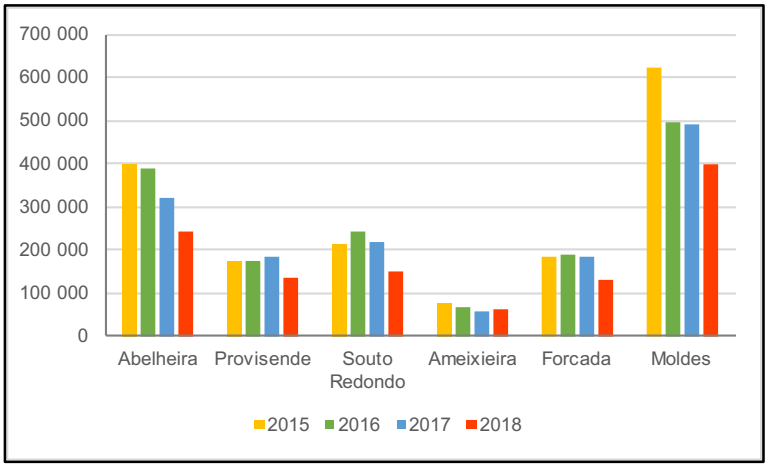


Fig. 5.93 – Volumes de AES por PE do SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018

As ações de combate às perdas de água e a sequente evolução de AES representa-se graficamente na figura 5.94. Tal como descrito em parágrafos anteriores, no âmbito desta tese de doutoramento, foram concebidas, desenhadas, estruturadas, propostas às EG e operacionalizadas diversas estratégias de gestão operacional das infraestruturas hidráulicas do SAA-Arouca, destacando-se, neste ponto, as ações de combate a perdas de água no SP, designadamente: Controlo do extravasamento em reservatórios; Diminuição dos tempos de resposta; Gestão de pressões; Reabilitação de infraestruturas; Controlo ativo de perdas de água.

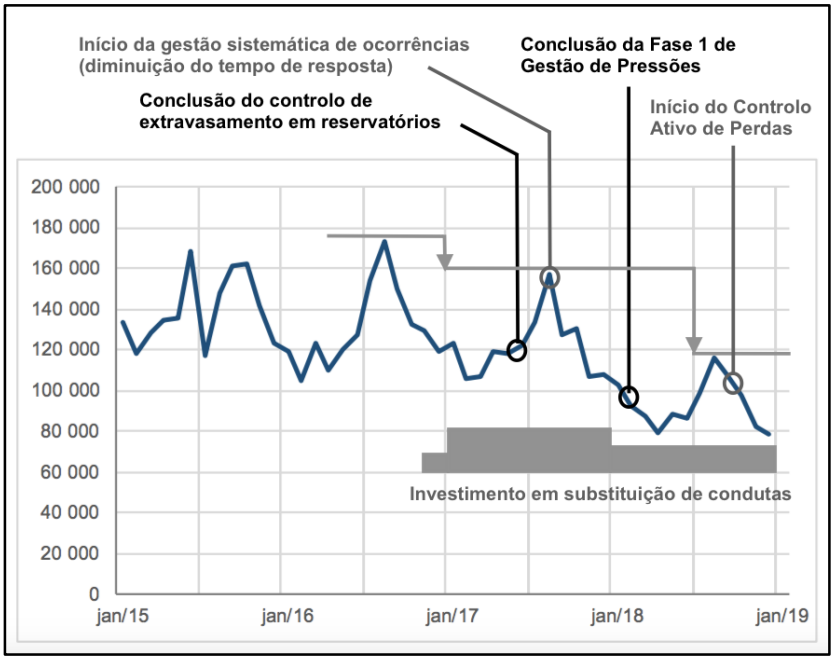


Fig. 5.94 – Evolução da AES no contexto do combate às perdas no SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018

No primeiro semestre do ano de 2017, eliminaram-se as perdas de água por extravasamento em reservatórios, visíveis e com um volume considerável associado. No início do 2º semestre de 2017, iniciou-se uma gestão sistemática de ocorrências (*p.ex.*: roturas), visando a diminuição do tempo de resposta. A gestão de pressões nos diferentes PE integrou o levantamento das VRP existentes no sistema (Fase 0), durante o ano de 2017, seguindo-se a Fase 1, com a redução das pressões a jusante de VRP já instaladas (com início no 2º semestre de 2017). Também no âmbito do controlo de pressões de serviço, salienta-se a instalação de novas VRP e a substituição de outras que não se encontravam com o funcionamento adequado. O controlo ativo de perdas iniciou-se no 2º semestre de 2018, integrando as ações descritas na área operacional de exploração. Os investimentos em reabilitação de condutas (*p.ex.*: locais com elevada incidência de roturas; locais com perdas de água acentuadas) acompanharam todas as ações referidas anteriormente, representando-se (figura 5.94), de forma indicativa, a sua distribuição.

A gestão de pressões no SAA-Arouca encontra-se em curso, estando a decorrer, como descrito, a segunda fase deste processo. Até ao final do ano de 2018, instalaram-se diversas VRP, efetuou-se a primeira fase de gestão de pressões (Fase 1) em todos os subsistemas do SP do SAA-Arouca e metade da Fase 2, que já se concluiu nos seguintes subsistemas: Souto Redondo, Ameixieira e Moldes. Na globalidade, reduziu-se, até ao final de 2018, cerca de 30% da pressão a jusante de VRP. Pela quantidade e dispersão das VRP, a redução de pressão a jusante destas poderá ser um bom indicador da pressão reduzida no sistema. Realça-se que, nos subsistemas onde já se efetuou a Fase 2 de gestão de pressões, a redução média, relativamente ao início deste processo, varia entre os 32% e os 42%, enquanto, onde apenas se concluiu a Fase 1, a diminuição varia entre 12% e 26. Por isso, espera-se que a redução média de pressões no SP do SAA-Arouca, após a conclusão da Fase 2, seja superior a 30%, perspetivando-se uma melhoria de desempenho do sistema em ocorrência de roturas e perdas de água.

Os volumes anuais de AES, no SP do SAA-Arouca, representam-se graficamente na figura 5.95, onde se pode verificar a descida gradual desde 2015, acentuando-se particularmente em 2018, face a 2017. Globalmente, no quadriénio 2015-2018, constata-se uma diminuição de 33,1% da AES, e, no ano de 2018, de 23,4%, relativamente ao ano de 2017. A redução global poderá traduzir-se numa redução de encargos relacionados com a água adquirida à AdDP de cerca de 287 992 €.

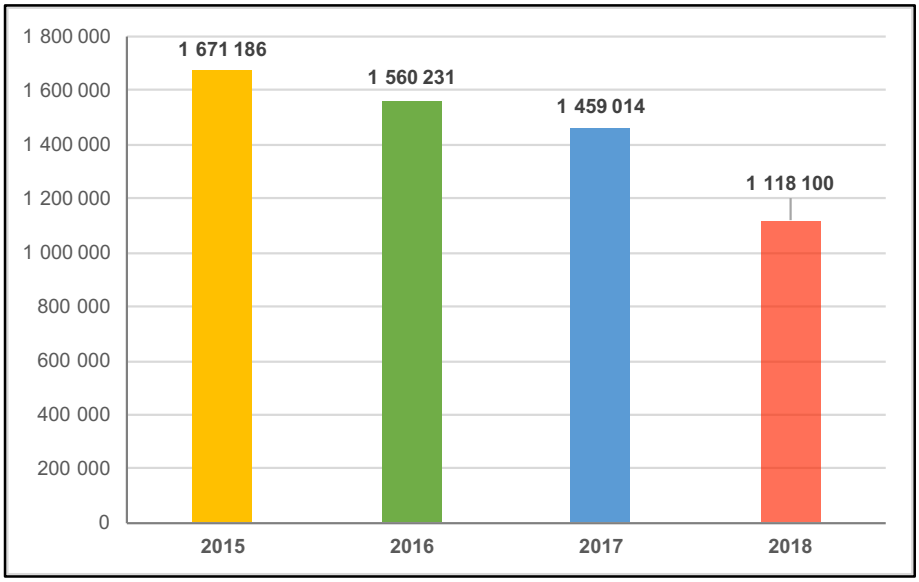


Fig. 5.95 – Volumes de AES no SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018

A figura 5.96 inclui uma representação gráfica da evolução mensal da AES, por ano, na qual se demonstra que o ano de 2018 apresenta valores sempre menores que os anos anteriores, em todos os meses. Embora a consideração de volumes anuais indique no sentido da redução de AES desde 2015, esta representação demonstra a melhoria significativa em 2018, após a implementação das ações descritas anteriormente.

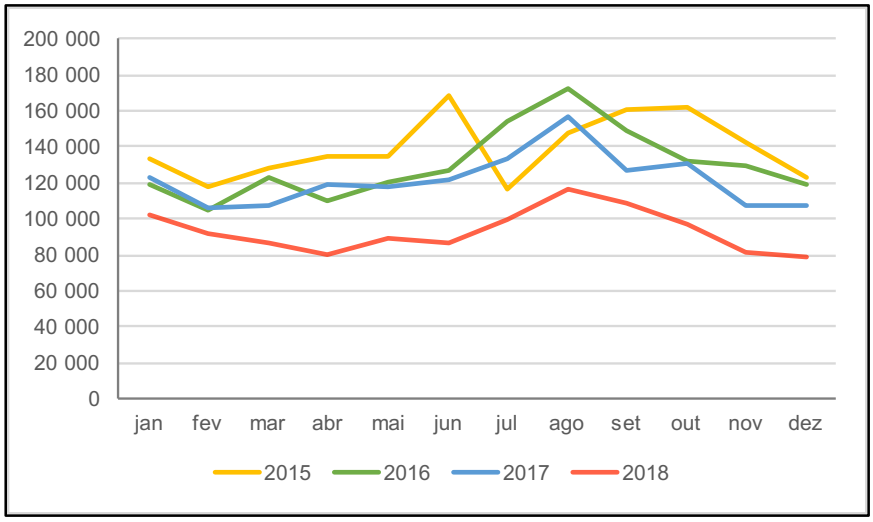


Fig. 5.96 – Evolução mensal da AES no SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018

Desde 2015 até ao final do ano de 2018, regista-se uma diminuição de AES (- 553 086 m^3), um aumento da AF (+ 174 501 m^3) e uma consequente redução de ANF (- 727 587 m^3). No ano de 2018, relativamente a 2017, a redução de AES foi de 23%, o aumento de AF de 4% e a diminuição de ANF de 37%. A representação gráfica da evolução dos volumes apresenta-se na figura 5.97, indicando-se as percentagens e o ganho económico estimado, relacionado com a redução de custos associados à aquisição à EG externa (AdDP), em 2018 (aproximadamente 187 483 €).

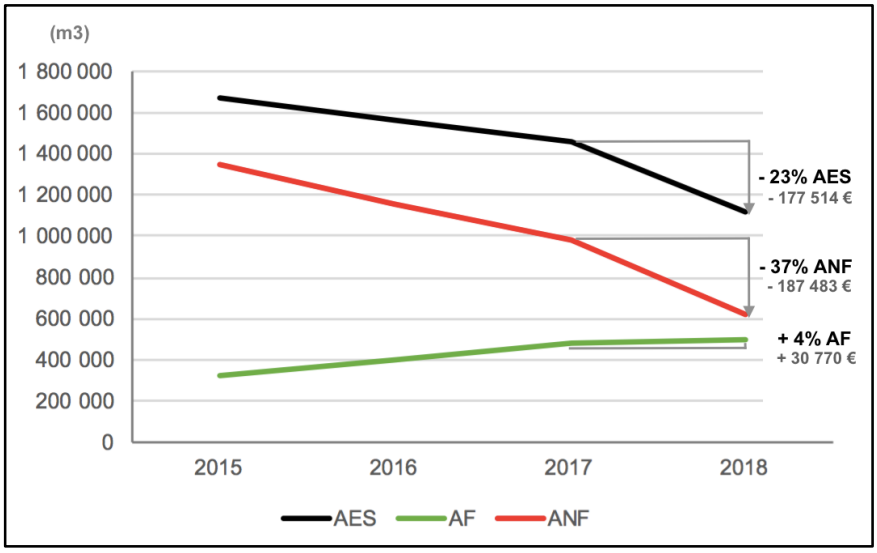


Fig. 5.97 – Evolução mensal da AES, da AF e da ANF no SP do SAA-Arouca no quadriénio 2015-2018

A tabela 5.18 sintetiza os valores dos volumes de AES, AF, ANF e PR, e dos indicadores de desempenho da ERSAR, nomeadamente no que se refere a ANF (indicador AA08) e PR (indicador AA12), no SP do SAA-Arouca, quadriénio 2015-2018.

Tabela 5.18 – Síntese de indicadores de perdas, por PE do SP do SAA-Arouca, no quadriénio 2015-2018

		AES	AF		ANF (AA08)		PR		PR (AA12)
Abelheira	2015	396 972	48 954	12%	348 018	88%	330 617	83%	10,47
	2016	391 099	60 523	15%	330 576	85%	314 047	80%	9,95
	2017	320 029	72 477	23%	247 552	77%	235 174	73%	7,45
	2018	243 467	75 377	31%	168 090	69%	159 686	66%	5,00
Provisende	2015	176 057	24 602	14%	151 455	86%	143 882	82%	7,71
	2016	172 740	30 416	18%	142 324	82%	135 207	78%	7,24
	2017	184 335	36 424	20%	147 911	80%	140 515	76%	7,53
	2018	133 683	37 881	28%	95 802	72%	91 012	68%	4,82
S. Redondo	2015	211 702	49 192	23%	162 510	77%	154 385	73%	5,44
	2016	242 959	60 817	25%	182 142	75%	173 035	71%	6,10
	2017	220 921	72 829	33%	148 092	67%	140 687	64%	4,96
	2018	150 629	75 742	50%	74 887	50%	71 142	47%	2,48
Ameixieira	2015	79 360	7 659	10%	71 701	90%	68 116	86%	11,11
	2016	65 818	9 469	14%	56 349	86%	53 531	81%	8,73
	2017	57 626	11 340	20%	46 286	80%	43 972	76%	7,17
	2018	61 391	11 793	19%	49 598	81%	47 118	77%	7,60
Forcada	2015	182 738	24 305	13%	158 433	87%	150 511	82%	14,09
	2016	190 143	30 049	16%	160 094	84%	152 089	80%	14,23
	2017	184 803	35 984	19%	148 819	81%	141 378	77%	13,23
	2018	130 935	37 423	29%	93 512	71%	88 836	68%	8,22
Moldes	2015	624 357	168 592	27%	455 765	73%	432 977	69%	14,91
	2016	497 472	208 435	42%	289 037	58%	274 586	55%	9,46
	2017	491 300	249 604	51%	241 696	49%	229 611	47%	7,91
	2018	397 995	259 588	65%	138 407	35%	131 486	33%	4,48
Total	2015	1 671 186	323 304	19%	1 347 882	81%	1 280 488	77%	10,29
	2016	1 560 231	399 709	26%	1 160 522	74%	1 102 496	71%	8,86
	2017	1 459 014	478 659	33%	980 355	67%	931 337	64%	7,48
	2018	1 118 100	497 805	45%	620 295	55%	589 280	53%	4,68

Pela análise dos volumes da tabela 5.17, pode concluir-se, para a globalidade da área em análise, que os valores dos indicadores de desempenho da ERSAR têm vindo a reduzir, no sentido positivo, sistematizando-se os seguintes valores:

- AA08: descida de 81% para 55%;
- AA12: descida de 10,29 para 4,68.

A evolução supramencionada revela que o indicador de desempenho AA12 evoluiu de uma "qualidade de serviço insatisfatória" para uma "qualidade de serviço mediana". Por simplicidade e atual falta de dados, em consonância com valores de anos anteriores, considera-se que as PR representam 95% do volume total de ANF.

5.2.5.4. Previsão de evolução de perdas de água em 2019

A previsão do desempenho do SP do SAA-Arouca, em 2019, no que se refere às perdas de água, efetua-se com base na previsão de redução de AES associada a três componentes principais, designadamente:

- Perfil de volumes semelhante ao de 2018, que se estabilizou a partir do mês de abr/18 (inclusive), que se poderá traduzir numa redução da AES de, aproximadamente, 65 000 m^3 (representado esquematicamente na figura 5.98);
- Ações de combate às perdas de água efetuadas no decorrer do ano de 2018, que poderão conduzir a uma redução da AES em cerca de 206 736 m^3 por ano (tabela 5.47), cujo efeito, em 2019, se estima em 183 096 m^3;
- Ações de combate às perdas de água a executar no decorrer do ano de 2019 (tabela 5.84), com uma redução de PR de 172 261 m^3, considerando-se 50% da redução na AES estimada ocorre em 2019 (- 86 131 m^3).

A figura 5.98 representa esquematicamente a redução de AES que se prevê que teria ocorrido nos meses de jan/18, fev/18 e mar/18, caso se tivesse verificado o mesmo perfil de redução que ocorreu a partir de abr/18. A redução que se verificou a partir de abr/2018 decorre de ações de combate a perdas efetuadas, sobretudo na rede de distribuição dependente do PE de Moldes, que tiveram efeito a apenas a partir desta altura e não nos meses precedentes. Considerando que, no ano de 2019, se verifica um comportamento semelhante ao período que decorreu desde abr/18 a dez/18, poder-se-á esperar uma redução de cerca de 65 000 m^3 na AES, nos primeiros três meses do ano de 2019, relativamente ao período homólogo de 2018.

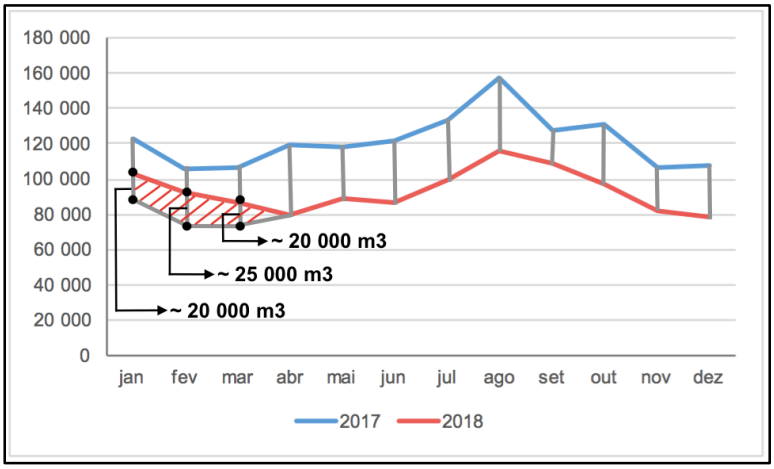


Fig. 5.98 – Previsão da evolução mensal da AES no SP do SAA-Arouca em 2019, com base no perfil de 2018

As ações de combate às perdas de água, efetuadas até ao final do ano de 2018, no SAA-Arouca, traduziram-se numa redução do CMN em cerca de 23,6 m^3/h, o que poderá conduzir a uma redução da AES, no ano seguinte (2019), de, aproximadamente, 183 096 m^3. A redução de custos de aquisição de água associada a esta redução poderá rondar os 95 338 €. O efeito das ações de combate às perdas de água, em 2019, estima-se pela projeção da redução do CMN no número de meses cujo efeito não se verificou em 2018, designadamente:

- ZCP VRP:
  - Redução de 3 m^3/h do CMN em 7 meses – 15 120 m^3;
  - Redução de 1 m^3/h do CMN em 12 meses – 8 760 m^3;
  - Redução de custos de aquisição de água – 10 185 €;
- ZCP Vila Nova:
  - Redução de 8 m^3/h do CMN em 10 meses – 57 600 m^3;
  - Redução de custos de aquisição de água – 29 992 €;
- ZCP São Pedro:
  - Redução de 6 m^3/h do CMN em 12 meses – 52 560 m^3;
  - Redução de custos de aquisição de água – 27 368 €;
- ZCP Abelheira:
  - Redução de 2 m^3/h em 12 meses – 17 520 m^3;
  - Redução de custos de aquisição de água – 9 123 €;
- ZCP Provisende:
  - Redução de 1 m^3/h em 12 meses – 8 760 m^3;
  - Redução de custos de aquisição de água – 4 561 m^3;
- ZCP Forcada:
  - Redução de 2,6 m^3/h em 12 meses – 22 776 m^3;
  - Redução de custos de aquisição de água – 11 860.

A tabela 5.19 sintetiza a previsão dos resultados das ações de combate às perdas de água, a efetuar no decorrer do ano de 2019, de acordo com os valores que se consideram atingíveis nesse período. A redução de AES associada a estas ações poderá ser de cerca de 172 261 m^3, com a redução de encargos relacionados com a aquisição de água que se podem estimar em 89 696 €. De acordo com o planeamento efetuado com a equipa de combate às perdas do SAA-Arouca, refere-se que se considera que metade da redução de AES (- 86 131 m^3) poderá refletir-se em 2019.

Tabela 5.19 – Previsão de resultados do combate às perdas a efetuar em 2019

ZCP	CMN			AES	
	2018	Previsão (2019)		Previsão (2019)	
PE Abelheira	18	12	-50%	-52 560	-22%
PE Provisende	6	3	-50%	-26 280	-20%
PE S. Redondo	-	-	-	*-15 063*	*-10%*
PE Ameixieira	-	-	-	*-12 278*	*-20%*
PE Forcada	6	3	-50%	-26 280	-20%
PE Moldes	-	-	-	*-39 800*	*-10%*
		Total		**-172 261**	**-15%**

De acordo com o que se encontra supramencionado, estima-se que a redução de AES no SP do SAA-Arouca, em 2019, poderá rondar os 334 227 m^3, com uma redução de custos de aquisição de água a rondar os 174 032 €. Esta redução conduz a valores de ANF de cerca de 36%, no ano de 2019. O combate às perdas no SAA-Arouca, efetuado no âmbito da gestão operacional das infraestruturas hidráulicas deste sistema, iniciou-se no decorrer do ano de 2017, verificando-se, desde o final desse ano até ao final do ano de 2018, uma redução de 360 060 m^3 (- 37% ANF), com uma redução de custos de aquisição de água de cerca de 187 483 €, e, de acordo com as ações de combate às perdas de água que se planearam e se encontram suprarreferidas, estima-se que, em 2019 a redução, face a 2017, seja de 694 287 m^3 (- 71% ANF), com uma redução de custos de 361 515 €. A figura 5.99 representa a evolução descrita.

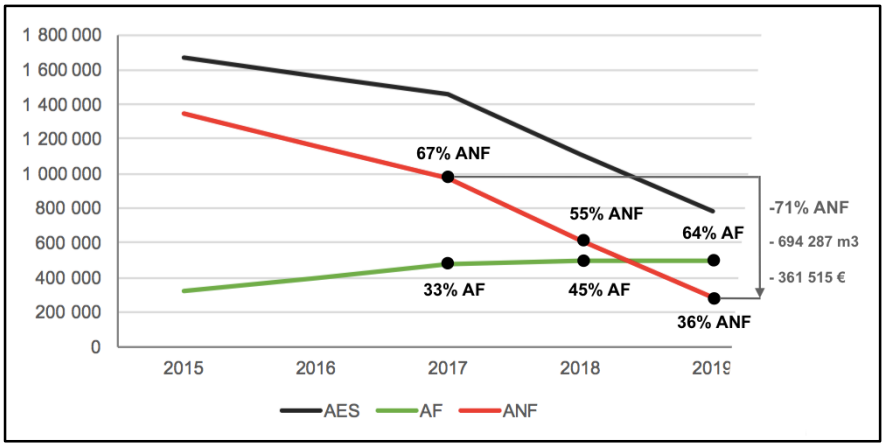


Fig. 5. 99 – Evolução mensal da AES, da AF e da ANF no SP do SAA-Arouca no quinquénio 2015-2019

Relativamente aos SA, as ações de combate às perdas implementadas na ZCP Canelas poderão conduzir a uma redução de AES, em 2019, de, aproximadamente, 19 272 m^3, com um custo associado de cerca de 5 782 € (0,30 €/m^3).

5.2.5.5. Síntese de custos

De acordo com a evolução do número de ocorrências e de perdas de água constatado até 2018 e previsto para 2019, nos pontos anteriores (*5.2.5.3. Evolução de perdas de água* e *5.2.5.2. Evolução de ocorrências*), descreve-se, nos parágrafos seguintes, a estimativa de custos relacionada com as ações implementadas e a evolução considerada. O balanço do ano da redução de custos que ocorreu em 2018, sequentemente à aplicação de diversas ações propostas no âmbito do desenvolvimento da presente investigação, sintetiza-se na tabela 5.20. A informação refere-se ao SP e aos SA do SAA-Arouca.

Tabela 5.20 – Síntese do ganho anual estimado, em 2018, no SAA-Arouca, relacionado com a redução de perdas de água e da ocorrência de roturas

	Perdas de Água (2018)						**Roturas** (2018)			**Total** (2018)
	ANF			AF						
SP	360060	- 37%	187 483 €	19136	+ 4%	30 753 €	- 265	- 42%	107 060 €	**325 296 €**
SA	19272	-	5 782 €	444	+ 4%	714 €	- 42	- 30%	16 968 €	**23 463 €**
Total	379332	-	**193 265 €**	19580	+ 4%	**31 467 €**	- 307	- 40%	**124 028 €**	**348 760 €**

De acordo com a metodologia de cálculo indicada no Capítulo 4 – Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas, estima-se o tempo de retorno associado a diferentes investimentos, considerando o ganho anual estimado (*p.ex.*: perdas de água; reparação de roturas e reposição de pavimentos; energia elétrica).

A tabela 5.21 sintetiza as informações sobre os investimentos associados às intervenções (monitorização, manutenção, reabilitação e reforço), desenhadas e propostas no âmbito da aplicação da estratégia de gestão operacional de infraestruturas hidráulicas desenvolvida nesta investigação, ao SAA-Arouca, o ganho anual estimado e o retorno das mesmas.

Tabela 5.21 – Síntese da estimativa de retorno do investimento no SAA-Arouca

Ano	Investimento Reabilitação / Reforço	Investimento Operacional	Ganho	Retorno
2017	83 235 € *(investimento até 2016)*	107 850 € *(investimento até 2016)*	99 972 €	1,91
2018	477 189 € *(investimento até 2017)*	107 850 € *(investimento até 2017)*	348 760 €	1,68
2019	294 010 € *(investimento até 2018)*	197 900 € *(investimento até 2018)*	227 890 €	2,16
Total	**854 434 €** *(investimento até 2018)*	**413 600 €** *(investimento até 2018)*	**676 622 €**	**1,87**

Na análise de custos efetuada considera-se um período de análise de 3 anos completos, onde, simplificadamente, o investimento relativo a 1 ano tem efeito global no ano seguinte, admitindo-se, assim, que o investimento em 2016, 2017 e 2018 geram ganhos nos anos de 2017, 2018 e 2019.

O investimento em reabilitação e reforço refere-se a substituição de condutas (reabilitação), instalação de novos equipamentos (*p.ex.*: VRP) (reforço) e execução de novos trechos de condutas (reforço), para melhoria das condições de funcionamento hidráulico, reparação ou outros. O investimento operacional refere-se a ações de monitorização e manutenção de infraestruturas hidráulicas do SAA-Arouca, considerando custos com RH, viaturas e materiais.

A estratégia de combate às perdas de água iniciou-se no decorrer do ano de 2017, tendo-se registado alguns investimentos em reabilitação de condutas em 2016. Considerando o investimento efetuado no SAA-Arouca, desde 2016, em monitorização, manutenção, reabilitação e reforço de infraestruturas, de, aproximadamente, 1 268 034 €, e o ganho anual estimado (redução de roturas e de perdas de água) em 676 622 €, pode aferir-se um tempo de retorno de investimento inferior a 2 anos (cerca de 1,87 anos).

Os investimentos futuros a efetuar no SAA-Arouca, considerados em 5.2.4, avaliam-se na ferramenta de apoio à decisão proposta (5.2.5), procurando-se estimar o seu efeito no desempenho do SAA-Arouca, nomeadamente no que diz respeito à redução da ocorrência de roturas e à diminuição de perdas de água.

5.2.6. Apoio à Decisão

5.2.6.1. Apontamento introdutório

O apoio à decisão que se aborda no âmbito da aplicação da metodologia de GOIH proposta ao SAA-Arouca encontra-se vocacionado para informar o decisor, estabelecendo diferentes cenários de investimento e, com base em dados reais (*p.ex.*: ocorrência de roturas; perdas de água), estimar o retorno associado e, de forma expedita, contribuir para a objetividade da decisão.

A abordagem proposta para este caso de estudo divide-se em três principais instrumentos de decisão, com diferentes escalas, objetivos e detalhe, que a ferramenta de apoio à decisão procura conciliar, no estabelecimento de cenários globais de investimento. Distinguem-se as componentes do apoio à decisão:

- Estratégia de investimento – divisão global de investimento, com base na avaliação efetuada às infraestruturas hidráulicas do SAA-Arouca, na sua relevância operacional e no risco:
    - Comparação de índices propostos com a divisão real de investimento em 2018;
    - Proposta de *divisão macro* de investimento em 2019;
- Estratégia operacional – estabelecimento de cenários de investimento com base no retorno operacional dos mesmos (*p.ex.*: roturas; faltas de água), com a previsão da evolução do desempenho do SAA-Arouca;
- Estratégia de decisão específica – análise de situações específicas (executadas e a executar), do SAA-Arouca, com a análise detalhada do retorno operacional ou em termos de evolução do sistema.

A estratégia de investimento não poderá focar-se apenas numa perspetiva de retorno operacional, devendo ter em conta, além deste, o retorno que não poderá ser contabilizado de forma direta pela redução da ocorrência de roturas ou de perdas de água. A tomada de decisão relativa ao investimento necessita de conciliar os níveis de decisão anteriores, tendo em conta a evolução do SAA-Arouca, a sua condição infraestrutural e o objetivo de melhoria contínua do serviço prestado.

5.2.6.2. Estratégia de investimento

Enquadrada na aplicação da metodologia de GOIH ao SAA-Arouca, a estratégia de investimento analisa-se segundo as seguintes perspetivas:

- Análise da divisão de investimento real efetuado em 2018, face ao IGR calculado para 2017;
- Análise da divisão de investimento futuro, com base nos índices de tomada de decisão, calculados para o ano de 2018.

No seguimento do que se encontra descrito na metodologia (Capítulo 4 – Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas), a divisão macro de investimento efetua-se pela aplicação de diversos índices relacionados com a avaliação das infraestruturas (IAI), com a relevância operacional (IRO) e com a gestão do risco (IGR). Adicionalmente, considera-se a possibilidade do gestor operacional ou decisor influenciar de forma mais subjetiva a decisão, de acordo com o conhecimento das infraestruturas e das suas fragilidades, através da utilização de um fator de contexto (IFC).

A tabela 5.22 e a tabela 5.23 apresentam uma síntese dos valores de risco de diferentes componentes dos subsistemas do SP do SAA-Arouca, calculados na área operacional de exploração da metodologia proposta, aplicada ao SAA-Arouca, na unidade operacional de "Gestão Informada pelo Risco", para os anos de 2017 e 2018, respetivamente.

Tabela 5.22 – Síntese de IGR do SP do SAA-Arouca, referente a 2017

Subsistema	Risco de Rotura	Risco de Falta de Água	Risco de Perda de Água	Risco Composto	IGR
Abelheira	85,00 €	5,94 €	11,04 €	101,98 €	0,20
Provisende	38,00 €	1,19 €	3,92 €	43,11 €	0,09
S. Redondo	86,00 €	11,55 €	4,35 €	101,90 €	0,20
Ameixieira	32,00 €	0,05 €	0,45 €	32,50 €	0,07
Forcada	26,00 €	0,64 €	4,20 €	30,84 €	0,06
Moldes	136,00 €	38,42 €	13,77 €	188,19 €	0,38

Numa análise comparativa entre a divisão percentual inerente ao IGR e a divisão real do investimento em reabilitação e reforço de infraestruturas, efetuado no decorrer de 2018, poderá estabelecer-se o seguinte: o investimento efetuado no subsistema de Abelheira (64 902 €) representou 23% do investimento global no SP, tendo sido próximo do valor indicativo do IGR (20%); o investimento efetuado no subsistema de Provisende (1 500 €) representou cerca de 1% do investimento global no SP, tendo sido abaixo do valor indicativo do IGR (9%); o investimento efetuado no subsistema de Souto Redondo (91 771 €) representou 32% do investimento global, tendo sido superior ao valor indicativo do IGR (20%); o investimento efetuado no subsistema de Ameixieira (6 101 €) representou 2% do investimento global, tendo sido ligeiramente inferior ao valor indicativo do IGR (6%); o investimento no subsistema de Forcada (14 484 €) representou 5% do investimento global, tendo sido próximo do valor indicativo do IGR (6%); o investimento no subsistema de Moldes (109 133 €) representou 38% do investimento global, coincidente com o valor indicativo do IGR (38%).

No decorrer do desenvolvimento da metodologia, a ferramenta de apoio à decisão desenvolveu-se em simultâneo com o planeamento de investimentos a efetuar no ano de 2018, entretanto concretizado. O cálculo do risco, com base em dados reais, enquadrado na "Gestão Informada pelo Risco", utilizou-se, de forma preliminar, para testar uma divisão de investimentos, com base no risco associado aos diferentes subsistemas, através do IGR. Pela análise efetuada, definiu-se que o subsistema de Moldes deveria representar cerca de 40% do investimento em reabilitação e reforço, seguindo-se os subsistemas de Souto Redondo e de Abelheira. Os subsistemas de Provisende, Ameixieira e Forcada, de acordo com o IGR, não deveriam ultrapassar, cada um deles, 10% do total de investimento. Esta divisão de investimentos, dentro dos ajustes inerentes aos valores reais das intervenções efetuadas, foi cumprida com relativa aproximação, tendo o tempo de retorno deste investimento (juntamente com o investimento operacional que se efetuou com o mesmo critério) sido de aproximadamente 2 anos.

Com o desenvolvimento dos restantes índices de apoio à decisão, tal como no caso da utilização do IGR, referente a 2017, para a divisão de investimentos a efetuar em 2018, o IAI, o IRO e o IFC relativos ao ano de 2018 podem utilizar-se para a definição de investimentos futuros. Nos parágrafos seguintes, analisa-se a divisão de investimentos, com base na determinação destes índices.

Os valores do IGR de 2018 (tabela 5.23) comparativamente com 2017 (tabela 5.21), apresentam valores relativamente semelhantes, considerando, de forma aproximada, que o IGR do subsistema de Moldes ronda o valor de 0,40, o dos subsistemas de Abelheira e Souto Redondo próximos de 0,20, e os restantes subsistemas do SP do SAA-Arouca (Provisende, Ameixieira e Forcada) inferiores ou próximos de 0,10.

Tabela 5.23 – Síntese de IGR do SP do SAA-Arouca, referente a 2018

Subsistema	Risco de Rotura	Risco de Falta de Água	Risco de Perda de Água	Risco Composto	IGR
Abelheira	85,86 €	2,30 €	8,12 €	96,28 €	0,19
Provisende	26,42 €	1,59 €	2,64 €	30,65 €	0,06
S. Redondo	82,86 €	11,00 €	1,61 €	95,47 €	0,18
Ameixieira	48,44 €	0,14 €	0,71 €	49,29 €	0,10
Forcada	38,53 €	1,29 €	2,51 €	42,33 €	0,08
Moldes	122,19 €	74,41 €	5,51 €	202,11 €	0,39

A avaliação das infraestruturas do SAA-Arouca, efetuada no âmbito desta investigação, através de inquéritos à EG, traduz a situação referente ao ano de 2017. A tabela 5.24 sintetiza os valores dos índices de avaliação de infraestruturas (IAE, IAD e IAR), cuja média representa o IAI. Na definição da estratégia de investimento, será considerado o IAI de 2017, por se tratar da avaliação das infraestruturas do SAA-Arouca disponível e/ou a mais recente.

Tabela 5.24 – Síntese de índices de avaliação infraestrutural do SP do SAA-Arouca, referente a 2017

	IAE	IAD	IAR	IAI
Abelheira	0,15	0,13	0,15	**0,14**
Provisende	0,14	0,14	0,11	**0,13**
S Redondo	0,16	0,16	0,20	**0,17**
Ameixieira	0,20	0,20	0,19	**0,20**
Forcada	0,17	0,19	0,15	**0,17**
Moldes	0,18	0,18	0,20	**0,19**

A estratégia de investimento a considerar para o SP do SAA-Arouca propõe-se com base numa divisão percentual do investimento por subsistema, a partir dos índices de tomada de decisão propostos, nomeadamente o IRO, o IAI, o IGR e o IFC.

Com base nos valores propostos anteriormente e na estrutura de tomada de decisão que consta da metodologia de GOIH desenvolvida, efetua-se uma divisão do investimento por subsistema, com a decisão a ser tomada a 4 níveis. No processo de tomada de decisão dividem-se os custos operacionais (CO) e os custos infraestruturais (CI), sendo os primeiros apenas influenciados pelo IRO, IGR e pelo IFC. A tabela 5.25 sintetiza o processo de tomada de decisão, com a divisão percentual de custos baseada nos índices anteriores.

Tabela 5.25 – Síntese do processo de tomada de decisão no investimento no SAA-Arouca, referentes a 2018

Subsistema	Divisão de Custos	Índices de Tomada de Decisão							
		IRO	Decisão 1	IAI	Decisão 2	IGR	Decisão 3	IFC	Decisão 4
Abelheira	CI / CO	0,22	0,22 / 0,22	0,14	0,18 / 0,22	0,19	0,18 / 0,21	0,10	0,16 / 0,17
Provisende	CI / CO	0,13	0,13 / 0,13	0,13	0,13 / 0,13	0,06	0,11 / 0,10	0,20	0,13 / 0,13
S. Redondo	CI / CO	0,18	0,18 / 0,18	0,17	0,18 / 0,18	0,18	0,18 / 0,18	0,10	0,16 / 0,15
Ameixieira	CI / CO	0,04	0,04 / 0,04	0,20	0,12 / 0,04	0,10	0,11 / 0,07	0,20	0,14 / 0,11
Forcada	CI / CO	0,10	0,10 / 0,10	0,17	0,14 / 0,10	0,08	0,12 / 0,09	0,20	0,14 / 0,13

Moldes	CI / CO	0,34	0,34 / 0,34	0,19	0,27 / 0,34	0,39	0,31 / 0,37	0,20	0,28 / 0,31	

Numa análise comparativa com o investimento em reabilitação e reforço a ponderar no futuro, no SP do SAA-Arouca, associado às intervenções inventariadas (no âmbito da tese e pela EG), de forma totalmente independente da divisão proposta pela ferramenta de apoio à decisão, que se estimam com um valor total de 1 868 488 €, poderá, por subsistema, indicar-se o seguinte:

- Abelheira: 200 800 € (10,7%) de investimento inventariado em *5.2.4.5. Ações propostas*, inferior mas próximo do valor indicativo gerado pela ferramenta de apoio à decisão (16%);
- Provisende: 13 000 € (0,7%) de investimento inventariado em *5.2.4.5. Ações propostas*, bastante inferior ao valor indicativo gerado pela ferramenta de apoio à decisão (13%);
- Souto Redondo: 217 700 € (11,6%) de investimento inventariado em *5.2.4.5. Ações propostas*, inferior, mas próximo, do valor indicativo gerado pela ferramenta de apoio à decisão (16%);
- Ameixieira: 251 750 € (13,5%) de investimento inventariado em *5.2.4.5. Ações propostas*, próximo do valor indicativo gerado pela ferramenta de apoio à decisão (14%);
- Forcada: 301 585 € (16,1%) de investimento inventariado em *5.2.4.5. Ações propostas*, superior, mas próximo, do valor indicativo gerado pela ferramenta de apoio à decisão;
- Moldes: 883 853 € (47,3 %) de investimento inventariado em *5.2.4.5. Ações propostas*, 20% superior ao valor indicativo gerado pela ferramenta de apoio à decisão.

Deste ponto de vista, sugere-se que o investimento futuro seja equilibrado entre as ações inventariadas em *5.2.4.5. Ações propostas* e os valores gerados pela ferramenta de apoio à decisão, que contempla pesos atribuídos com base na relevância operacional, na avaliação das infraestruturas (estado, desempenho e risco), na gestão informada pelo risco e no contexto, sobretudo na redução do investimento associado ao subsistema de Moldes e no incremento do investimento no subsistema de Provisende. Realça-se que o investimento inventariado em *5.2.4.5. Ações propostas* corresponde ao melhor conhecimento atual das necessidades de reabilitação e reforço de infraestruturas do SP do SAA-Arouca, que poderá ser substancialmente diferente de uma previsão de investimento a longo prazo, de acordo com uma análise detalhada do ponto de vista da GPI.

5.2.6.3. Estratégia operacional

A estratégia operacional proposta no âmbito da tomada de decisão associada ao planeamento de investimentos (operacional e infraestrutural) baseia-se no cálculo do retorno associado a diferentes intervenções, de acordo com os custos associados a perdas de água, a reparação de roturas e a reposição de pavimentos. Tendo em conta os locais das intervenções consideradas e sistematizadas no âmbito da aplicação da metodologia de GOIH (*5.2.4.5. Ações propostas*), sistematizam-se os dados reais disponíveis relacionados com a ocorrência de roturas e de perdas e estimam-se os custos associados a esta ineficiência. De forma expedita, considera-se que o ganho anual potencial de uma determinada intervenção corresponde ao valor da ineficiência que deixa de ocorrer, nomeadamente as perdas de águas anuais e o número médio anual de roturas que se evitam com a sua execução. Tendo em conta a estimativa de ganho anual e o investimento associados a determinada intervenção, determina-se o tempo de retorno de investimento.

O cálculo do tempo de retorno das intervenções consideradas não pretende ser uma análise detalhada de investimentos e ganhos potenciais, mas antes uma análise sintética de intervenções, com base no critério

comum de estimativa de retorno, possibilitando uma priorização de ações a efetuar. No Anexo A6, inclui-se toda a informação das estimativas efetuadas (Fig. A6.1 - Intervenções a efetuar no SAA-Arouca – Estimativa de investimento, roturas, perdas e retorno associado; Fig. A6.2 – Estimativa de Retorno associado a intervenções a efetuar no SAA-Arouca).

Com base nos pressupostos indicados, estabelecem-se dez cenários de investimento, para os quais se analisa a evolução esperada em termos de ocorrência de roturas e de perdas de água (tabela 5.92), de acordo com os tempos de retorno de investimento estimados, designadamente:

- Cenário 0 – Sem investimento: 0 €;
- Cenário 1 – Investimentos com retorno até 1 ano: 11 000 €;
- Cenário 2 – Investimentos com retorno até 2 anos: 32 000 €;
- Cenário 3 – Investimentos com retorno até 3 anos: 93 520 €;
- Cenário 4 – Investimentos com retorno até 4 anos: 171 820 €;
- Cenário 5 – Investimentos com retorno até 6 anos: 214 020 €;
- Cenário 6 – Investimentos com retorno até 8 anos: 248 020 €;
- Cenário 7 – Investimentos com retorno até 10 anos: 377 020 €;
- Cenário 8 – Investimentos com retorno até 15 anos: 422 270 €;
- Cenário 9 – Investimentos com retorno até 20 anos: 626 020 €.

De acordo com os dados reais da ocorrência de roturas nos diferentes locais do SAA-Arouca, estimam-se os números médios de roturas e de perdas de água que se podem evitar com a execução das intervenções consideradas, efetua-se, para cada um dos cenários de investimento supramencionados, uma previsão da evolução de AES, AF e ANF no SP do SAA-Arouca. Considera-se que a AF se mantém constante (mesmo volume do ano de 2018), e apresenta-se a variação da AES e da ANF em função de três hipóteses de valores de perda de água por rotura:

- Valor mais conservativo: 250 m^3/rotura;
- Valor médio: 350 m^3/rotura;
- Valor menos conservativo: 450 m^3/rotura.

A tabela A6.1 (Anexo A6) sintetiza os valores de volumes de AES, AF e ANF, de acordo com as três hipóteses mencionadas anteriormente, para cada um dos cenários de investimento. Apresenta-se a evolução prevista do indicador da ERSAR AA08, referente à ANF. No que se refere ao Cenário 0, sem investimento em reabilitação e reforço de infraestruturas, a redução de ANF verificada, até um valor estimado de 29%, encontra-se associado à estratégia de combate às perdas a implementar no decorrer do ano de 2019, cujo efeito, tal como descrito anteriormente, se estima que seja na ordem de 86 131 m^3.

A evolução dos valores médios sintetizados na tabela A6.1 (Anexo A6) representam-se graficamente na figura 5.100, realçando-se que a tendência de evolução de AES, AF e ANF deverá ser vizualizada como uma tendência, mediante um intervalo associado à incerteza da previsão simplificada que se efetuou. Como valores indicativos destaca-se o cenário 0, sem investimento e com um valor de ANF a rondar os 29%, o cenário 4, com um investimento de 171 820 € e com um valor de ANF de cerca de 22%, o cenário 7, com um investimento de 377 020 € e um valor aproximado de ANF de 19% e o cenário 9, com um investimento de 626 020 € e uma estimativa de ANF próxima de 15%.

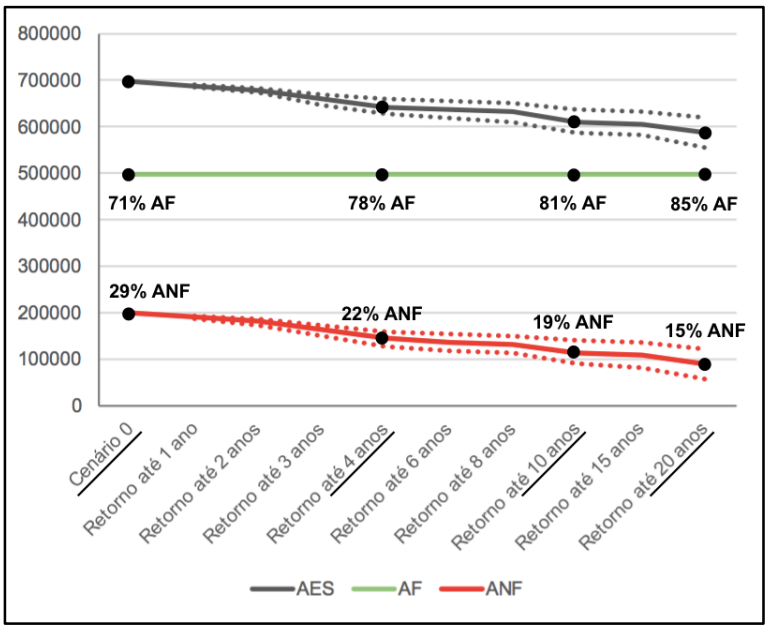


Fig. 5.100 – Ferramenta de apoio à decisão – Previsão de evolução de AES, AF, ANF

Relativamente à previsão de perdas, a partir da análise efetuada para a ANF, considera-se, com base nos valores médios dos anos anteriores, no SAA-Arouca, que as PR representam 95% da ANF. A tabela A6.2 (Anexo A6) sistematiza os valores de perdas reais, em volume e percentagem, assim como a evolução do indicador da ERSAR AA12. Em todos os cenários de investimento considerados, o indicador AA12 encontra-se na qualidade de serviço serviço boa (valor inferior a 3,00).

Na figura 5.101, representa-se esquematicamente a evolução das PR no SP do SAA-Arouca, para os diferentes cenários de investimento considerados. Reforça-se, com esta representação, que se pretende identificar tendências e intervalos de valores de perdas de água esperados. Verifica-se que o aumento de investimento em reabilitação e reforço, em locais cuja intervenção permite uma redução de roturas e perdas de água, se traduz numa melhoria de desempenho em termos de PR.

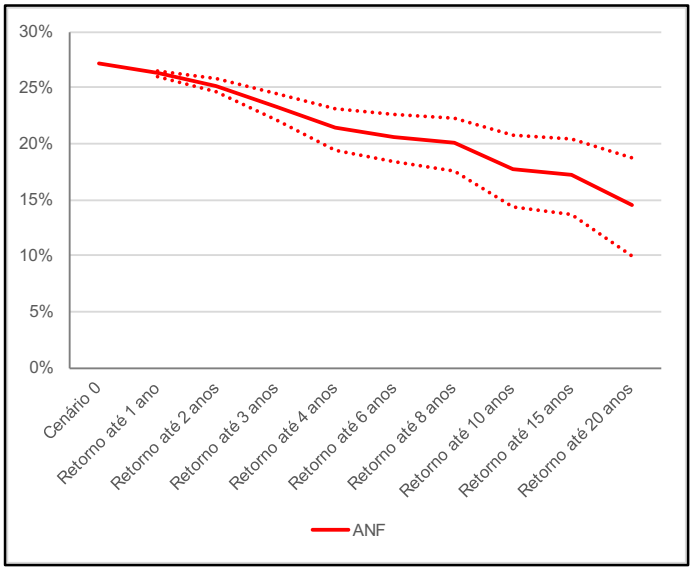


Fig. 5.101 – Ferramenta de apoio à decisão – Previsão de perdas reais de acordo com o investimento

A melhoria do desempenho do SP do SAA-Arouca, no que se refere à ocorrência de roturas e a perdas de água, traduz-se em ganhos monetários que se encontram na base de uma análise do retorno associado aos diferentes cenários de investimento. Na tabela A6.3 (Anexo A6) encontram-se sintetizados os principais valores de redução de roturas, de volumes de AES, de ganhos monetários anuais estimados e de períodos de retorno de investimentos estimados, para cada um dos cenários de investimento considerados. O cenário 4 de investimento, a título de exemplo, considera as intervenções inventariadas que apresentam um retorno até 4 anos, sendo o retorno global do investimento associado à execução dessas intervenções próximo de 2 anos.

Considerando-se, por hipótese, que se executam, em 2019, as intervenções cujo tempo de retorno determinado se verifica inferior a 4 anos, estima-se um investimento de 171 820 €. A manter-se a aposta nas equipas funcionais atualmente em vigor, considera-se um investimento em RH de 197 900 €, no ano de 2019. De acordo com o ganho estimado de 80 820 €, apenas associado ao retorno das intervenções a executar em 2019, e de 44 848 €, relacionado com as ações de combate às perdas de água a efetuar em 2019, estima-se um período de retorno de investimento a rondar os 3 anos. Neste cenário, espera-se que as PR estejam no intervalo de 19% a 23%, e o indicador de PR (AA12) no intervalo de 0,97 e 1,21, podendo a ANF (AA08) rondar os 22%. Um vez, que no ano de 2019, ainda se poderá ver repercutido algum efeito do investimento efetuado nesse ano, o valor de ANF estimado anteriormente (36%) poderá ser inferior, situando-se entre os 22% e os 36%.

Admitindo que, no ano de 2020, se executam as intervenções com um retorno entre, aproximadamente, 4 e 10 anos (investimento de 205 200 €), mantendo-se o investimento em RH (197 900 €), estima-se um ganho associado a estas intervenções, em 2021, de 28 516 € (redução de roturas e de perdas de água nas zonas a intervencionar), com um período de retorno do investimento de cerca de 14 anos. Considerando esta hipótese de investimento, estima-se que a percentagem de PR se encontre entre 14% e 21%, que o indicador de PR (AA12) assuma valores entre 0,67 e 1,05 e que a ANF (AA08) possa ser de, aproximadamente, 19%.

Relativamente ao investimento a efetuar no ano de 2021, no caso de este incluir as intervenções com um período de retorno estimado entre 10 e 20 anos, com um valor de cerca de 249 000 €, e mantendo-se o investimento de 197 000 € em RH, associado às equipas funcionais (*p.ex.*: Equipa de VRP; Equipa de Perdas), determina-se um ganho de 16 132 €, associado à redução de roturas e perdas de águas nas zonas a intervencionar, com um período de retorno de investimento de, aproximadamente, 28 anos. Considerando este cenário de investimento em 2021, partindo dos ganhos estimados para o investimento de 171 820 €, em 2019, e de 205 200 €, em 2020, e mantendo o investimento, em equipas operacionais, de 197 900 € por ano, espera-se que, em 2021, as PR apresentem valores entre 10% e 19%, com o indicador de PR entre 0,44 e 0,92 e a ANF (AA08) em cerca de 15%. A tabela 5.26 sintetiza os cenários de investimento descritos nos três parágrafos anteriores.

Tabela 5.26 – Síntese da estimativa de retorno do investimento hipotético no SAA-Arouca no período 2019-2022

Ano	Cenário de Investimento no ano anterior	Investimento efetuado no ano anterior		Ganho Anual	Retorno
		Reabilitação / Reforço	Operacional	(ano seguinte)	(anos)
2020	Retorno até 4 anos	171 820 €	197 900 €	80 820 €	4,57
2021	Retorno de 4 a 10 anos	205 200 €	197 900 €	28 516 €	14,14
2022	Retorno de 10 a 20 anos	249 000 €	197 900 €	16 132 €	27,70
	Total	**626 020 €**	**593 700 €**	**125 468 €**	**9,72**

Considerado de forma conjunta com o investimento realizado desde 2016 (854 434 € em intervenções e 413 600 € em equipas funcionais) até ao final de 2018, e o cenário de investimento em 2019 que inclua as intervenções com período de retorno até 4 anos e a mesma estratégia de operação (171 820 € em intervenções e 197 900 € em equipas funcionais), estima-se um investimento global de 1 637 754 €, com um ganho de, aproximadamente, 802 290 €, e um período de retorno de 2 anos. No caso de se integrar em 2019, o investimento em intervenções com o período de retorno até 4 anos, em 2020, intervenções com um período de retorno até 10 anos e, em 2021, com um período de retorno até 20 anos obtém-se um retorno global de, aproximadamente, 3 anos.

Considerando o cenário de investimento de 171 820 €, em 2019, poder-se-ia estimar, num período de 4 anos, de 2016 a 2020, um investimento global de 1 637 754 € (1 026 254 € de investimento em infraestruturas e 611 500 € de investimento em equipas operacionais) e um ganho global, associado à redução de perdas de águas e de ocorrências (roturas), de cerca de 802 290 €. Com base nos valores referidos, estima-se um período de retorno de investimento de, aproximadamente, 2 anos.

O cenário de investimento que contemple intervenções com um período de retorno até 20 anos, num período de análise de 6 anos, de 2016 a 2022, considera um investimento global de 2 487 754 €, que se distribui da seguinte forma: 1 480 454 € em intervenções de reabilitação e reforço e 1 007 300 € em ações efetuadas pelas equipas operacionais. A estimativa de ganho associado a este investimento ronda os 846 937 € (redução de perdas de água e diminuição da ocorrência de roturas), prevendo-se um período de retorno global próximo de 3 anos.

5.2.6.4. Estratégia de decisão específica

O apoio à tomada de decisão integra uma das componentes da GOIH que visa consolidar a estratégia da EG, reforçando o conhecimento da situação atual e dando robustez às soluções desenhadas. Neste ponto, analisam-se diversas situações específicas, que se podem agrupar da seguinte forma:

- Análise do investimento, do ganho anual e do retorno de intervenções executadas;
- Análise do investimento, do ganho anual, e do retorno de intervenções a ponderar;
- Análise de intervenções estratégicas de reforço do ponto de vista da evolução do SAA-Arouca.

A ferramenta de apoio à decisão proposta, na componente de "*Estratégia Operacional*", possibilita a análise de situações específicas, com o cálculo do tempo de retorno associado a determinadas intervenções de reabilitação e reforço. Considera-se o investimento associado a cada intervenção e o retorno anual esperado, determinando-se o tempo de retorno do investimento, em anos. Nesta componente, apresenta-se a análise das seguintes situações:

- Substituição da conduta distribuidora da Rua Drª Salomé Martingo (*executada*);
- Instalação de VRP com gestão de pressões com *datalogger*;
- Substituição da conduta distribuidora de Barreiros;
- Substituição da conduta adutora de Valdasna;
- Desativação da EE-Casinha (*executada*);
- Desativação da EE-Novais (*executada*);
- Desativação da conduta Fuste-Friães.

Do ponto de vista da gestão integrada do SAA-Arouca, analisam-se investimentos estratégicos, no contexto da evolução do sistema (*p.ex.*: equilíbrio de manchas de abastecimento; desativação de origens autónomas), para os quais não se determina um retorno com base no ganho anual monetário em redução

potencial de roturas e perdas de água, mas antes o seu contributo global para a GOIH. Nesta situação, analisam-se as seguintes intervenções de reforço (construção de novas infraestruturas):

- Conduta distribuidora de Santa Eulália;
- Conduta distribuidora de Forcada;
- Conduta distribuidora de Cancelo;
- Conduta adutora do Vizo;
- Conduta adutora de Telhe;
- Conduta adutora de Miraves;
- Conduta distribuidora de Friães e Fuste;
- Conduta distribuidora de Bustelo, Adaúfe e Fuste.

No cálculo do retorno associado a investimentos em locais com ineficiências operacionais, consideram-se os seguintes valores médios: custos de aquisição de água à AdDP, de 0,5207 €/m^3; custos médios de reparação de roturas e respetiva reposição de pavimentos, de 400 €/rotura; custos médios de energia em EE, de 0,16 €/kWh; perda de água por rotura, de 350 m^3/rotura. Utilizam-se, também, dados de custos reais facultados pela EG (*p.ex.*: manutenção de infraestruturas; substituição de equipamentos de bombagem). Não se pretende fazer uma análise detalhada de custos de investimentos e ganhos anuais, realçando-se que a análise efetuada incide na estimativa do período de retorno associado a determinadas intervenções, visando o apoio à decisão.

Conduta Distribuidora da Rua Dr.ª Salomé Martingo

A conduta distribuidora da Rua Dr.ª Salomé Martingo (comprimento: 250 m; DN 90 mm; PEAD), já abordada no âmbito do combate a perdas de água, analisa-se, do ponto da tomada de decisão, com base no ganho anual estimado relacionado com roturas e perdas de água. Na sequência de uma vistoria noturna, detetou-se uma perda de água elevada e diversas roturas na conduta existente nesta rua, propôs-se à EG a substituição, devido ao elevado retorno associado, concretizando-se em nov/18. Sobre esta intervenção, com base na análise dos dados reais disponíveis, estimam-se os seguintes valores:

- Perdas de água:
  - Perda de água detetada em vistoria noturna: 6 m^3/h;
  - Estimativa de perda de água anual ao longo da conduta: 52 560 m^3;
  - Estimativa de custos associados a perdas de água: 27 368 €;
- Roturas:
  - Número médio anual de roturas: 5;
  - Estimativa de perda de água associada a roturas: 1 750 m^3;
  - Estimativa de custos associados a roturas (reparação, reposição e perdas): 2 911 €;
- Ganho anual estimado: 30 279 €;
- Investimento: 11 279 €;
- Período de retorno médio: 0,373 anos (4,5 meses).

Após a substituição da conduta da Rua Dr.ª Salomé Martingo, confirmou-se a redução do CMN do reservatório de São Pedro na proporção referida na análise, com a redução de perdas de água inerente. Esta substituição, com reforço de diâmetro, possibilitou o abastecimento a determinados pontos críticos da VRP CM-Arouca, possibilitando a redução da pressão de jusante desta VRP, com um acréscimo de benefício em termos de redução de CMN. Relativamente ao de apoio à decisão, realça-se que este

investimento se demonstrou interessante, com um período de retorno de investimento inferior a meio ano.

VRP CM-Arouca

A VRP CM-Arouca, instalada na rede de distribuição dependente do PE de Moldes e que controla a pressão de serviço da Zona Histórica da Vila de Arouca, encontra-se relacionada com diversas ações de combate a perdas de água e testes de pressão efetuados no âmbito do controlo ativo de perdas. Neste ponto, analisa-se uma potencial intervenção de instalação de um piloto de controlo automático da VRP instalada, efetuando-se uma análise do ganho hipotético relacionado com a redução do CMN, associado à diminuição de pressões. A pressão de serviço a jusante desta VRP não pode ser reduzida de forma permanente, pela necessidade de garantia do abastecimento aos pontos críticos. A solução proposta permite a regulação de pressão com base na solicitação a jusante da VRP, possibilitando a sua redução em períodos sem consumo, nos pontos críticos (sobretudo em período noturno). Pelos testes de pressão efetuados, estima-se, de forma conservativa, que a redução da pressão de jusante para cerca de 10 mca (atualmente em 25 mca, com um CMN de 2,5 m^3/h) poderá conduzir a valores de CMN de cerca de 0,5 m^3/h, que se admite ser possível manter durante 8 horas. Neste caso, com base na proposta de fornecimento do piloto de controlo e dos dados reais dos testes efetuados refere-se o seguinte:

- Estimativa de redução de perdas de água:
  - CMN com pressão de jusante da VRP de 25 mca: 2,5 m^3/h;
  - CMN com pressão de jusante da VRP de 10 mca: 0,5 m^3/h;
  - Diminuição do CMN com a redução de pressões: 2,0 m^3/h;
  - Volume anual associado à redução de CMN em 8 horas: 5 840 m^3;
  - Custos associados à redução de CMN: 3 041 €;
- Ganho anual estimado: 3 041 €;
- Investimento: 3 000 €;
- Período de retorno médio: 0,987 anos (11,8 meses).

A intervenção de instalação de controlo automático da pressão a jusante da VRP CM-Arouca encontra-se na fase de consulta a fornecedores, realçando-se que se trata de um investimento relevante, do ponto de vista do tempo de retorno curto, aproximadamente 1 ano, mas também por se tratar de uma solução que possibilita um conhecimento mais adequado do comportamento das redes, versátil no controlo ativo de perdas (*p.ex.*: com gráficos de caudais associados ao *datalogger*) e inovadora na aprendizagem, teste e verificação do potencial da redução noturna de pressões, no combate a perdas de água.

Conduta Distribuidora de Barreiros

Relativamente à substituição da conduta de distribuição de água de Barreiros (fase 1 e fase 2), considerada nas intervenções futuras de reabilitação de infraestruturas e identificada como um local com particular incidência de roturas, pretende-se apoiar a decisão com base numa análise tendo em conta o número médio de roturas anual nesta conduta e a consequente perda de água associada, face ao investimento estimado para a substituição desta conduta. Fase aos dados reais disponíveis, sistematiza-se o seguinte:

- Roturas:
  - Número médio anual de roturas: 15;
  - Estimativa de perda de água associada a roturas: 5 250 m^3;

  - Estimativa de custos associados a roturas (reparação, reposição e perdas): 6 000 €;
- Ganho anual estimado: 11 250 €;
- Investimento: 26 000 €;
- Período de retorno médio: 2,3 anos.

A substituição da conduta de Barreiros sinaliza-se como um investimento importante, numa área afeta ao PE de Ameixieira, que se identificou como um PE onde será necessário investir em reabilitação e combate a perdas de água, com um tempo de retorno de investimento pouco superior a 2 anos.

Conduta Adutora de Valdasna

A conduta adutora de Valdasna (figura 5.102), que abastece os reservatórios de São Pedro, Cabral e Pernouzela, a partir do PE de Moldes, é uma conduta de abastecimento de água que se encontra referenciada para uma das ações futuras de intervenção de reabilitação das infraestruturas hidráulicas do SAA-Arouca. Pela disponibilidade de dados reais de ocorrência de roturas (registos operacionais) e de perdas de água (teste efetuado pela equipa de exploração, através do isolamento da conduta), avalia-se esta intervenção na vertente do retorno, com vista ao apoio à decisão. De acordo com a informação disponível e com os valores médios considerados, estabelece-se o seguinte:

- Perdas de água:
  - Estimativa de perda de água (teste efetuado): 0,5 m^3/h;
  - Estimativa de perda de água anual ao longo da conduta: 4 380 m^3;
  - Estimativa de custos associados a perdas de água: 2 281 €;
- Roturas:
  - Número médio anual de roturas: 6;
  - Estimativa de perda de água associada a roturas: 2 100 m^3 (1 093 €);
  - Estimativa de custos associados a roturas (reparação, reposição e perdas): 2 400 €;
- Ganho anual estimado: 5 774 €;
- Investimento: 59 500 €;
- Período de retorno médio: 10,30 anos (123,65 meses).

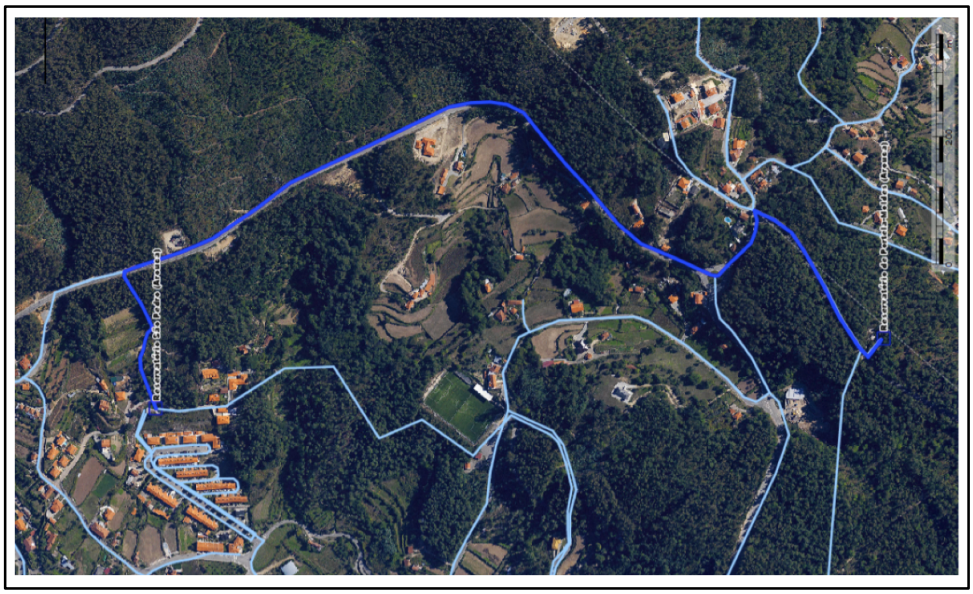


Fig. 5.102 – Zona de incidência de roturas do SAA-Arouca – Conduta adutora de Valdasna

O investimento na substituição da conduta adutora de Valdasna apresenta um tempo de retorno de investimento de cerca de 10 anos, substancialmente superior ao associado para, a título de exemplo a conduta distribuidora de Barreiros. No entanto, a pertinência deste investimento deverá ser considerada de forma integrada, tendo em conta o aumento da fiabilidade do abastecimento do reservatório de São Pedro, que abastece parte da zona histórica da vila, zona do SAA-Arouca com maior densidade de clientes. A realização deste investimento deverá ser ponderada mediante a disponibilidade de meios económicos alocados à reabilitação, sabendo-se que existem outras intervenções com um período de retorno de investimento mais curto.

EE do SP do SAA-Arouca

Analisam-se duas intervenções já efetuadas no âmbito da GOIH, propostas à EG e executadas, que possibilitaram a desativação de duas EE e o equilíbrio das zonas de abastecimento do SP do SAA-Arouca, nomeadamente a desativação da EE-Casinha (através de intervenção de reabilitação – substituição da conduta distribuidora de Pousadouro – fase 1 e fase 2) e a desativação da EE-Novais (através da intervenção de reforço – construção da conduta adutora do reservatório de Chãos e redes acessórias). Ambas as EE referidas se encontravam afetas ao PE de Moldes, cuja área abastecida (figura 5.103) se encontrava particularmente desequilibrada, face aos restantes PE, sobretudo no volume de AES e clientes associados.

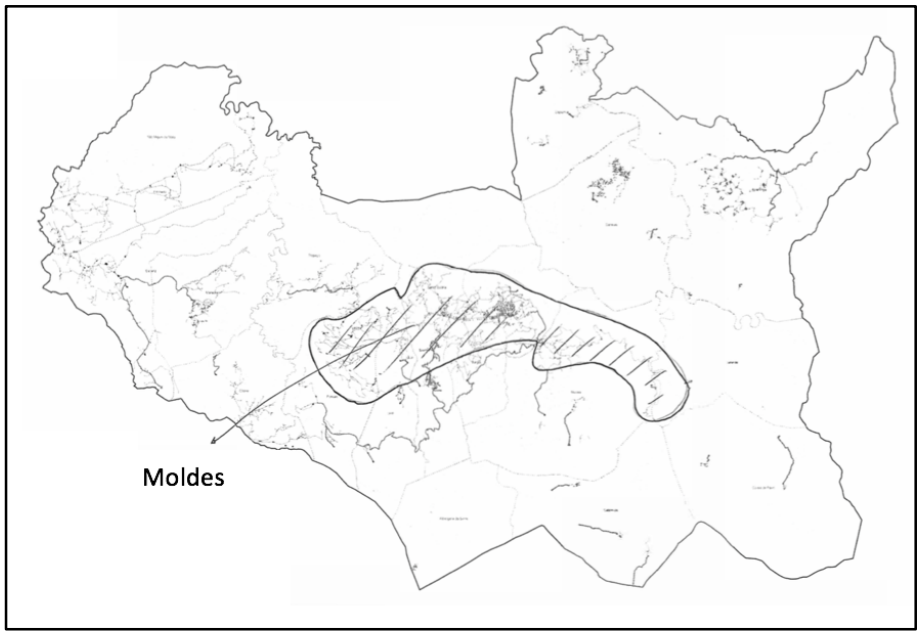


Fig. 5.103 – Manchas de Abastecimento do SP do SAA-Arouca – Subsistema de Moldes em 2015

A desativação da EE-Casinha (nov/16) e da EE-Novais (dez/18), com a criação de alternativas de abastecimento gravítico a diversos lugares da freguesia de Urrô (*p.ex.*: Pinheiral; Urrô; Forno Telheiro; Lameira; Bairro Seco) e da freguesia de Santa Eulália (*p.ex.*: Chãos; Mouras; Novais; Parada; Amilo; Vinhas; Murça; Arieiro) possibilitou o equilíbrio das zonas de abastecimento, de acordo com a figura 5.104, com ganhos operacionais a outros níveis, designadamente:

- Redução de consumos energéticos;
- Redução do número de roturas:
    - Substituição da conduta de Pousadouro, com elevada incidência de roturas;

  - Desativação da conduta elevatória de Novais, com elevada incidência de roturas;
- Controlo de pressões de serviço, através da instalação de VRP, até ao momento inviabilizada pela necessidade de utilização das condutas distribuidoras para elevação;
- Redução de perdas de água;
- Redução de encargos com manutenção de equipamentos associados às EE.

As zonas de abastecimento que se encontravam afetas às EE desativadas integravam o PE de Moldes, através da elevação a partir da rede de distribuição dependente do reservatório de São Pedro, a jusante da zona de abastecimento da parte histórica da Vila de Arouca, local com maior densidade de clientes. A elevação para os reservatórios de Pinheiral (EE-Casinha) e de Chãos (EE-Novais) provocavam desequilíbrios na rede, a montante das EE, e pressões de serviço significativamente elevadas, nas condutas elevatórias, ambas com distribuição direta a ramais domiciliários.

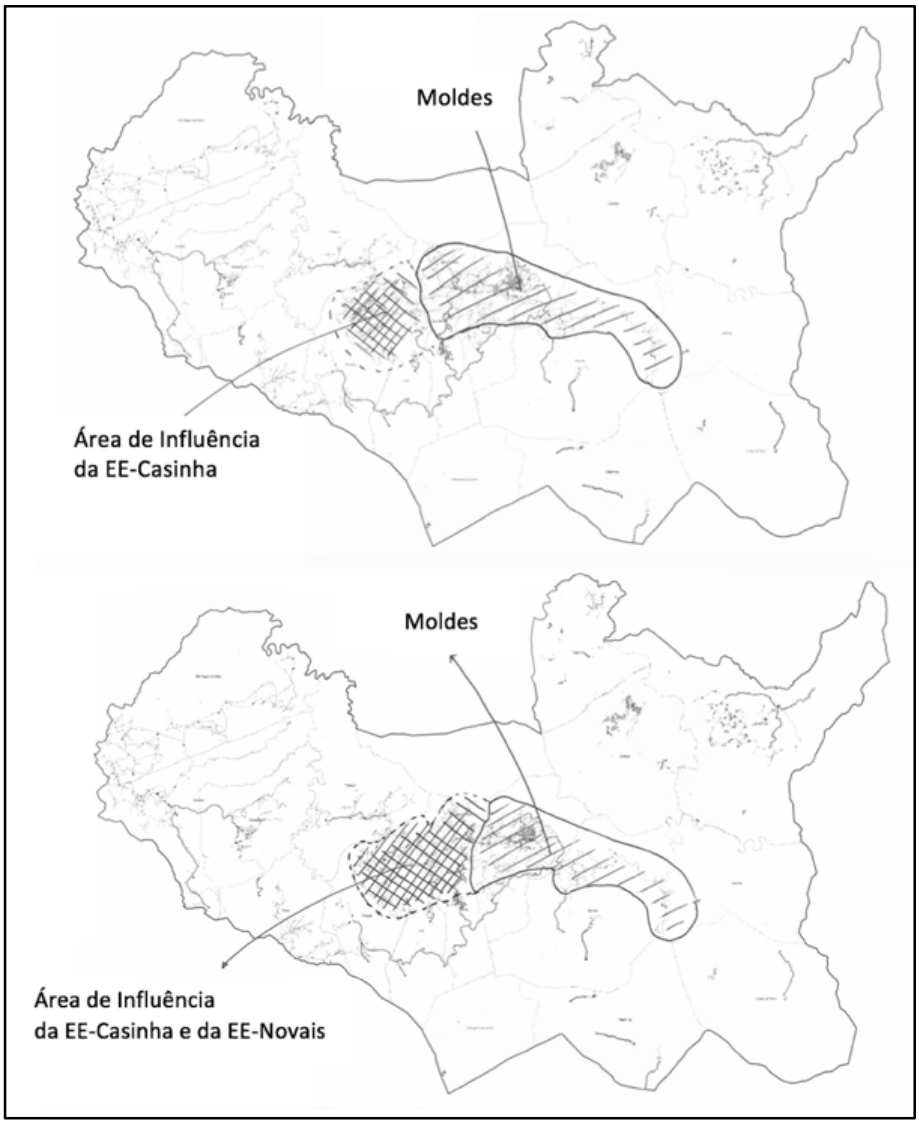


Fig. 5.104 – Manchas de Abastecimento do SP do SAA-Arouca – Desativação da EE-Casinha e da EE-Novais

A substituição da conduta de Pousadouro (Fase 1 e Fase 2), representada esquematicamente na figura 5.105, coordenada com a pavimentação da EM pela Câmara Municipal de Arouca, com reforço de diâmetro, permitiu o abastecimento ao Reservatório de Pinheiral, de forma gravítica, desativando a EE-Casinha, a partir do PE de Souto Redondo. Esta intervenção viabilizou a proposta, o projeto e a concretização da conduta adutora do reservatório de Chãos, tendo sido criado um nó de ligação na conduta de Pousadouro, integrando a zona anteriormente afeta à EE-Novais no PE de Souto Redondo. Estas duas intervenções visaram o cumprimento de um dos objetivos da estratégia de GOIH proposta nesta investigação: reforço do SAA-Arouca, através de soluções de abastecimento mais robustas e otimizadas.

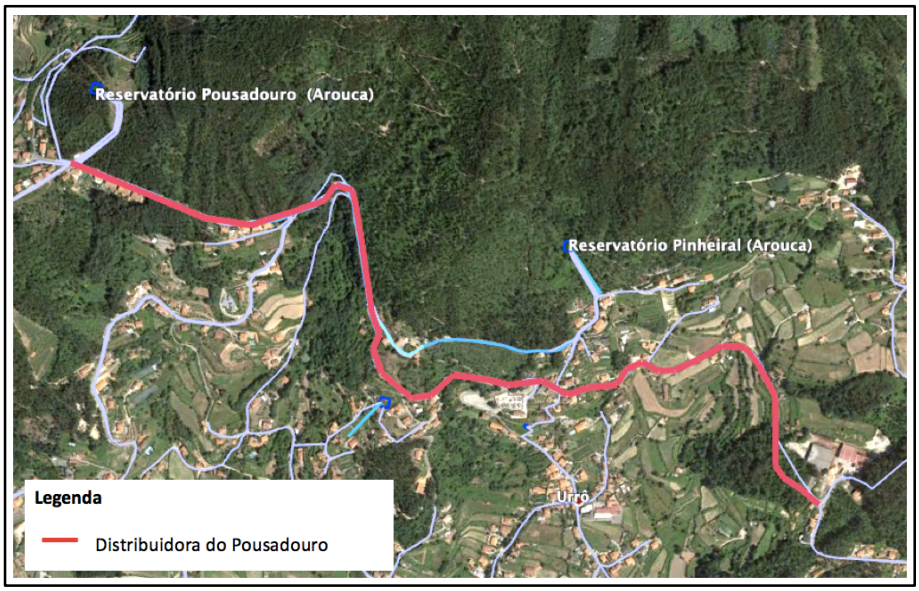


Fig. 5.105 – Intervenções de reforço no SAA-Arouca – Representação Esquemática da conduta Distribuidora do Pousadouro

Os registos dos consumos energéticos disponíveis da EE-Casinha indicam um consumo médio mensal de 2 182 kWh, estimando-se um consumo anual de 26 184 kWh (custo estimado: 4 189€). Neste local, desde agosto de 2015 até à desativação da EE e substituição da conduta, em novembro de 2016, ocorreram 36 roturas executadas por prestador de serviços (47 no total), sobretudo associadas à acentuada variação de pressões na conduta elevatória (adutora/distribuidora), que necessitava de vencer um desnível geométrico de 120m, com um custo de reparação estimado de 14 544€. A intervenção que permitiu desativar esta EE (Distribuidora do Pousadouro – Fase 1) teve um custo de 43 910€. A estimativa efetuada para a EE-Casinha aponta para custos anuais de monitorização de cerca de 1 000 € e de manutenção de, aproximadamente, 1 500 €. De acordo com os pressupostos considerados, sistematizam-se os principais valores de apoio à decisão:

- Energia Elétrica:
  - Consumo energético médio anual: 26 184 kWh;
  - Estimativa de custos associados ao consumo de energia: 4 189 €;
- Roturas:
  - Número médio anual de roturas: 30;
  - Estimativa de perda de água associada a roturas: 10 500 m^3;
  - Estimativa de custos associados a roturas (reparação, reposição e perdas): 17 467 €;
- Custos operacionais associados à EE:

  - Estimativa de custos de monitorização: 1 000 €;
  - Estimativa de custos de manutenção: 1 500 €;
- Ganho anual estimado: 24 157 €;
- Investimento: 43 910 €;
- Período de retorno médio: 1,82 anos

O investimento na substituição da conduta que permitiu a desativação da EE-Casinha poderá ser recuperado num período inferior a 2 anos, salientando-se ainda o evidente contributo para a melhoria do *desempenho macro* do sistema e o cumprimento da necessidade de reabilitação das redes de distribuição de água, numa perspetiva de melhoria contínua.

A intervenção desenhada para a desativação da EE-Novais apenas ficou viabilizada com a concretização da substituição da conduta de Pousadouro (Fase 2), tendo sido criado um nó de ligação à nova conduta adutora do reservatório de Chãos (representada esquematicamente na figura 5.106), abastecido anteriormente pelo PE de Moldes e atualmente pelo PE de Souto Redondo. Para a concretização do controlo de pressões e de perdas de água na rede de distribuição do reservatório de Chãos, verificou-se necessário substituir a rede de distribuição na zona de Chãos e Parada, bem como instalar 4 VRP. Os custos globais desta intervenção foram de 51 148 €.

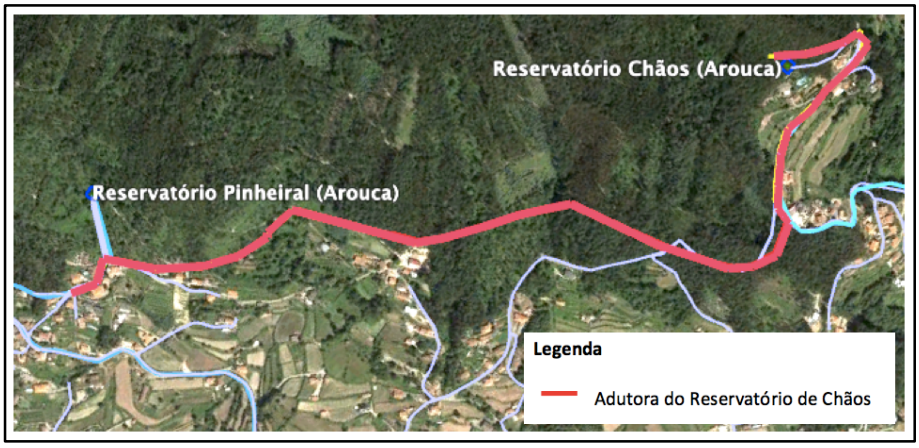


Fig. 5.106 – Intervenções de reforço no SAA-Arouca – Representação Esquemática da conduta Adutora do Reservatório de Chãos

A EE-Novais abasteceu, até ao final do ano de 2018, uma parte significativa da freguesia de Santa Eulália, registando diversos problemas com os equipamentos de bombagem, roturas nas redes associadas, perdas de água conduta elevatória, entre outros. Desde o início da aplicação da metodologia de GOIH ao SAA-Arouca, a EE-Novais representou um dos problemas mais relevantes associados às infraestruturas do SP. Uma vez que a conduta elevatória da EE-Novais, que abastecia o reservatório de Chãos, era constituída por um trecho com distribuição direta a ramais domiciliários, verificavam-se acentuadas variações de pressão, com locais da rede a serem sujeitos a pressões de serviço superiores a 14 mca, com os problemas inerentes a este desajuste. De acordo com os dados disponibilizados pela EG, estima-se um consumo energético médio anual de 26 720 kWh. Estima-se que os custos de manutenção desta EE pudessem rondar os 1 500 € anuais, e os custos de monitorização 1000 €. Em consonância com os valores considerados, sistematizam-se os seguintes valores de apoio à decisão:

- Energia Elétrica:
  - Consumo energético médio anual: 26 720 kWh;
  - Estimativa de custos associados ao consumo de energia: 4 275 €;

- Roturas:
  - Número médio anual de roturas: 30;
  - Estimativa de perda de água associada a roturas: 10 500 m^3;
  - Estimativa de custos associados a roturas (reparação, reposição e perdas): 17 467 €;
- Custos operacionais associados à EE:
  - Estimativa de custos de monitorização: 1 000 €;
  - Estimativa de custos de manutenção: 1 500 €;
- Ganho anual estimado: 24 243 €;
- Investimento: 51 148 €;
- Período de retorno médio: 2,11 anos

O investimento na execução da conduta adutora do reservatório de Chãos e restantes redes acessórias, com a consequente desativação da EE-Novais, poderá ser recuperado num período pouco superior a 2 anos, tratando-se de um investimento interessante do ponto de vista do retorno (energia, perdas de água e roturas), mas também da evolução do SAA-Arouca.

Em resultado as intervenções anteriores, a figura 5.107 mostra a proposta de evolução da Fase 1 do SAA-Arouca, que, por comparação com as manchas de abastecimento da situação anterior, representa um maior equilíbrio das áreas de abastecimento e da capacidade de reserva, pela diminuição da zona dependente do PE de Moldes e aumento das que dependem dos PE de Souto Redondo, Ameixieira e Forcada. Por PE, a proposta de evolução da Fase 1, depende essencialmente dos seguintes investimentos:

- Aumento da área abastecida pelo PE de Souto Redondo:
  - Desativação da EE-Casinha: 43 910 € (*executada*);
  - Substituição da conduta de Pousadouro (Fase 2): 27 671 € (*executada*);
  - Desativação da EE-Novais: 51 148 € (*executada*);
- Aumento da área abastecida pelo PE de Ameixieira:
  - Substituição da conduta adutora de Fráguas: 26 250 € (*não executada*);
- Aumento da área abastecida pelo PE de Forcada:
  - Construção da adutora do reservatório de Vila Nova: 15 831 € (*em execução*).

A Fase 1 da evolução do SAA-Arouca encontra-se associada a um investimento 164 810 € (valor aproximado), do qual já se encontra executado cerca de 74%, correspondente a um valor de 122 729 €. Com a concretização de parte da Fase 1, alcançou-se um funcionamento do sistema mais eficaz, com uma distribuição mais equilibrada das capacidades de reserva e com uma redução significativa do percurso "*desde o reservatório até ao consumidor*".

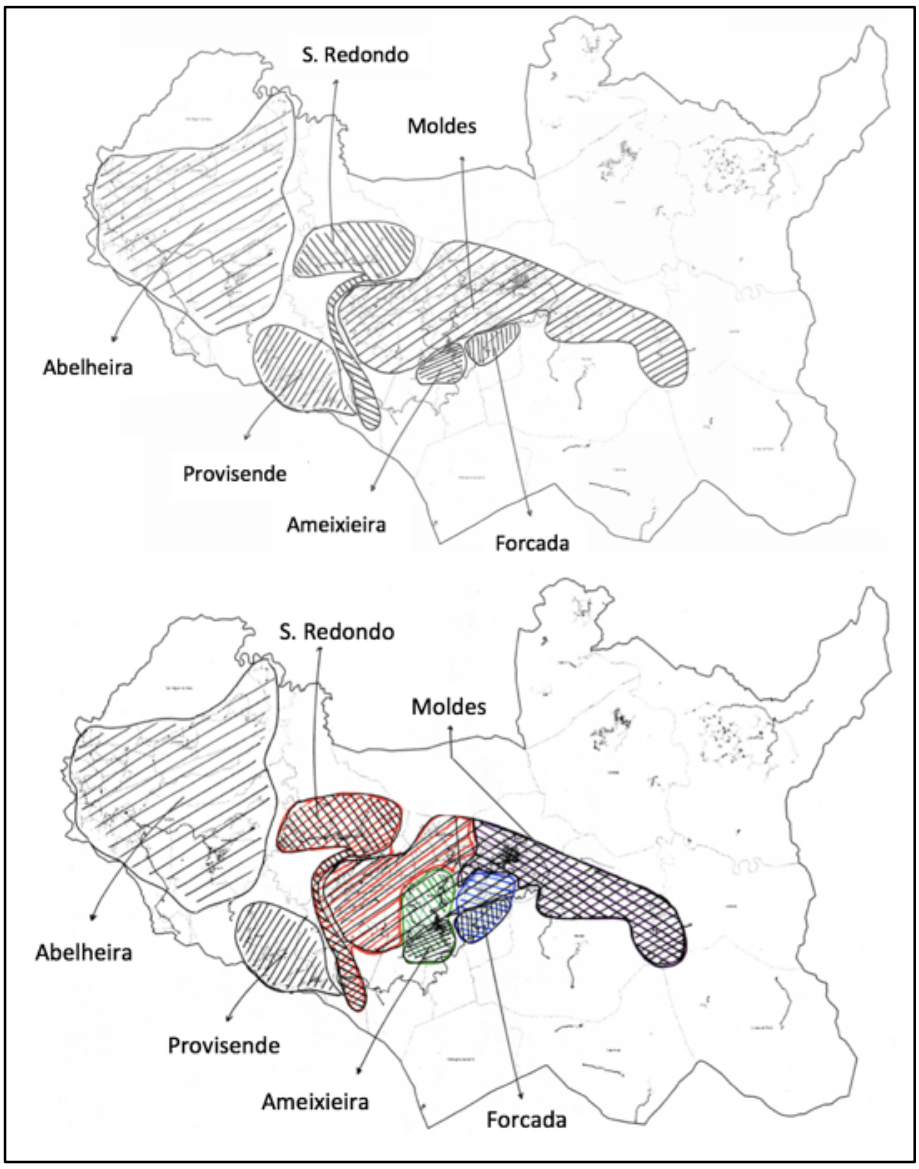


Fig. 5.107 – Manchas de Abastecimento do SP do SAA-Arouca – Proposta de Evolução (Fase 1)

Condutas Distribuidoras de Santa Eulália e Forcada

Na figura 5.108 encontram-se representadas esquematicamente duas intervenções que constituem as principais intervenções que viabilizam a Fase 2 de evolução do SAA-Arouca. A execução da conduta distribuidora de Santa Eulália (figura 5.108) possibilita o reforço da capacidade de transporte a jusante do reservatório de Ameixieira, passando parte significativa da freguesia de Santa Eulália a integrar a rede de distribuição afeta ao PE de Ameixieira. O investimento associado a esta intervenção de reforço de infraestruturas hidráulicas estima-se em 160 000 € e permite o equilíbrio das zonas de abastecimento e das capacidades de reserva, constituindo uma solução mais robusta de abastecimento a esta freguesia.

A conduta distribuidora de Forcada (figura 5.108), com um investimento estimado de 284 254 €, cumpre um objetivo semelhante à conduta distribuidora de Santa Eulália, neste caso, no PE de Forcada. Tal como no caso do PE de Ameixieira, este PE apresenta uma área de abastecimento relativamente reduzida, continuando zonas da rede de distribuição mais próximas destes dois PE a ser abastecidas pelo

PE de Moldes, último PE da conduta adutora da AdDP. Além do equilíbrio de áreas abastecidas e de reservas de água, a solução proposta com a conduta distribuidora de Forcada (Fase 1 e Fase 2) possibilita a desativação do reservatório de Porto Escuro, que se encontra particularmente degradado.

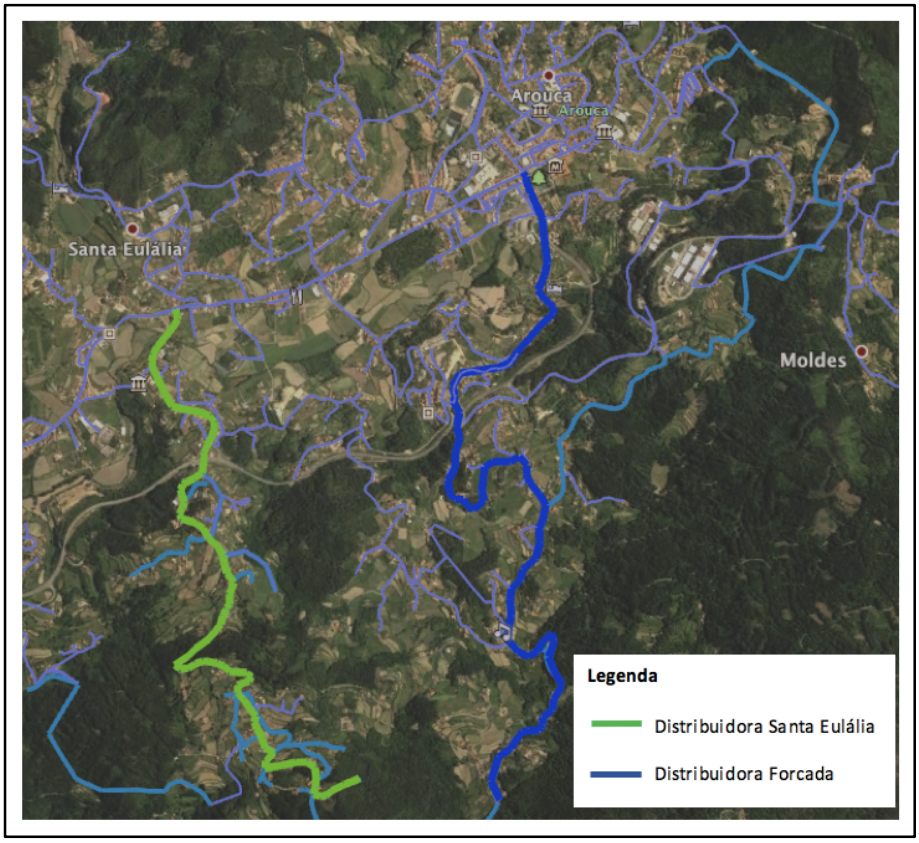


Fig. 5.108 – Intervenções de reforço no SAA-Arouca – Representação Esquemática das condutas distribuidoras de Santa Eulália e de Forcada

A figura 5.109 representa esquematicamente a Fase 2 da evolução do SAA-Arouca, com o equilíbrio de zonas de abastecimento proposto. Esta evolução segue o mesmo princípio da Fase 1, com reforço da tendência preconizada. Embora se trate de uma evolução indicativa, sem pormenorização dos locais exatos das fronteiras entre os diferentes subsistemas, dependentes de cada PE do SP, a aferição das áreas representadas efetuou-se de acordo com o conhecimento atualmente existente das redes, em parceria com a EG. As ações propostas visam o equilíbrio do sistema, de forma a garantir um abastecimento mais robusto, através de um esquema hidráulico mais simples e adequado à otimização, designadamente no controlo de pressões de serviço.

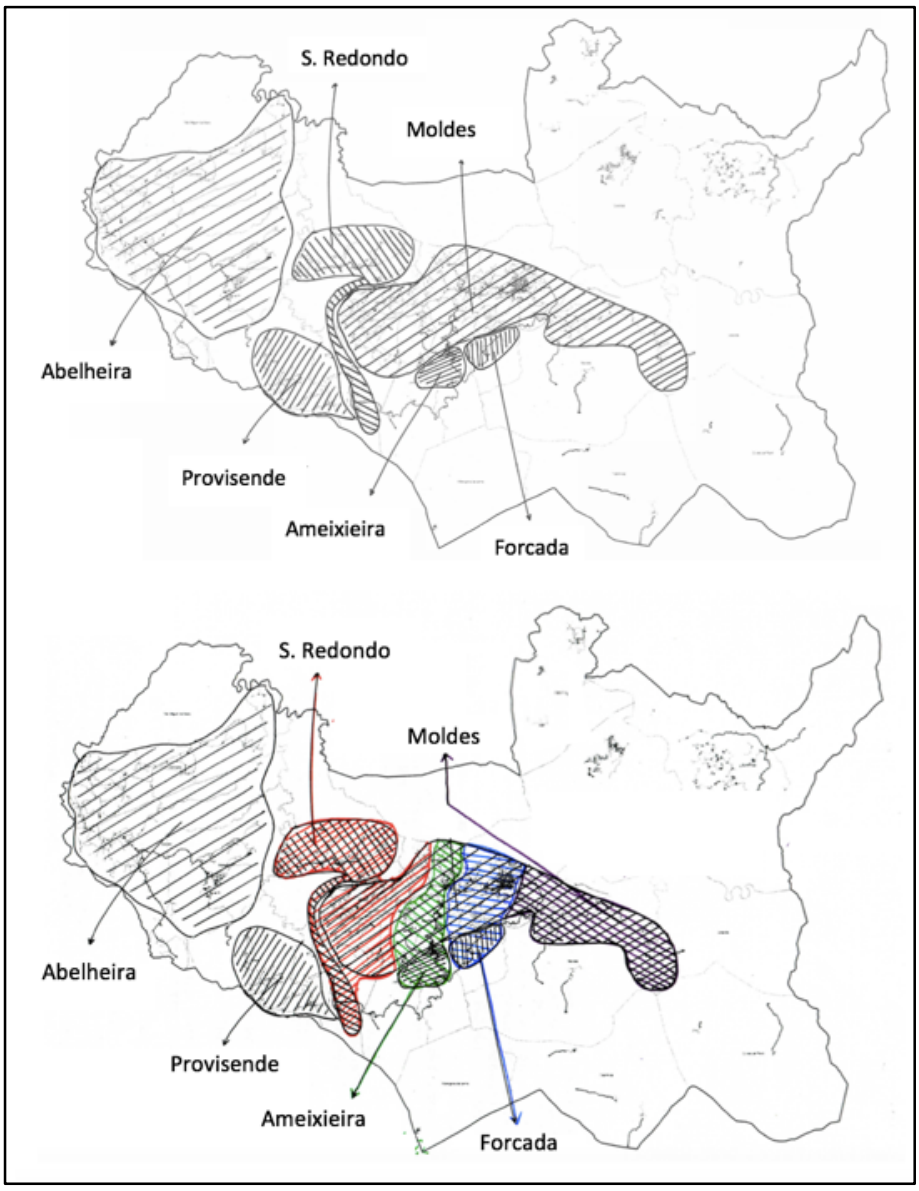


Fig. 5.109 – Manchas de Abastecimento do SP do SAA-Arouca – Proposta de Evolução Fase 2

Conduta Distribuidora de Cancelo

A conduta distribuidora de Cancelo, que liga o lugar de Cancelo ao lugar do Picoto, representada esquematicamente na figura 5.110, é uma solução de reforço do abastecimento da rede que se encontra a montante do reservatório de Vila Nova, com a criação de uma nova alternativa para adução a este reservatório, que poderia, por redundância, com esta intervenção, ser abastecido a partir de três reservatórios distintos, designadamente: Vila Nova, Forcada (com a conclusão da Adutora de Vila Nova que se encontra em execução) e Pernouzela. Esta intervenção possibilitaria, também, a desativação de uma conduta atualmente instalada em terrenos privados, em zona vulnerável a perdas. O investimento estimado para a construção desta conduta distribuidora é de cerca de 100 000 €.

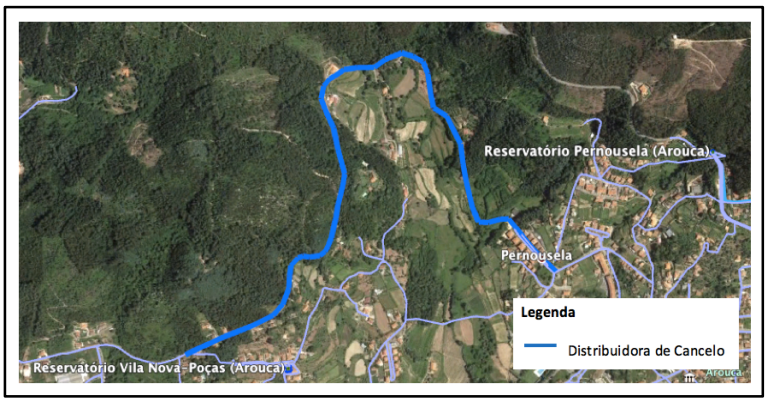


Fig. 5.110 – Intervenções de reforço no SAA-Arouca – Representação Esquemática da Conduta Distribuidora de Cancelo

Conduta Adutora do Viso

A conduta adutora do Viso, representada esquematicamente na figura 5.111, deverá equacionar-se, do ponto de vista da integração deste SA no SP do SAA-Arouca, no cumprimento do objetivo de garantia de segurança no abastecimento, através de uma solução de abastecimento em alta. Esta rede de distribuição ficaria associada ao PE de Abelheira, e o investimento associado à construção da conduta adutora estima-se em 98 000 €.

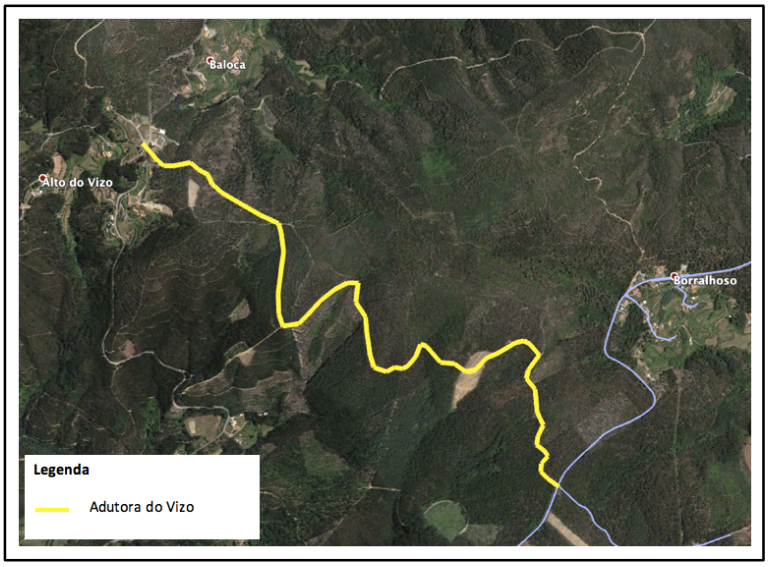


Fig. 5.111 – Intervenções de reforço no SAA-Arouca – Representação Esquemática da Conduta Adutora do Vizo

Conduta Adutora de Telhe

No final do ano de 2018, iniciou-se a execução da conduta adutora de Telhe, que possibilita a ligação do SA de Telhe ao SP, ficando esta área associada ao PE de Moldes. Este SA regista diversos problemas relacionados com a qualidade de água na origem (furo), estimando-se o investimento na adutora em cerca de 169 000 €.

Conduta Adutora de Miraves

A figura 5.112 representa esquematicamente a conduta adutora de Miraves, um lugar da freguesia de Chave, que não se encontra coberto pela rede de abastecimento de água. Esta conduta adutora teria de ser sequenciada pela construção de uma rede de distribuição de água no lugar de Miraves, ficando essa rede associada ao PE de Souto Redondo. O investimento estimado para esta conduta adutora é de cerca de 91 000 €.

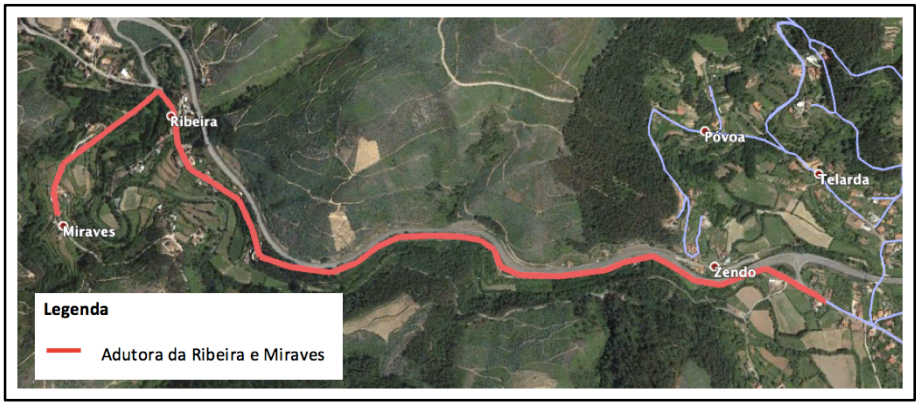


Fig. 5.112 – Intervenções de reforço no SAA-Arouca – Representação Esquemática da conduta Adutora de Ribeira e Miraves

Abastecimento a Fuste, Friães, Bustelo e Adaúfe

Nos parágrafos seguintes, abordam-se diferentes alternativas para a resolução de uma situação relacionada com o abastecimento aos lugares de Friães e Fuste (ambos SA do SAA-Arouca), e, eventualmente, a cobertura dos lugares de Bustelo, Espinheiro e Adaúfe pelo SAA-Arouca. Atualmente, o SA de Friães encontra-se abastecido pela origem (furo) do SA de Fuste, através de uma conduta que apresenta problemas relacionados com roturas e perdas de água. Na análise efetuada, estabelecem-se as seguintes hipóteses:

- Hipótese 1: execução de uma nova conduta entre Friães e Fuste (representação esquemática na figura 5.113), em complemento com as intervenções necessárias para ligar os SA ao SP, designadas por "Acesso a Moldes" e "Distribuidora de Friães";
- Hipótese 2: execução de uma nova conduta entre Friães e Fuste, por um percurso que inclua os lugares de Bustelo, Adaúfe e Espinheiro (representação esquemática na figura 5.114);
- Hipótese 3: desativação da conduta entre Friães e Fuste e execução da conduta distribuidora de Friães, permanecendo o SA de Fuste e sendo Friães integrado no SP.

No caso da hipótese 1 (figura 5.113), a execução da conduta entre Friães e Fuste, com um investimento estimado em 132 000 €, permite servir alguns novos clientes ao longo do percurso e desativar uma conduta com elevada incidência de roturas e perdas de água. Neste caso, os SA de Friães e Fuste seriam incluídos no SP, sendo necessário, pela diferença de cotas de implantação do SA de Fuste e do SA de Friães, efetuar um nó de ligação a montante do PE de Moldes (com pressão mais elevada do que o PE atual da AdDP), a conduta adutora designada por "Acesso a Moldes" (investimento estimado de 20 000 €) e a substituição da conduta distribuidora de Friães (investimento estimado de 20 000 €). O investimento global associado a esta hipótese ronda os 172 000 €.



Fig. 5.113 – Intervenções de reforço no SAA-Arouca – Representação Esquemática da conduta Friães-Fuste

A segunda hipótese colocada refere-se à execução da conduta distribuidora que se encontra representada esquematicamente na figura 5.114, que possibilita o abastecimento aos lugares de Bustelo, Adaúfe e Espinheiro, a integração dos SA de Friães e Fuste no SP do SAA-Arouca e a desativação da conduta Friães-Fuste com elevadas perdas de água e incidência de roturas. Esta conduta seria ligada a montante do PE de Moldes, num ponto da conduta em alta (AdDP), com pressão compatível com o abastecimento aos lugares considerados, com pressão de serviço adequada, não necessitando da execução da conduta designada por "Acesso a Moldes". A conduta distribuidora de Friães seria substituída (investimento estimado em 20 000 €), para correção dos problemas de perdas de água e roturas existentes. Estima-se um investimento de, aproximadamente, 300 000 €, para a concretização desta solução.

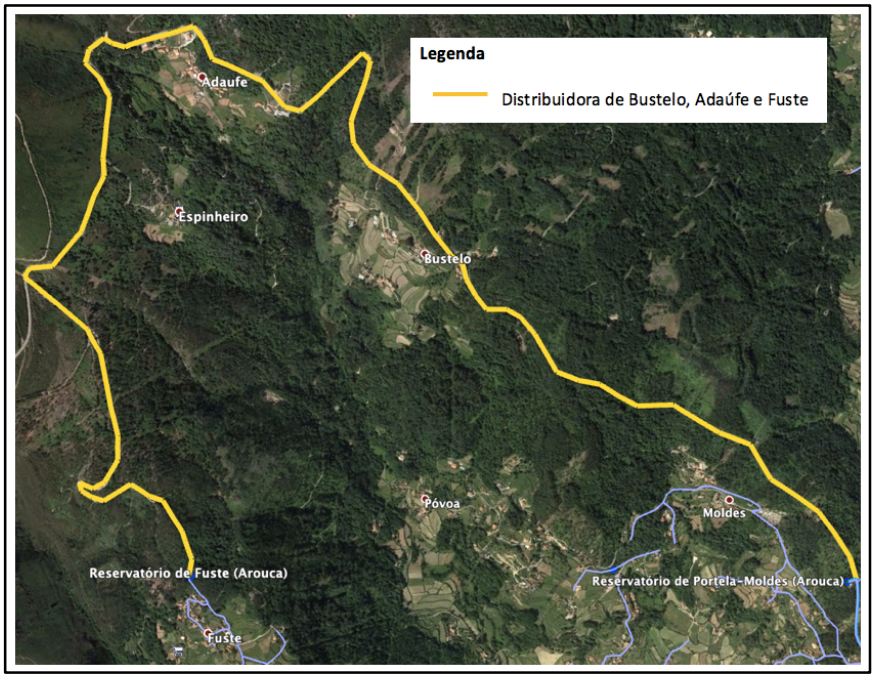


Fig. 5.114 – Intervenções de reforço no SAA-Arouca – Representação Esquemática da conduta Distribuidora de Bustelo, Adaúfe e Fuste

A terceira hipótese colocada (hipótese 3) relaciona-se com a desativação da conduta entre Friães e Fuste, permanecendo Fuste como um SA e sendo Friães integrado no SP do SAA-Arouca. Para desativar a conduta que abastece o reservatório de Friães a partir de Fuste verifica-se a necessidade de substituir a rede de distribuição de Friães, para reforço da capacidade de transporte a partir do PE de Moldes. A substituição desta conduta representa um investimento estimado em 20 000 €. Os principais problemas identificados encontram-se relacionados com as perdas de água (e consequente gasto energético na captação de Fuste) e com a elevada incidência de roturas no troço entre Friães e Fuste, que, nesta hipótese, seria desativado. Para a solução de desativação sistematizam-se os seguintes valores de apoio à decisão:

- Perdas de água:
    - Volume médio anual captado no Furo de Fuste: 13 140 m^3;
    - Volume médio anual de AES no SA de Fuste: 2 920 m^3;
    - Volume médio anual contabilizado à entrada da conduta que liga o SA de Fuste e o SA de Friães: 10 220 m^3 (78% da água captada no Furo de Fuste);
    - Volume médio anual de AES no SA de Friães: 380 m^3;
    - Estimativa anual de perdas na conduta entre Friães e Fuste: 9 840 m^3 (96% de PR)
    - Estimativa anual de custos associados às perdas na conduta Fuste-Friães: 2 952 €;
- Energia Elétrica:
    - Consumo energético médio anual no Furo de Fuste: 13 870 kWh;
    - Consumo energético médio anual estimado para o abastecimento a Friães, efetuado a partir da Furo Fuste: 10 819 kWh;
    - Estimativa de custos associados ao consumo de energia afeto a Friães: 1 731 €;
- Ganho anual estimado: 2 952 €;
- Investimento: 20 000 €;
- Período de retorno médio: 6,78 anos.

De acordo com a análise efetuada, propõe-se a desativação da conduta Fuste-Friães, cujas perdas de água estimadas (96% da adução a Friães) representam um dispêndio anual de energia de cerca de 10 819 kWh (1 731 €), um volume aproximado de 9 840 m^3 e um custo anual de 2 952 €. O período do retorno operacional do investimento é de cerca de 7 anos. No entanto, numa visão integrada do sistema, uma vez que a água de adução a Friães representa cerca de 78% da água captada no Furo de Fuste, da qual 96% é perdida, que se verificam diversos episódios de falta de água em Fuste, por disponibilidade insuficiente da origem (Furo de Fuste), e que existe um desperdício de água captada e tratada com recurso a gasto de energia elétrica, num consumo de diversos recursos desperdiçados em perdas, o retorno deste investimento deverá ser visto numa perspetiva mais estratégica. Por isso, numa perspetiva de gestão sustentável das infraestruturas hidráulicas, a correção das perdas de água, a poupança de energia elétrica e a preservação das origens de água não deverão ser apenas avaliadas pelo ganho anual monetário, mas antes segundo uma perspetiva integrada de otimização global.

No caso de existir disponibilidade económica da EG para uma solução mais abrangente, de inclusão de Friães e Fuste no SP do SAA-Arouca, podendo também integrar novos lugares no abastecimento (Bustelo, Adaúfe e Espinheiro), considera-se que a hipótese 2 poderá ser a mais ajustada. No caso de não existir esta disponibilidade, o investimento aproximado de 20 000 € na conduta distribuidora de Friães, com a inclusão do SA de Friães no SP e a permanência do SA de Fuste como autónomo, poderá verificar-se uma solução interessante.

5.2.6.5. Apontamento Final

A estrutura da ferramenta de apoio à decisão divide a decisão em três patamares distintos: a *Estratégia de Investimento* – associada à divisão percentual de investimento associado à melhoria de desempenho operacional, por subsistema, de acordo com índices de tomada de decisão; a *Estratégia Operacional* – associada ao estabelecimento de cenários de investimento, com base no retorno estimado e no desempenho previsto para o sistema; a *Estratégia de Decisão Específica* – associada à análise específica de intervenções executadas ou a executar, relevantes do ponto de vista da evolução do SAA-Arouca.

A proposta sustentada de um ou mais cenários de investimento apresenta, como principal desígnio, o apoio à decisão objetiva, através da estimativa de retorno de intervenções e previsão de investimentos (*Estratégia Operacional*), da consideração de intervenções específicas importantes na evolução do sistema (*Estratégia de Decisão Específica*), e do equilíbrio global, com base na condição atual das infraestruturas que integram o sistema (*Estratégia de Investimento*).

Na *Estratégia Operacional*, relativamente ao cenário de investimento considerado para 2019, realça-se que a inclusão dos investimentos com um período de retorno estimado até 4 anos, com um valor global de cerca de 171 820 €, se revela importante do ponto de vista da melhoria do desempenho do SAA-Arouca, sobretudo no que diz respeito à redução de perdas de água e de roturas. Do ponto de vista do retorno de investimentos, salienta-se que o cenário global de investimento apresenta um retorno próximo do que foi obtido com o investimento realizado até ao final do ano de 2018 (aproximadamente 2 anos). Ainda no ano de 2019, a intervenção que viabiliza a desativação da conduta Fuste-Friães, analisada na *Estratégia de Decisão Específica*, com um custo aproximado de 20 000 € sugere-se como um investimento com retorno operacional a executar em 2019. Neste cenário, o investimento em 2019 seria de cerca de 191 000 €.

No que se refere à inclusão dos investimentos com períodos de retorno até 10 anos (investimento hipotético em 2020) e até 20 anos (investimento hipotético em 2021), refere-se que o retorno, em termos de desempenho, é substancialmente mais baixo, refletindo-se do ponto de vista da recuperação de investimento. Uma vez que as intervenções consideradas para a constituição deste cenário resultam das contribuições da EG e de dados recolhidos no âmbito deste trabalho, não figurando um levantamento exaustivo de todas as situações em que é necessário investir, designadamente para melhoria em termos de redução de perdas de água e diminuição da ocorrência de roturas, propõe-se que o investimento, a partir de 2019, se divida de acordo com o que se encontra estabelecido em *5.2.6.2. Estratégia de Investimento*.

Em consonância com o retorno verificado até ao final do ano de 2018, espera-se que a distribuição do investimento, com base na relevância operacional das infraestruturas, na avaliação das infraestruturas (estado, desempenho e risco), na gestão informada pelo risco e no contexto, possibilite uma melhoria de desempenho do SAA-Arouca, e consequente recuperação do investimento efetuado. Caso ocorra uma melhoria mais significativa, a previsão (para o cenário de intervenções com retorno até 20 anos) de ANF (AA08) de cerca de 15% poderá ser superada, alcançada mais rapidamente ou conseguida com um menor investimento.

Relativamente à *Estratégia de Decisão Específica*, de acordo com a análise efetuada a determinadas intervenções inventariadas, consideram-se particularmente relevantes para a evolução do SP do SAA-Arouca as duas intervenções referidas seguidamente (valor total de cerca de 544 000 €):

- Conduta distribuidora de Forcada (Fase 1 e Fase 2): 284 254 €;
- Conduta distribuidora de Santa Eulália: 160 016 €;
- Conduta distribuidora de Cancelo: 100 000 €.

No que diz respeito aos SA do SAA-Arouca, do ponto de vista da desativação de origens autónomas, que visa a melhoria contínua na garantia da segurança no abastecimento, do aumento da taxa de cobertura e da garantia de continuidade do serviço em cenários de escassez, realçam-se as seguintes intervenções (valor total de cerca de 658 000 €):

- Abastecimento a Telhe: 169 000 € (*em execução*);
- Abastecimento ao Viso: 98 000 €;
- Abastecimento a Miraves: 91 000 €;
- Abastecimento a Friães, Fuste, Bustelo, Adaúfe e Espinheiro: 300 000 €.

A figura 5.115 representa, de forma genérica, a evolução do SAA-Arouca, de acordo com as intervenções propostas no âmbito desta investigação, identificadas por subsistema.

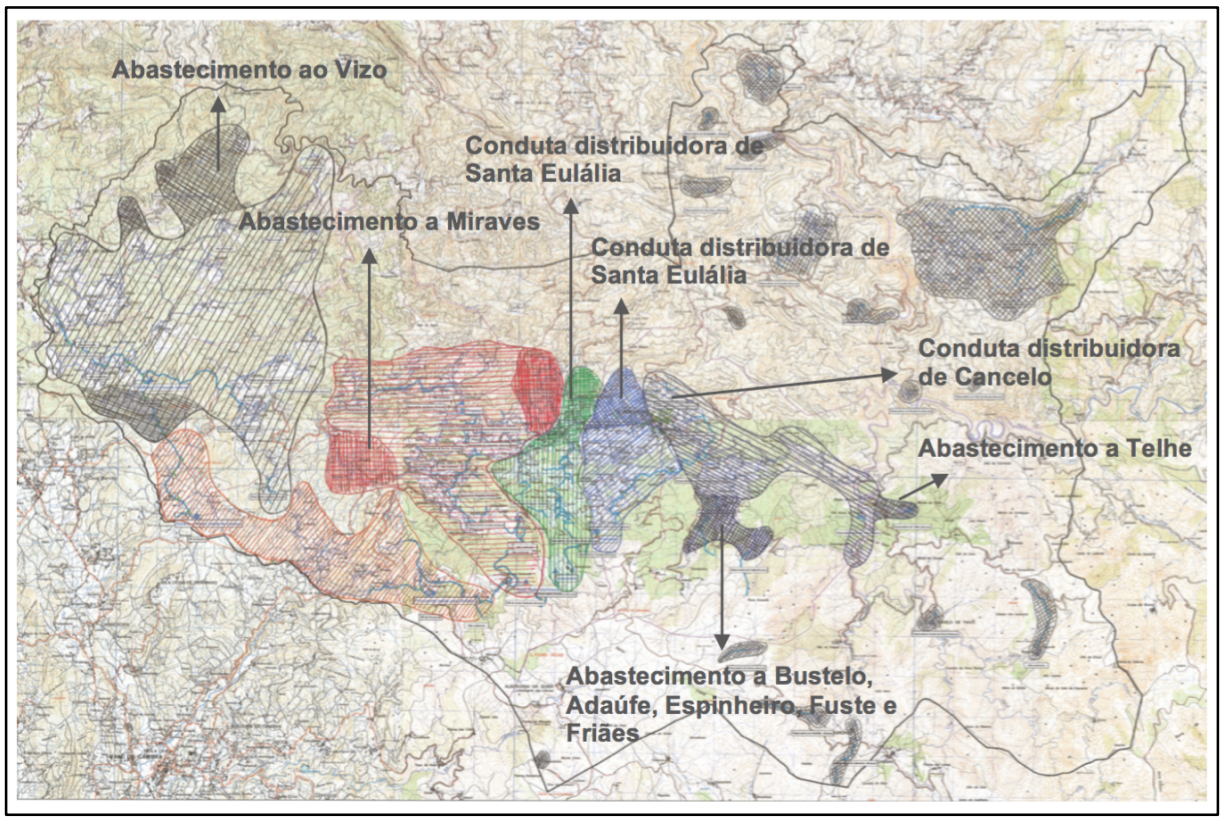


Fig. 5.115 – Manchas de Abastecimento do SAA-Arouca – Proposta de Evolução

No ano de 2019, tal como salientado anteriormente, o investimento de cerca de 171 000 €, proposto no cenário de intervenções inventariadas com retorno até 4 anos (no SP do SAA-Arouca), verifica-se de particular interesse do ponto de vista do retorno operacional. Juntamente com as intervenções que já se encontram em curso e que integrarão o investimento de 2019, referem-se as seguintes: 78 283 € na reabilitação das redes da Zona Poente da Vila de Arouca (SP do SAA-Arouca); 15 831 € na Adutora do reservatório de Vila Nova (SP do SAA-Arouca); 169 000 € no Abastecimento a Telhe (SA do SAA-Arouca). Neste cenário, o investimento, em 2019, totalizaria 434 734 €, dos quais 265 734 € seriam no SP do SAA-Arouca.

Pela análise dos investimentos em anos anteriores e pela verba afeta ao SAA-Arouca, associada ao *Contrato de Reabilitações* em vigor na EG, sugere-se o valor anual de 300 000 € em intervenções com retorno operacional expectável. Este investimento, juntamente com o investimento operacional de cerca de 200 000 €, distribuídos por subsistema de acordo com os índices de tomada de decisão propostos, totalizam um valor aproximado de 500 000 € anuais de investimento, com vista à melhoria operacional do SAA-Arouca. Neste valor, poderão encontrar-se incluídas intervenções de monitorização, manutenção, reabilitação e reforço inventariadas e propostas no âmbito desta investigação, outras conhecidas e consideradas pela EG, ou outras que se verifiquem importantes ao longo da exploração do SAA-Arouca.

A análise de investimentos futuros e o apoio à decisão que se efetua no âmbito desta investigação não pretendem configurar um planeamento detalhado de investimento, mas sim uma estratégia, composta por um conjunto de linhas orientadoras de investimento em intervenções e operação, do ponto de vista do retorno operacional e da evolução do SAA-Arouca. Do total de intervenções futuras inventariadas para o SAA-Arouca (2 161 554 €, dos quais 1 868 688 € no SP), das intervenções consideradas importantes para executar ou em execução e tendo em conta os contratos em vigor, propõem-se as seguintes linhas estratégicas orientadoras de investimento para o SAA-Arouca:

- Investimentos com retorno operacional:
    - Investimento no ano de 2019:
        - Valor aproximado de investimento em intervenções inventariadas: 191 000 €;
        - Valor aproximado de investimento em intervenções em execução: 94 000 €;
        - Valor aproximado de investimento em equipas operacionais: 200 000 €;
        - Valor total de investimento aproximado: 485 000 €;
    - Investimento anual em anos seguintes:
        - Valor aproximado de investimento em intervenções: 300 000 €
        - Valor aproximado de investimento em equipas operacionais: 200 000 €;
        - Valor total de investimento aproximado: 500 000 €;
- Investimentos com retorno estratégico:
    - Valor aproximado de investimento para melhoria do SP: 544 000 €;
    - Valor aproximado de investimento para melhoria dos SA: 658 000 €;
    - Valor total de investimento aproximado: 1 200 000 €.

Os valores propostos deverão ser adequados à disponibilidade económico-financeira anual da EG, elaborando-se, a partir daí e tendo em conta as eventuais alterações consideradas pertinentes, um planeamento global de investimentos. Realça-se o facto de os investimentos já efetuados, os propostos com retorno operacional e os considerados com retorno estratégico, pela análise efetuada no período reduzido de análise de dados possível, poderem apresentar um período de retorno de investimento particularmente reduzido, face à duração média das concessões da tipologia do SAA-Arouca.

5.3. SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DA TROFA (SAR-TROFA)

5.3.1. APONTAMENTO INTRODUTÓRIO

O SAR-Trofa apresenta-se como aplicação da metodologia de GOIH, apresentada nesta investigação, a um sistema de drenagem de águas residuais, do qual se efetua o enquadramento atual e se propõe diversas ações a implementar no futuro.

De acordo com o que se encontra explanado nos capítulos transatos, avaliam-se as infraestruturas do SAR-Trofa (coletores e intercetores; câmaras de visita; ramais; instalações elevatórias – IE), no que se refere ao seu estado, desempenho, custo e risco. Os critérios de avaliação utilizados sistematizam-se no anexo A3 (figura A3.1) e os inquéritos efetuados à EG Águas do Norte, S.A. apresentam-se no anexo A8 (figuras A8.1, A8.2, A8.3 e A8.4). Os resultados da avaliação efetuada e a respetiva análise incluem-se neste capítulo.

Relativamente aos resultados da área operacional de exploração do SAR-Trofa (controlo operacional; resposta a ocorrências; informação – dados reais; gestão informada pelo risco), a abordagem efetuada é mais descritiva na sistematização de rotinas e procedimentos, e mais objetiva na gestão informada pelo risco e na síntese de registos operacionais.

Em relação à intervenção em infraestruturas hidráulicas (monitorização; manutenção; reabilitação; reforço), os resultados apresentados referem-se à síntese das ações efetuadas no SAR-Trofa e às ações futuras programadas pela EG e referidas no âmbito da aplicação da metodologia de GOIH.

A ferramenta de apoio à decisão considerada aplica-se a um planeamento *macro* do investimento, com base nos índices de tomada de decisão propostos e na definição da estratégia operacional de investimento, particularmente focada na questão das afluências pluviais indevidas.

5.3.2. AVALIAÇÃO

5.3.2.1. Estado

A avaliação do estado das infraestruturas hidráulicas do SAR-Trofa, cujos resultados se apresentam neste ponto, inclui as infraestruturas que se indicam seguidamente:

- Ramais de ligação (construção civil);
- Coletores e intercetores (PPC; PVC; Grés);
- Câmaras de visita (construção civil);
- Instalações Elevatórias (construção civil e equipamentos).

No anexo A8 inclui-se o inquérito efetuado à EG (Águas do Norte, S.A.) (figura A8.3), sobre o estado (construção civil) dos ramais de ligação das diferentes bacias de drenagem do SAR-Trofa, assim como a sistematização dos resultados obtidos (tabela A8.7).

De acordo com a avaliação efetuada, a maioria (83%; 3 256 ramais) dos ramais de ligação encontra-se em bom estado, cerca de 12% (455 ramais) em mau estado e apenas 5% (214 ramais) em estado razoável. Não foram avaliados ramais em muito bom ou muito mau estado.

A figura 5.116 representa graficamente a avaliação do estado dos ramais de ligação. A classificação dada pela EG foi feita por bacia de drenagem e teve em conta o material dos ramais. Genericamente, os ramais em FF e em PPC consideraram-se em bom estado, os ramais em PVC em estado razoável e os ramais em Grés em mau estado.

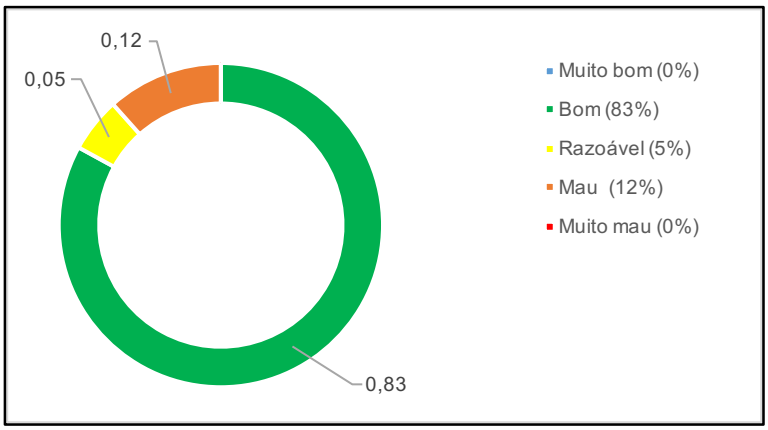


Fig. 5.116 – Representação Gráfica da Avaliação de Estado dos Ramais de Ligação do SAR-Trofa

A avaliação do estado dos coletores e intercetores do SAR-Trofa (PPC; PVC; Grés Cerâmico), resultante do inquérito efetuado (Anexo A8 – tabela A8.1), apresenta-se, de forma completa, na tabela A8.5 (Anexo A8). De acordo com a avaliação efetuada, por material (PPC; PVC; Grés) e globalmente por bacia de drenagem, a maioria dos coletores do SAR-Trofa (59%; 58 887 m) encontra-se em estado razoável, 35% (34 838m) em bom estado e 6% (5 525 m) em mau estado. Não foram avaliados, por bacia, coletores em muito bom ou muito mau estado.

A avaliação realizada tem em conta, em separado, os coletores (PVC, PPC e Grés) e os intercetores (PPC e PEAD). O material PEAD refere-se ao intercetor da Trofa, que se considera em estado razoável, tal como os restantes intercetores em PPC. Relativamente aos coletores, a avaliação efetuada verifica-se mais heterogénia. A figura 5.117 representa graficamente a síntese da avaliação do estado dos coletores e intercetores do SAR-Trofa.

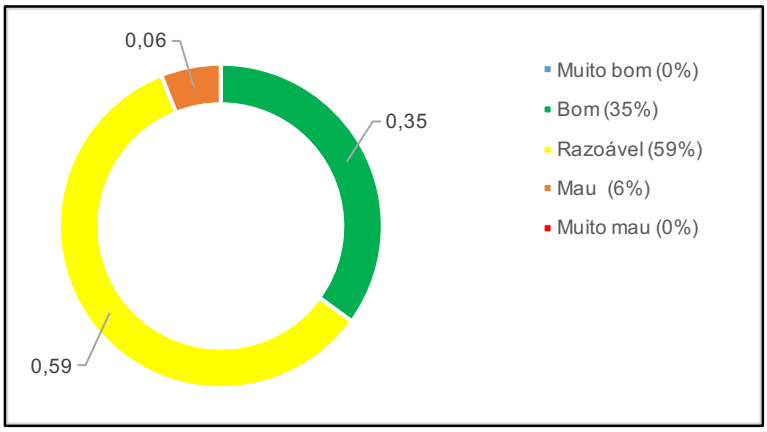


Fig. 5.117 – Representação Gráfica da Avaliação de Estado dos Coletores e Intercetores do SAR-Trofa

Relativamente às câmaras de visita do SAR-Trofa, no seguimento do inquérito efetuado à EG (Anexo A8 – figura A8.2) e dos resultados completos obtidos (Anexo A8 – tabela A8.6), refere-se o seguinte: a maior percentagem de câmaras de visita (42%; 1 187 CV) encontra-se em mau estado, seguindo-se, sequencialmente e de forma decrescente, as que se encontram em bom estado (32%; 897 CV) e em estado razoável (26%; 743 CV). Não foram avaliadas câmaras de visita em muito bom ou muito mau estado.

Na figura 5.118, representa-se graficamente a síntese global da avaliação realizada às câmaras de visita do SAR-Trofa. Procedeu-se à avaliação por bacia de drenagem, sendo dada uma classificação média global às câmaras de visita de cada uma das bacias. A construção dos resultados finais do SAR-Trofa baseia-se na classificação e no número de câmaras de visita por bacia de drenagem.

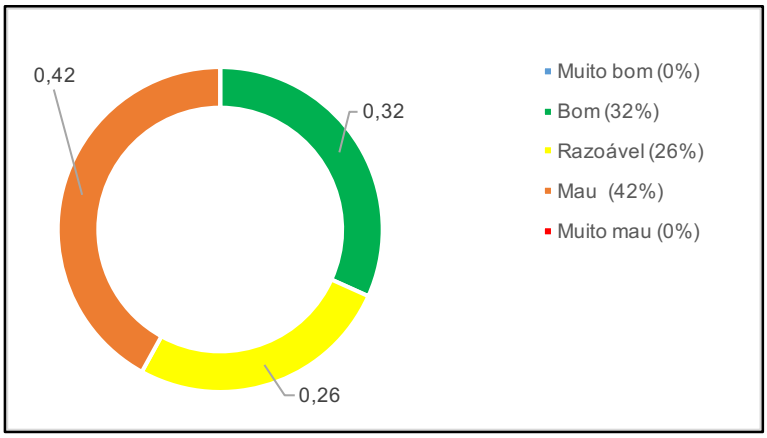


Fig. 5.118 – Representação Gráfica da Avaliação de Estado das Câmaras de Visita do SAR-Trofa

Em relação às instalações elevatórias (IE), cujo inquéritol levado a cabo (figura A8.4) e resultados completos da avaliação (tabela A8.8) se incluem no anexo A8, a classificação efetua-se, separadamente, para construção civil e equipamentos. A representação gráfica da avaliação concretizada apresenta-se na figura 5.119, que evidencia que, globalmente, as IE do SAR-Trofa se encontram em bom estado de conservação.

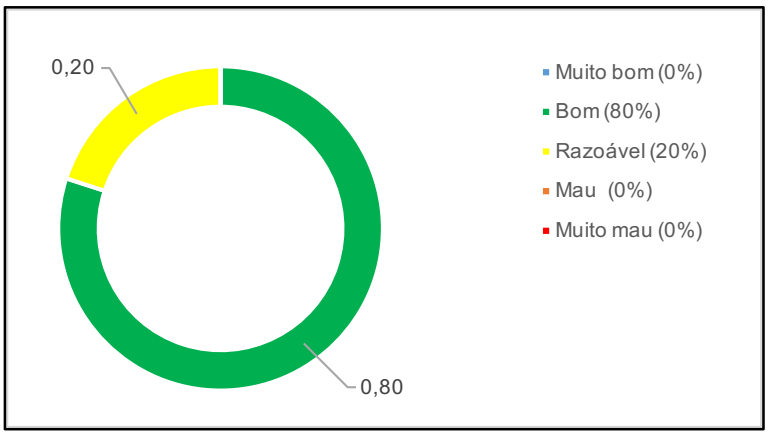


Fig. 5.119 – Representação Gráfica da Avaliação de Estado (Construção Civil e Equipamentos) das Instalações Elevatórias do SAR-Trofa

5.3.2.2. Desempenho

Relativamente ao desempenho das infraestruturas do SAR-Trofa, no âmbito da aplicação desta metodologia, avaliam-se as seguintes componentes:

- Ramais de ligação (funcionamento e adequação de acessórios);
- Coletores e intercetores (funcionamento e adequação de acessórios);
- Câmaras de visita (funcionamento e acessibilidade);

- Instalações elevatórias (capacidade de elevação e eficiência energética).

A avaliação de desempenho dos ramais de ligação do SAR-Trofa (Anexo A8 – inquérito à EG na figura A8.3 e resultados completos na tabela A8.7) verifica-se semelhante em termos de funcionamento e adequação de acessórios, com 2 579 ramais (66%) a apresentar um desempenho eficaz e 1 346 (34%) um desempenho eficiente. Globalmente, por bacia de drenagem, não foram avaliados ramais de ligação com níveis de desempenho excelentes, pré-eficazes ou ineficazes. Na figura 5.120 inclui-se uma representação gráfica da avaliação de desempenho (funcionamento e adequação de acessórios) dos ramais de ligação do SAR-Trofa.

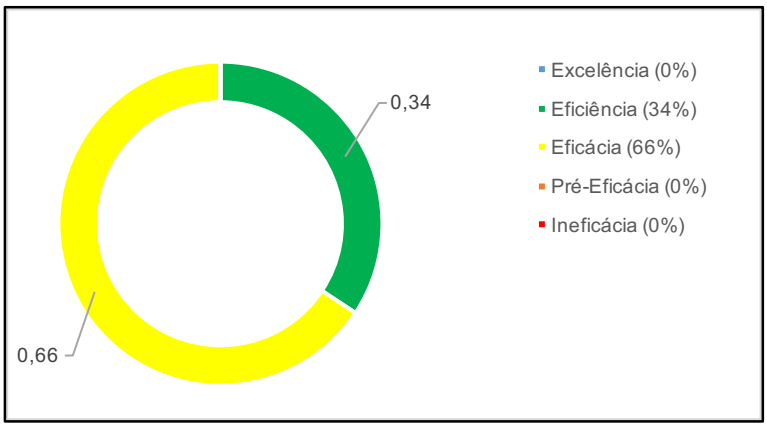


Fig. 5.120 – Representação Gráfica da Avaliação do Desempenho (Funcionamento e Adequação de Acessórios) dos Ramais de Ligação do SAR-Trofa

Relativamente à avaliação de desempenho dos coletores e intercetores do SAR-Trofa, no que se refere ao seu funcionamento e à adequação dos seus acessórios, no anexo A8, apresentam-se o inquérito efetuado à EG (figura A8.1 – Anexo A8) e os resultados completos da avaliação (tabela A8.5 – Anexo A8), por bacia de drenagem. Com base na classificação atribuída a cada bacia de drenagem, tendo em conta a extensão de coletores e intercetores nessa bacia, procedeu-se à ponderação para a globalidade do SAR-Trofa.

A figura 5.121 representa graficamente os resultados da avaliação do funcionamento feita aos intercetores e coletores do SAR-Trofa. Em termos de funcionamento, cerca de 58% (57 127 m) dos coletores apresentam um funcionamento eficaz, 18% (18 190 m) um funcionamento pré-eficaz e 24% (23 934 m) um funcionamento eficiente. Não se avaliaram, por bacia de drenagem, coletores com um funcionamento excelente ou ineficaz.

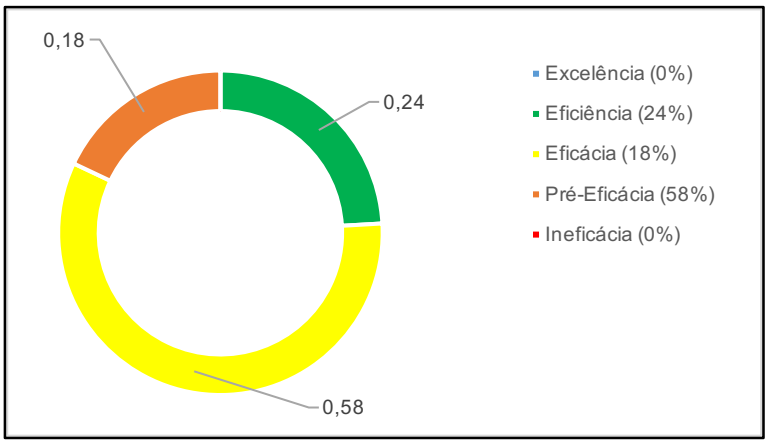


Fig. 5.121 – Representação Gráfica da Avaliação do Desempenho (Funcionamento) dos Coletores e Intercetores do SAR-Trofa

No que se refere à adequação dos acessórios, o desempenho do coletores e intercetores do SAR-Trofa avaliam-se de acordo com a representação gráfica da figura 5.122. Nesta componente, a maioria dos coletores do SAR-Trofa (53%; 52 633 m) é avaliada com um desempenho eficiente, seguindo-se 30% (30 231 m) com desempenho eficaz e 17% (16 386 m) com desempenho pré-eficaz. Tal como no caso do funcionamento, não foram avaliados coletores e intercetores com os níveis excelente ou ineficaz.

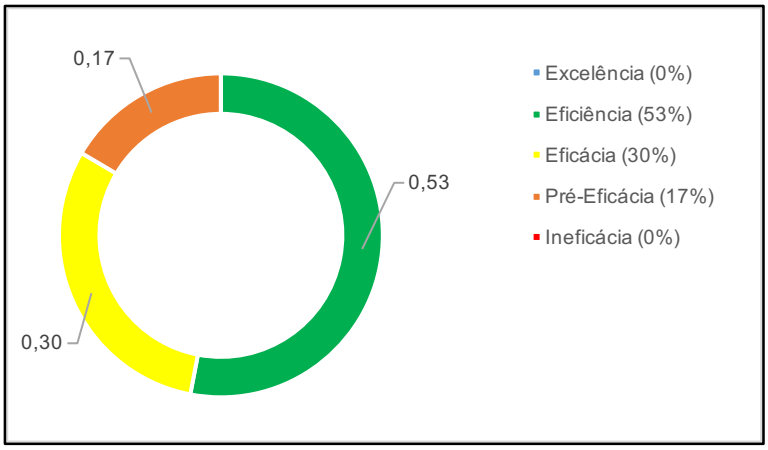


Fig. 5.122 – Representação Gráfica da Avaliação do Desempenho (Adequação de Acessórios) dos Coletores e Intercetores do SAR-Trofa

As câmaras de visita do SAR-Trofa também se avaliam no âmbito da aplicação da metodologia de GOIH ao SAR-Trofa (Anexo A8: inquérito à EG na figura A8.2 e resultados completos na tabela A8.6), no que diz respeito ao seu funcionamento e à adequação dos seus acessórios. A figura 5.123 representa graficamente a síntese da avaliação efetuada ao funcionamento das câmaras de visita. A maioria das câmaras de visita (57%; 1 621 CV) apresentam um desempenho eficaz, seguindo-se o nível de eficiência, com cerca de 25% (714 CV), e o nível de pré-eficácia, com 18% (492 CV). Os níveis de excelência e ineficácia não foram registados pela EG na classificação das câmaras de visita por bacia de drenagem.

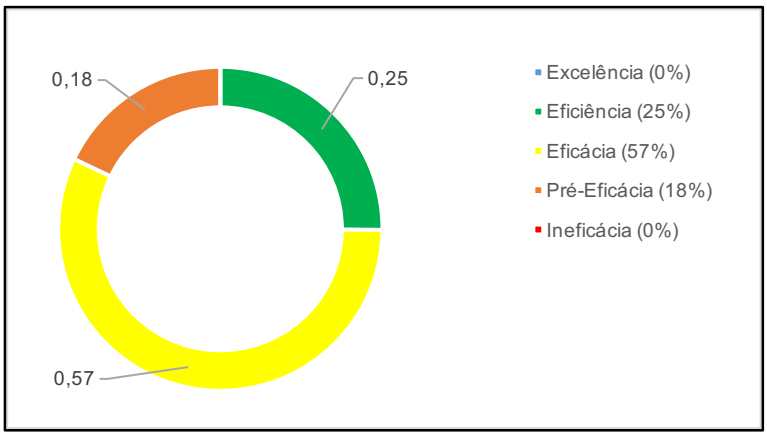


Fig. 5.123 – Representação Gráfica da Avaliação do Desempenho (Funcionamento) das Câmaras de Visita do SAR-Trofa

Em relação ao desempenho em termos de acessibilidade a câmaras de visita do SAR-Trofa (figura 5.124), a maioria destas avalia-se com um desempenho eficiente (55%; 1 560 CV), seguindo-se o desempenho eficaz (29%; 804 CV) e o desempenho pé-eficaz (16%; 463 CV).

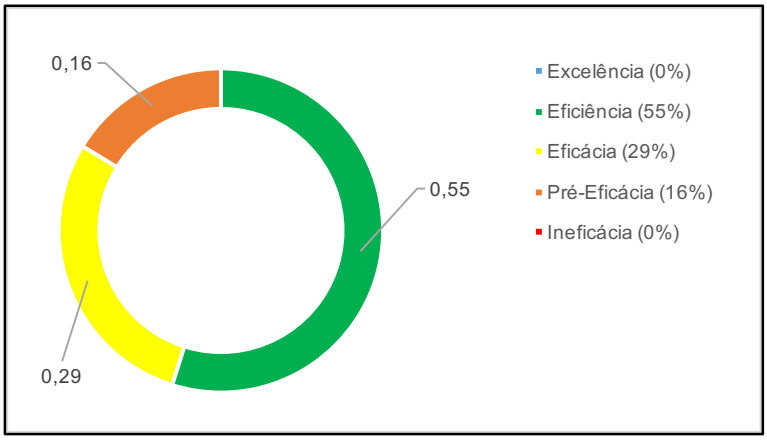


Fig. 5.124 – Representação gráfica da Av. Desempenho (Acessibilidade) das Câmaras de Visita do SAR-Trofa

Relativamente às instalações elevatórias (IE) do SAR-Trofa, e de acordo com o inquérito efetuado à EG (Anexo A8 – figura A8.4), a avaliação de desempenho incide na capacidade de elevação e na eficiência energética, com os resultados completos apresentados na tabela A8.8 (Anexo A8). A capacidade de elevação considera-se, para todas as IE do SAR-Trofa, eficiente, tal como representado, de forma indicativa, na figura 5.125.

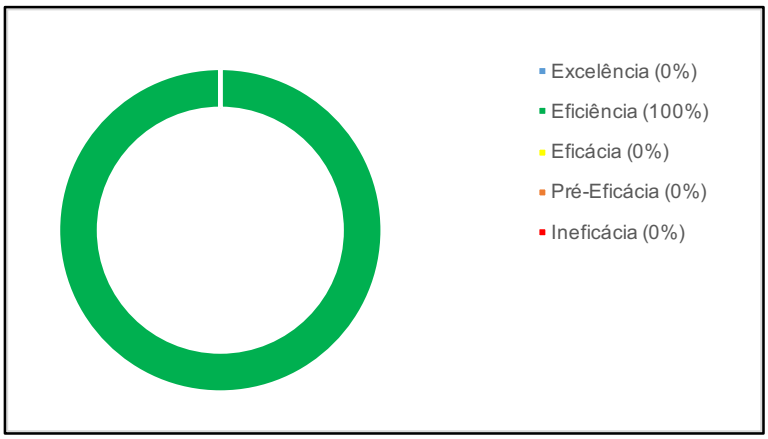


Fig. 5.125 – Representação Gráfica da Av. do Desempenho (Capacidade de Elevação) das IE do SAR-Trofa

Em relação à eficiência energética, uma IE (Rua das Trincheiras) considerou-se eficaz, sendo todas as outras (80%; 4 EE) avaliadas como eficientes. A figura 5.126 representa graficamente a síntese desta avaliação.

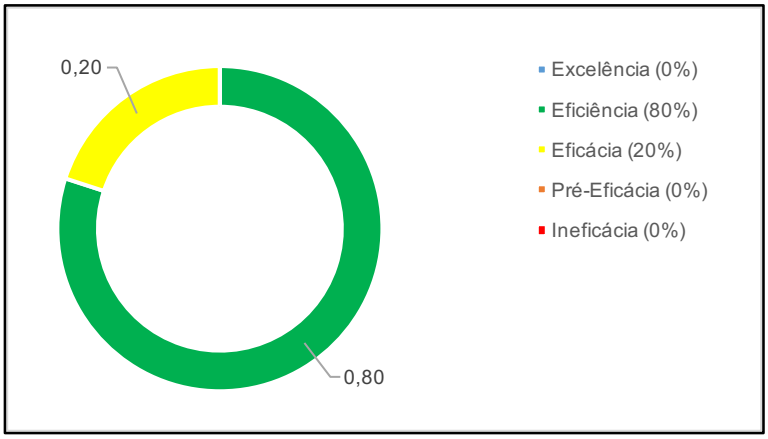


Fig. 5.126 – Representação Gráfica da Avaliação do Desempenho (Eficiência Energética) das IE do SAR-Trofa

5.3.2.3. Custo

No que diz respeito ao custo das infraestruturas do SAR-Trofa, avaliam-se patrimonialmente (vida útil; vida residual; custo de substituição; valor atual; IVI) as seguintes componentes:

- Ramais de ligação;
- Coletores e intercetores;
- Câmaras de visita;
- Instalações elevatórias (IE).

A avaliação do custo das infraestruturas do SAR-Trofa efetua-se de acordo com a metodologia descrita no Capítulo 4 – Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas, em consonância com a avaliação de estado e com a estimativa de custos de construção de infraestruturas hidráulicas considerados.

A versatilidade da metodologia proposta pretende que seja possível utilizar os custos de reabilitação e reforço de infraestruturas hidráulicas que se entendam mais adequados a cada caso de aplicação prática. No caso do SAR-Trofa, os custos de referência utilizados seguem a base preconizada no Guia de Custos da ERSAR (Covas *et. al*, 2018) e as informações facultadas pela EG. De acordo com os elementos disponibilizados, para as câmaras de visita considera-se um valor médio para custo de substituição global de 500 € por unidade.

No Anexo A8, reunem-se as informações completas sobre a avaliação patrimonial efetuada às infraestruturas do SAR-Trofa: tabela A8.9 – coletores e intercetores; tabela A8.10 – câmaras de visita; tabela A8.11 – ramais de ligação; tabela A8.12 – instalações elevatórias (IE). Neste ponto, apresentam-se os dados sistematizados dessa avaliação.

A avaliação dos custos dos ramais de ligação sintetiza-se na tabela A8.13 (Anexo A8). Estima-se um valor global de 834 064 € para a substituição dos 3 925 ramais de ligação do SAR-Trofa, um valor atual de 619 624 € e um IVI de 0,74.

A tabela A8.14 (Anexo A8) resume a avaliação de custo dos coletores e intercetores do SAR-Trofa, para os quais se estima um valor global de substituição de 4 545 949 € e um valor atual de 2 952 769 €, correspondentes a um IVI de 0,65. A avaliação realizou-se por bacia de drenagem, com base na avaliação de estado feita, considerando-se os diferentes materiais existentes.

Em relação às câmaras de visita, a avaliação de custo efetuada, cuja síntese se inclui na tabela A8.15 (Anexo A8), aposta um custo de substituição de 1 413 500 € para as 2 827 câmaras de visita do SAR-Trofa, com um valor atual de 819 100 € e um IVI de 0,58.

As instalações elevatórias do SAR-Trofa avaliam-se com um custo de substituição global de 272 288 €, um valor atual de 206 384 € e um IVI de 0,76. A tabela A8.16 (Anexo A8) sintetiza a avaliação de custo levada a cabo.

A tabela 5.27 mostra a síntese da avaliação de custo das infraestruturas do SAR-Trofa. De acordo com a estimativa efetuada, a globalidade das infraestruturas do SAR-Trofa apresenta um custo de substituição de, aproximadamente, 7 065 802 €. O valor atual destas infraestruturas estima-se em cerca de 4 597 877 €, com um IVI à volta de 0,65.

Tabela 5.27 – Síntese da Avaliação do Custo das Infraestruturas do SAR-Trofa

	Custo Substituição	Valor Atual	IVI
Ramais de ligação	834 064 €	619 624 €	0,74
Intercetores e Coletores	4 545 949 €	2 952 769 €	0,65
Câmaras de Visita	1 413 500 €	819 100 €	0,58
Instalações Elevatórias	272 288 €	206 384 €	0,76
Total	**7 065 802 €**	**4 597 877 €**	**0,65**

5.3.2.4. Risco

A avaliação do risco das infraestruturas do SAR-Trofa, através de inquéritos relacionados com a probabilidade de ocorrência de determinados eventos, tendo em conta as seguintes componentes:

- Ramais de ligação (obstrução e afluências pluviais);
- Coletores e intercetores (obstrução; afluências pluviais; colapso);

- Câmaras de visita (obstrução; afluências pluviais; ambiente e segurança);
- Instalações elevatórias (interrupção de serviço; afluências pluviais; ambiente e segurança).

No anexo A8, as tabelas A8.5, A8.6, A8.7 e A8.8 incluem a totalidade dos resultados da avaliação efetuada, respetivamente, a coletores e intercetores, a câmaras de visita, a ramais de ligação e a instalações elevatórias (IE). Pela mesma ordem, os respetivos inquéritos à EG encontram-se no mesmo anexo, nas figuras A8.1, A8.2, A8.3 e A8.4.

No que se refere à probabilidade de ocorrência de obstruções, representada graficamente na figura 5.127, apenas foram avaliados dois níveis de probabilidades, a média, com 67% (2 647 ramais) e a baixa, com 33% (1 278 ramais).

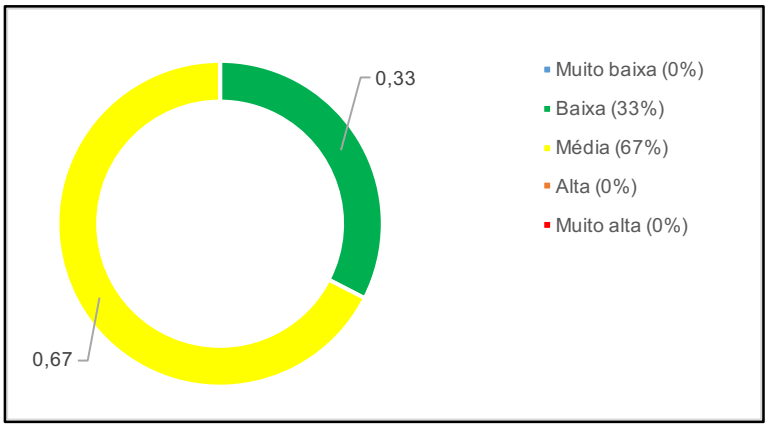


Fig. 5.127 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Obstrução) dos Ramais de Ligação do SAR-Trofa

Relativamente ao risco de afluências pluviais, as probabilidades de ocorrência distribuem-se da seguinte forma, sequencialmente e de forma decrescente: 41% (1 604 ramais) com probabilidade alta; 36% (1 417 ramais) com probabilidade muito alta; 19% (754 ramais) com probabilidade baixa; 4% (150 ramais) com probabilidade média. A figura 5.128 representa graficamente as probabilidades de ocorrência de afluências pluviais em ramais de distribuição.

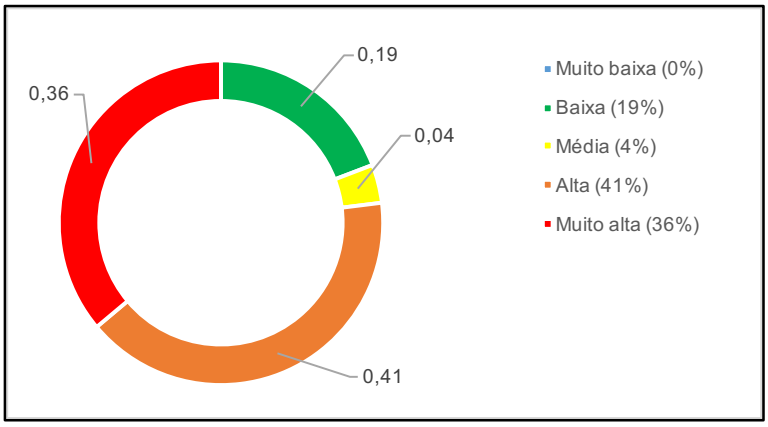


Fig. 5.128 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Afluências Pluviais) dos Ramais de Ligação do SAR-Trofa

A figura 5.129 representa graficamente o risco (probabilidade de ocorrência de obstrução) dos coletores do SAR-Trofa. A maioria dos coletores (58%; 57 544 m) apresenta uma probabilidade de ocorrência de obstruções média, seguindo-se a probabilidade de ocorrência baixa (27%; 26 856 m) e a probabilidade de ocorrência alta (15%; 14 850 m). Os níveis de probabilidade muito baixa e muito alta não foram considerados na avaliação efetuada pela EG.

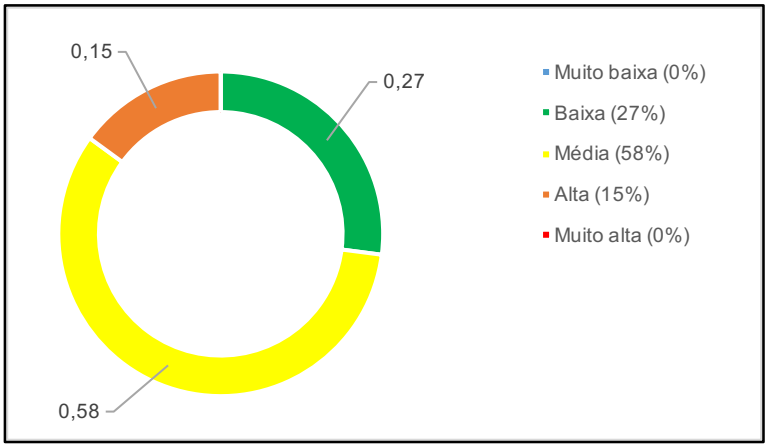


Fig. 5.129 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Obstrução) dos Coletores e Intercetores do SAR-Trofa

A probabilidade de ocorrência de afluências pluviais em coletores e intercetores do SAR-Trofa representa-se graficamente na figura 5.130. No caso das afluências pluviais, a avaliação efetuada com base nos inquéritos à EG aponta num sentido mais gravoso do que as obstruções, realçando-se que cerca de 61% (60 754 m) dos coletores e intercetores apresentam uma probabilidade alta e 27% (26 891 m) muito alta. Apenas 9% (8 663 m) dos coletores e intercetores do SAR-Trofa revelam uma probabilidade média, e somente 3% (2 942 m) uma probabilidade baixa.

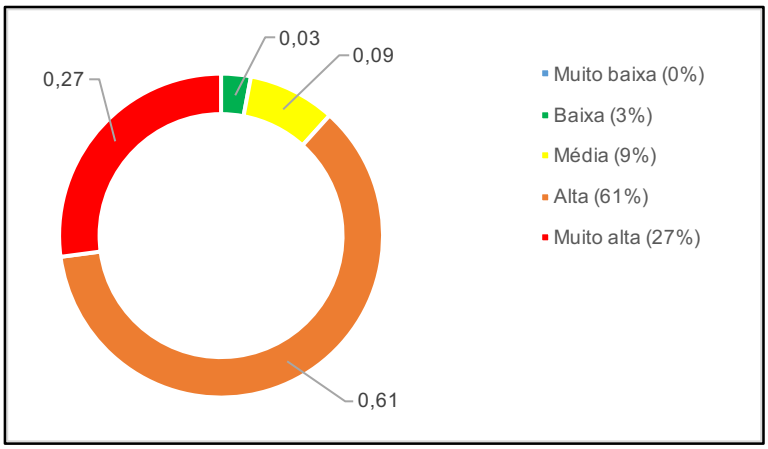


Fig. 5.130 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Afluências Pluviais) dos Coletores e Intercetores do SAR-Trofa

Em relação à ocorrência de colapsos, a maior percentagem (44%; 43 780 m) da avaliação aponta no sentido de uma probabilidade média de ocorrência, seguindo-se as seguintes: 41% (40 621 m) de probabilidade de ocorrência baixa; 15% (14 850 m) de probabilidade de ocorrência alta. A figura 5.131 representa graficamente a probabilidade de ocorrência de colapsos nos coletores e intercetores do SAR-Trofa.

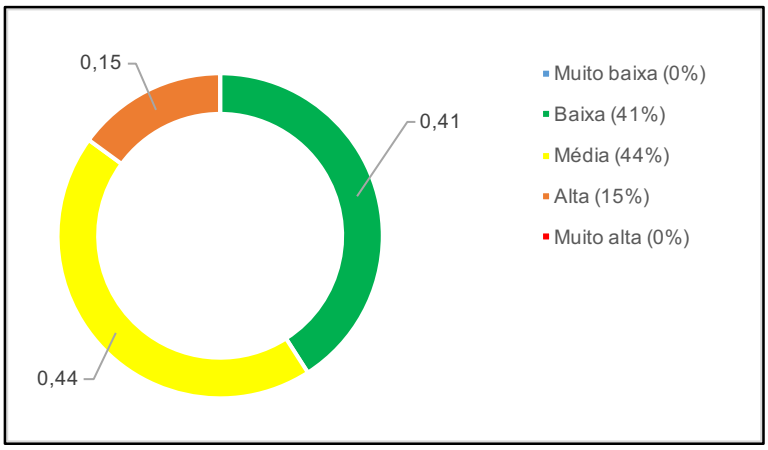


Fig. 5.131 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Colapso) dos Coletores e Intercetores do SAR-Trofa

Relativamente às câmaras de visita, a avaliação de risco (probabilidade de ocorrência) incide nas seguintes componentes: obstruções; afluências pluviais; ambiente e segurança. A figura 5.132 representa graficamente a probabilidade de ocorrência de obstruções nas câmaras de visita do SAR-Trofa. De acordo com a avaliação efetuada, cerca de 58% (1 651 CV) das câmaras de visita apresentam uma probabilidade de obstrução média, 27% (758 CV) uma probabilidade de obstrução baixa e 15% (418 CV) uma probabilidade de obstrução alta. Os níveis de probabilidade muito baixa e muito alta não foram atribuídos nas respostas da EG ao inquérito efetuado.

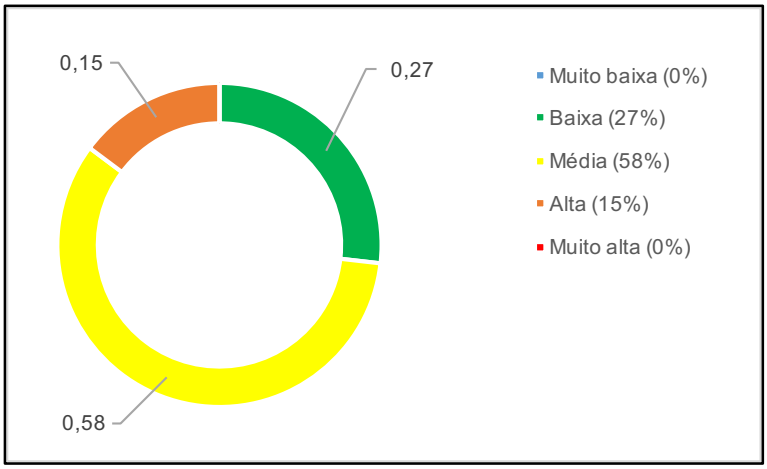


Fig. 5.132 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Obstruções) das Câmaras de Visita do SAR-Trofa

No que se refere ao risco de afluências pluviais, a probabilidade de ocorrência em câmaras de visita do SAR-Trofa, tal como no caso dos coletores, avalia-se de forma mais problemática. Tal como representado graficamente na figura 5.133, cerca de 60% (1 702 CV) das câmaras de visita avaliam-se com uma probabilidade de ocorrência de afluências pluviais alta e 26% (730 CV) com uma probabilidade de ocorrência muito alta. Apenas 10% (270 CV) das câmaras de visita apresentam uma probabilidade de ocorrência média, para e 4% (125 CV), é baixa.

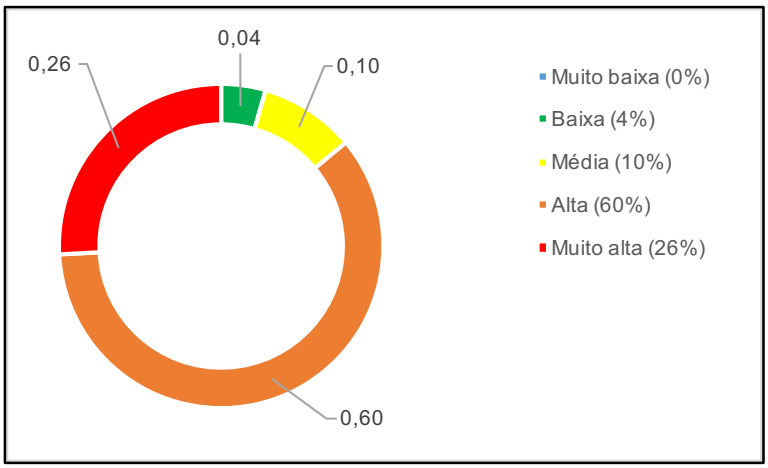


Fig. 5.133 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Afluências Pluviais) das Câmaras de Visita do SAR-Trofa

A probabilidade de ocorrência de acidentes relacionados com ambiente e segurança em câmaras de visita do SAR-Trofa representa-se graficamente na figura 5.134. Em consonância com a avaliação efetuada, cerca de 47% (1 315 CV) das câmaras de visita apresentam uma probabilidade de ocorrência média, 27% (769 CV) uma probabilidade de ocorrência alta e 26% (743 CV) uma probabilidade de ocorrência baixa.

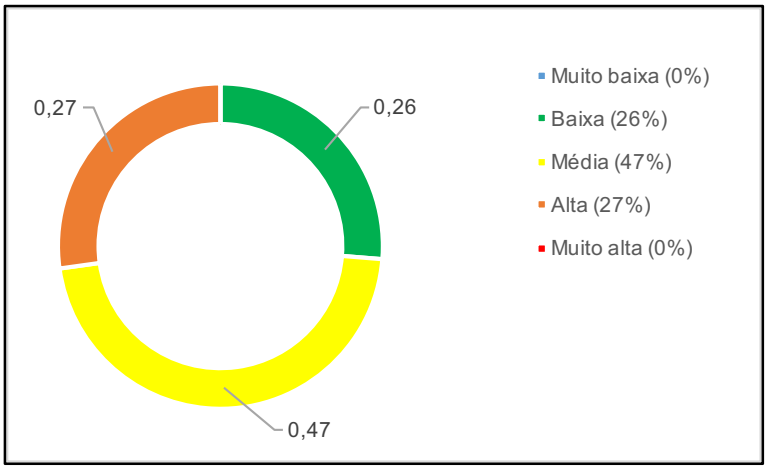


Fig. 5.134 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Acidentes Relacionados com Ambiente e Segurança) das Câmaras de Visita do SAR-Trofa

No âmbito da aplicação da metodologia de GOIH ao SAR-Trofa, particularmente na área operacional de avaliação, o risco associado à IE calcula-se a partir da probabilidade de ocorrência dos seguintes eventos: interrupção de serviço; afluências pluviais; acidentes relacionados com ambiente e segurança.

A figura 5.135 representa graficamente a probabilidade de ocorrência de interrupção de serviço nas IE do SAR-Trofa. Os inquéritos apresentados às EG apenas tiveram respostas em dois níveis, sendo referidas 2 IE (40%) com probabilidade de ocorrência de interrupção de serviço baixa e 3 (60%) com probabilidade de ocorrência de interrupção de serviço média.

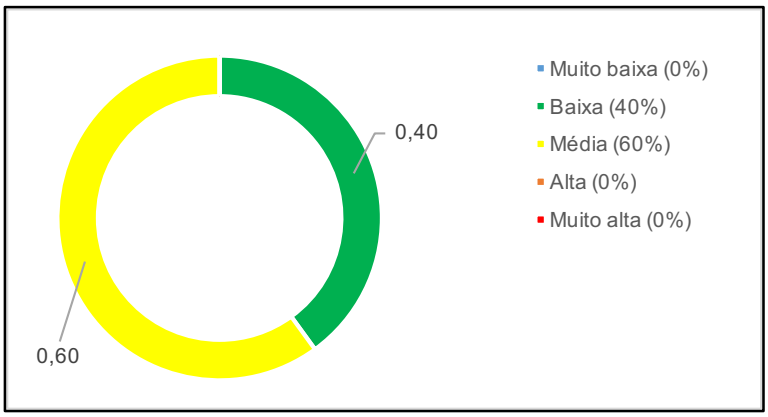


Fig. 5.135 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Interrupção de Serviço) das Instalações Elevatórias do SAR-Trofa

No caso da probabilidade de ocorrência de afluências pluviais, cuja representação esquemática integra a figura 5.136, 2 IE (40%) avaliam-se com probabilidade de ocorrência baixa, outras 2 IE (40%) com probabilidade de ocorrência média, e apenas 1 (20%) com probabilidade de ocorrência elevada.

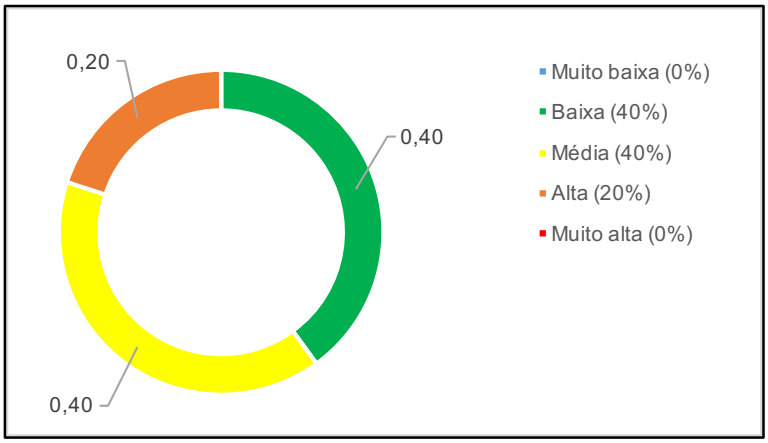


Fig. 5.136 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Afluências Pluviais) das Instalações Elevatórias do SAR-Trofa

Em relação ao risco de acidentes relacionados com ambiente e segurança, 1 IE (20%) avalia-se com probabilidade de ocorrência baixa e as restantes 5 IE (80%) com probabilidade de ocorrência média. A figura 5.137 representa graficamente a avaliação da probabilidade de acidentes relacionados com ambiente e segurança nas IE do SAR-Trofa.

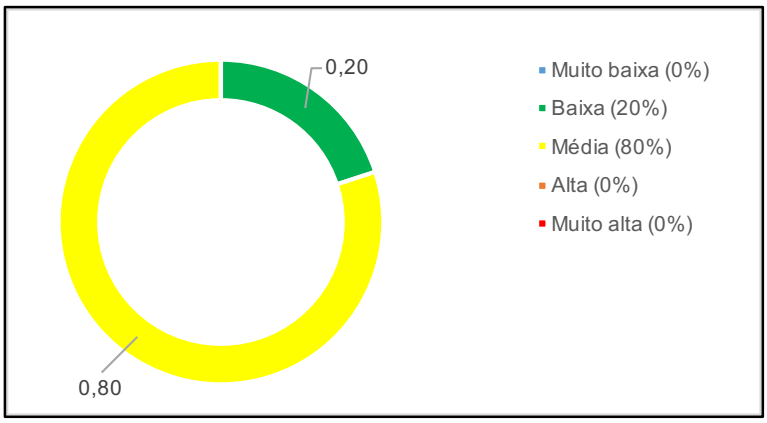


Fig. 5.137 – Representação Gráfica da Avaliação do Risco (Probabilidade de Ocorrência de Acidentes Relacionados com Ambiente e Segurança) das Instalações Elevatórias do SAR-Trofa

A tabela A11.1 (Anexo A11) constitui a matriz de risco que sistematiza a avaliação de risco das infraestruturas hidráulicas do SAR-Trofa, que se efetuou no âmbito da metodologia de GOIH desenvolvida na presente investigação. Analisa-se, seguidamente, de forma sucinta a matriz de risco do SAR-Trofa.

Risco Elevado

Relativamente ao nível de risco elevado, com a necessidade de transferência total ou parcial do risco e de monitorização sistemática, salientam-se, em termos de ambiente e segurança, as câmaras de visita do Intercetor da Trofa, da BD-Intercetor-Covelas-Poente, da BD-9BOU026, BD-9TRO21A, BD-9TRO022 e BD-9TRO040, e as IE Rua Celeiro Campos Costa, Rua da Liberdade, Rua de Santiago e Rua da Ribeira. Igualmente com risco elevado, em termos de interrupção de serviço, indicam-se as IE Rua Celeiro Costa Campos, Rua de Santiago e Rua das Trincheiras. O risco de colapso associado aos coletores da BD-9BOU026 também se considera elevado.

Em relação ainda ao nível de risco elevado, ele surge nas afluências pluviais quando associado a diferentes infraestruturas do SAR-Trofa, designadamente ramais de ligação (BD-9TRO022; BD-9BOU026; BD-9TRO040; BD-9TRO074; BD-Trofa-Prolongamento), coletores e intercetores (Intercetor da Trofa; BD-9TRO022; BDTRO026; BD-TRO040; BD-Trofa-Prolongamento; BD-Covelas-Poente); câmaras de visita (Intercetor da Trofa; BD-9TRO022; BD-9BOU026; BD-9TRO040; BD-Trofa-Prolongamento; BD-Covelas-Poente) e a IE Rua da Ribeira. Uma vez que este nível de risco necessita da sua transferência total ou parcial, no âmbito do controlo das afluência pluviais, as infraestruturas supramencionadas deverão ser consideradas em ações de vistoria e fiscalização, bem como integrar as intervenções com vista ao desvio de águas pluviais das redes de drenagem de águas residuais domésticas.

Risco Intermédio

No que se refere ao risco intermédio, que necessita de ser reduzido e monitorizado especificamente, encontram-se diferentes tipos de risco associados a diversas infraestruturas. Neste nível encontra-se o risco de obstrução em coletores e intercetores (BD-9BOU026; BD-TRO022; BD-9TRO040; BD-9TRO60A; BD-Covelas-Poente), em câmaras de visita (BD-9BOU026; BD-9TRO022; BD-9TRO040; BD-9TRO60A; BD-Covelas-Poente) e em ramais de ligação (BD-9BOU026; BD-9TRO022; BD-

9TRO040; BD-9TRO60A; BD-9TRO074). O risco de colapso dos coletores e intercetores das diversas bacias de drenagem do SAR-Trofa também surgem neste nível de risco.

A interrupção de serviço das IE Rua da Liberdade e Rua da Ribeira, assim como o risco associado ao ambiente e segurança da IE Rua das Trincheiras e às câmaras de visita das bacias de drenagem BD-9BOU016, BD-9TRO013, BD-9TRO027, BD-9TRO60A, BD-9TRO074 e BD-Trofa-Prolongamento, avaliam-se com um risco intermédio. Também com risco intermédio, com necessidade de redução e monitorização específica, referem-se diferentes infraestruturas, designadamente: ramais de ligação (BD-9TRO013; BD-9TRO21A; BD-9TRO027; BD-9BOU016; BD-9TRO60A; BD-Covelas-Poente); coletores e intercetores (BD-TRO013; BD-TRO21A; BD-TRO027; BD-TRO074; BD-BOU016; BD-TRO60A); câmaras de visita (BD-9TRO013; BD-9TRO21A; BD-9TRO027; BD-9TRO074; BD-9BOU016; BD-9TRO60A); IE (Rua de Santiago; Rua das Trincheiras; Rua Celeiro Costa Campos; Rua da Liberdade).

Risco Reduzido

O nível de risco reduzido, que, de acordo com a metodologia, se refere à aceitação do risco e à monitorização através de procedimentos de rotina, surge associado ao risco de obstrução em ramais de ligação (BD-9BOU016; BD-9TRO013; BD-9TRO21A; BD-9TRO027; BD-Trofa-Prolongamento; BD-Covelas-Poente), em coletores e intercetores (Intercetor da Trofa; BD-BOU016; BD-TRO013; BD-TRO21A; BD-TRO027; BD-TRO074; BD-Trofa-Prolongamento) e em câmaras de visita (Intercetor da Trofa; BD-9BOU016; BD-9TRO013; BD-9TRO21A; BD-9TRO027; BD-9TRO074; BD-Trofa-Prolongamento).

5.3.2.5 Ações propostas

No que se refere a ações propostas, no seguimento do anteriormente referido, sugere-se que a avaliação seja permanentemente atualizada e melhorada, no sentido de disponibilizar, ao decisor, a melhor informação devidamente sistematizada. Nesse sentido, propõem-se algumas ações futuras de avaliação do SAR-Trofa:

- Levantamento de ativos mais pormenorizado, considerando o ano de construção e critérios preestabelecidos da condição infraestrutural;
- Elaboração de um plano de GPI;
- Seleção e avaliação de outras componentes do desempenho das infraestruturas;
- Seleção e avaliação de outros riscos associados à exploração das infraestruturas do SAR-Trofa;
- Elaboração de previsões de custos de reabilitação de infraestruturas e respetiva necessidade de investimentos;
- Ferramentas integradas de gestão operacional e atualização cadastral e de desempenho.

5.3.2.6 Apontamento Final

A avaliação de infraestruturas hidráulicas do SAR-Trofa que se aborda no âmbito da presenta investigação segue a estrutura proposta na metodologia (estado; desempenho; custo; risco), incluindo as seguintes componentes deste sistema de drenagem de águas residuais: ramais de ligação; coletores e intercetores; câmaras de visita; instalações elevatórias (IE).

As informações em que se baseia a avaliação de infraestruturas efetuada foram facultadas pela EG, recolhidas através de inquéritos, com cinco níveis de avaliação de estado (muito mau; mau; razoável;

bom; muito bom), de desempenho (ineficaz; pré-eficaz; eficaz; eficiente; excelente) e de risco – probabilidade de ocorrência (muito alta; alta; média; baixa; muito baixa). A tabela A8.17 (Anexo A8) sintetiza as informações da avaliação de infraestruturas hidráulicas do SAR-Trofa. No seguimento da avaliação de estado realiza-se uma avaliação de custo, determinando-se o custo de substituição, o valor atual e o IVI das infraestruturas do SAR-Trofa.

No que diz respeito ao estado das infraestruturas do SAR-Trofa, de acordo com o método de avaliação proposto, em média, os ramais de ligação (2,19) e as instalações elevatórias (2,19) apresentam um estado próximo de bom, e os coletores e intercetores (2,49) e as câmaras de visita (2,55) entre razoável e bom. Salienta-se que, em média, as infraestruturas das bacias de drenagem BD-9TRO022 e BD-9BOU026 se avaliam com um estado mais próximo do razoável, encontrando-se as restantes, globalmente, em melhor estado.

Relativamente ao desempenho das infraestruturas, a avaliação efetuada aponta no sentido de um desempenho que se aproxima mais do eficiente no caso dos ramais de ligação (2,36) e das instalações elevatórias (2,13), e entre o eficaz e o eficiente, mais próximo do eficaz, no caso dos coletores e intercetores (2,19) e das câmaras de visita (2,19). Em termos gerais e em média, indica-se que as bacias de drenagem BD-9TRO022 e BD-9BOU026 apresentam um desempenho pior do que as restantes.

Em relação ao risco, os valores médios de risco obtidos, por infraestrutura, permitem que se ordene, de forma crescente, da seguinte forma: ramais de ligação (7,36); coletores e intercetores (7,52); câmaras de visita (8,45); instalações elevatórias (10,17). Os valores globais de risco poderão ser demasiado genéricos, sugerindo-se a matriz de risco como uma melhor forma de os representar. Tal como no caso do estado e do desempenho, a avaliação feita evidencia que as bacias de drenagem BD-9TRO022 e BD9-BOU026 revelam um risco mais elevado.

No processo de recolha de informações relacionadas com a avaliação das infraestruturas hidráulicas do SAR-Trofa foi possível retirar as conclusões que se sistematizam seguidamente:

- Intercetor da Trofa – o estado geral do intercetor considera-se mau, embora o facto da falta de capacidade de transporte (desempenho) esteja relacionado com a afluência indevida de caudais pluviais;
- Ramais – os principais problemas relacionados com os ramais de ligação domiciliários poderão encontrar-se associados à falta de estanquidade das tampas das CRL e à falta de tamponamento das entradas não utilizadas das CRL;
- BD-BOU026 – rede de drenagem de águas residuais é heterogénea, com câmaras de visita antigas e com redes em Grés Cerâmico (GR);
- BD-TRO013 – rede está próxima de uma linha de água, em zona inundável;
- BD-TRO027 – foram identificados diversos problemas com as tampas das câmaras de visita (golas partidas), em zona de trânsito de pesados significativo;
- BD-TRO040 – rede de drenagem de águas residuais está instalada em zona inundável, com câmaras de visita com profundidade significativa;
- Intercetor Trofa Prolongamento:
    - Há Registo de obstruções em ramais entretanto resolvidas;
    - EE Rua da Ribeira – Existem afluências pluviais em zona baixa;
    - As redes perdias da antiga rede unitária, entretanto corrigida, têm problemas de afluência de caudais pluviais;
- Intercetor Covelas Poente – as câmaras de visita e o intercetor estão num estado de degradação avançado, que se poderá encontrar relacionado com a exposição a valores de ácido sulfídrico muito elevados durante um período de, aproximadamente, um ano.

As câmaras de visita apresentam um valor de IVI entre 40% e 60% (58%), o que poderá significar que estas infraestruturas se encontram estabilizadas, investindo-se, em média, o equivalente à depreciação. Os ramais de ligação e as IE, com um valor de IVI bastante superior a 50%, estas poderão considerar-se infraestruturas jovens ou em crescimento. Os coletores e intercetores, com um IVI de cerca de 65%, posicionam-se numa situação intermédia entre as duas anteriores.

5.3.3. EXPLORAÇÃO

5.3.3.1. Controlo Operacional

Em relação ao controlo operacional do SAR-Trofa, indicam-se as principais rotinas operacionais programadas, atualmente implementadas neste sistema de drenagem de águas residuais:

- Registo sistemático de ocorrências;
- Monitorização IE;
- Verificação de pontos críticos do sistema (*p.ex.*: sifões).

No que se refere ao registo sistemático, incluem-se as ocorrências (Anexo A7 – Fig. A7.10) e os dados de monitorização de IE (Anexo A7 – Fig. A7.11). A estruturação de um processo sistematizado de registo e a organização dos dados possibilitam uma análise operacional dos principais problemas e ações a implementar no sistema.

A monitorização das IE apresenta, atualmente, uma periodicidade semanal, e inclui as ações programadas das infraestruturas hidráulicas, com o registo de consumos energéticos e com as ações de limpeza das diferentes componentes (*p.ex.*: remoção de gradados). A verificação contínua destas infraestruturas possibilita a identificação atempada de problemas que poderão colocar em causa a continuidade de funcionamento destas infraestruturas.

Relativamente à verificação dos pontos críticos do sistema (*p.ex.*: sifões), rotina sem periodicidade definida, realça-se a particular relevância de manter estes pontos controlados, pela influência que poderão ter no adequado funcionamento do sistema.

5.3.3.2. Resposta a Ocorrências

Em relação à resposta a ocorrências, consideram-se as informações disponibilizadas relativamente às equipas operacionais da EG e dos prestadores externos que operam no sistema através dos contratos atualmente em vigor. A síntese das informações relativas aos meios disponíveis para resposta a ocorrências possibilita a otimização da resposta e alocação de meios.

O IRO, determinado para o SAR-Trofa (tabela 5.116), por bacia de drenagem, com base na extensão de rede, no número de clientes e no volume entregue em alta (VEA), poderá representar um indicador dos locais com particular relevância, constituindo um instrumento expedito de planeamento e gestão de equipas operacionais, designadamente:

- Equipa de prevenção da Águas do Norte (atuação 24h);
- Equipa de execução de desobstruções do Prestador Externo (tempo de mobilização até 2h).
- Equipa de execução de roturas do Prestador Externo.

Na tabela 5.28 sistematizam-se os dados associados ao cálculo do IRO, de acordo com o estabelecido no Capítulo 4 – Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas.

Tabela 5.28 – Índice de Relevância Operacional nas Bacias de Drenagem do SAR-Trofa

	Índice de Relevância Operacional - IRO						
Bacia de Drenagem	**Extensão** (km)		**Clientes** (un)		**VEA** (m^3)		**Global**
BD 9BOU016	1 734	0,02	219	0,05	6 363	0,00	**0,02**
BD BOU026	14 850	0,15	524	0,13	*398 801*	0,24	**0,17**
BD 9TRO013	1 379	0,01	12	0,00	2 741	0,00	**0,01**
BD 9TRO21A	428	0,00	6	0,00	623	0,00	**0,00**
BD 9TRO022	26 891	0,28	2 219	0,53	*1 169 647*	0,71	**0,51**
BD 9TRO027	1 108	0,01	20	0,00	3 979	0,00	**0,01**
BD 9TRO040	5 385	0,06	104	0,02	12 918	0,01	**0,03**
BD 9TRO60A	1 209	0,01	24	0,01	3 793	0,00	**0,01**
BD Trofa Prolongamento	13 120	0,14	449	0,11	20 698	0,01	**0,09**
BD 9TRO074	5 748	0,06	270	0,06	*12 151**	0,01	**0,04**
BD Covelas Poente	24 059	0,25	344	0,08	*15 482**	0,01	**0,11**
	95 911		**4 191**		**1 647 196**		

** O volume faturado (VEA) nestes dois PE é calculado de forma conjunta. A divisão efetuou-se com a proporção do número de clientes.*

A representação gráfica do IRO inclui-se na figura 5.138, onde se pode verificar que a BD-9TRO022 apresenta o valor mais elevado deste índice, o que realça a relevância operacional desta bacia de drenagem. O valor de 0,51 de IRO (BD-9TRO022), superior ao dobro de qualquer um dos determinados para as restantes bacias de drenagem, revela o particular peso desta bacia em termos operacionais. Sequencialmente, de forma decrescente, seguem-se as seguintes bacias: BD-9BOU026, BD-Covelas-Poente e BD-Trofa-Prolongamento. As restantes apresentam valores inferiores a 0,05.

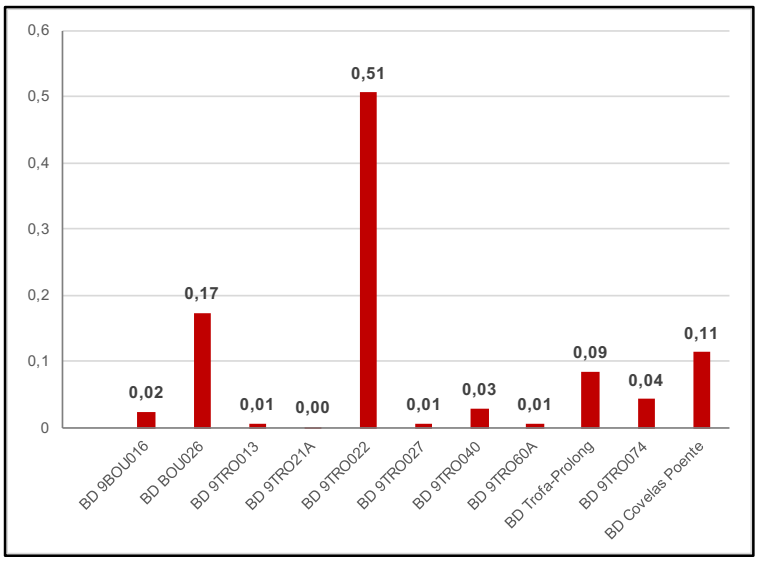


Fig. 5.138 – Representação Gráfica do Índice de Relevância Operacional nos Subsistemas do SAR-Trofa

No que se refere às ações operacionais efetuadas por prestadores de serviços externos, os contratos atualmente em vigor respondem às questões relacionadas com obstruções, roturas, colapsos, desmatações e controlo de pragas (*p.ex.*: desbaratização; desratização). A figura 5.139 refere-se ao registo fotográfico da reparação de uma rotura num coletor da rede de drenagem de águas residuais, efetuada por prestador externo, no concelho da Trofa.



Fig. 5.139 – Reparação de rotura em coletor, no concelho da Trofa

5.3.3.3. Informação: Dados Reais

A unidade operacional "Informação – Dados Reais" integra a área operacional de exploração e, no âmbito da aplicação da metodologia desenvolvida nesta investigação ao SAR-Trofa, inclui a sistematização e análise dos seguintes registos de exploração:

- Caraterísticas e consumos energéticos de IE;
- Obstruções;
- Volumes faturados em alta;
- Volumes medidos.

Na tabela A9.2 (Anexo A9) sintetizam-se as caraterísticas gerais das IE do SAR-Trofa (*p.ex.*: altura manométrica; caudal bombado; potência; consumo energético anual).

Os consumos energéticos das cinco IE do SAR-Trofa encontram-se representados graficamente na figura 5.140. Verifica-se que a IE com um consumo energético anual mais elevado é a IE Rua da Liberdade (BD-9TRO022), com um valor de cerda do dobro do que se segue, de forma decrescente, a IE Rua das Trincheiras (BD-9TRO074). As restantes, sequencialmente e de forma decrescente, apresentam a seguinte ordem: IE Rua de Santiago (BD-9TRO027); IE Rua Celeiro Costa Campos (BD-9TRO022); IR Rua da Ribeira (BD-Trofa-Prolongamento).

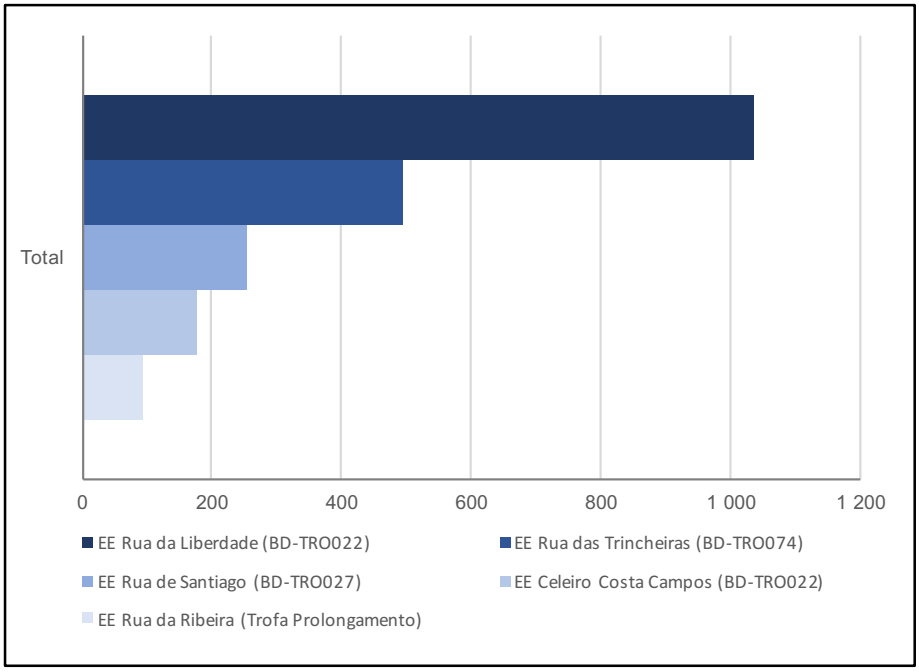


Fig. 5.140 – Representação Gráfica dos Consumos Energéticos Anuais (kWh) das IE do SAR-Trofa (ano: 2018)

A figura 5.141 integra uma representação gráfica da distribuição mensal dos consumos energéticos das IE do SAR-Trofa. Relativamente à IE da Rua da Liberdade, verifica-se um aumento do consumo energético mensal a partir abr/18 que a faz ultrapassar todas as outras e a torna a IE com maior consumo energético anual, situação para a qual ainda não se encontrou justificação.

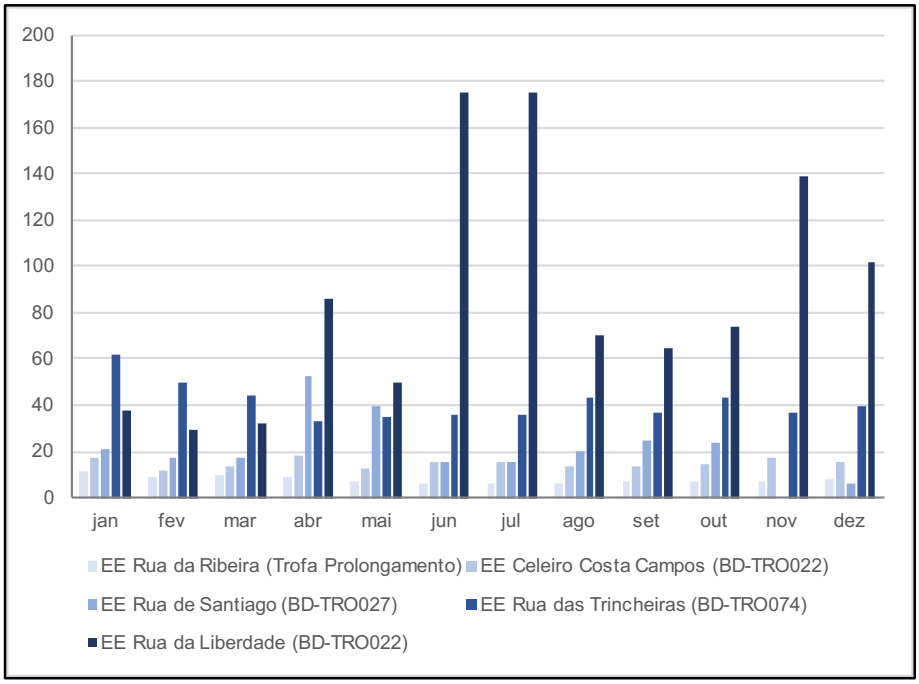


Fig. 5.141 – Representação Gráfica dos Consumos Energéticos Mensais (kWh) das IE do SAR-Trofa (ano: 2018)

A análise das obstruções, por bacia de drenagem do SAR-trofa efetua-se em 5.3.3.4. Gestão Informada pelo Risco. Globalmente, em 2018, verificou-se uma redução de cerca de 14% nas obstruções registadas. A figura 5.142 representa graficamente a distribuição mensal de obstruções no concelho da Trofa.

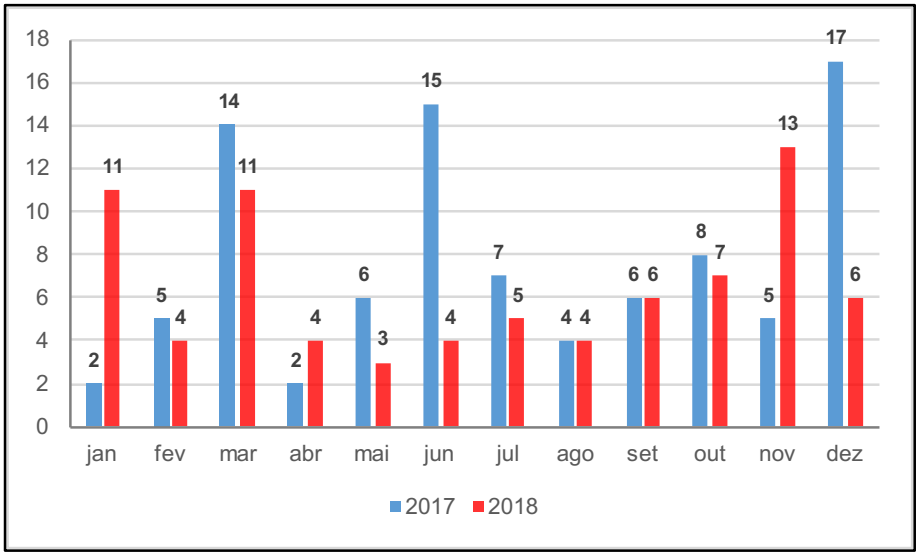


Fig. 5.142 – Representação Gráfica da Distribuição Mensal de Obstruções Ocorridas no Concelho da Trofa no Biénio 2017- 2018

No que se refere aos volumes faturados pela EG em alta, relativamente às redes de drenagem de águas residuais do SAR-Trofa, por bacia de drenagem, a tabela 5.29 sistematiza os dados relativos ao quinquénio 2014-2018. As bacias de drenagem BD-Intercetor-Bougado e BD-9TRO022, que se abordam com mais especificidade no decorrer da investigação, correspondem a locais onde, a partir do início do ano de 2018, se iniciou a medição de volumes, através da instalação de medidores de caudal em dois pontos de entrega das redes municipais em baixa (exploradas pela Águas do Norte, S.A.) ao Intercetor da Trofa (explorado pela TRATAVE), nomeadamente nos PE-9BOU026 e PE-9TRO022. A quantificação das restantes bacias de drenagem efetuou-se por estimativa, apresentando um comportamento constante no quinquénio 2014-2018.

Tabela 5.29 – Volumes quantificados por Bacia de Drenagem do SAR-Trofa, no Quinquénio 2014-2018

	2014	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
BD-Intercetor-Bougado	*294 920*	*245 675*	*222 162*	*221 555*	*405 164*
BD 9TRO013	2 741	2 741	2 749	2 741	2 741
BD 9TRO21A	623	623	624	623	623
BD 9TRO022	*293 095*	*293 095*	*328 780*	*352 590*	*1 105 501*
BD 9TRO027	3 944	3 979	3 990	3 979	3 979
BD 9TRO040	11 574	12 918	12 954	12 918	12 918
BD 9TRO60A	3 740	3 793	3 804	3 793	3 793
BD 9TRO074	25 183	27 633	27 708	27 633	27 633
BD Intercetor Trofa Prolongamento	19 930	20 698	20 754	20 698	20 698
Total	655 750	611 155	623 525	646 530	1 583 050

Em relação ao PE do Intercetor do Bougado, a evolução dos volumes anuais quantificados (figura 5.143) aponta no sentido de um aumento significativo no ano de 2018. Neste ano, relativamente ao ano de 2017, verifica-se um aumento de cerca de 83% (183 609 m^3).

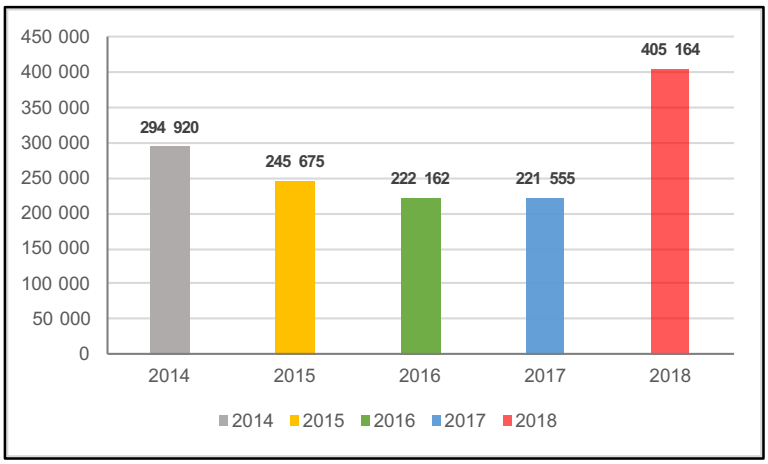


Fig. 5.143 – Representação Gráfica dos Volumes quantificados na Bacia de Drenagem BD Intercetor do Bougado, no Quadriénio 2014-2018

No que se refere à bacia de drenagem BD-9TRO022, os volumes anuais faturados pela EG em alta, correspondentes aos volumes das redes de drenagem de águas residuais em baixa que drenam desta bacia para o Intercetor da Trofa (IT) e representados graficamente na figura 5.144, apresentam uma evolução semelhante aos do PE do Intercetor do Bougado, com um aumento significativo no ano de 2018. Nesta bacia de drenagem, o aumento do volume faturado pelos efluentes drenados pelas redes municipais em baixa foi de 752 911 m^3, correspondente a uma variação de cerca de 214%, relativamente ao volume faturado no ano de 2017.

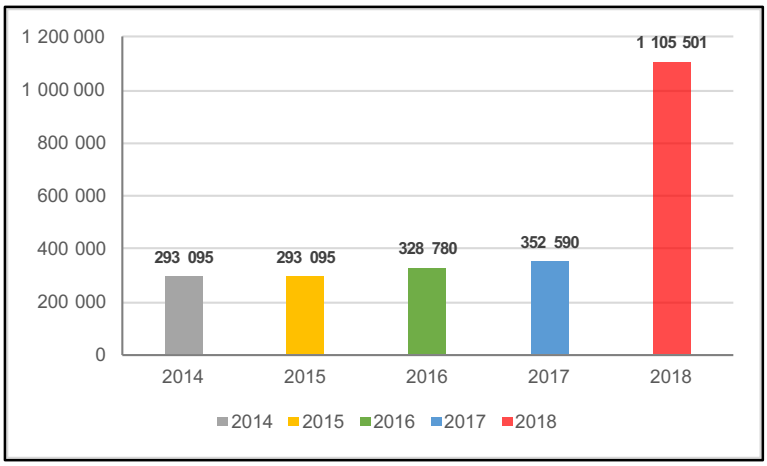


Fig. 5.144 – Representação Gráfica dos Volumes quantificados na Bacia de Drenagem BD 9TRO022, no Quadriénio 2014-2018

A evolução dos volumes faturados em alta, na globalidade do SAR-Trofa, representa-se graficamente na figura 5.145. A tendência de aumento dos volumes faturados nas bacias de drenagem BD-9TRO022 e BD-9BOU026, no ano de 2018, relativamente aos anos anteriores, reflete-se no volume total faturado no SAR-Trofa. Verifica-se um aumento de 948 810 m^3, relativamente à média do quadriénio 2014-2017, associado à instalação de medição nas duas bacias de drenagem referidas, com efeito a partir do início

do ano de 2018. Até então, a quantificação em alta efetuava-se com recurso a estimativas de volumes, com base no número de clientes por bacia.

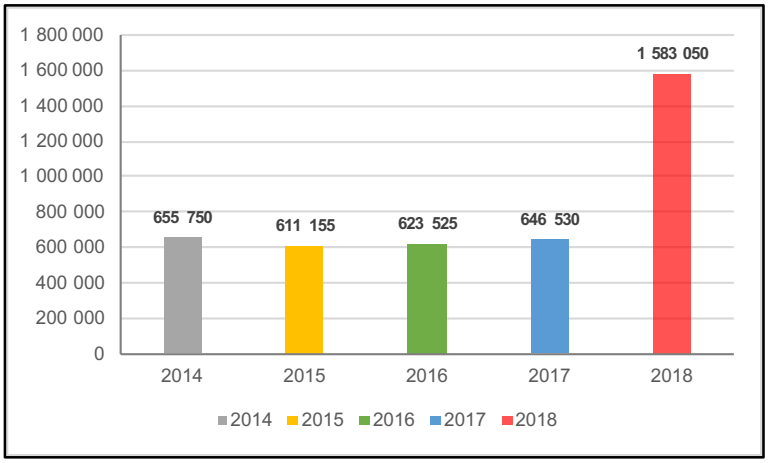


Fig. 5.145 – Representação Gráfica dos Volumes quantificados nas Bacias de Drenagem da Tabela 5.28, no Quadriénio 2014-2018

As bacias de drenagem que se abordam com mais especificidade nesta investigação dispõem de medidores de caudal nos dois pontos de entrega à infraestrutura em alta, cujos registos mensais se sistematizam na tabela A9.10 (Anexo A9). Os clientes industriais associados à BD-9TRO022 são da responsabilidade da EG em alta (TRATAVE), encontrando-se separados os volumes faturados.

Os volumes entregues em alta (VEA) da bacia de drenagem BD-9TRO022, em 2018, que se representam graficamente na figura 5.146, verificam-se mais elevados nos meses de março, abril e maio. Os meses com VEA mais reduzidos são os de agosto e setembro. O volume total medido nesta bacia de drenagem, no ano de 2018, foi de 1 326 645 m^3, dos quais 1 169 647 m^3 (88%) correspondem às redes municipais em baixa e 156 998 m^3 (12%) aos clientes industriais em alta. O volume faturado em alta relativo às redes municipais (1 105 501 m^3) foi de cerca de 95% do volume medido (1 169 647 m^3).

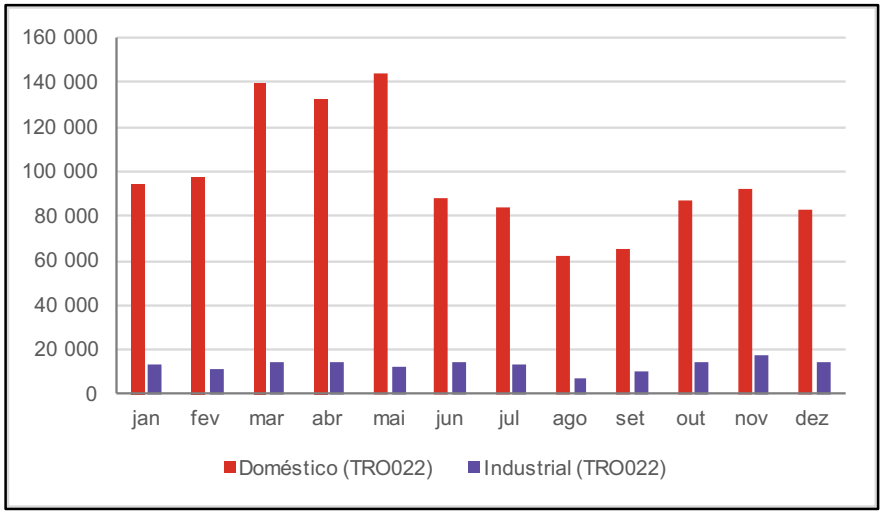


Fig. 5.146 – Representação Gráfica dos Volumes medidos na Bacia de Drenagem BD TRO022, no Ano de 2018

Na figura 5.147, representam-se graficamente os volumes obtidos no medidor de caudal do PE da bacia de drenagem BD-9BOU026, no ano de 2018, onde se verifica que os meses com os volumes mais elevados são os de março e abril. O mês de setembro refere-se como o que apresenta um VEA mais reduzido (13 504 m^3).

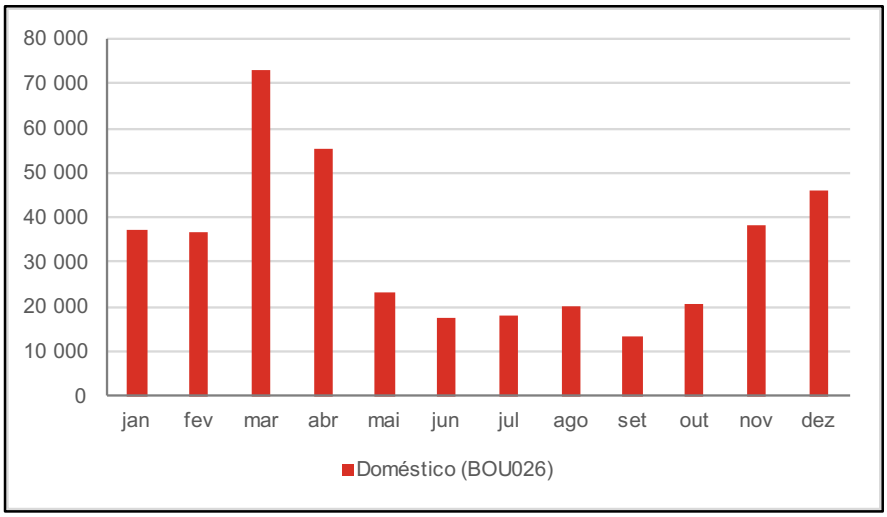


Fig. 5.147 – Representação Gráfica dos Volumes medidos na Bacia de Drenagem BD BOU026, no Ano de 2018

5.3.3.4. Gestão Informada pelo Risco

A unidade operacional de "Gestão Informada pelo Risco", afeta à área operacional de "Exploração", aplica-se ao SAR-Trofa, para a estimativa do risco de obstrução nas diferentes bacias que drenam para o Intercetor da Trofa. A avaliação objetiva do risco executa-se com o cálculo de probabilidades de ocorrências de obstrução nas diferentes bacias e a respetiva consequência associada, baseado em dados reais de exploração.

Relativamente ao risco de obstrução, a probabilidade de ocorrência determina-se com base nos registos de ocorrências no concelho da Trofa, nos anos de 2017 e 2018, entretanto divididos, no âmbito da aplicação da metodologia, por bacia de drenagem do SAR-Trofa. A consequência considera-se a partir do custo de desobstrução, com um valor médio de 120 € por obstrução, de acordo com as informações facultadas pela EG (Águas do Norte, S.A.).

A tabela A9.11 (Anexo A9) sistematiza os valores que possibilitam a determinação do risco de obstrução por bacia de drenagem do SAR-Trofa. De acordo com o estabelecido no Capítulo 2 – Estado da Arte, a probabilidade de ocorrência de obstrução por bacia de drenagem determina-se pelo quociente entre o número de obstruções por bacia de drenagem e o número total de obstruções, em dois anos (2017 e 2018), período em que foram disponibilizados registos operacionais.

No período em análise (2017 e 2018), pela determinação objetiva do risco de obstrução, verifica-se que a BD-9TRO022 apresenta o risco de rotura mais elevado (54€), superior ao dobro de qualquer uma das outras, associado a uma probabilidade de ocorrência de obstrução nesta bacia de drenagem de cerca de 45%. Seguem-se a BD-9BOU026 e a BD-Trofa-Prolongamento, com riscos de obstrução semelhantes, 18€ e 17€, respetivamente. A BD-Covelas-Poente apresenta um risco de obstrução de cerca de 10€, e todas as restantes um risco de rotura abaixo deste valor. A representação gráfica do risco de rotura efetua-se na figura 5.148.

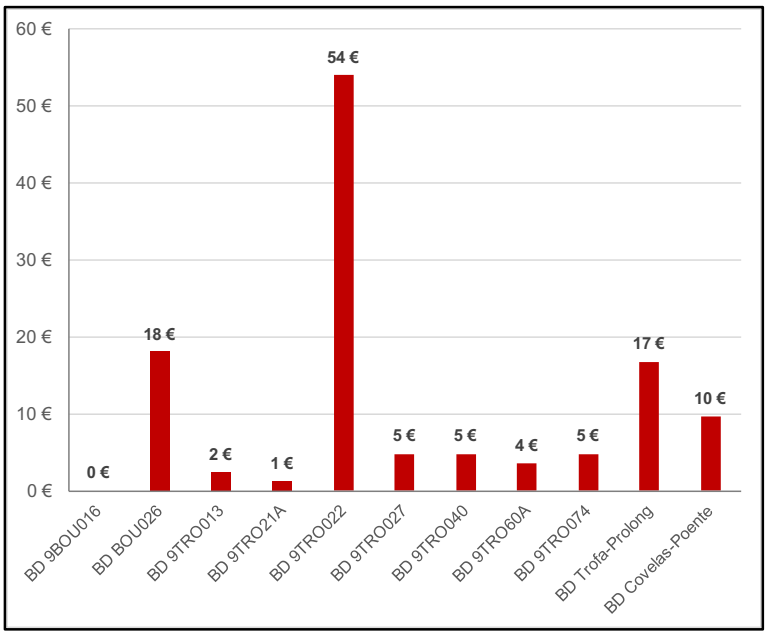


Fig. 5.148 – Representação Gráfica do Risco de Obstrução no SAR-Trofa no Biénio 2017-2018

Os valores do risco de obstrução (figura 5.148) apresentam uma variação semelhante aos valores do IRO, sobretudo no peso a atribuir à BD-9TRO022, o que reforça a relevância desta bacia de drenagem, no que concerne à necessária mobilização de meios operacionais e intervenções.

Realça-se a importância do desenvolvimento de bases de dados completas e robustas, que, após tratamento, sistematização e interpretação, poderão representar ferramentas fulcrais no apoio ao processo de decisão, designadamente através da gestão informada pelo risco. Para a aplicação do conceito de gestão informada pelo risco a outras componentes (*p.ex.* afluências pluviais; descargas não controladas em meio recetor; colapso), deverão constituir-se bases de dados de registos operacionais mais completas.

5.3.3.5. Ações propostas

As ações propostas para o SAR-Trofa, no âmbito da área operacional de exploração, nas diversas unidades operacionais que a integram (controlo operacional; resposta a ocorrências; informação – dados reais; gestão informada pelo risco), resultam da análise efetuada aos dados atualmente disponíveis. Indicam-se, seguidamente, de forma sistemática:

- Controlo operacional:
  - Operacionalização de ações estruturadas de combate a afluências indevidas;
  - Planeamento de ações preventivas (*p.ex.*: inspeção de IE; ações de limpeza);
  - Estruturação de equipas funcionais (*p.ex.*: obstruções e colapsos; afluências pluviais):
    - Equipa de prevenção – 2 colaboradores;
    - Equipa de ocorrências (*p.ex.*: obstruções; colapsos) – 2 colaboradores;
    - Equipa de afluências indevidas – 2 colaboradores;
  - Incorporação de todas ações operacionais em ferramenta única (*p.ex.*: Aquafield);
- Resposta a ocorrências:
  - Diminuição de tempos de resposta a ocorrências:

        - Otimização do processo de identificação e verificação de ocorrências;
        - Acompanhamento e controlo sistemático de prestadores externos;
    - Definição de estratégia operacional, tendo em conta a relevância das diferentes bacias de drenagem do SAR-Trofa, privilegiando a continuidade de serviço e a minimização de danos;
- Informação – dados reais:
    - Constituição de bases de dados robustas, para análise posterior, utilizando uma ferramenta sólida e comum para o registo de diferentes ações (*p.ex.*: ações de fiscalização; registo de dados de medidores de caudal; campanhas de medição; rotinas de limpeza preventivas; registo de acompanhamento de prestadores externos; atualização cadastral; verificação de ramais domiciliários);
    - Análise sistemática de registos operacionais;
- Gestão informada pelo risco:
    - Tratamento de dados reais de exploração e determinação de riscos de exploração por bacia de drenagem:
        - Risco de afluência pluvial;
        - Risco de colapso;
        - Risco de inundação;
        - Risco de interrupção de serviço;
    - Organização de ações e pré-posicionamento de equipas operacionais, com base nos diferentes riscos associados às diversas bacias de drenagem.

A estruturação de equipas funcionais, de acordo com as necessidades comunicadas pela equipa de exploração, poderá necessitar de um reforço de 4 colaboradores, a integrar a equipa operacional afeta aos municípios da Trofa, Santo Tirso e Fafe. Considerando valores médios de encargos com RH, de distância percorrida e de materiais semelhantes aos que se utilizaram na análise do SAA-Arouca, estima-se que o reforço de 4 colaboradores poderá ter um custo anual de cerca de 75 000 €. A equipa operacional passaria a ter um custo global anual de, aproximadamente, 112 500 €.

Em relação às ações de fiscalização a realizar no SAR-Trofa, salientam-se a pesquisa de afluências pluviais a partir de redes prediais de águas residuais domésticas, o cruzamento de dados de clientes e de ramais ligados ao sistema e a possibilidade de lançamento de concurso para prestação de serviço externo por objetivo (*p.ex.*: número de ligações ilícitas; número de ligações com afluências de águas pluviais; número de clientes não cadastrados).

5.3.3.6. Análise da Evolução de Volumes

A estratégia de exploração, desenhada com base na metodologia de GOIH proposta, assenta sobretudo na organização de ações estruturadas de exploração, tendo em conta a análise dos dados reais atualmente disponíveis, visando a gestão do SAR-Trofa, com a resposta eficaz a ocorrências e a eficiência operacional, com particular foco na diminuição de afluências pluviais indevidas ao sistema.

No que se refere às afluências pluviais, apresenta-se, em síntese, uma análise comparativa dos volumes entregues em alta (VEA), dos volumes faturados a clientes (VF) e dos volumes não faturados (VNF), no concelho da Trofa, na globalidade do SAR-Trofa e nas duas bacias de drenagem que dispõem de medidor de caudal, nomeadamente a BD-9BOU026 e a BD-9TRO022. A análise efetuada considera os volumes quantificados em alta e os volumes faturados pela Águas do Norte aos clientes do sistema em baixa.

Os volumes faturados a clientes, pela Águas do Norte, S.A. organizaram-se através de uma análise das moradas, atribuindo os clientes a cada uma das bacias de drenagem do SAR-Trofa (Anexo A9 – Tabela A9.1). Desta divisão, resultou o volume anual faturado, obtido pela projeção do volume médio mensal faturado, por cliente, nos doze meses do ano, considerando, por cliente, o volume real ou o volume estimado (quando o real não se encontrava disponível). Na tabela A9.12 (Anexo A9), sintetizam-se os valores de VEA, VF e VNF, para o concelho da Trofa, para o SAR-Trofa e para as bacias de drenagem BD-9TRO022 e BD-Intercetor-Bougado (inclui a BD-9BOU026, com medidor de caudal).

Globalmente, e em consonância com o que se identificou anteriormente em "*5.3.3.3. Informação: Dados Reais*", verifica-se um aumento considerável do VEA no ano de 2018, que se reflete no aumento significativo do VNF. Este aumento encontra-se relacionado com a instalação de medidores de caudal em duas bacias de drenagem do SAR-Trofa, a BD-9TRO022 e a BD-9BOU026, que se reflete nos VEA de 2018, salientando-se que, nos anos anteriores, a faturação dos volumes drenados para as infraestruturas em alta se efetuava por estimativa, com base no número de ligações por PE. A evolução de volumes representa-se graficamente na figura 5.149.

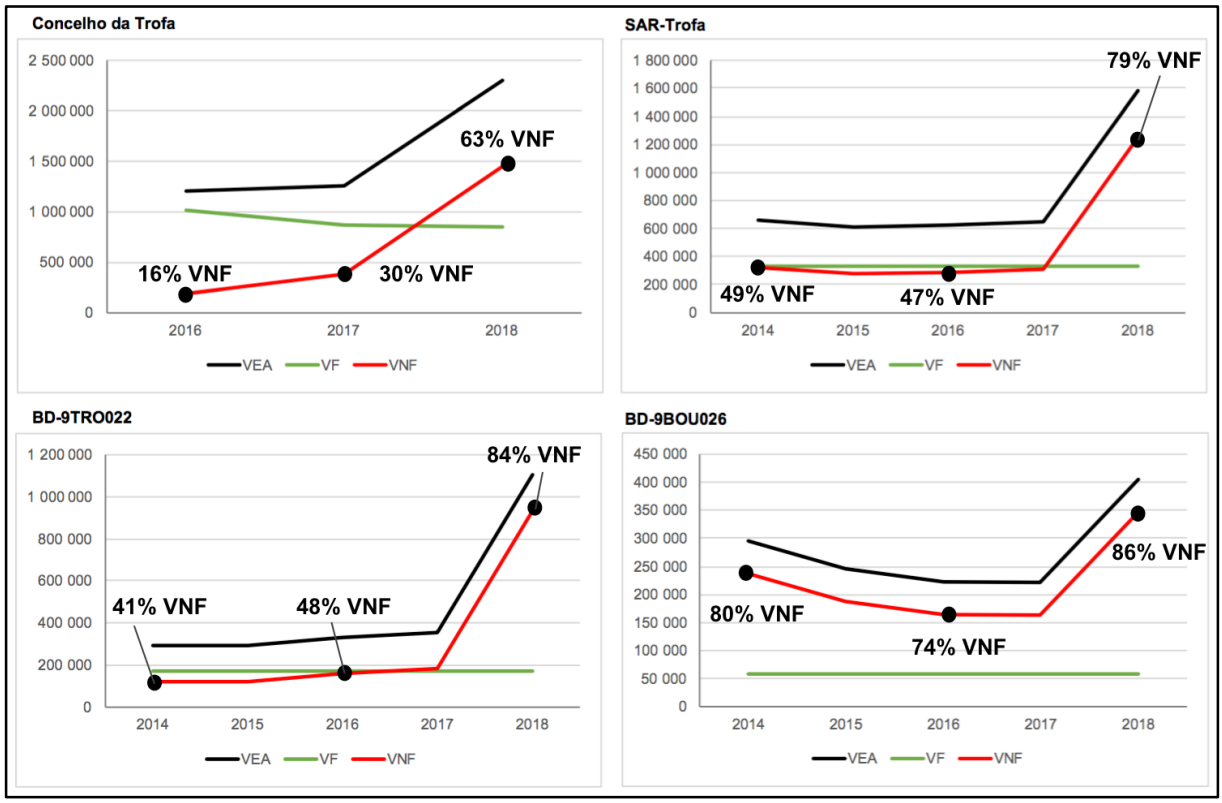


Fig. 5.149 – Representação Gráfica da Variação Anual dos Volumes Entregues em Alta (VEA), dos Volumes Faturados a Clientes (VF) e dos Volumes Não Faturados (VNF) no Concelho da Trofa (ano: 2018)

Realça-se que os volumes faturados a clientes em baixa (VF) poderão conter um erro por defeito, derivado à dificuldade de localização de parte de clientes e de erros que, eventualmente, transitem da incorreta definição de moradas. No entanto, pretende-se, com esta análise, evidenciar que a introdução de medição veio demonstrar a dimensão do problema associado à diferença entre os VEA e os VF, que poderá, em determinados casos, ser superior a 80%.

Na tabela A9.13 (Anexo A9), apresentam-se os dados do número de ramais, conforme o levantamento cadastral efetuado durante este ano (ERI, 2019) e o número de clientes afetos a cada uma das bacias de drenagem do SAR-Trofa, segundo a informação de clientes tratada de acordo com as moradas registadas. A semelhança entre o número de ramais (3 925) e o número de clientes (4 191) poderá indiciar a existência de erros, por defeito, na contabilização de clientes, podendo, nesse cenário, o volume faturado a clientes (VF), nas bacias de drenagem em estudo, ser, na realidade, superior. No entanto, mesmo num cenário em que o VF seja superior, constata-se que os valores de VNF são elevados, realidade evidenciada nas bacias de drenagem em que foram instalados medidores de caudal. Numa análise meramente indicativa, se, por hipótese, se considerasse que o número de clientes do SAR-Trofa era 30% superior, com um total de 5448 clientes, tendo em conta o consumo médio mensal aferido por cliente (6,6 m^3/cliente/mês), o VF anual rondaria os 431 482 m^3, o que, com um VEA de 1 583 050 m^3, daria um patamar de VNF de, aproximadamente 73% (1 151 569 m^3).

Pela análise sumária efetuada e supramencionada, constata-se, que mesmo num eventual cenário de aumento de VF, por melhor cadastro de clientes e aferição mais rigorosa da faturação a clientes, a diferença entre o VEA e o VF continua em patamares significativamente elevados. Por isso, direciona-se a análise para a tentativa de identificação de tendências que possam justificar esta diferença, mesmo que se ressalve, à partida, que os dados de medição de caudais, nas duas bacias de drenagem em estudo, se referem a um período de análise curto (ano de 2018), sendo necessárias as devidas reservas.

5.3.3.7. Influência de Volumes Pluviais

No que se refere às afluências pluviais, apresenta-se, em síntese, uma análise comparativa dos volumes entregues em alta (VEA), dos volumes faturados a clientes (VF) e dos volumes não faturados (VNF), particularmente nas bacias de drenagem BD-9BOU026 e a BD-9TRO022. A análise efetuada considera os volumes quantificados em alta e os volumes faturados pela Águas do Norte aos clientes do sistema em baixa.

Para a representação comparativa dos volumes mensais medidos (VEA), no ano de 2018, nas bacias de drenagem BD-9TRO022 e BD-BOU026, com os volumes faturados a clientes (VF), utilizou-se, do ponto de vista indicativo, uma variação mensal de consumos de água abordada em Cardoso-Gonçalves (2014), com base na bibliografia analisada e na tipificação de consumos em seis reservatórios de distribuição a zonas com diferentes caraterísticas, que se representa graficamente na figura 5.150. Desta representação constata-se o aumento de consumos nos meses de verão (junho, julho, agosto e setembro) e a ocorrência de consumos menores nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro.

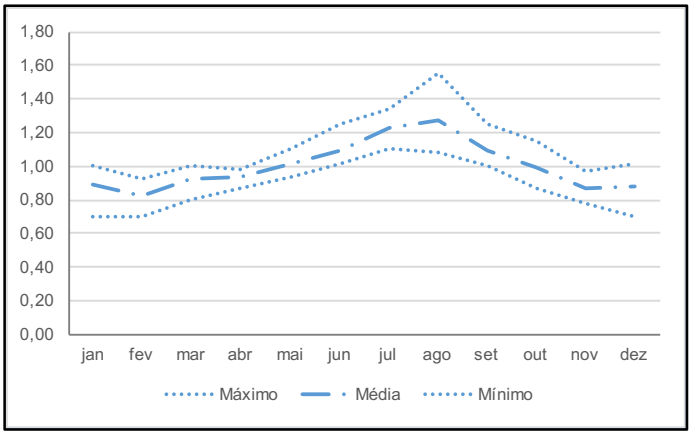


Fig. 5.150 – Representação Gráfica da Variação Mensal Adimensional Indicativa de Consumos de Água

Por comparação com a representação dos fatores de consumo mensais da figura 5.150, aferem-se e sintetizam-se, na tabela A9.14 (Anexo A9), os fatores mensais adimensionais dos volumes medidos nos PE das bacias de drenagem BD-9TRO022 e BD-9BOU026. Os volumes medidos na BD-9TRO022, que se considerem para a aferição dos fatores de mensais do VEA, integram também os volumes faturados a clientes industriais em alta, com um total de 1 326 645 m^3. Realça-se, no entanto, que a análise efetuada do VNF apenas considera o VEA anual que se refere às redes municipais em baixa, 1 169 647 m^3, por comparação com o VF a clientes (171 768 m^3). No caso da BD-9BOU026, os VEA considerados referem-se apenas às redes municipais em baixa, 398 801 m^3, no ano de 2018.

Na tabela A9.15 (Anexo A9), apresentam-se os valores mensais dos VEA (reais medidos) e dos VF (distribuídos a partir do total anual, através dos fatores de consumo considerados), de forma a analisarem-se os VNF ao longo do ano de 2018. Globalmente, nesse ano, estima-se que o VNF possa ter ultrapassado os 80% nas bacias de drenagem BD-9TRO022 e BD-9BOU026. Salientam-se algumas reservas relativamente ao VF da BD-9BOU026, de 42 420 m^3, uma vez que este valor corresponde a uma distribuição dos clientes afetos ao Intercetor do Bougado, que integra também a BD-9BOU016. No entanto, e tal como referido anteriormente, mesmo que este valor esteja considerado por defeito, a diferença entre VEA e VF apresenta valores significativamente elevados.

De acordo com os dados da tabela A9.15 (Anexo A9), que se representam graficamente na figura 5.151, utiliza-se a distribuição mensal de VEA, VF e VNF, com o objetivo de se estabelecerem algumas considerações que possibilitem uma melhor compreensão dos VNF estimados. Nas bacias de drenagem em estudo, verifica-se que, no ano de 2018, o VNF poderá variar da seguinte forma:

- BD-9TRO022: variação de cerca 20% nos valores registados entre mar/18 e ago/18;
- BD-9BOU026: variação de cerca de 25% nos valores registados entre mar/18 e set/18.

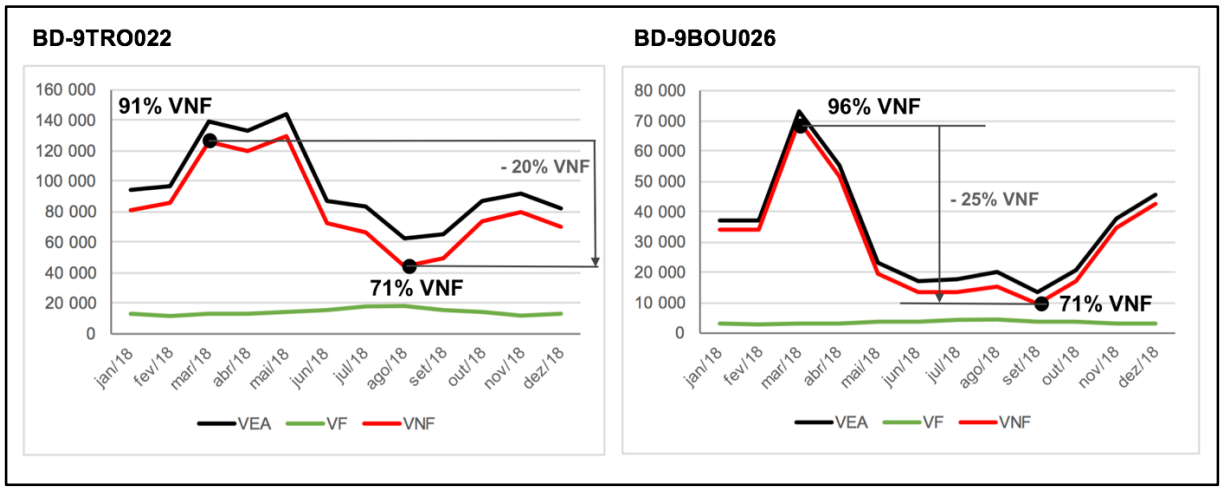


Fig. 5.151 – Representação Gráfica da Variação Mensal dos Volumes Entregues em Alta (VEA), dos Volumes Faturados a Clientes (VF) e dos Volumes Não Faturados (VNF) no SAR-Trofa, no Ano de 2018 (Bacias de Drenagem BD-9TRO022 e BD-9BIU026)

Pela análise da distribuição mensal de volume no ano de 2018, constata-se uma variação significativa entre os VEA e os VF, correspondentes aos VNF, que se encontra associada, sobretudo, à variação do VEA. No sentido de se efetuar uma melhor compreensão desta variação, opta-se pela representação adimensional dos VEA. O fator adimensional mensal de VEA (f_{VEA}) determina-se pela equação seguinte:

$$f_{VEA} = \frac{VEA_{m,a}}{VEA_{Mm,a}} \quad (21)$$

onde:

- f_{VEA} – fator adimensional do VEA do mês m, no ano a;
- $VEA_{m,a}$ – Volume Entregue em Alta (VEA) do mês m, no ano a;
- $VEA_{Mm,a}$ – Volume Entregue em Alta (VEA) médio mensal, no ano a;
- a – ano a que se refere a avaliação;
- m – mês a que se refere a avaliação.

A análise da variação mensal do VEA (figura 5.152), evidencia, em ambas as bacias de drenagem (BD-9TRO022 e BD-9BOU026), um aumento dos volumes no período mar/18-mai/18 e um abaixamento no período jul/18-set/18.

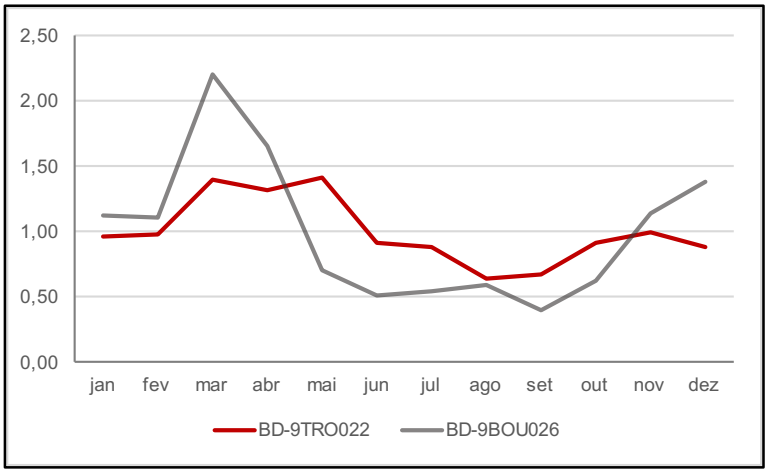


Fig. 5.152 – Representação Gráfica da Variação Mensal Adimensional de Volumes Entregues em Alta (VEA) nas Bacias de Drenagem BD-9TRO022 e BD9BOU026

Após a análise adimensional do VEA, elabora-se uma análise sumária da variação da precipitação, com base nos dados de precipitação total, no ano de 2018, em local próximo das bacias de drenagem em estudo. A figura 5.153 representa graficamente a evolução mensal adimensional da precipitação (quociente entre a precipitação total mensal e a precipitação total média mensal) registada no udómetro de Arada (localizado a cerca de 2 500 m a sul da ETAR de Serzedo), no ano de 2018, cujos dados de precipitação total foram facultados pela EG do Intercetor da Trofa (TRATAVE), no pressuposto de apresentarem um comportamento indicativo para o local onde se situa esta infraestrutura. Verifica-se que os meses de março, abril e novembro apresentam precipitação mais elevada, sendo mais reduzido nos meses de julho, agosto e setembro.

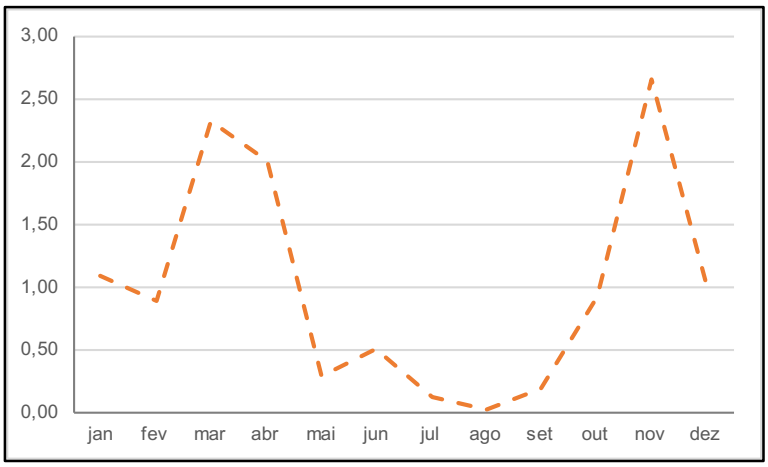


Fig. 5.153 – Representação Gráfica da Variação Mensal Adimensional da Precipitação Registada em Udómetro com Caraterísticas Indicativas para o SAR-Trofa

Com base nas distribuições adimensionais apresentadas anteriormente, referentes ao VEA, ao VF e à precipitação, efetua-se uma representação conjunta da sua variação, para as duas bacias.

A figura 5.154 refere-se à BD-9TRO022, podendo verificar-se que a variação do VEA parece ajustar-se mais à distribuição da precipitação do que à distribuição indicativa dos VF (efetuada de acordo com uma distribuição média mensal de consumos de água). Embora com fatores de variação mais reduzidos, os períodos de maior e menor precipitação coincidem com os períodos de maior e menor VEA, respetivamente. O período de maior VF corresponde ao período de menor VEA.

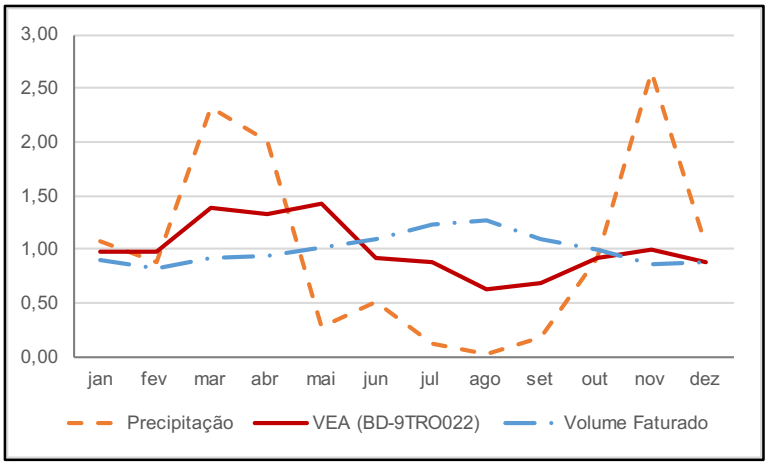


Fig. 5.154 – Representação Gráfica da Variação Mensal Adimensional de Volumes Entregues em Alta (VEA), do Perfil de Volumes Faturados a Clientes (VF) e da Precipitação Total na Bacia de Drenagem BD-9TRO022

Em relação à BD-9BOU026 (figura 5.155), tal como no caso da BD-9TRO022, a variação de VEA parece ajustar-se melhor à variação da precipitação do que à distribuição mensal considerada para o VF a clientes. No caso desta bacia, com os dados do ano de 2018, coincidem, em período, os meses de maior precipitação com os meses de maior VEA, aproximando-se, também, o fator de variação nos meses de fevereiro, março, abril e maio. Relativamente ao VF, os meses que se considera que este será superior correspondem aos meses de menor VEA, e, consequentemente, de menor VNF.

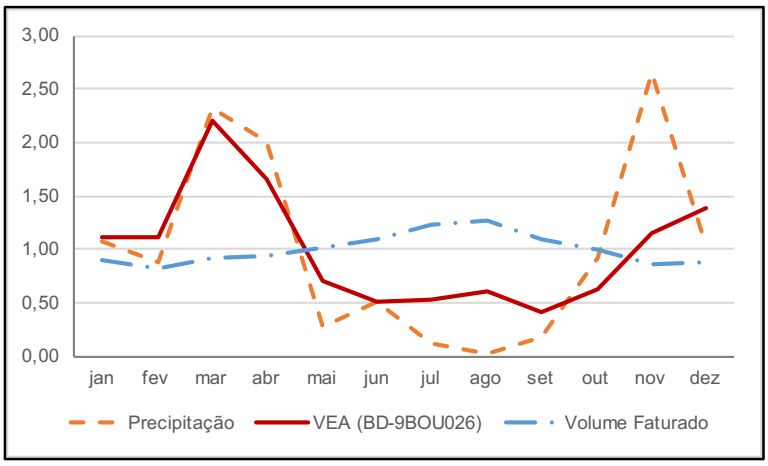


Fig. 5.155 – Representação Gráfica da Variação Mensal Adimensional de Volumes Entregues em Alta (VEA), do Perfil de Volumes Faturados a Clientes (VF) e da Precipitação Total na Bacia de Drenagem BD-9BOU026

5.3.3.7. Apontamento Final

A análise dos dados disponíveis de VEA (medidos no ano de 2018), da variação considerada para o VNF e da precipitação em local próximo das bacias de drenagem em estudo, possibilita que se infiram, com as necessárias reservas associadas ao reduzido período de análise (1 ano) e às indispensáveis simplificações efetuadas, algumas considerações sobre a BD-9TRO022 e a BD-9BOU026, ambas pertencentes ao SAR-Trofa designadamente:

- A diferença entre os VEA e os VF, correspondente ao VNF, revela-se significativamente elevado, mesmo nos meses em este valor é menor;
- Eventuais erros, por defeito, associados ao VF, não se traduziriam numa redução significativa do VNF, permanecendo este em valores elevados;
- A variação mensal do VEA ajusta-se mais à variação da precipitação do que à variação indicativa considerada para o VF.

5.3.4. INTERVENÇÃO

5.3.4.1. Monitorização

No decorrer da aplicação da metodologia de GOIH, identificaram-se as rotinas de monitorização que atualmente se encontram implementadas no âmbito da gestão operacional do SAR-Trofa, para que se estabeleçam algumas considerações sobre estas e se proponha a implementação de outras. Indicam-se as ações de monitorização de infraestruturas hidráulicas identificadas:

- Monitorização de IE;
- Monitorização de pontos críticos do sistema (*p.ex.*: sifões; câmaras de visita);
- Monitorização de volumes em pontos de medição existentes;
- Campanhas de medição de gases.

A rotina de monitorização de IE, cujo registo se efetuava em formulário preenchido pelos colaboradores, que se encontra no Anexo A7 (Fig. A7.11), apresenta uma periodicidade semanal e integrou, em set/18, a ferramenta Aquafield, onde se efetua o registo de diferentes informações relacionadas com a monitorização destas infraestruturas. A monitorização das IE inclui as seguintes ações:

- Registo de consumos energéticos;
- Limpeza de dispositivos de gradagem;
- Verificação de entupimento de bombas (funcionamento do arranque manual e do automático);

A monitorização dos pontos críticos do sistema efetua-se, atualmente, de acordo com o conhecimento operacional dos colaboradores afetos à exploração do SAR-Trofa, sem seguir um planeamento predefinido, com uma lista dos locais a verificar e das ações a implementar. As campanhas de medição de gases efetuaram-se de forma esporádica, sem que tivesse sido desenvolvido um plano sistemático de medição de gases.

Os medidores de caudal atualmente existentes no SAR-Trofa, nos pontos de entrega das bacias de drenagem BD-9BOU026 e BD-9TRO022, integram as rotinas de monitorização da equipa de exploração, sendo efetuados registos na ferramenta de apoio (Aquafield).

5.3.4.2. Manutenção

Na unidade operacional de manutenção de infraestruturas hidráulicas, onde se encontra integrada a área operacional de intervenção, consideram-se, na aplicação da metodologia ao SAR-Trofa, as seguintes intervenções:

- Manutenção de IE;
- Manutenção de câmaras de visita.

Relativamente às intervenções de manutenção levadas a cabo, salientam-se as ações de maior relevância em IE, nomeadamente a manutenção de quadros elétricos e equipamentos eletromecânicos, e em câmaras de visita, designadamente a colocação de vedantes em tampas e a limpeza preventiva em locais com particular incidência de obstruções. A tabela A13.1 (Anexo A13) mostra um conjunto de ações de manutenção preventiva e corretiva, efetuadas no SAR-Trofa, que constam de um levantamento efetuado pela equipa de exploração em 2015.

A manutenção de câmaras de visita refere-se sobretudo a ações de limpeza, efetuadas numa perspetiva de redução do risco de obstrução nestes órgãos.

5.3.4.3. Reabilitação

Analisa-se a reabilitação de infraestruturas hidráulicas, de acordo com a metodologia proposta no Capítulo 4 – Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas, organizando-se os dados disponibilizados pela EG e/ou recolhidos no âmbito deste estudo (*p.ex.*: designação; local; extensão; diâmetro; data; custo). As reabilitações do SAR-Trofa que integram os resultados da unidade operacional de intervenção são as seguintes:

- Pequenas intervenções de reabilitação de coletores;
- Empreitada em diferentes ruas da freguesia de Santiago do Bougado;
- Reabilitação de câmaras de visita.

A tabela A13.2 (Anexo A13) sintetiza as pequenas intervenções de substituição de coletores no concelho da Trofa.

Relativamente à reabilitação de câmaras de visita, indica-se que as ações mais frequentes se encontram relacionadas com as tampas (*p.ex.*: elevação; correção; substituição), tendo-se registado, em 2018, cerca de 50 intervenções deste tipo, com um custo médio de 433 € por intervenção.

5.3.4.4. Reforço

O reforço das infraestruturas hidráulicas do SAR-Trofa aborda-se do ponto de vista da organização das informações facultadas pela EG e estruturadas durante o desenvolvimento deste trabalho (*p.ex.*: designação; local; extensão; diâmetro; data; custo). A área operacional de intervenção, mais especificamente no que se refere ao reforço, aplica-se a intervenções de reforço de coletores.

A tabela A13.3 (Anexo A13) sistematiza intervenções de reforço de coletores em diferentes locais do concelho da Trofa.

5.3.4.5. Ações propostas

Neste ponto, elencam-se diversas intervenções de monitorização, manutenção, reabilitação e reforço de infraestruturas hidráulicas, que resultam de situações inventariadas pela EG e de outras sugeridas no âmbito desta metodologia. Não se pretende elaborar uma lista exaustiva das ações a executar, procurando-se reunir o melhor conhecimento sobre as intervenções perspetivadas pela EG (*p.ex.*: reabilitação de coletores; reforço de coletores; intervenções em IE) e outras intervenções sugeridas no âmbito do presente estudo (*p.ex.*: controlo de afluências pluviais indevidas).

Relativamente à monitorização de infraestruturas hidráulicas, em consonância com o enquadramento efetuado na aplicação da metodologia a este caso de estudo, propõe-se a introdução de rotinas de inspeção preventivas, em detrimento de ações reativas (*p.ex.*: rotinas de inspeção a IE; rotinas de inspeção a câmaras de visita; rotinas de inspeção a dispositivos de desvio de caudal pluvial), a integração de ações programadas em ferramenta de apoio à exploração (*p.ex.*: Aquafield), a monotorização específica das afluências pluviais (*p.ex.*: vistorias às infraestruturas públicas; fiscalização de instalações pluviais) e a implementação de telegestão para comando de IE e dispositivos de desvio de caudal pluvial com monitorização permanente de caudais e de parâmetros de qualidade do efluente.

Em relação às ações de manutenção sugeridas, destaca-se a manutenção de IE (*p.ex.*: descarregadores de emergência; dispositivos de gradagem; quadros elétricos; sistemas de alerta de nível) e a manutenção dos descarregadores de caudal pluvial que, eventualmente, venham a integrar o SAR-Trofa.

As ações de reabilitação consideradas pela EG (Águas do Norte, S.A.) referem-se a situações relacionadas com coletores e IE. A tabela A13.4 (Anexo A13) sintetiza as futuras intervenções de reabilitação de coletores, no concelho da Trofa.

A tabela A13.5 (Anexo A13) sintetiza as futuras intervenções de reabilitação em IE no concelho da Trofa. De forma geral, consideram-se pertinentes as intervenções de reabilitação dos poços de bombagem e a reparação, restabelecimento ou execução de descarregadores de emergência.

No que diz respeito a futuras intervenções de reforço de coletores, a tabela A13.6 (Anexo A13) integra uma síntese das intervenções consideradas pela EG para o concelho da Trofa.

Considerando mais especificamente a BD 9TRO022, propõe-se a implementação de uma solução de controlo de afluências pluviais indevidas, a montante do ponto de ligação da rede de drenagem de águas residuais em baixa, desta bacia de drenagem, ao Intercetor da Trofa (IT). O controlo de caudal poderá efetuar-se através de uma válvula de vórtice, solução que se desenvolve com base na regulação do fluxo

hidrodinâmico, sem recurso a dispêndio de energia elétrica, solução equacionada pela EG. Poderá considerar-se outro tipo de soluções de controlo de afluências indevidas (*p.ex.*: câmara de visita com canal descarregador; câmara de visita com válvula reguladora de caudal), que se analisa em 5.2.5.4 Estratégia de Decisão Específica.

Em relação às IE do SAR-Trofa, referem-se na tabela A13.7 (Anexo A13) diversas ações propostas (monitorização, manutenção, reabilitação e reforço), que resultaram de um levantamento efetuado pela equipa de exploração, em mar/19.

5.3.4.6. Apontamento Final

As ações de reabilitação de infraestruturas levadas a cabo no concelho da Trofa totalizaram a substituição de 1 033 m de coletores, divididos em várias intervenções de pequena dimensão (288 m, com um investimento de cerca de 43 706 €) e um empreitada de maior dimensão (745 m, com um investimento de cerca de 84 384 €). Para o futuro, incluem-se diversas ações propostas pela EG, com um investimento global de cerca de 54 749 € e uma extensão total de cerca de 1 720 m. Elencam-se também algumas ações de reabilitação associadas a IE.

Relativamente ao reforço de infraestruturas hidráulicas, indicam-se os diferentes investimentos efetuados em diversas intervenções de menor dimensão (1 167 m, com um investimento global de cerca de 94 492 €) e em três empreitadas de maior dimensão (33 089 m, com um investimento global de cerca de 2 767 566 €). Realçam-se algumas intervenções programadas pela EG, com uma extensão total de, aproximadamente, 1 738 m, com um investimento global de 67 594 €. Neste âmbito, propõe-se também os descarregadores de caudal pluvial, que se analisam com mais especificidade no ponto 5.3.5.4.

5.3.5. Apoio à Decisão

5.3.5.1. Apontamento introdutório

A "*Ferramenta de Apoio à Decisão*" encontra-se desenhada para informar o decisor através de cenários expeditos de investimento, considerando a sua pertinência com base em dados reais (*p.ex.*: obstruções; colapsos afluências pluviais).

Neste caso de estudo, as três principais componentes da ferramenta proposta (estratégia de investimento; estratégia operacional; estratégia de decisão específica) dividem-se da seguinte forma:

- Estratégia de investimento – divisão global de investimento a efetuar no SAR-Trofa, por bacia de drenagem, com base na avaliação efetuada às infraestruturas hidráulicas e no IRO;
- Estratégia operacional – estabelecimento de cenários de investimento, tendo em conta o retorno operacional (*p.ex.*: redução de VNF);
- Estratégia de decisão específica – análise de situações específicas relacionadas com o controlo de afluências pluviais ao SAR-Trofa.

5.3.5.2. Estratégia de investimento

A estratégia de investimento para o SAR-Trofa analisa-se do ponto de vista da divisão futura de investimento, de acordo com os índices de tomada de decisão calculados para o ano de 2019. Na divisão de investimentos, utilizaram-se o IAI, determinado a partir da avaliação efetuada (estado – IAE; desempenho – IAD; risco – IAR) e o IRO, que traduz a relevância operacional de cada uma das bacias

de drenagem do SAR-Trofa, análise necessária para uma divisão global. Uma vez que os dados reais disponíveis apenas possibilitaram o cálculo do risco de obstrução, optou-se por não se utilizar o índice de tomada de decisão relacionado diretamente com o risco (IGR), que iria influenciar todo o investimento com base somente num tipo de risco (obstrução).

A tabela 5.30 apresenta uma síntese dos valores dos índices de avaliação infraestrutural calculados para cada uma das bacias de drenagem do SAR-Trofa, considerando as três componentes de avaliação, designadamente, o estado, o desempenho e o risco, cuja média dos respetivos índices, IAE, IAD e IAR, representa o IAI. Verifica-se que o IAI varia entre 0,07 e 0,12, realçando-se que as bacias de drenagem com um valor mais elevado, isto é, uma avaliação infraestrutural mais negativa, são as seguintes: BD-9BOU026, BD-9TRO21A e BD-9TRO022.

Tabela 5.30 – Síntese de Índices de Avaliação Infraestrutural do SAR-Trofa, referente a 2019

Bacia de Drenagem	IAE	IAD	IAR	IAI
BD 9BOU016	0,08	0,07	0,06	**0,07**
BD BOU026	0,12	0,13	0,12	**0,12**
BD 9TRO013	0,08	0,07	0,08	**0,07**
BD 9TRO21A	0,11	0,12	0,08	**0,11**
BD 9TRO022	0,10	0,10	0,12	**0,11**
BD 9TRO027	0,08	0,09	0,09	**0,09**
BD 9TRO040	0,09	0,07	0,10	**0,09**
BD 9TRO60A	0,08	0,07	0,07	**0,07**
BD 9TRO074	0,08	0,09	0,09	**0,09**
BD Trofa-Prolongamento	0,09	0,08	0,10	**0,09**
BD Covelas-Poente	0,10	0,09	0,09	**0,09**

De acordo com o supramencionado, a divisão *macro* de investimento efetua-se com base no IAI e no IRO. A bacia de drenagem BD-9TRO022 apresenta o maior valor de IRO (0,51), seguindo-se, sequencialmente e de forma decrescente, a BD-9BOU026 (0,17), a BD-Covelas-Poente (0,11) e a BD-Trofa-Prolongamento (0,09). As restantes bacias de drenagem não apresentam valores de IRO superiores a 0,04.

Tendo em conta os valores propostos e a estrutura de tomada de decisão que integra a metodologia de GOIH desenvolvida, efetua-se, para o SAR-Trofa, a divisão *macro* do investimento com a decisão a ser tomada em 2 níveis. Neste processo, dividem-se os custos operacionais (CO), apenas dependendo do IRO, e os custos infraestruturais (CI), influenciados pelo IRO e pelo IAI. A tabela 5.31 sistematiza o processo de tomada de decisão e propõe uma divisão percentual de custos.

Tabela 5.31 – Síntese do Processo de Tomada de Decisão no Investimento no SAR-Trofa, referentes a 2019

Subsistema	Divisão de Custos	Índices de Tomada de Decisão			
		IRO	Decisão 1	IAI	Decisão 2
BD 9BOU016	CI	0,02	0,02	0,07	0,05
	CO		0,02		0,02
BD BOU026	CI	0,17	0,17	0,12	0,15
	CO		0,17		0,17
BD 9TRO013	CI	0,01	0,01	0,07	0,04
	CO		0,01		0,01
BD 9TRO21A	CI	0,00	0,00	0,11	0,05
	CO		0,00		0,00
BD 9TRO022	CI	0,51	0,51	0,11	0,31
	CO		0,51		0,51
BD 9TRO027	CI	0,01	0,01	0,09	0,05
	CO		0,01		0,01
BD 9TRO040	CI	0,03	0,03	0,09	0,06
	CO		0,03		0,03
BD 9TRO60A	CI	0,01	0,01	0,07	0,04
	CO		0,01		0,01
BD 9TRO074	CI	0,04	0,04	0,09	0,06
	CO		0,04		0,04
BD Trofa-Prolongamento	CI	0,09	0,09	0,09	0,09
	CO		0,09		0,09
BD Covelas-Poente	CI	0,11	0,11	0,09	0,10
	CO		0,11		0,11

A análise da estratégia de investimento, para o SAR-Trofa, efetua-se apenas em termos percentuais. Este sistema integra o sistema de drenagem de águas residuais do município da Trofa, cujo plano de investimentos da EG será considerado na globalidade. A análise da estratégia de investimento para este caso de estudo pretende ser orientadora da divisão de investimento nestas bacias de drenagem. Relativamente ao investimento na componente operacional, traduzido pelos CO, a divisão é feita com base no IRO, sendo as bacias de drenagem BD-9TRO022 e BD-9BOU026 as que representam uma maior percentagem de CO, 51% e 17%, respetivamente.

Em relação ao investimento na componente infraestrutural, relativa aos CI, a percentagem de investimento estima-se com base no IRO e no IAI, surgindo a bacia de drenagem BD-9TRO022 na primeira posição de investimento, com 31%, seguindo-se a BD-9BOU026 com 15% e as restantes, sequencialmente e de forma decrescente: BD-Covelas-Poente (10%); BD-Trofa-Prolongamento (9%); BD-9TRO074 (6%) e BD-TRO040 (6%); BD-9BOU016 (5%), BD-9TRO21A (5%) e BD-9TRO027 (5%); BD-9TRO013 (4%) e BD-9TRO60A (4%).

5.3.5.3. Estratégia operacional

A estratégia operacional que se propõe no âmbito da tomada de decisão, relativamente ao SAR-Trofa, baseia-se no estabelecimento de diferentes cenários hipotéticos, relacionados com a redução de VNF, de acordo com uma análise que inclui as seguintes componentes:

- Estimativa de investimento programado pela EG;
- Estimativa de investimento proposto no âmbito da metodologia de GOIH;
- Simulação de VNF para diferentes cenários;
- Simulação de ganhos anuais para diferentes cenários;
- Estimativa de retorno da estratégia operacional.

De acordo com as informações facultadas pela EG, encontram-se programadas intervenções de reabilitação de infraestruturas com um valor de cerca de 54 749 €, e de reforço de infraestruturas com um valor de, aproximadamente, 67 594 €.

Relativamente ao investimento proposto no âmbito da presente metodologia de GOIH, este centra-se em dois tipos: reforço de RH e soluções de controlo de caudais pluviais. A solução de controlo de caudais pluviais, analisada de forma mais detalhada em "*5.3.5.4. Estratégia de decisão específica*", incide na implementação de dois dispositivos de desvio de caudais pluviais, nas duas bacias de drenagem com medidor de caudal instalado (BD-9TRO022 e BD-9BOU026), com um investimento global de, aproximadamente, 100 000 €.

Enquadrado na estratégia operacional da ferramenta de apoio à decisão, inclui-se a possibilidade de reforço da equipa de exploração, com mais 4 colaboradores e respetivos meios de transporte (2 viaturas) e materiais, com um custo global de cerca de 75 000 €. Juntamente com os 2 colaboradores atualmente ao serviço da EG, estima-se que o valor global represente aproximadamente 112 500 €. Embora este custo seja dividido por outras atividades, admite-se, por simplicidade e de forma conservativa, este custo global para os 6 colaboradores e respetivos meios de transporte e materiais.

Considerando o investimento programado pela EG e o proposto e estimado pela metodologia (RH e controlo de afluências pluviais), estabelece-se um valor global de cerca de 334 843 €. Tendo em conta que se implementam duas soluções de desvio de caudal, a analisar mais pormenorizadamente em fase posterior, nas bacias de drenagem BD-9TRO022 e BD-9BOU026, estabelecem-se 6 cenários hipotéticos de redução do VEA nestas duas bacias. Para esses cenários, compara-se o investimento de 334 843 € com o ganho anual associado à redução de VEA, com base na tarifa em alta (0,6231 €/m^3). A tabela 5.32 sintetiza o cálculo do retorno para os cenários considerados.

Tabela 5.32 – Síntese do Retorno de Investimento em 6 cenários Hipotéticos de Redução do VEA no SAR-Trofa

	Investimento					**Ganho Anual**	**Retorno**	
	Reabilitação	Reforço	Controlo Volumes	Operacional	**Total**	(ano seguinte)	(anos)	(meses)
↓ 40% VEA	54 749 €	67 594 €	100 000 €	112 500 €	**334 843 €**	374 932 €	0,89	11
↓ 50% VEA						468 665 €	0,71	9
↓ 60% VEA						562 398 €	0,60	7
↓ 70% VEA						656 131 €	0,51	6
↓ 75% VEA						702 998 €	0,48	6
↓ 80% VEA						749 864 €	0,45	5

Para o investimento considerado, em todos os cenários de redução de VEA considerados, o retorno do investimento verifica-se inferior a 1 ano. Uma vez que os valores de investimento infraestrutural (reabilitação e reforço) apenas se referem a situações contempladas pela EG, que o investimento em manutenção e monitorização não se encontra considerado, e que os valores para controlo de volumes e RH poderão ser mais elevados do que as estimativas calculadas, efetua-se uma análise de sensibilidade, para simular o retorno em cenários mais desfavoráveis (investimento mais elevado).

A determinação do tempo de retorno da redução do VEA não pretende ser uma análise detalhada de investimentos e ganhos potenciais, mas antes uma análise expedita da estratégia operacional a adotar, de acordo com as necessidades do SAR-Trofa. Pretende-se demonstrar que o desvio de caudais pluviais, como primeira estratégia de controlo do VNF, poderá conduzir a ganhos associados à redução do VEA que proporcionam uma rápida recuperação de investimentos, alavancando e financiando todo o processo de combate a afluências indevidas (pluviais e outras), que deverá integrar ações de fiscalização, soluções de controlo na origem e reabilitação de infraestruturas.

O VEA correspondente às bacias de drenagem BD-9TRO022 e BD-9BOU026, mesmo tendo em conta eventuais incorreções associadas à localização de clientes ou eventual contabilização errónea de VF em cada uma das bacias, encontra-se em patamares significativamente elevados. A redução do VEA, que se julga evidentemente indispensável, necessitará de uma análise detalhada que responda a diversas questões, entre as quais as seguintes:

- Qual o VNF aceitável em cada uma das bacias de drenagem?
- Qual o VEA adequado a cada uma das bacias de drenagem?
- Qual o limite de redução do VEA?
- Quais as soluções mais adequadas para a redução do VEA?

As questões que se colocam no parágrafo anterior não apresentam uma resposta definitiva nem será definido, no âmbito desta investigação, um "valor ótimo" de VNF e da respetiva redução de VEA necessária (que se encontrará dependente, por exemplo, da capacidade dos equipamentos de controlo de caudais pluviais). Pretende-se efetuar uma análise expedita de alguns valores indicadores, com os dados reais disponíveis, que possibilitem a proposta de um intervalo que se possa ajustar a estas duas bacias de drenagem. Nesse sentido, estabelecem-se as seguintes hipóteses de estimativa de VEA (Anexo A10 – Tabela A10.2), comparativamente com os valores de VEA e VF quantificados em 2018:

- Estimativa de VEA anual, com base nos volumes domésticos afluentes à bacia, estimados pelo número de clientes, para três cenários de volumes domésticos por cliente:
  - 80 m^3/cliente/ano;
  - 100 m^3/cliente/ano;
  - 120 m^3/cliente/ano;
- Estimativa de VEA anual, com base no VF a clientes, no mês de maior consumo;
- Estimativa de VEA anual, com base no VEA, no mês de maior consumo.

Para cada uma das hipóteses anteriores consideram-se 4 cenários de cálculo de VEA anual, que correspondem a acréscimos de 0%, 10%, 20% e 30% dos valores estimados (Anexo A10 – Tabela A10.2). Considerando o VF a clientes quantificado em 2018, a tabela A10.3 (Anexo A10) sistematiza a simulação descrita, incluindo a estimativa de redução, em percentagem, do VEA e do VNF, para as duas bacias de drenagem em análise. No seguimento dos cenários hipotéticos estabelecidos, seleciona-se um intervalo de redução de VEA (relacionado com a redução de volumes pluviais) entre 60% a 80% do

VEA (relativamente ao valor do ano de 2018). A tabela 5.33 sintetiza a evolução dos VNF, para o intervalo considerado.

Tabela 5.33 – Síntese de 3 Cenários de Variação Anual dos Volumes Entregues em Alta (VEA), dos Volumes Faturados a Clientes (VF) e dos Volumes Não Faturados (VNF) no Concelho da Trofa

Bacia de Drenagem	↓ 60% VEA			↓ 70% VEA			↓ 80% VEA		
	VEA	VNF		VEA	VNF		VEA	VNF	
BD 9BOU026	159 520	117 100	73%	119 640	77 220	65%	79 760	37 340	47%
BD 9TRO022	442 200	270 432	61%	331 650	159 882	48%	221 100	49 332	22%
Total SAR-Trofa	680 469	348 429	51%	530 039	197 999	37%	379 608	47 568	13%
Total Trofa	1 397 874	547 842	39%	1 247 444	397 412	32%	1 097 013	246 981	23%

A figura 5.156 representa graficamente os três cenários de redução de VEA, visualizando-se uma eventual evolução dos VNF, para o mesmo nível de VF (2018), em período seguinte a 2018, nas bacias de drenagem BD-9TRO022 e BD-9BOU026, no SAR-Trofa e na globalidade do concelho da Trofa. O intervalo de redução de VEA considerado traduzir-se-ia em níveis de VNF entre 23% e 39%, no concelho da Trofa, entre 13% e 51%, no SAR-Trofa, entre 22% e 48%, na BD-9TRO022 entre 47% e 65%, na BD-9BOU026. Embora se trate de um intervalo que considera uma redução significativa de VEA, recorda-se que a análise se efetua com base em estimativas de caudais domésticos conservativas.

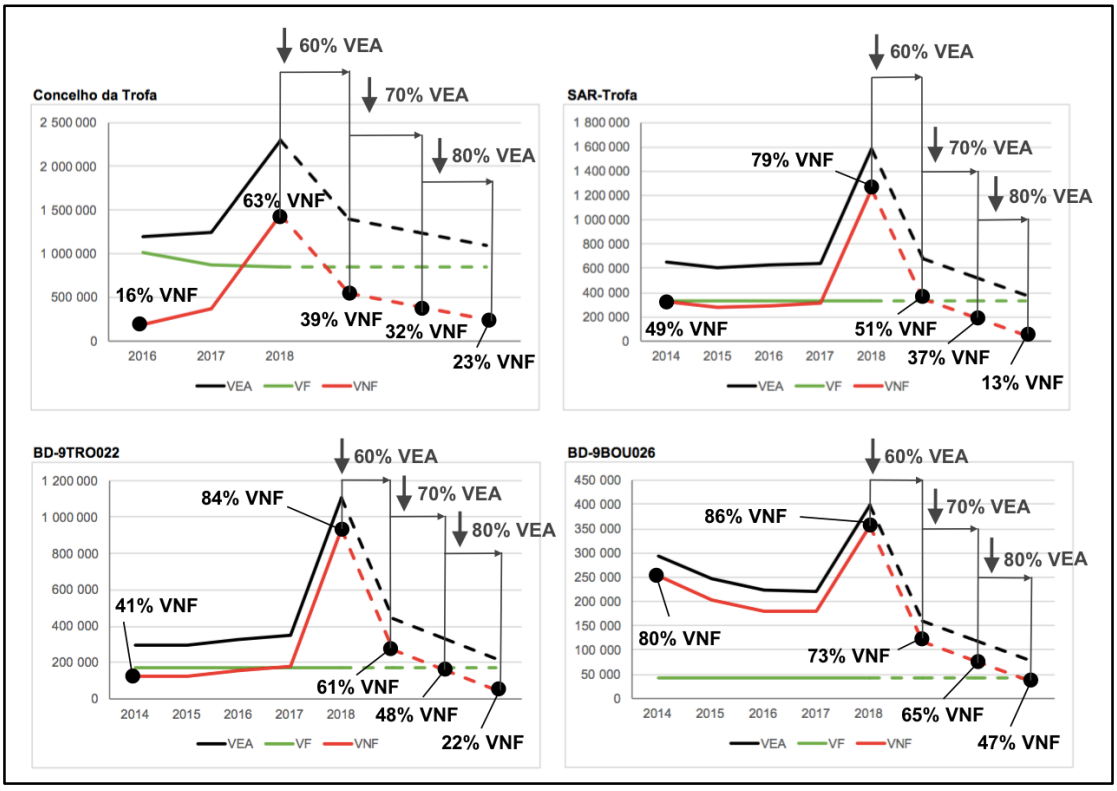


Fig. 5.156 – Representação Gráfica de 3 cenários de Variação Anual dos Volumes Entregues em Alta (VEA), dos Volumes Faturados a Clientes (VF) e dos Volumes Não Faturados (VNF) no Concelho da Trofa

5.3.5.4. Estratégia de decisão específica

A "*Estratégia de decisão específica*", componente da "*Ferramenta de Apoio à Decisão*", proposta no âmbito da metodologia de GOIH, incorpora a análise de soluções específicas a incluir nos sistemas em análise, visando a consolidação da estratégia das EG e dando suporte às opções tomadas. No estudo do SAR-Trofa, aplica-se esta componente aos dispositivos de desvio de caudal, a implementar nas duas bacias de drenagem que dispõem de medição de caudal e que foram analisadas com mais especificidade no âmbito desta investigação, nomeadamente a BD-9TRO022 e a BD-9BOU026. A abordagem efetuada integra os principais pontos:

- Solução equacionada pela EG para a BD-9TRO022;
- Análise conceptual de algumas soluções disponíveis;
- Proposta de soluções a implementar.

O controlo de afluências pluviais indevidas poderá passar pela implementação de soluções de desvio de caudais pluviais, através de câmaras de controlo de afluências pluviais, com recurso a canais descarregadores (figura 5.160), válvulas reguladoras de caudal do tipo flutuador ou guilhotina (figura 5.161) ou válvulas de vórtice (figura 5.159). O tipo de soluções a implementar deverá contextualizar-se com as caraterísticas da rede de drenagem de águas residuais (*p.ex.*: volumes; extensão da rede; número de clientes; parâmetros de qualidade do efluente a descarregar).

A instalação de uma válvula de vórtice em BD 9TRO022 encontra-se citada em SISAQUA e CONSULGAL (2015), onde se carateriza esta bacia de drenagem como tendo uma extensão bastante significativa, com caudal em excesso nos troços mais próximos da ligação ao Intercetor da Trofa (IT), na Rua D. Avelino Moreira Padrão. Referem-se, no mesmo estudo, a ocorrência de inundações nesta bacia, que poderão estar associadas à entrada em carga e transbordo das câmaras de visita, relacionadas com a afluência indevida de caudal pluvial à rede de drenagem de águas residuais. A representação da bacia de drenagem considerada para caixa de controlo de caudal, com válvula de vórtice, apresenta-se na figura 5.157.

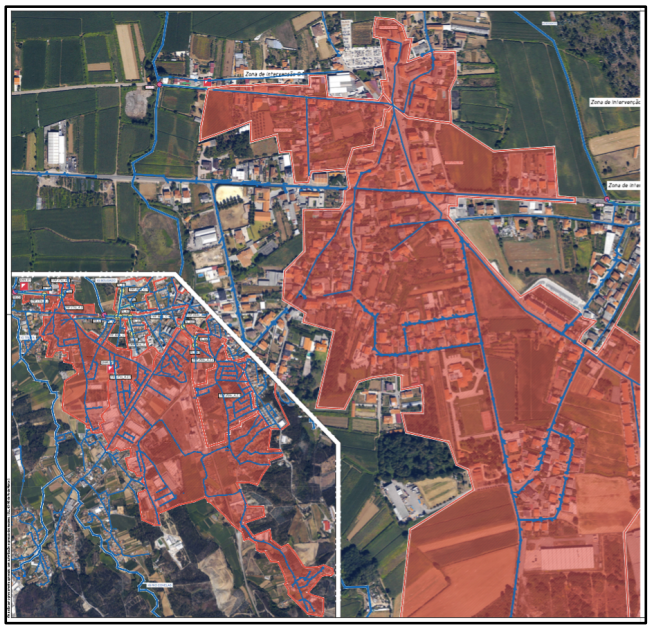


Fig. 5.157 – Bacia de Drenagem Associada à Câmara de Desvio de Caudal (SISAQUA e CONSULGAL, 2015)

O projeto apresentado em SISAQUA e CONSULGAL (2015) integra a execução de uma câmara de visita descarregadora, preparada para a futura instalação de uma válvula de vórtice, para regulação de caudal, sugerindo-se, nesse mesmo trabalho, que se equacione após eventual estudo de caudais. Tal como representado na figura 5.158 (extrato das peças desenhadas do estudo referido), a câmara de visita descarregadora será ligada a uma câmara de visita pluvial, possibilitando que funcione como alívio de caudal em circunstâncias de elevada afluência de caudal, sobretudo em tempo húmido.

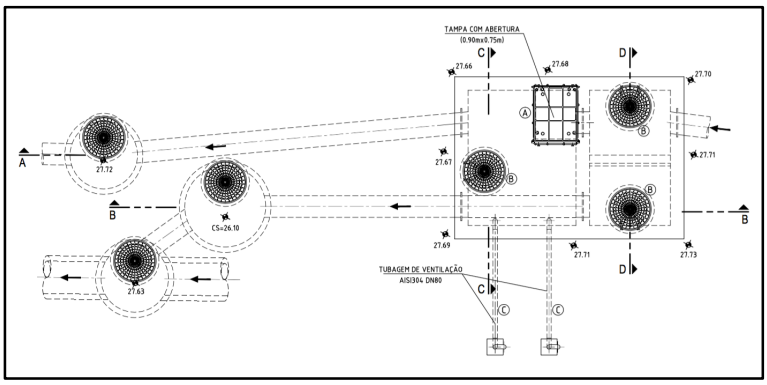


Fig. 5.158 – Representação em Planta da Câmara de Desvio de Caudal (SISAQUA e CONSULGAL, 2015)

A caixa de desvio de caudal proposta em SISAQUA e CONSULGAL (2015), representada em planta na figura 5.159, a construir em betão armado, totalmente enterrada e com dispositivos de acesso (*p.ex.*: tampas; degraus), divide-se nas seguintes componentes principais:

- Câmara de montante: local onde aflui o caudal da rede de drenagem de águas residuais, com um descarregador para desvio de caudal excedentário para a rede de drenagem de águas pluviais;
- Câmara de jusante: local de ligação à rede de drenagem de águas residuais, onde poderá ser instalado um sistema de regulação de caudal (*p.ex.*: válvula de vórtice).

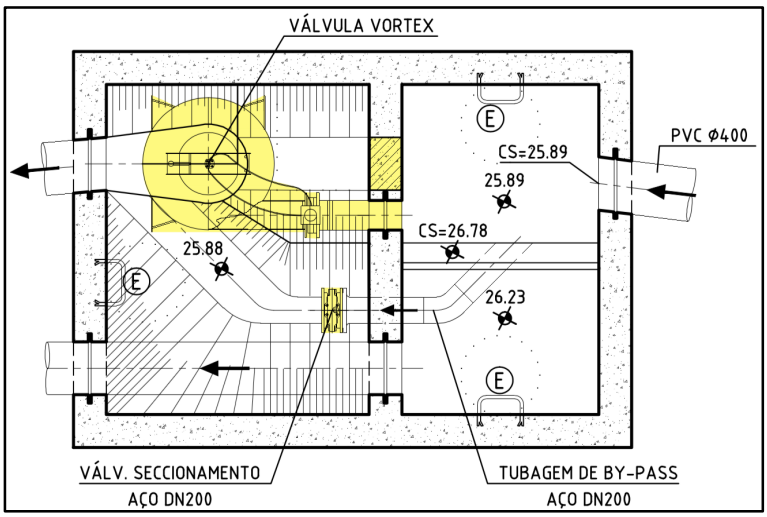


Fig. 5.159 – Representação em Planta da Válvula de Vórtice (SISAQUA e CONSULGAL, 2015)

A válvula do tipo vórtice, a instalar na câmara de jusante, é um equipamento de regulação de caudal que não necessita de energia elétrica e que possibilita a limitação do caudal drenado para jusante (rede de drenagem de águas residuais), permitindo a descarga do caudal excedentário (pluvial) através de um

descarregador para a rede de drenagem de águas pluviais. Relativamente a outras soluções de controlo de caudal, identificam-se algumas vantagens da válvula de vórtice (SISAQUA e CONSULGAL, 2015):

- Custos energéticos nulos;
- Custos de manutenção reduzidos;
- Flexibilidade acrescida em eventuais futuras alterações de caudal.

A aplicação de válvulas de vórtice, ou de outros dispositivos de desvio de caudais pluviais, com controlo de parâmetros de qualidade do efluente, nos pontos de descarga, deverá equacionar-se de acordo com o risco que se encontra associado à descarga, bem como com os requisitos considerados no processo de licenciamento destas componentes dos sistemas de drenagem de águas residuais.

No que se refere ao desvio direto de caudais pluviais, refere-se a solução de uma câmara de visita com um canal descarregador (figura 5.160), com uma capacidade predefinida de caudal residual a transportar, sendo o restante desviado através de um coletor que se encontrará ligada à rede de drenagem de águas residuais ou diretamente a um meio recetor.

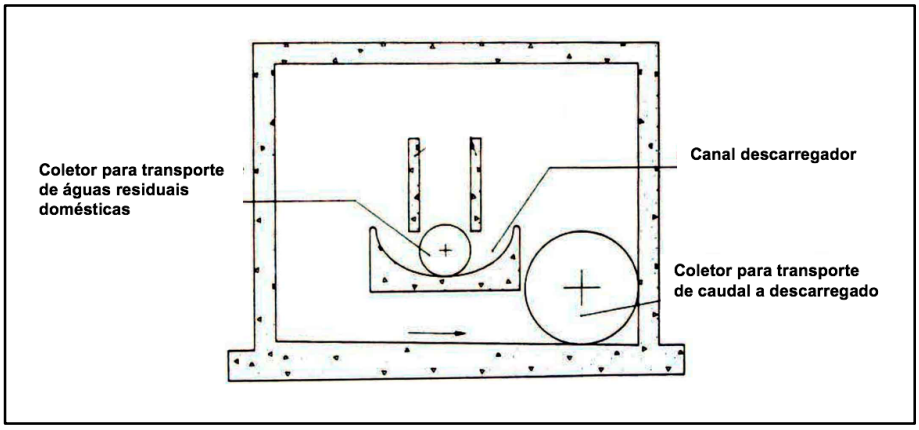


Fig. 5.160 – Câmara de Visita com Descarregador de Águas Pluviais

Em relação às câmaras de visita com válvulas reguladoras de caudal (figura 5.161), distinguem-se dois principais tipos de válvulas, com complexidades e investimentos substancialmente diferentes, nomeadamente as válvulas com flutuador (controlo mecânico) e as válvulas de guilhotina (controlo eletrónico). As câmaras de visita a construir para ambas as situações serão bicompartimentadas, preparadas para a instalação das válvulas reguladoras de caudal e para ações de limpeza e manutenção de equipamentos.

O princípio de funcionamento das válvulas reguladoras de caudal com flutuador assenta, genericamente, no acionamento da válvula reguladora de caudal pela subida do flutuador, provocada pelo aumento do nível de água no compartimento de montante da câmara de visita, associado ao aumento de caudal afluente. O fecho parcial da válvula diminuiu a secção disponível para o escoamento encaminhado para a rede de drenagem de águas residuais, sendo o restante caudal dirigido para um descarregador de águas pluviais que poderá ser ligado a rede de drenagem de águas pluviais ou a um meio recetor.

As válvulas reguladoras de caudal com flutuador deverão dispor da possibilidade de serem acionadas manualmente e poderão apresentar dimensões significativamente variáveis, que vão desde soluções mais simples, para situações de níveis de enchimento e dimensões reduzidas, no compartimento de montante da câmara descarregadora.

Relativamente ao princípio de funcionamento das válvulas de guilhotina com controlo eletrónico (com monitorização a partir de sala de comando), refere-se, genericamente, que este mecanismo de controlo possibilita descargas de volumes variáveis, de acordo com a medição de nível no compartimento de montante da câmara de visita, transmitida ao controlador que acionará o atuador eletrónico da válvula de guilhotina, para uma abertura predefinida de acordo com o caudal que se pretende regular. Este tipo de equipamento de regulação de caudal poderá incorporar um dispositivo de controlo de obstruções, a instalar no compartimento de jusante da câmara de visita, ligado também ao controlador eletrónico.

As válvulas reguladoras de caudal com flutuador controlado mecanicamente apresentam vantagens que se encontram relacionadas com a sua flexibilidade operacional, com a ausência de consumo de energia elétrica, com a simplicidade de execução e com a possibilidade de ser ajustado a condições de exploração distintas.

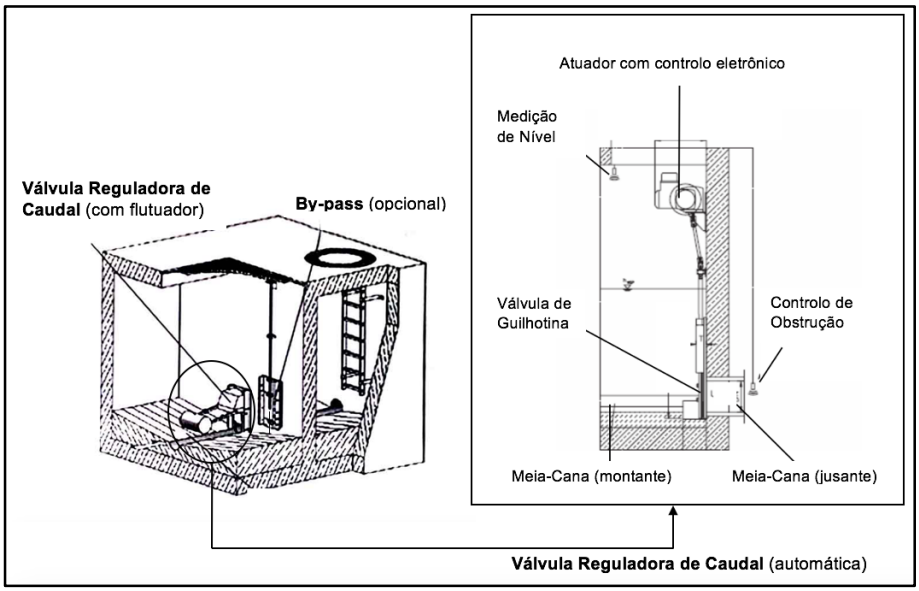


Fig. 5.161 – Câmara de Visita com Válvula Reguladora de Caudal

Tendo em conta a análise anterior, e considerando os valores disponibilizados, considera-se, no contexto da análise do SAR-Trofa, a possibilidade de implementação de três tipos de soluções, com estimativas de custos que visam apenas enquadrar-se num estudo preliminar das soluções a adotar, com complexidades, dimensões, custos e aplicabilidades distintas, designadamente:

- Câmara de visita com descarregador de águas pluviais:
  - Investimento global estimado (construção e monitorização): 5 000 €;
  - Monitorização não permanente de parâmetros do efluente;
- Câmara de visita com válvula reguladora de caudal (com flutuador):
  - Investimento global estimado (construção e monitorização): 25 000 €;
  - Monitorização não permanente de parâmetros do efluente;
- Instalação de controlo de caudais pluviais:
  - Investimento global estimado (construção e monitorização): 50 000 €;
  - Monitorização permanente em sala de comando:
    - Parâmetros de qualidade do efluente;
    - Caudais afluentes e caudais descarregados;
    - Níveis e obstruções.

Para o caso específico das bacias de drenagem BD-9TRO022 e BD-9TRO026, pela dimensão destas bacias e pela contribuição que poderão ter no desempenho da globalidade do SAR-Trofa, poderão necessitar de um controlo de caudais pluviais por intermédio de soluções mais sofisticadas e definitivas, entendendo-se que não se pretende apontar uma solução única e definitiva, mas antes tecer algumas considerações sobre a aplicabilidade do desvio de caudais pluviais.

A instalação de controlo de caudais pluviais, solução para a qual se estima um investimento global na ordem dos 50 000 €, sugere-se como solução que melhor se poderá adequar às bacias de drenagem BD-9TRO022 e BD-9BOU026. Esta instalação, que se desenha conceptualmente no âmbito desta investigação, encontra-se genericamente representada na figura 5.162.

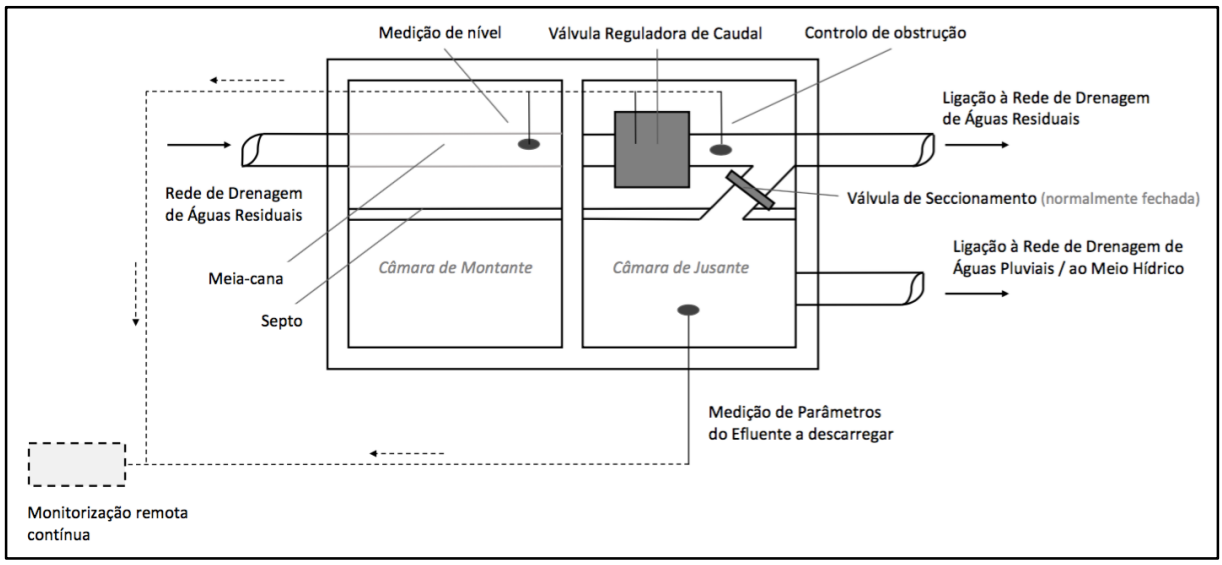


Fig. 5.162 – Proposta de Instalação de Controlo de Águas Pluviais

O controlo de afluências pluviais através da solução proposta (figura 5.162) efetua-se com monitorização permanente dos parâmetros do efluente desviado, com controlo da ocorrência de obstruções e dos níveis e caudais da rede de drenagem de águas residuais afluente. Propõe-se que a ligação à rede de águas pluviais ou ao meio hídrico seja efetuada através de uma saída a cota superior, de tal forma que a válvula de seccionamento representada permita restabelecer a situação inicial, no caso de se verificar que as condições preestabelecidas para o desvio de caudais não se encontram reunidas.

O caso da instalação de controlo de águas pluviais da bacia de drenagem BD-9TRO022, que se considera de particular relevância para uma gestão mais eficiente do SAR-Trofa, tendo em conta os valores indicativos de investimento anteriormente referido e os dados reais disponíveis, efetua-se a seguinte análise do retorno do investimento:

- Redução de VEA entre 40% a 80%:
  - VEA no ano de 2018: 1 169 647 m^3;
  - Estimativa de custos associados ao VEA (2018): 728 807 €;
  - Estimativa de futuro VEA (com instalação): entre 701 788 m^3 e 233 929 m^3;
  - Estimativa de futuros custos associados ao VEA: entre 437 284 € e 145 761 €;
- Ganho anual estimado: entre 291 523 € e 583 046 €;
- Investimento estimado: 50 000 €;
- Período de retorno médio estimado: entre 0,09 anos (1 mês) e 0,17 anos (2 meses).

Em relação à instalação de controlo de águas pluviais da BD-9BOU026, também considerada como investimento importante no âmbito da gestão operacional do SAR-Trofa, e de acordo com as estimativas efetuadas anteriormente, analisa-se o retorno do investimento da seguinte forma:

- Redução de VEA entre 40% a 80%:
  - VEA no ano de 2018: 398 801 m^3;
  - Estimativa de custos associados ao VEA (2018): 248 493€;
  - Estimativa de futuro VEA (com instalação): entre 239 281 m^3 e 79 760 m^3;
  - Estimativa de futuros custos associados ao VEA: entre 149 096 € e 49 699 €;
- Ganho anual estimado: entre 99 397 € e 198 794 €;
- Investimento estimado: 50 000 €;
- Período de retorno médio estimado: entre 0,25 anos (3 meses) e 0,50 anos (6 meses).

Tal como descrito na estratégia operacional, evidencia-se, nesta análise mais específica, que estas intervenções apresentam um período de retorno muito reduzido, mesmo para os cenários mais conservativos.

5.3.5.5. Apontamento Final

A ferramenta de apoio à decisão desenvolvida aplica-se, ao caso de estudo do SAR-Trofa, no estabelecimento de um cenário *macro* de investimento, com base em dois índices de tomada de decisão (IAI e IRO), na estratégia operacional de investimento, com a estimativa de retorno associado, e na abordagem específica ao controlo de caudais pluviais.

As soluções a implementar nos diferentes casos deverão ser estudadas criteriosamente, considerando a adequabilidade de cada opção, do ponto de vista conceptual, os volumes a considerar, os meios humanos e a capacitação necessária, a viabilidade económica das soluções, a salvaguarda do ambiente, o enquadramento legal, o risco associado à sua implantação e o retorno que se encontra associado.

O controlo de afluências pluviais às redes de drenagem de águas residuais do SAR-Trofa configura um processo evolutivo, que necessitará de responder aos problemas que forem sendo identificados, como se tratou do caso das bacias de drenagem BD-TRO022 e BD-9BOU026. Nestes dois casos, e numa primeira fase, o desvio de caudais pluviais poderá ser uma solução que possibilita que se reduza a perda económica associada à entrega destes volumes à EG em alta, sendo os ganhos associados canalizados para uma ação estruturada de combate às afluências indevidas, que inclua ações de fiscalização a redes prediais e o reforço de meios na gestão operacional das infraestruturas públicas.

5.4. SÍNTESE

Nesta síntese de resultados incluem-se algumas constatações de carácter geral sobre os resultados da aplicação da metodologia de GOIH proposta no âmbito desta investigação. A interpretação dos resultados encontra-se efetuada ao longo deste capítulo, com a inclusão de diversas tabelas e representações gráficas que visam a sistematização destes. A discussão dos resultados, do ponto de vista do desenvolvimento conceptual e da aplicabilidade da metodologia a estes e outros casos de estudo, é feita no Capítulo 6 – Considerações Finais. Alguns resultados de caráter mais específico incluem-se nos anexos.

Tal como descrito anteriormente, os resultados apresentados para o SAA-Arouca necessitam de ser colocados segundo uma perspetiva diferente, uma vez que parte significativa destes resultados incluem ganhos operacionais que resultam da aplicação desta metodologia, com a inclusão de ferramentas,

procedimentos, intervenções e, sobretudo, organização e estratégia propostas no âmbito desta investigação. Os resultados apresentados contemplam as diferentes áreas operacionais, designadamente:

- Avaliação de infraestruturas (com base em inquéritos efetuados à EG);
- Exploração de infraestruturas (*p.ex.*: controlo de perdas de água; redução de ocorrências);
- Intervenção em infraestruturas (parte delas executadas ou em execução).

A ferramenta de apoio à decisão que se propõe no âmbito da metodologia, que se desenvolve com o objetivo de constituir um elemento prático e de utilização expedita, concebe-se e testa-se em paralelo com a ponderação de diversas ações que se consideraram, de forma mais empírica, importantes para o SAA-Arouca. O desenho da ferramenta visa organizar, em etapas e procedimentos, a ponderação de investimento, com particular foco no retorno. No caso de estudo do SAA-Arouca, aplica-se a ferramenta de cálculo no planeamento *macro* do investimento, na definição da estratégia operacional, com a elaboração de diferentes cenários de investimento e de evolução de ANF, e na análise da estratégia de decisão específica associada a diferentes intervenções.

A metodologia de GOIH aplica-se, ao SAR-Trofa, de modo semelhante ao descrito anteriormente, para o SAA-Arouca. A avaliação (estado; desempenho; custo; risco) das infraestruturas do SAR-Trofa, embora identifique alguns problemas específicos, aponta no sentido de um estado entre razoável a bom. Nesta avaliação, sobretudo do ponto de vista do risco, realça-se o problema relacionado com as afluências pluviais a diferentes infraestruturas, particularmente nas duas bacias de drenagem estudadas de forma mais detalhada.

No caso da área operacional de exploração do SAR-Trofa, analisam-se os VEA, os volumes medidos e a faturação a clientes. Constata-se que, apesar do reduzido intervalo temporal dos dados (cerca de 1 ano) e da fragilidade que poderá encontrar-se associada aos volumes considerados na faturação a clientes, o valor dos VNF são particularmente elevados, ajustando-se mais os volumes medidos nestas bacias de drenagem à precipitação do que a uma distribuição indicativa dos consumos de água e respetivas contribuições de águas residuais domésticas para a rede.

Na aplicação da ferramenta de apoio à decisão considerada nesta metodologia, propõe-se um planeamento *macro* de investimento, com base na avaliação efetuada, e esboça-se uma estratégia operacional, com evidente foco na questão das afluências pluviais. Nesta temática, elaboram-se diferentes cenários de controlo de afluências pluviais, através da redução de VEA, com recurso a soluções de desvio de caudais pluviais, a instalar a montante dos pontos de entrega das bacias de drenagem BD-9TRO022 e BD-9BOU026. Para estas estima-se um período de retorno de tal forma reduzido e com ganhos imediatos, que poderá financiar e alavancar um processo de combate às afluências pluviais em todo o SAR-Trofa, que inclua ações de vistoria, fiscalização e intervenções, com a necessária mobilização de meios humanos, veículos e materiais.

6
CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1. CONCLUSÕES

A presente investigação realizou-se no sentido do cumprimento do objetivo de desenvolvimento e aplicação de uma metodologia de GOIH a casos de estudo, num processo que integrou diferentes etapas, designadamente: enquadramento da temática referida; estruturação de um projeto de tese de investigação; pesquisa, estudo e sistematização de trabalhos científicos e relatórios técnicos, na temática da GOIH; elaboração conceptual de uma metodologia de GOIH; aplicação da metodologia a casos de estudo; operacionalização da metodologia e acompanhamento de ações implementadas pela EG, num dos casos de estudo; sistematização e discussão de resultados; considerações finais e orientações para investigações futuras. A abordagem sugerida parte das contribuições anteriores em diversas áreas da gestão de infraestruturas hidráulicas e aponta para um modelo de gestão operacional assente, sobretudo, na organização, na mobilização adequada dos meios disponíveis e no apoio à decisão.

O contexto atual de aumento de urbanização em polos concentrados e a desertificação das áreas rurais, o aumento do nível de serviço e de exigência, o final da fase de construção de sistemas novos em grande parte dos locais, a gestão de sistemas em envelhecimento, para a garantia de níveis de desempenho que se pretendem cada vez mais eficientes, a escassez de recursos em determinadas circunstâncias, a elevada disponibilidade de dados e de meios tecnológicos de apoio à gestão, a necessidade de capacitação de recursos humanos e de evitar a perda de *know-how*, são exemplos de componentes que integram um novo paradigma na gestão das infraestruturas hidráulicas. Parte do referido evidencia o balanço globalmente positivo das últimas décadas, designadamente na cobertura dos sistemas de abastecimento, na segurança da água, na despoluição dos meios recetores, na cobertura dos sistemas de drenagem de águas residuais, na garantia da qualidade em origens e meios recetores, na adequada gestão de águas urbanas, e mostra também a necessidade de refletir e tentar gerir o que poderá ter corrido menos bem, colocando determinadas questões:

- As tarifas "em alta" respeitam o princípio de coesão territorial?
- Os sistemas "em alta" encontram-se dimensionados da forma mais adequada?
- Como enquadrar os sistemas de pequena dimensão numa perspetiva de gestão global?
- Qual o equilíbrio entre o aumento da capacidade de resposta e a gestão da procura?

O estado da arte (Capítulo 2) aborda-se no âmbito da presente investigação com o principal intuito de constituir as bases da metodologia de GOIH criada, especialmente nos três campos de conhecimento em que esta se sustenta, nomeadamente a gestão patrimonial de infraestruturas hidráulicas, a gestão do risco e a gestão técnica. Nem todos os conceitos abordados no Capítulo 2 (*p.ex.*: análise de risco e fiabilidade) integram a metodologia proposta. No entanto, a sua análise e inclusão no estado da arte da presente investigação apresentam dois objetivos principais: constituir uma base de consulta diversificada de apoio à gestão operacional de infraestruturas hidráulicas; dotar a investigação de um estado da arte que

possa suportar a aplicação futura a outros casos de estudo (*p.ex.*: sistemas de drenagem de águas pluviais, emissários submarinos). Apresentam-se, também, outras fontes bibliográficas na área, não citadas, mas que podem ser úteis no aprofundamento de diferentes temáticas que se enquadram na gestão operacional de infraestruturas hidráulicas. Estabelece-se um contexto/enquadramento teórico abrangente e lançam-se as bases para trabalhos futuros, nomeadamente no âmbito da gestão operacional de infraestruturas hidráulicas, aplicada a casos de estudo específicos.

A gestão patrimonial de infraestruturas hidráulicas encontra-se relacionada com uma abordagem estratégica ao património existente, enquadrada na legislação atualmente em vigor, e visa a melhoria contínua das organizações. A integração de práticas inovadoras e a valorização das práticas tradicionais, estruturando procedimentos adequados à realidade das organizações, podem constituir uma mais-valia para a gestão adequada das infraestruturas. A eficácia do processo de tomada de decisão necessita de uma abordagem completa, focada no nível de desempenho pretendido, com um grau de risco aceitável e um custo adequado, apoiada pela gestão, engenharia e informação.

A gestão da água, nos diferentes setores que integra, representa um setor estratégico com incertezas e riscos a diferentes níveis. A gestão do risco revela-se como multidisciplinar, envolvendo conceitos como incerteza, risco, vulnerabilidade, resiliência, exposição, perigosidade, precaução, dúvida e ambiguidade. Concetualmente, o risco não apresenta uma definição simplificada, rigorosa e unânime. A evolução do conceito e a sua aplicação, ao longo da história, realçam a complexidade em definir, com precisão, o risco, evidenciando-se que é um conceito que não pode dissociar-se da incerteza. Do ponto de vista organizacional, a gestão do risco aponta no sentido de garantir o planeado, dando cumprimento aos objetivos e constituindo uma ferramenta de apoio à decisão, avaliando eventuais desvios em relação às metas traçadas, e definindo intervenções vocacionadas para a otimização de desempenho.

A gestão técnica de infraestruturas hidráulicas necessita de um conhecimento aprofundado das diferentes componentes que integram os sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, bem como de instrumentos que possibilitam a otimização do funcionamento destes, designadamente ao nível da monitorização e da avaliação do risco e do desempenho. Os conceitos relacionados com a gestão das entidades e o controlo operacional são pontos-chave na exploração eficaz e eficiente destes sistemas, uma vez que integram questões práticas da gestão operacional, nomeadamente na resolução de problemas práticos, transversais às diferentes entidades gestoras.

A gestão das águas pluviais deve ter em conta uma reflexão que transcenda a rede de coletores, considerando soluções que proporcionem a redução dos caudais de ponta. A constatação da diferenciação do caudal afluente à rede, em cada ponto do percurso, constitui um contributo para uma conceção e dimensionamento mais ajustados. O investimento associado às infraestruturas de drenagem de águas residuais revela a necessidade de adoção de soluções eficientes, que promovam o escoamento superficial, permitindo a redução da dimensão das redes enterradas, integrando zonas verdes e pavimentos semipermeáveis.

Enquadrada a temática da GOIH e estudado o estado da arte de diferentes áreas que contribuem para a estrutura da metodologia de GOIH indicada, que se relacionam com ela, ou que a integram, introduzem-se, no Capítulo 3, os casos de estudo que se utilizam para o desenvolvimento, a aplicação, o teste, a validação e a melhoria das ferramentas recomendadas. A complexidade destes sistemas, as solicitações a que se encontram sujeitos, o crescente nível de exigência (socioeconómica, operacional, ambiental) e o serviço crucial que prestam evidenciam a necessidade de uma gestão operacional rigorosa. Abordam-se um sitema de abastecimento de água, o SAA-Arouca e um sistema de drenagem de águas residuais, o SAR-Trofa.

Os casos de estudo que se incluem na presente investigação abordam-se segundo uma metodologia comum, um estrutura idêntica, mas com uma abrangência, um âmbito e uma transversalidade distintos. No caso do SAA-Arouca, a concretização da presente metodologia decorreu em estrita colaboração com a equipa de exploração deste sistema de abastecimento de água, incluindo-se, nas rotinas operacionais, diversas ferramentas e procedimentos referidos no âmbito desta investigação. Os resultados apresentados para o SAA-Arouca, designado como "Caso de Estudo Âncora", versam não só sobre propostas de otimização operacional, mas também sobre resultados práticos de diferentes ações desenhadas na aplicação da metodologia de GOIH e operacionalizadas no terreno, designadamente no que diz respeito à redução de perdas de água. O SAR-Trofa estuda-se num período de tempo mais curto, com particular foco nas afluências pluviais indevidas em duas bacias de drenagem que integram este caso de estudo, tecendo-se considerações e investigando-se as ações futuras a implementar neste âmbito.

Funcionalmente, a metodologia de GOIH incorpora três fases distintas, nomeadamente o tratamento de dados, a gestão operacional de infraestruturas hidráulicas e o apoio à decisão. Estruturalmente, o tratamento de dados divide-se em processamento de dados reais e estatística operacional; a gestão operacional de infraestruturas hidráulicas desdobra-se no contexto, nas áreas operacionais (avaliação; exploração; intervenção) e nas infraestruturas hidráulicas; e o apoio à decisão compreende a estratégia de investimento e a estratégia operacional. Genericamente, a metodologia de GOIH integra e trata os dados disponíveis sobre determinado sistema, avalia as suas infraestruturas, aborda os seus procedimentos de exploração, e analisa e sugere intervenções, com base em critérios que apoiem o processo de decisão. A conceção desta metodologia visa disponibilizar ferramentas de apoio à exploração e, sobretudo, organizar (elaborar procedimentos; sistematizar dados; propor ações; balizar investimentos).

A abordagem referida na área operacional de avaliação de infraestruturas hidráulicas possibilita uma análise expedita do estado, do desempenho, do custo e do risco das diferentes infraestruturas que integram os sistemas em análise. A avaliação assenta em inquéritos efetuados às EG dos sistemas, nos casos de estudo a que se aplicou a metodologia, mas poderá integrar também, casos em que existam outros registos de base, dados de planos estratégicos, planos de GPI ou outros estudos mais detalhados e com informações mais rigorosas que os inquéritos a efetuar. No entanto, destaca-se a pertinência de ter em conta a opinião dos colaboradores com um conhecimento mais aprofundado, do ponto de vista da exploração.

Nos inquéritos efetuados à EG, no âmbito da aplicação da metodologia de GOIH aos dois casos de estudo em análise, incluíram-se os parâmetros que se consideraram mais pertinentes, tendo em conta o estado da arte e o contexto dos sistemas. Mais especificamente do que os inquéritos que se realizaram, realça-se a "metodologia inquérito" na avaliação das infraestruturas hidráulicas, efetuada de acordo com critérios de avaliação preestabelecidos e com classes de avaliação uniformizadas. Os inquéritos relacionados com o desempenho social, entregues a diferentes *stakeholders* (*p.ex.*: municípios; juntas de freguesia; antigos colaboradores), procuraram demonstrar a opinião acerca da EG, ficando esses dados à disposição da EG, visando uma perspetiva construtiva e de melhoria.

A exploração eficaz das infraestruturas hidráulicas poderá relacionar-se com o estado destas, com o cadastro disponível, com os meios tecnológicos ao dispor, com a disponibilidade económico-financeira da EG, com o contexto que se verifica, mas os recursos humanos que gerem e operam os sistemas são um ponto que se entende seguramente necessário salientar. A capacitação, a valorização, o investimento e a motivação dos colaboradores representam um papel preponderante no sucesso da estratégia de GOIH. Sugere-se que se fomente o cumprimento de tarefas por objetivo, o reconhecimento pelas conquistas efetuadas (*p.ex.*: redução de perdas de água) e a implementação de sistemas de avaliação de desempenho justos e que premeiem o empenho e o compromisso com a missão da organização. Por

exemplo, uma equipa de combate às perdas de água poderá ser composta por um técnico e dois operadores, e uma ação de deteção de fugas com equipamentos acústicos poderá percorrer diariamente entre 3 km e 4 km de rede, mas o sucesso de ambas será diretamente influenciado pela estratégia, pelo planeamento, pela organização e pela motivação das equipas.

No âmbito da metodologia de GOIH descrita (Capítulo 4), apresenta-se uma estrutura esquemática para a estratégia de combate às perdas, que inclui as ações com vista à redução de perdas reais e de perdas aparentes. O combate às perdas aparentes poderá traduzir-se num maior retorno unitário (por m^3 reduzido) do que o combate às perdas reais, uma vez que a tarifa do consumidor "em baixa" é, geralmente, superior à de aquisição/captação "em alta". No entanto, sobretudo em sistemas com elevados níveis de ineficiência, face ao volume de perdas reais, o combate a estas poderá conduzir a ganhos superiores. Salienta-se, no entanto, a pertinência de encarar as perdas reais com uma visão global e integrada (reais e aparentes).

À semelhança do combate às perdas de água, descrito no parágrafo anterior, também para o caso das afluências pluviais aos sistemas de drenagem de águas residuais e às afluências residuais aos sistemas de drenagem de águas pluviais, no âmbito da metodologia de GOIH, se sugere uma estrutura que possa configurar uma estratégia integrada de combate às afluências indevidas, com um conjunto de ações direcionadas para o controlo destas. As ações incluídas nesta estratégia dever-se-ão adequar ao contexto, ao nível e ao tipo de afluências que se verificam no sistema que se pretende estudar.

Na área operacional de intervenção, a estrutura recomendada preconiza uma análise a efetuar às intervenções de monitorização, manutenção, reabilitação e reforço de infraestruturas hidráulicas, com uma eventual análise dos resultados operacionais e de desempenho obtidos, e a proposta de intervenções que se verifiquem pertinentes pela aplicação da metodologia de GOIH, bem como a análise de ações que se encontrem planeadas pelas EG dos sistemas que se investigam.

Na aplicação da área operacional de intervenção ao SAA-Arouca e ao SAR-Trofa, analisaram-se as intervenções executadas e mencionaram-se outras que se demonstra representarem importantes investimentos a efetuar no âmbito da gestão destes sistemas. Realça-se que parte das intervenções concretizadas no SAA-Arouca, desde o final do ano de 2016, se planearam, projetaram e implementaram no âmbito da presente investigação. Como referido nos resultados, parte das ações indicadas para o SAA-Arouca já foram concluídas ou encontram-se em execução. A contínua colaboração com a exploração deste sistema, designadamente na demonstração dos resultados obtidos por determinadas intervenções realizadas, possibilitou o teste *in loco* de diversas ações propostas.

A estratégia de intervenções deverá ter em conta a avaliação de infraestruturas feita e ser concertada com as ações de exploração a implementar, designadamente a gestão de pressões, o controlo de afluências indevidas, a monitorização contínua da qualidade da água e dos parâmetros dos efluentes, entre outras. O investimento em reabilitação e reforço não poderá ser visto estritamente através de uma visão sobre o retorno monetário ou operacional do investimento. O envelhecimento dos sistemas, a perspetiva de melhoria contínua, a garantia de qualidade do serviço prestado e a salvaguarda de pessoas, bens e ambiente consideram-se evidências de que a reabilitação de infraestruturas deverá ser considerada numa perspetiva integrada.

No âmbito do apoio à decisão, propõe-se uma ferramenta de apoio à decisão simplificada, que se divide no planeamento de investimentos, a levar a cabo com base na avaliação de infraestruturas, no contexto operacional e nas disponibilidades económico-financeiras das EG, e na estratégia operacional, que considera as intervenções programadas pela EG e clarificadas no âmbito da área operacional de

intervenção da estrutura da metodologia de GOIH, analisadas do ponto de vista do investimento estimado, do ganho esperado e do período de retorno correspondente.

Os resultados da aplicação da metodologia de GOIH desenvolvida aos dois casos de estudo que integram a presente investigação, o SAA-Arouca e o SAR-Trofa, apresentam-se no Capítulo 5, efetuando-se uma síntese de dados comentada, de acordo com a estrutura afeta a esta investigação. Em relação ao SAR-Trofa, mostram-se os resultados da avaliação, exploração e intervenção, propondo-se ações e efetuando-se uma previsão do desempenho deste sistema, especificamente no caso das afluências pluviais. No caso do SAA-Arouca, além dos resultados da aplicação da metodologia, que também se dividem na estrutura referida, apresenta-se a evolução real do desempenho deste sistema de abastecimento de água, em período seguinte à aplicação da metodologia, procedendo-se a uma análise detalhada de diversas ações implementadas no âmbito da exploração das infraestruturas hidráulicas que integram este sistema.

Parte significativa das simplificações que se verificam na aplicação da metodologia e na aplicação expedita e abreviada de conceitos prende-se com a necessidade de, na ausência de bases de dados devidamente estruturadas e suficientemente completas, ter a capacidade de decidir com a melhor informação que se encontra à disposição, em determinado momento. A tomada de decisão e a resolução dos problemas, ainda que com incerteza associada à solução a adotar, não poderá aguardar que se constituam bases de dados robustas.

Considerando particularmente a evolução de desempenho do SP do SAA-Arouca no ano de 2018, período seguinte à implementação de parte significativa das ações propostas, verifica-se uma redução de 37% da ANF (- 187 483 €) e de 42% do número de roturas (- 124 028 €). Os dados reais, até ao final do ano de 2018, demonstram uma evolução do indicador ANF da ERSAR, o AA08, de 81% para 55%, e do indicador de perdas reais, o AA12, de 10,26 (qualidade de serviço insatisfatória) para 4,68 (qualidade de serviço mediana). De acordo com a previsão realizada, no ano de 2019, a redução de ANF poderá ser de cerca de 71% (-361 515 €) face a 2017. Considerando o triénio 2017-19, com os resultados reais dos anos de 2017 e de 2018, e com a previsão para 2019, estima-se um período de retorno do investimento feito de cerca de 2 anos.

No caso do SAA-Arouca, o nível de ANF, no final do ano de 2019, poderá encontrar-se entre 30% e 40%, valores que ainda se podem considerar elevados. No entanto, importa referir que, no ano de 2015, o valor de ANF rondava os 80%, tendo sido iniciada uma estratégia concertada de combate às perdas de água apenas durante o ano de 2017. Salienta-se que se deve informar, também, que a redução de perdas, como amplamente explanado no capítulo anterior, se efetuou sobretudo com meios internos e com um investimento relativamente reduzido, apostando-se muito na organização, na estratégia, na capacitação de colaboradores e na implementação de metodologias para o futuro, numa perspetiva de fornecer ferramentas e autonomia às equipas operacionais.

Tendo em conta a previsão efetuada, e no pressuposto de continuidade do caminho que tem vindo a ser seguido, poderá prever-se que, com as reservas necessárias, num período inferior a 5 anos, a estratégia de GOIH poderá levar o SAA-Arouca para patamares de risco, desempenho e sustentabilidade compatíveis com a gestão otimizada de um sistema com estas caraterísticas.

Relativamente ao SAR-Trofa, a título genérico e conclusivo, indica-se que a avaliação das infraestruturas que integram este sistema de drenagem de águas residuais se encontram num estado razoável a bom, identificando-se um pior estado, desempenho e risco nas duas bacias de drenagem que se estudam, com mais especificidade, nesta investigação. Na área operacional de exploração do SAR-Trofa, de acordo com a metodologia concebida, analisa-se a relevância operacional das diferentes componentes do sistema e sistematizam-se os dados associados aos volumes (VF e VEA), em especial nos locais onde se dispõe de medição. Embora se deva notar o período particularmente reduzido dos

dados de medição de volumes (1 anos), estes evidenciam o problema identificado na avaliação das infraestruturas, principalmente a afluência de caudais pluviais.

O controlo célere da perda económica associada às afluências pluviais do SAR-Trofa poderá permitir que, em paralelo e financiadas pelo próprio retorno operacional da redução de volume indevidos, se levem a cabo ações mais morosas, como a fiscalização, a vistoria de infraestruturas e as intervenções de reabilitação e substituição, cujos resultados na redução de afluências pluviais indevidas, numa perspetiva de circularidade, poderão ditar que se reduza o volume pluvial desviado, entretanto controlado na origem. Sugere-se que o controlo de afluências pluviais se observe segundo uma perspetiva de melhoria e monitorização contínua, com uma visão focada na melhoria da eficiência dos sistemas e com uma estratégia flexível que permita que as ações se adequem à evolução do processo.

Na aplicação da metodologia de GOIH aos dois casos de estudo em análise (SAA-Arouca e SAR-Trofa), deu-se particular ênfase ao cálculo de risco, com base nos dados reais disponíveis. No caso do risco de falta de água do SAA-Arouca, assume-se um tempo médio de 3 horas, de acordo com as informações recolhidas junto da equipa de exploração. Este exemplo poderá demonstrar a necessidade de melhorar continuamente os registos, nomeadamente com a implementação de campos de registo para recolha de dados dos tempos de resposta, nas ferramentas utilizadas pela exploração (*p.ex.*: Aquafield). Realça-se, no entanto, que a metodologia desenvolvida se encontra aberta à integração de análises de risco mais sofisticadas, em situações em que os dados disponíveis o permitam.

Numa perspetiva mais global de gestão dos sistemas de abastecimento de água, de drenagem de águas residuais e de drenagem de águas pluviais, as metodologias e ferramentas de GOIH deverão considerar as ferramentas que já se encontram implementadas na exploração de um determinado sistema, pela sua EG (*p.ex.*: planos estratégicos, planos táticos, planos operacionais, planos de GPI, planos de gestão do risco, instrumentos de gestão previsional, PSA, PCQA), integrando-as numa estrutura que aponte no sentido de uniformizar, de simplificar, de comunicar e de envolver. Um processo que vise uma transformação integrada, com resultados rápidos que financiem todo o processo e com uma estratégia robusta que possibilite que as melhorias obtidas se consolidem no tempo necessita de liderança, inovação e participação, e de uma metodologia em monitorização permanente (monitorização operacional, monitorização económica, monitorização ambiental, monitorização social).

Os sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais devem ser pensados na perspetiva da gestão das infraestruturas e da governança e, tendo em conta que são sistemas de capital intensivo (períodos de amortização de investimentos longos), não se devem encarar numa perspetiva puramente economicista de retorno imediato. A sua gestão deve considerar soluções que equilibrem as vertentes técnica, ambiental, social e económica, favorecendo tomadas de posição que visem a sustentabilidade, a justiça social e a viabilidade estratégica.

Os conceitos de resiliência e robustez assumem particular relevância na resposta a eventos não previsíveis ou de difícil previsão e que podem ter consequência gravosas. As infraestruturas hidráulicas que suportam os sistemas de abastecimento de água, de drenagem de águas residuais e de drenagem de águas pluviais devem gerir-se de forma a minimizar as possíveis consequências destes eventos, numa tentativa de equilibrar otimização com resiliência, redundância com eficiência e robustez com poupança de recursos. No contexto atual, a gestão das infraestruturas que integram os sistemas do setor de águas e resíduos necessita de sistemas de gestão musculados, que respondam aos problemas correntes (*p.ex.*: roturas, perdas de água, afluências indevidas, obstruções, inundações), através de estratégias tradicionais, que continuam aplicáveis e sobre as quais existe um *know-how* que não deverá ser ignorado,

e considerando a integração de ferramentas atualmente disponíveis (*p.ex.*: SIG, GPI, gestão do risco, monitorização em tempo real).

6.2. INVESTIGAÇÕES FUTURAS

A gestão operacional de infraestruturas hidráulicas poderá constituir o elemento agregador de conceitos como a gestão patrimonial de infraestruturas, a gestão do risco e a gestão técnica, fundamentada por casos de estudos que configurem a aplicação prática destas temáticas. Nesse sentido, sugere-se a aplicação, teste, ajuste e melhoria da metodologia de GOIH, com a operacionalização da mesma a outros casos de estudo, designadamente:

- ETAR e Emissário Submarino, com particular foco em:
    - Condições estruturais e de funcionamento do emissário;
    - Gestão de risco do emissário (*p.ex.*: estrutural; descarga indevida; interrupção de serviço);
    - Adequação do tratamento da ETAR aos parâmetros do afluente a esta e à capacidade de autodepuração do meio recetor;
- Sistema de Drenagem de Águas Pluviais:
    - Avaliação das infraestruturas;
    - Exploração das infraestruturas, com particular foco em:
        - Ocorrências de cheias e inundações;
        - Afluências residuais;
        - Soluções de controlo na origem;
        - Drenagem dual.

Outra situação a considerar, futuramente, é a possibilidade de abordar outras temáticas relacionadas com a gestão técnica dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais (referentes ao setor, às entidades gestoras e à gestão operacional), designadamente:

- Modelação dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas residuais, globalmente e das suas componentes;
- Integração dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na gestão operacional dos sistemas;
- Monitorização de indicadores de desempenho como ferramentas de apoio à gestão operacional;
- VRP;
- NEP.

No que diz respeito à modelação de diferentes cenários, refere-se a pertinência de avaliar as potenciais consequências advindas de eventos correntes e extraordinários, avaliando o comportamento dos sistemas de drenagem.

A possibilidade de avaliar o efeito da urbanização na drenagem urbana, sistematizando a alteração dos coeficientes de infiltração associados, apresentando diferentes soluções de drenagem superficial e de controlo na origem, devidamente simuladas e estimadas as respetivas consequências, poderá constituir um bom tópico a levar a cabo em investigações posteriores. O estabelecimento de uma série temporal média ajustada aos registos de precipitação e às publicações existentes poderá permitir testar as redes de drenagem de águas pluviais para cenários que possibilitem o estabelecimento de um termo comparativo com as considerações de projeto.

Refere-se a possibilidade da implementação da gestão do risco, adaptando as metodologias descritas na operacionalização da gestão do risco, a casos concretos, dando cumprimento aos diferentes desafios lançados, nomeadamente, e entre outros, os seguintes:

- Aplicação de metodologias de análise de risco e fiabilidade a casos de estudo, em modelo físico (avaliação da variabilidade de valores obtidos com medições efetuadas em modelo);
- Utilização de dados reais gerados automaticamente, para efetuar análises de risco e fiabilidade;
- Análise de risco e fiabilidade para a atribuição de probabilidades de falha a fatores de segurança utilizados no dimensionamento das estruturas;
- Análise dos riscos associados às origens de água, à distribuição de água e à contaminação dos meios recetores, com metodologias de análise de risco e fiabilidade, explorando os conceitos abordados no estado da arte, como os métodos de geração de dados, a função *performance*, a modelação dos sistemas tendo em conta o risco, os modelos de *forecasting*, entre outros;
- No combate às perdas aparentes, desenvolvimento de uma metodologia de análise de risco que orientasse a substituição de contadores e a pesquisa de ilícitos, com base numa análise de risco.
- Elaboração de mapas de risco com base em análises semiquantitativas de risco, com caráter semelhante às matrizes de risco, mas com a representação espacial do nível de risco de diferentes infraestruturas hidráulicas associadas, dos sistemas de abastecimento de água, drenagem de águas residuais ou drenagem de águas pluviais;
- Em casos em que as infraestruturas se encontram monitorizadas de forma permanente, pode equacionar-se a representação do risco em tempo real, de acordo com a variação de diferentes parâmetros (*p.ex.*: caudais, consumos de clientes, qualidade da água, volumes, parâmetros dos efluentes, condições meteorológicas);
- A análise de risco (*p.ex.*: fiabilidade hidráulica; perda de água; roturas; interrupção de serviço; descargas indevidas; afluências indevidas; cheias e inundações) e a teoria da decisão recomendam-se como campos de estudo, do ponto de vista da otimização do processo de decisão.

6.3. OUTRAS CONSIDERAÇÕES

Pela abrangência da gestão operacional, pela sua interdisciplinaridade e pelo seu contacto com diversas questões relacionadas com a gestão da água numa perspetiva mais global, apontam-se algumas orientações e estudos futuros, mais ou menos aprofundados, de caráter mais geral ou mais específico, que podem enquadrar-se na resposta aos desafios atuais.

Segundo uma perspetiva holística, uma gestão eficiente de investimentos e ganhos poderá financiar o próprio processo de melhoria contínua, canalizando, de "forma circular", os ganhos para novo investimento, podendo a otimização operacional (*p.ex.* relacionada com a redução de perdas de água e/ou de afluências pluviais) financiar todo o processo de mudança de um determinado sistema ou EG. A figura 6.1 propõe uma visão integrada do ciclo urbano da água, focando particularmente o papel da GOIH, numa perspetiva que, genericamente, se poderá designar como gestão integrada circular.

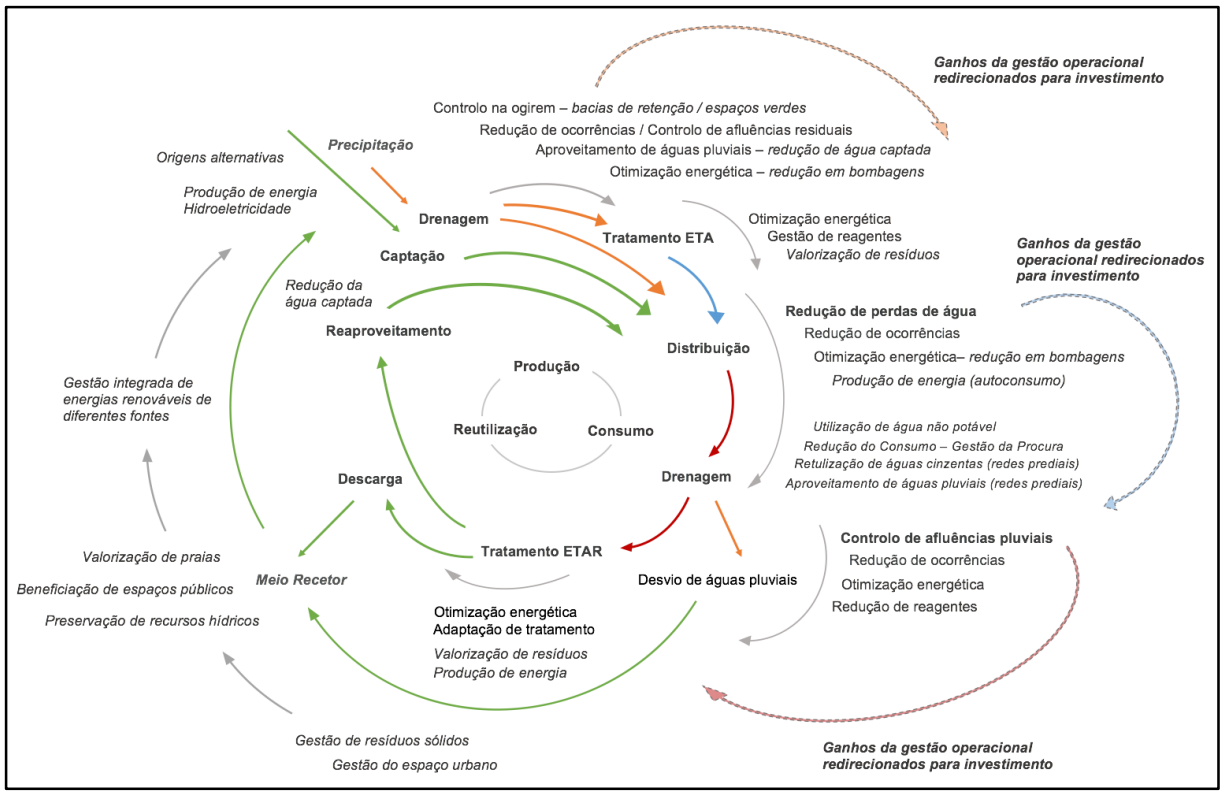


Fig. 6.1 – Representação Esquemática da Gestão Integrada Circular

A representação esquemática da figura 6.1 não pretende constituir uma metodologia de gestão integrada da água, mas sim uma visão do que poderá ser uma gestão integrada circular do ciclo urbano da água, com a resposta às necessidades da sociedade (abastecimento de água, drenagem de águas residuais e drenagem de águas pluviais), através de uma gestão das infraestruturas hidráulicas que vise a eficiência e a canalização de ganhos operacionais para investimento no próprio processo, através de uma perspetiva de circularidade. A criatividade, a inovação, a garantia de espaço e financiamento para novas soluções, a valorização e consolidação de práticas convencionais basilares, a garantia da segurança de pessoas e bens, e a preservação dos recursos hídricos, do meio ambiente, do espaço urbano identificam-se como apostas que devem figurar numa visão global e integradora da gestão da água.

Numa perspetiva de políticas públicas, sugere-se a gestão integrada do abastecimento de água, da drenagem de águas residuais e da drenagem de águas pluviais, por EG comum, ou por um modelo de cooperação que se comprove adequado, e o estudo da integração da gestão de resíduos sólidos e da gestão do espaço urbano num modelo comum. O incentivo à produção de energia em redes de distribuição de água (hidrogeração), ETA e ETAR, para autoconsumo ou fornecimento à rede pública, através de um modelo conjunto de gestão de fontes energéticas, e a valorização dos resíduos que resultam do tratamento em ETA e ETAR também se indicam como orientações para uma visão global.

Relativamente ao abastecimento de água, a possibilidade de utilização de água não potável para diferentes fins (*p.ex.*: agricultura; indústria; rega) poderia potenciar o reaproveitamento de águas residuais e o aproveitamento de águas pluviais, com a consequente preservação de origens e redução de consumos energéticos e de reagentes nas ETA. Salienta-se, também, a pertinência da redução dos consumos de água potável, através da gestão da procura, nomeadamente através da comunicação dos desafios presentes e da "colocação da água na agenda". A otimização operacional que conduza à redução de bombagens (redução de consumos energéticos), de ocorrências (*p.ex.*: roturas) e de perdas de água,

através de investimentos com períodos de retorno relativamente curtos, poderá gerar ganhos que permitem financiar, juntamente com outras fontes, o processo descrito.

Em relação à drenagem de águas residuais e pluviais, a reutilização de águas cinzentas e o aproveitamento de águas pluviais nas redes prediais representam soluções de controlo na origem, que possibilitam a redução de volumes afluentes às redes de drenagem e aos sistemas de tratamento de águas residuais. Operacionalmente, o controlo das afluências pluviais às redes de drenagem de águas residuais poderá potenciar ganhos económicos associados à drenagem e tratamento (*p.ex.*: redução de ocorrências; otimização energética em bombagens; redução de reagentes), que possibilitam a obtenção célere de ganhos que podem financiar uma estratégia integrada visando a sustentabilidade. A adaptação do tratamento em ETAR, mediante as caraterísticas dos afluentes, também deverá ser equacionada.

Na gestão de águas pluviais, a atenuação de caudais de ponta, através de soluções de controlo na origem (*p.ex.* bacias de retenção; promoção de infiltração em espaços verdes) e do aproveitamento de águas pluviais, com ganhos associados à diminuição de ocorrências (*p.ex.*: obstruções; colapsos; cheias e inundações) e de consumos energéticos associados a bombagens, poderá conduzir a ganhos a incorporar no processo de gestão integrada circular.

As temáticas estudadas, as ações concretizadas e a visão apresentada ao longo da presente investigação, em áreas mais específicas da GOIH e em considerações mais genéricas sobre a gestão da água, apresentam-se como um contributo que inclui desenvolvimentos anteriores na área da hidráulica, que propõe uma metodologia operacional estruturada e que se encontra aberto à comunidade académica, científica e aos diversos intervenientes do setor da água, numa perspetiva de disponibilizar ferramentas e de integrar sugestões e melhorias em trabalhos futuros.

Da perspetiva das soluções que promovam a economia circular, refere-se a possibilidade de abordagem futura às seguintes temáticas: soluções de controlo na origem (*p.ex.*: reutilização de águas cinzentas em redes prediais, aproveitamento de águas pluviais em redes prediais, bacias de retenção); aproveitamento de águas pluviais em infraestruturas públicas; reutilização de águas residuais para fins não potáveis; soluções verdes (*nature-based solutions*); produção de energia no âmbito da exploração dos sistemas de abastecimento de água (*p.ex.*: hidrogeração, particularmente em soluções de autoconsumo, para alimentação de medidores de caudal, *data loggers*, iluminação de infraestruturas, entre outros) ou em ETAR; aproveitamento de lamas de ETAR, etc.

Pela necessidade constante de responder a ocorrências que necessitam de materiais de complexidade e multiplicidade diversa, aponta-se a possibilidade de investigação da gestão de armazéns das EG do setor de águas e residuais. Propõe-se a ponderação de um banco de materiais em armazéns das EG e em fornecedores, todos em plataforma única e agregadora das diversas ferramentas de gestão de armazéns nas entidades envolvidas, que possibilitasse um cálculo expedito e informação, ao decisor, da melhor opção (*p.ex.*: armazém da EG, armazém de outra EG do grupo, aquisição a fornecedor externo), para a mobilização dos materiais necessários, de acordo com a disponibilidade dos mesmos, nos diferentes locais, e com base num cálculo de custos associados à deslocação, ao preço de aquisição, etc.

Na área de conhecimento da inteligência artificial, propõe-se a exploração do desenvolvimento de ferramentas de apoio à GOIH.

Relativamente aos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais, a procura de soluções que equacionem a implementação de sistemas de tratamento não convencionais, em locais com densidades populacionais particularmente baixas, onde a cobertura por um sistema tradicional necessita de um

investimento *per capita* substancialmente elevado e cuja exploração poderia deparar-se com problemas associados aos volumes particularmente reduzidos, é outra situação a ser estudada, futuramente.

Os desafios económicos, territoriais e climáticos, segundo uma perspetiva integrada, poderão encarar-se considerando diversas questões relacionadas com a gestão da água, como por exemplo a problemática dos incêndios, que se encontra particularmente relacionada com a fixação das populações. A principal atividade para a fixação das populações é a agricultura, que necessita de uma adequada gestão da água para o seu progresso, designadamente através da adequação das culturas às disponibilidades.

No fecho do ponto dedicado às orientações para investigação futura, apresenta-se um conjunto de conceitos, representados na *concept cloud* da figura 6.2, relacionada com a GOIH. Realça-se que não se trata de uma lista exaustiva de todos os temas que se relacionam com a GOIH, mas antes de um conjunto de conceitos relevantes que surgiram no decorrer desta investigação e sobre os quais se sugere que se possa efetuar investigação futura, explorando-os individualmente ou de forma adregada, de acordo com a sua abrangência e com o contexto do estudo que se pretenda efetuar.



Fig. 6.2 – *Concept Cloud* relacionada com a Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abraham, G. (1963). Jet Diffusion in Stagnant Ambient Fluid, Delft Hydraulics. Laboratory, Publ.29, Series 1, Group 14, pp.183.

Abrahamsson, M. (2002). *Uncertainty in Quantitative Risk Analysis – Characterisation and Methods of Treatment*. Universidade de Lund, Suécia, Report 1024, 103 p.

Abreu, M.M.M., Lucas, J.A.C. (2003). *Terminologia geral sobre patologia da construção*. Relatório 32 6/03 – NCMC, LNEC, Lisboa.

Adams, F. (2006). *Expert elicitation and Bayesian analysis of construction contract risks: an investigation*. Construction Management and Economics, 24:81-96.

AdN (2012). *Contrato de Parceria Pública*. Informações que constam do contrado celebrado entre o Estado Português e os Municípios que integram a parceria pública-pública para a gestão e exploração do Sistema de Águas da Região do Noroeste.

AdN (2017). *Informações internas da Águas do Norte, S.A*. Informações facultadas pela Entidade Gestora da Parceria, Águas do Norte, S.A.

AdN (2018). *Informações internas da Águas do Norte, S.A*. Informações facultadas pela Entidade Gestora da Parceria, Águas do Norte, S.A.

AdN (2019). *Informações internas da Águas do Norte, S.A*. Informações facultadas pela Entidade Gestora da Parceria, Águas do Norte, S.A.

Agarwal, A. (2008). *Decision making under epistemic uncertainty: An application seismic design*. Tese de Mestrado, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, USA.

Águas do Ave (2004). *Auditoria ao Sistema Intercetor de Entrega Existente – Ficha de* Caraterização. Guimarães, Março de 2004.

Águas do Ave (2008). *Relatório de Contas 2008*. Águas do Ave, S.A.

Al-Bahar, J, Crandall, K. (1990). *Systematic risk management approach for construction projects*. Journal of Construction Engineering and Management, 116(3):533-546.

Ale, B. (2002). *Risk assessment practices in the Netherlands*. Safety Science, 40:105-126.

Alegre, H. (2007). *Gestão Técnica de Sistemas de Água. Programa de formação avançada*. ICT Informação Técnica, Hidráulica – ITH 45, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Lisboa.

Alegre, H. (1998). *Indicadores de desempenho de sistemas de abastecimento de água-trabalho em curso no âmbito da IWSA*. 4º Congresso da água, Março de 1998, Lisboa.

Alegre, H. (2006). *Gestão patrimonial de infra-estruturas*. Convívio NES, 21 de Outubro de 2006, LNEC.

Alegre, H. (2007). *Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais*. Programa de investigação e programa de pós-graduação apresentados para a obtenção do título de "Habilitado para o Exercício de Funções de Coordenação de Investigação Científica", LNEC, 385 p.

Alegre, H. (2008). *Gestão Patrimonial de Infra-estruturas de Abastecimento de Água e de Drenagem e Tratamento de Águas Residuais*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

Alegre, H., Almeida, M.C. ed. (2009). *Strategic asset management of water and wastewater infrastructures*. IWA Publishing.

Alegre, H., Coelho, S.T., Almeida, M.C., e Vieira, P. (2005) *Controlo de perdas de água em sistemas de adução e distribuição,* IRAR, INAG, LNEC, Lisboa.

Alegre, H., Coelho, S.T., Leitão, J.P. (2012). *Gestão Patrimonial de Infra-estruturas em Sistemas Urbanos de Água*. Jornadas LNEC, Cidades e Desenvolvimento, 18 a 20 de Junho de 2012, Lisboa.

Alegre, H., Covas, D. (2010). *Gestão patrimonial de infraestruturas de abastecimento de água. Uma abordagem centrada na reabilitação*. Série Guias Técnicos, Vol. 16, ERSAR, LNEC e IST.

Alegre, H., Covas, D., Coelho, S.T., Almeida, M.C., Cardoso, M.A. (2011). *AWARE-P: uma abordagem integrada para a gestão patrimonial de infra-estruturas de sistemas urbanos de água.* http://www.aware-p.org/np4PT/?newsId=13&fileName=AWARE_P_Alegre_et_al_2011.pdf, 13 de Abril de 2016.

Allitt, R., Blanksby, J., Djordjevi, S., Maksimovic, C. e Stewart, D. (2009). *Investigations into 1D/1D and 1D/2D Urban Flood Modelling*. Proc. of the WaPUG Autumn Conference, Blackpool, UK.

Almandoz, J., Cabrera, E., Arregui, F., Cabrera, J. E., e Cobacho, R. (2005). *Leakage Assessment through Water Distribution Network* Simulation. Journal of Water Resources Planning and Management.

Almeida, A.B. (2001). *Emergência e Gestão do Risco*. Curso de Exploração e Segurança de Barragens, INAG, pp. 703-710.

Almeida, A.B. (2011). *Gestão da Água: Incertezas e Riscos. Conceptualização Operacional*. Esfera do Caos, Lisboa

Almeida, A.B. e Viseu, T. (1997). *Dams and Safety Management at Downstream Valleys* (edits). Balkema, 274 p.

Almeida, A.B., Ramos, C.M., Santos, M.A. e Viseu, T. (2003) *Dam Break Flood Risk Management in Portugal*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal, 265 p.

Almeida, M.C., Cardoso, M.A. (2010). *Gestão patrimonial de infra-estruturas de águas residuais e pluviais. Uma abordagem centrada na reabilitação*. Série Guias Técnicos, Vol.17, ERSAR e LNEC.

Almeida, M.C., Leitão, J.P., Martins, A. (2011). *Incorporating risk in infrastructure asset management of urban water systems*. Urban Water (submitted).

Almeida, M.C., Vieira, P. e Ribeiro, R. (2006). *Uso Eficiente da Água no Sector Urbano*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal.

Almeida, N., Sousa, V., Alves Dias, L., Branco, F. (2010). *A framework for combining risk management and performance-based building approaches*. Building Research and Information, 38(2):157-174.

Almeida, O.R.S. (2017). *A Sustentabilidade dos Sistemas de Abastecimento de Água. A Emergência do Combate às Perdas de Água e o Papel do Regulador.* Tese de Doutoramento em Sustentabilidade Social e Desenvolvimento, Universidade Aberta.

Althaus, C. E. (2005). *A disciplinary perspective on the epistemological status of risk*. Risk Analysis, 25(3):567-588.

Alvarez, C., Revilla, J.A., Medina, R., Juanes, J.A. (2002). Proposal for Protection and Stabilization of Outfalls in High Wave Regime Seas. The Experience in Spain. 2nd International Conference on Marine Waste Water Discharges, Istanbul Sept.

Alve, E. (1995). Benthic foraminiferal responses to estuarine pollution: a Review. Journal of Foraminiferal Research, 25(3):190-203.

Alves, F., Taveira Pinto, F., Ferreira, J.C. (1999). A Análise da Vulnerabilidade e do Risco na Zona Costeira Como Contributo para a Tomada de Decisão. III Congresso da Geografia Portuguesa, Setembro de 1997, Porto, Edições Colibri e Associação Portuguesa de Geógrafos, Lisboa, 1999, pp.559-566.

Amaral, R.O.M. (2017). *Planeamento Estratégico de Investimento nos Serviços de Águas em Portugal*. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, IST, Lisboa.

AMK Associates, Iternational, Ltd. (2004). *Dual drainage storm water management model*, Program Documentation and Reference Manual, Release 2.1, Ontário, Canadá.

Amorim, H., Valente-Neves, M., Matos, J.S. (2007). *Afluências Indevidas aos Sistemas de Drenagem de Águas Residuais*. 2.as Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Amorim, H.A.A. de (2007). *Afluências Indevidas aos Sistemas de Drenagem de Águas Residuais*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

ANACOM (2005). *Consulta pública sobre modelos de custeio*. ANACOM – Autoridade Nacional de Comunicações , Lisboa, 36 p.

Andrade, J.B. (2013). *Avaliação e Gestão de Riscos em Fontes de Abastecimento de Água*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

ANPC (2010). Riscos Costeiros. Estratégias de prevenção, mitigação e protecção, no âmbito do planeamento de emergência e do ordenamento do território. Autoridade Nacional da Protecção Civil, Lisboa.

ANPC e INAG (2009). *Guia de orientação para elaboração de planos de emergência internos de barragens*. Autoridade Nacional de Proteção Civil, Cadernos Técnicos, PROCIV 5.

ANPC e DGOTDU (2009). *Guia Metodológico para a Produção de cartografia Municipal de Risco e para a Criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de base Municipal*. Publicação resultante de um trabalho em grupo e com diversos autores, Lisboa, 39 p. e Anexos.

Armynot du Châtelet, E., Bout-Roumazeilles, V., Riboulleau, A., Trentesaux, A. (2008). Sediment (grain size and clay mineralogy) and organic matter quality control on living foraminifera. Revue de Micropaléontologie, 52 (1): 75-84.

Armynot du Châtelet, E., Debenay, J.P., Soulard, R. (2004). Foraminiferal proxies for pollution monitoring in moderately polluted harbors. Environmental Pollution, 127(1):27-40.

Arregui, F., Cabrera Jr., E., e Cobacho, R. (2006) *Integrated water meter management*. IWA Publishing, Londres.

AS/NZS 4360:2004. *Risk management*. Standards of Australia (AS) and Standards of New Zealand (NZS), Sidney, Australia, 2004.

Aubry, J.F., Bied-Charreton, D., Mazouni, M.H. (2007). Proposal of Generic Methodology to Harmonize Preliminary Hazard Analyses For Guided Transport. IEEE International Conference, 16 a 18 de Abril de 2007, System of Systems Engineering, pp. 1-6.

Aven, T., Renn, O. (2010). *Risk management and governance: Concepts, guidelines and applications*. Springer: Heidelberg, Dordrecht, London, New York.

Bairos, A. (2008). *Válvulas de Controlo Automático na Segurança e Gestão Operacional de Sistemas de Abastecimento e Drenagem: o Comportamento das VRP*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Baker, M. J., Graves, R.J., Kearney, M. (1995). A methodology for risk management in civil, mechanical and structural engineering. In *Risk management in civil, mechanical and structural engineering*. M. James, London: Thomas Telford.

Baker, S. (1997). *Risk management in major projects*. Dissertação de Doutoramento, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Edinburgh, Edinburgh, Scotland.

Banks, E. (2004). *Alternative risk transfer - Integrated risk management through insurance, reinsurance, and the capital markets*. Wiley, Chichester.

Baptista J.M., Alegre H. (Eds.) (2000a). *Especificação de materiais para as redes de abastecimento de água de Oeiras e Amadora*. Relatório 193/00 – NES, LNEC, Lisboa, 282 p.

Baptista, J. F. M. (2000). *Reabilitação de Sistemas de Distribuição de Água. Uma metodologia de abordagem*. Programa de Investigação apresentado a concurso para provimento na categoria de Investigador-Coordenador, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal.

Baptista, J.M., Alegre, H. (2000b). *Selecção de materiais de tubagens para sistemas de abastecimento de água*. IX Encontro Nacional de Saneamento Básico, APESB, Loures, 14.

Baptista, M.L.P. (2009). *Abordagens de Riscos em Barragens de Aterro*. Tese de Doutoramento, Teses e Programas de Investigação, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

Bau, J. (1983) *Gestão da procura em sistemas de abastecimento de água a aglomerados urbanos*, Programa de Investigação – Recursos hídricos, LNEC, Lisboa.

Baudo, R., Giesy, J.P., Muntau, H. (1990). Sediments: Chemistry and Toxicity of In-Place Pollutants. Boca Raton, FL: Lewis Publishers.

Baur, R. (2006). *Ageing and renewal of urban water infrastructure*. In Hlavinek, P., Kukharchyk, T., Marsalek, J., Mahrikova, I. (Eds.), Integrated Urban Water Resources Management, Springer, Holanda, 101-110.

Beck, U. (1992). *Risk Society*. SAGE Publications, Londres.

Bernstein, P. L. (1996). *Against the Gods: The remarkable story of risk*. Wiley, New York.

Bernstein, P.L. (1998). *Against the Gods*. The Remarkable Story of Risk, J. Wiley, New York, 383p.

Black, J. (2004). *The development of risk based regulation in financial services: Canada, the UK and Australia*. A Research Report, SRC Centre for the Analysis of Risk and Regulation, London School of Economics and Political Science, London, UK.

Black, J., Baldwin, R. (2010). *Really responsive risk-based regulation*. Law & Policy, 32(2):181-213.

Blenniger, T., Jirka, G.H. (2005). Users's manual for corhyd: An internal diffuser hydraulics model. Institute for Hydromechanics, University Karlsruhe.

BMA (1987). *Living with risk: The British medical association guide*. British Medical Association (BMA), Wiley: Chichester.

Boaventura, J. e Tentúgal-Valente, J. (2013). *Indicadores de desempenho – Uma ferramenta para a melhoria contínua na gestão de um sistema multinacional*. 8as Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Bonfante, R.L., Duleba, W., Mahiques, M.M. (2005). Dinâmica de fundo da Enseada do Flamengo, Ubatuba, Brasil, inferida a partir da distribuição espacial, morfometria e tafonomia de foraminíferos. Revista Brasileira de Paleontologia, 8(3):181-192.

Bork, I., Maier-Reimer, E. (1978). On the Spreading of Power Plant Cooling Water in a Tidal River Applied to the River Elbe. Advances in Water Resources, Vol.1, No.3.

Bowles, D. S. (2007). *Tolerable risk for dams: how safe is safe enough?* US Society on Dams Annual Conference, March, Philadelphia, Pennsylvania, USA.

Brandão, P.A. e Piqueiro, F. (2011). *Interceptor do Douro. Sistema Centenário de Saneamento da Cidade do Porto*. 6.as Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Braunschweig, F., Trancosco, A.R., Gamboa, M. e Franca, M.J. (2010). *Análise de riscos de cheias utilizando um modelo hidrológico distribuído em regime variável*. 10º Congresso da Água, APRH, Sessão 14, Alvor, Portugal.

Brooks, N.H. (1966). Controlling Ocean Pollution. W.M. Keck Laboratory of Hydraulics and Water Resources, California Institute of Technology.

Brooks, N.H. (1970). Conceptual Design of Submarine Outfalls – II Hydraulic Design of Diffusers, Water Resources Engineering Educational Series, Program VII, Pollution of Coastal and Estuarine Waters, Section 9A, San Francisco, California.

Brown, R.E., Humphrey, B.G. (2005). *Asset management for transmission and distribution*. Power and Energy Magazine, IEEE.

Buchberger, S. G., e Nadimpalli, G. (2004). *Leak Estimation in Water Distribution Systems by Statistical Analysis of Flow Readings.* Journal of Water Resources Planning and Management.

Burns, P., Hope, D., Roorda, J. (1999). *Managing infrastructure for the next generation*. Automation in Construction.

Burone, L., Venturini, N., Sprechmann, P., Valente, P., Muniz, P. (2006). Foraminiferal responses to polluted sediments in the Montevideo coastal zone, Uruguay. Marine Pollution Bulletin, 56:61-73.

Cabrera, Jr.E., Dane, P., Haskins, S., Theuretzbacher-Fritz, H. (2011). *Benchmarking Water Services. Guiding water utilities to excellence*. Edited by the IWA Specialist Group on Benchmarking and Performance Assessment, London: AWWA and IWA Publishing, 2011, 164 p.

Caldeira, L.M.M.S. (2008). *Análise de Riscos em Geotecnia. Aplicação a Barragens de Aterro*. Tese se Programas de Investigação, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

Calow, P. (1998). *Handbook of environmental risk assessment and management*. Blackwell Science Ltd: Oxford, London, Edinburgh, Malden, Carlton.

Cancino, L., Neves, R. (1994). 3D-numerical modelling of cohesive suspend sediment in the western Scheldt estuary (the Netherlands). Journal of Aquatic Ecolog, 28 (3-4) 337.

Cancino, L., Neves, R. (1998). Hydrodynamic and sediment suspension modelling in estuarine systems. Part I: Description of the numerical models, Journal of Marine Systems, 22 (105-116).

Canholi, A.P. (2005). *Drenagem urbana e controle de enchentes*. Oficina de Textos, São Paulo.

Cantos, J.O., Ayala-Carcedo (2002). *Riesgos Naturales*. Conceptos Fundamentales y Clasificación. In Riesgos Naturales, Ariel Ciencia, Barcelona, pp. 41-74.

Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J. (2017a). *Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas. Sistema de Abastecimento de Água de Arouca*. 13.º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa (SILUSBA), Porto, Portugal.

Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J. (2017b). *Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas*. 11as Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Porto, Portugal.

Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J. (2018a). Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas. Estudo de Caso: Sistema de Abastecimento de Água de Arouca. Revista Hidrolatinoamericana de Jóvenes Investigadores y Profisionales, Vol. 2, ISSN: 2520-2960.

Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J. (2018b). *Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas. Sistema de Abastecimento de Água de Arouca*. 18.º Encontro de Engenharia Sanitária e Ambiental (ENASB) e o 18.º Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (SILUBESA), Porto, Portugal.

Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J. (2018c). *Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas. Sistema de Abastecimento de Água de Arouca*. 14.º Congresso da Água, Évora, Portugal.

Cardoso-Gonçalves, J. e Tentúgal-Valente, J. (2018d). *Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas. Sistema de Abastecimento de Água de Arouca*. 12as Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Porto, Portugal.

Cardoso-Gonçalves, J.J.T. (2014). *Tipificação e Caraterização de Consumos em Reservatórios de Distribuição. Influência na Exploração e Capacidade*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Cardoso, A., Oliveira, F., Lacerda, F., Poças-Martins, J. (2013). *Redução de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento de Água: Otimização das Pressões numa Grande Rede de Distribuição de Água – Aplicação a um Subsistema da Cidade do Porto*. 8.as Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Cardoso, Almeida, M., Coelho, S. (2002). *Evaluation of the infiltration impact on the performance of urban sewer systems*. Proceedings of the 9th National Congress on Water, Wastewater and Solid Waste.

Cardoso, C.H.A., Genovez, A.I.B., Gonovez, A.M. (2004). *Eficiência da Captação de Águas Pluviais em Bocas-de-Lobo com Defletores*. 7º Congresso da Água, APRH, Lisboa.

Carr, M. J. (1997). *Risk management may not be for everyone*. IEEE *Software*, May/June, pp. 21-22.

Cascaes, M.E.C.S. (1991). Emissários Submarinos. Metodologia para Fixação do Diâmetro, Definição do Difusor e Avaliação de Custos. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Cecílio, T., Mesquita, E., Costa, H., Rosa, M.J. (2007). *Processos avançados de tratamento de água para consumo humano*. Águas & Resíduos, III-3 4-17.

Cederwall, K. (1968). Hydraulics of marine waste disposal. Tech. Rep. No.42, Hydraulic Div., Chalmers Institute of Technology, Goteborg, Sweden.

Chao, J.L., Motta Pacheco, L.A. (1978). Disposição de Esgotos por Emissários Submarinos, Gerenciamento do Controle de Poluição e Proteção da Qualidade das Águas Costeiras. Revista DAE, Novembro de 1978, p.98 – p.124, São Paulo, Brasil.

Chapman, C. (1997). *Project risk analysis and management - PRAM the generic process*. International Journal of Project Management, 15(5):273-281.

Chapman, J. R. (1993). *Risk-based regulation: a utility's perspective*. American Nuclear Society 1993 Annual Meeting, American Nuclear Society (ANS), San Diego, CA, USA, 20-24 June. Transactions of the American Nuclear Society, 68:312-313.

Chaves, F.S.C. (2014). Dimensionamento Hidráulico-Estrutural de Emissários Submarinos. Estudo de Caso. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Cheng (2013). Apontamentos da Unidade Curricular de Sistemas de Drenagem Urbana. Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Cheung, S. K. B., Leung, D. Y. L., Wang, W. (2000). VISJET – A computer ocean outfall modelling system. Department of Computer Science and Information Systems, University of Hong Kong.

Chiban, S., Terfous, A., Ghenaim, A., Salman, H., Awad, A., Poulet, J.B., Sabat, M. (2011). Sedimentation in the Submarine Outfall and in the Mixing Zones (Avoiding, Diagnosis and Remediation). Journal of Shipping and Ocean Engineering 1, 2011, 124-132.

Chin, D.A. (2006). Water Quality Engineering in Natural Systems. Wiley-Interscience, Hoboken.

Ching-Yao, C., El Koursi, M., Wei-Bin, Z. (1999). Preliminary Hazard Analyses: A Case Study of Advanced Vehicle Control and Safaety Systems. Proceedings of IEEE International Conference, 12 a 15 de Outubro de 1999, 4, pp. 558-563.

Chiu, C., Chen, K. (1969). Stochastic hydrodynamics of sediment transport. Journal of the Engineering Mechanics Division - Proceedings of the American Society of Civil Engineers Vol. 95, No. EM5.

Chu, W., Gardner (1986). A two-dimensional particle tracking estuarine transport model. Water Resources Bulletin, Vol. 22, No. 2.

Coelho, I., Piqueiro, F., Tentúgal-Valente, J. (2013). *Variabilidade de Afluências às Redes de Drenagem de Águas Residuais. Causas e Efeitos Versus Sustentabilidade Económica. Um Caso de Estudo*. 8.as Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Coelho, I.I.R. (2013). *Variabilidade de Afluências às Redes de Drenagem de Águas Residuais*. Dissertação de Mestrado do Mestrado Integrado em Engenharia Civil (MIEC). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).

Coelho, S.T., Loureiro, D., Alegre, H. (2006). *Modelação e análise de sistemas de abastecimento de água. Lisboa*. IRAR e LNEC., 335 p.

Cooper, D. F., Grey, S.; Raymond, G., Walker, P. (2005). *Project risk management guidelines. Managing risk in large projects and complex procurements*. Wiley: Chichester.

Correia, F.N. (2003a). *Políticas da água e do ambiente na construção europeia*. O desafio da água no século XXI: entre o conflito e a cooperação, Instituto Português de Relações Internacionais e Segurança, Lisboa, Portugal.

Correia, F.N. (2003b). *Introdução ao planeamento e gestão da água*. Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.

Costa, A., Pacheco-Figueiredo, M. (2009). *Eficiência Económica na Operação de Estações Elevatórias de Abastecimento de Água*. 4.as Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Covas, D., Cabral, M., Pinheiro, A., Marchionni, V., Antunes, S., Lopes, N., Mamouros, L., Brôco, N. (2018). *Custos de construção de infraestruturas associadas ao ciclo urbano da água - Guia Técnico 23*. Entidade Reguladora de Águas e Resíduos e Instituto Superior Técnico.

Covello, V. T., Merkhofer, M. W. (1993). *Risk assessment methods: Approaches for assessing health and environmental risks*. Plenum Press: New York.

Covello, V. T., Mumpower, J. (1985). *Risk analysis and risk management: An historical perspective*. Risk Analysis, 5(2):103-120.

Cullen, A. C., Frey, H. C. (1999). *Probabilistic techniques in exposure assessment: A handbook for dealing with variability and uncertainty in models and inputs*. Plenum Press: New York, London.

Cunha, L.V., Costa, A. S., Gonçalves, V., Correia, M.L. (1980). *A gestão da água*. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1980.

Cunha, M.C. e Sousa, J. (2008). *Dimensionamento robusto de sistemas de distribuição de água*, in Alterações Climáticas e Gestão da Água e Energia em Sistemas de Abastecimento e Drenagem, editado por H. Ramos, D. Covas, F. Gonçalves, A. Soares, IST (VIII Seminário Ibero Americano SEREA 2008, 16-19 de Julho de 2008, Lisboa), pp.260-268.

Cunha, M.C., Pinheiro, L., Zeferino, J., Antunes, A. e Afonso, A. (2009). *An optimization model for integrated regional wastewater systems planning*. Journal of Water Resources Planning and Management ASCE, Volume 135, Number 1, pp. 23-33.

DAEE/CETESB (1980). *Drenagem Urbana – manual de projeto*. Ed. CETESB. São Paulo, 468 p.

Daneshkhah, A. (2004). *Uncertainty in probabilistic risk assessment: A review. BEEP working paper*

Datta, T.K. (1999). *Seismic response of buried pipelines: a state-of-the-art review*. Nuclear Engineering and Design 193, 271--284.

David, L.M. (2006). *Descargas de excedentes de sistemas de drenagem urbana – estudo referenciado em resultados experimentais obtidos em Portugal*. Tese de Doutoramento, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Debenay, J.P., Duleba, W., Bonetti, C., Melo e Souza, S.H., Eichler, B. (2001). Pararotalia cananeiaensis n. sp.: indicator of marine influence and water circulation in Brazilian coast and paralic environments. Journal of Foraminiferal Research, 31(2):152-163.

Debenay, J.P., Guillou, J.J. (2002). Ecological transitions indicated by foraminiferal assemblages in paralic environments. Estuaries, 25:1107-1120.

Debenay, J.P., Millet, B., Angelidis, M.O. (2005). Relationships between foraminiferal assemblages and hydrodynamics in the Gulf of Kalloni, Greece. Journal of Foraminiferal Research, 35(4):327-343.

DEC-UC (1994). *Estudo Geral do Sistema de Abastecimento de Água ao Concelho de Arouca*. Estudo elaborado pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra.

Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto. *Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e drenagem de águas residuais.*

del Caño, A., de la Cruz, M. (2002). *Integrated methodology for project risk management*. Journal of Construction Engineering and Management, 128(6): 473-485.

Dey, M. (1995). *A performance-oriented and risk-based regulation for containment testing*. Proceedings of Safety of Operating Nuclear Reactors, American Nuclear Society (ANS), Seattle, WA, USA, 17-20 September, pp. 722-726.

Dey, M. (1996). *Performance-oriented and risk-based regulation for containment testing*. Nuclear Engineering and Design, 166:305-309.

Dias, M., Vieira, J., e Valente, J. (2002). *Influência da Operação dos Reservatórios na Qualidade da Água.* 6º Congresso da Água.

Dias, S. (2010). *Adaptação às Alterações Climáticas do Plano de Contingência do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água do Algarve*. Tese de Mestrado em Engenharia dos Recursos Hídricos, Évora.

Dias, S. L., Lucas, H., Almeida, M.C., Alegre, H., e Viriato, M. (2007) *Identification of opportunities to improve efficiency by water consumption assessment*, Water Science and Technology: Water Supply, 7(4), 57-63.

Dias, S., Alegre, H., Almeida, M. C., Loureiro, D., Lucas, H., e Viriato, M. (2006) *O consumo de água para abastecimento público no Algarve no triénio 2002-2004,* 12º Encontro Nacional de Saneamento Básico 24-27 de Outubro, Cascais.

Dippner, J. (1993). A Lagragian model of phytoplankton growth dynamics for the Northern Adriatic Sea. Continental Shelf Research, 13 (2-3): 331-355, 1993.

Douglas, M. (1985). *Risk Acceptability According to the Social Sciences*. New York, Russel Sage Foundation.

Douglas, M. (1992). *Risk and Blame: Essays in Cultural Theory*. London, Routlege.

Douglas, M. e Wildavsky, A. (1982). *Risk and Culture*. Berkeley, University of California Press.

Drottz-Sjöberg, B.-M. (1991). *Non-experts definitions of risk and risk perception*. RHIZIKON: Risk Research Report No.3, Center for Risk Research, Stockholm, Sweden.

Duleba, W., Debenay, J. P. (2003). Hydrodynamic circulation in the estuaries of estação ecológica Juréia-Itatins, Brazil, inferred from foraminifera and thecamoebian assemblages. Journal of Foraminiferal Research, 33(1):62–93.

Eisenbeis, P., Gat, Y.L., Laffréchine, K., Gauffre, P.L., Konig, A., Rostum, J., Tuhovcak, L., Valkovic, P. (2002). *P2 – Description and validation of technical tools: D3 – Models description*. Report No. 2.1, CARE-W, EVK1-CT-2000-00053, (116).

Ellis, J.B. e Marsalek, J. (1996). *Overview of urban drainage: environmental impacts and concerns, means of mitigation and implementations policies.* Journal of Hydraulic Research, vol. 36, n.º6, p.723-731.

Eloff, J. H. P., Labuschagne, L., Badenhorst, K. P. (1993). *A comparative framework for risk analysis methods*. Computers & Security, 12(6):597-603.

Engidro e HIDRA (2006a). *Planos de Minimização de Afluências Indevidas nos Sistemas Municipais de Drenagem na Área de Concessão da Águas do Ave, S.A.* Documento Síntese, Volume VI – Concelho da Trofa, Novembro de 2006.

Engidro e HIDRA (2006b). *Planos de Minimização de Afluências Indevidas nos Sistemas Municipais de Drenagem na Área de Concessão da Águas do Ave, S.A.* Fases II e III – Definição de um Programa de Medidas e Ações. Recomendações para a Implementação do Plano, Volume VI – Concelho da Trofa, Novembro de 2006.

Engidro e HIDRA (2006c). *Planos de Minimização de Afluências Indevidas nos Sistemas Municipais de Drenagem na Área de Concessão da Águas do Ave, S.A.* Documento Síntese, Volume IX – Sistema em Alta, Novembro de 2006.

Engidro e HIDRA (2006d). *Planos de Minimização de Afluências Indevidas nos Sistemas Municipais de Drenagem na Área de Concessão da Águas do Ave, S.A.* Fases II e III – Definição de um Programa de Medidas e Ações. Recomendações para a Implementação do Plano, Volume IX – Sistema em Alta, Novembro de 2006.

Engidro e ProSistemas (1995). *Estudo para a definição da solução de abastecimento de água e projeto da captação, estação de tratamento e adução aos reservatórios principais dos concelhos de Arouca, Castelo de Paiva e Cinfães a integrar no Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água à Área Sul do Grande Porto*. Estudo elaborado pelo Engidro – Estudos de Engenharia, Lda. e ProSistemas para a Águas do Douro e Paiva, S.A.

Engidro e ProSistemas (1998a). *Sistema de Abastecimento de Água à Zona Oriental do Concelho de Arouca*. Estudo Preliminar elaborado pelo Engidro – Estudos de Engenharia, Lda. e ProSistemas para a Câmara Municipal de Arouca.

Engidro e ProSistemas (1998b). *Sistema de Abastecimento de Água à Zona Oriental do Concelho de Arouca*. Estudo Prévio elaborado pelo Engidro – Estudos de Engenharia, Lda. e ProSistemas para a Câmara Municipal de Arouca.

Ensinas, M.L.B. (2009). *Integração de Modelos Matemáticos de Simulação Urbana com Sistemas de Informação Geográfica*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

ERI (2019). *Levantamento Cadastral das Redes de Saneamento dos Concelhos de Santo Tirso e Trofa.* Aquisição de Serviços pela Águas do Norte, S.A. à ERI Engenharia.

Ersdal, G., Aven, T. (2008). *Risk informed decision – making and its ethical basis*. Reliability Engineering and System Safety, 93, pp. 197-205.

Espanha, A *et al.* (2008). *Sistemas de Informação Geográfica*. O Essencial no Sector das Águas. Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas, Lisboa, Portugal.

Evers, A., Nowotny, H. (1987) *Über den umgang mit unsicherheit: Die entdeckung der gestaltbarkeit von gesellschaft*. Suhrkamp, Frankfurt am Main. (em Alemão)

Faber, M.H. (2002). Risk Assessment and Decision Making in Civil Engineering. AMAS Course on Reliability Optimization RBO'02, 23 a 25 de Setembro de 2002, Warsaw, pp. 35-56.

Faber, M.H. (2009). Risk and Safety in Engineering. Introduction and overview. Textos pedagógicos, Technical University of Denmark.

Farley, M. (2001). *Leakage Management and Control - A Best Practice Training Manual*. World Health Organization, Geneva, Suíça.

Farley, M., Trow, S. (2003) *Losses in water distribution networks. A practitioner's guide to assessement, monitoring and control,* IWA Publishing, Londres.

Farley, M., Wyeth, G., Md Ghazali, Z., Istandar, A.,Singh, S. (2008). *The Manager's Non-Revenue Water Handbook – A Guide to Understanding Water Losses*. United States Agency for International Development, Banguecoque, Tailândia.

Feliciano, J.P.F. (2016). *Infrastructure Asset Management in Urban Water Utilities. Knowledge creation through the implementation of combined methodologies*. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, IST, Lisboa.

FERMA (2007). *FERMA's position paper on the preparation of an ISO risk management standard*. Federation of European Risk Management Associations (FERMA), Brussels, Belgium.

Fernandes, E.M.G.P. (1999). Estastística. Universidade do Minho, Braga.

Ferreira, F. (2006). *Modelação e Gestão Integrada de Sistemas de Águas Residuais*. Tese de Doutoramento, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Ferreira, I.H.F. (2008). *Gestão do Risco Industrial numa Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico.

Ferson, S., Ginzburg, L. R. (1996). *Different methods are needed to propagate ignorance and variability*. Reliability Engineering and System Safety, 54:133-144.

Fischer, H.B., List, E.J., Koh, R.C.H., Imberger, J., Brooks, N.H. (1979). *Mixing in Inland Coastal Waters*. Academic Press, New York, USA, pp.483.

Fischhoff, B. (1985). *Managing risk perceptions. Issues in Science and Technology*, 2(1):83-96.

Fischhoff, B., Watson, S. R., Hope, C. (1984). *Defining Risk. Policy Sciences*, 17:123-139.

Fisher, H.B., List, E.J., Imberger, J., Koh, R.C., Brooks, N.H. (1979). Mixing in Inland and Coastal Waters. Academic Press, New York.

Flanagan, R., Norman, G. (1993). *Risk management and construction*. Blackwell Scientific Publications: London.

Flüeler, T., Seiler, H. (2003). *Risk-based regulation of technical risks: Lessons learnt from case studies in Switzerland*. Journal of Risk Research, 6(3):213-231.

Freire, A.A.F.L. (2007). *Avaliação do Desempenho Ambiental de Sistemas de Tratamento de Águas Residuais Urbanas com Descarga em Zonas Costeiras*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.

Freire, P.S. (2013). *Desempenho Hidráulico de Exutores Submarinos*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Freitas, V.V., Orellana, A., Kuhl, J.G. e Oliveira, C.R.O. (2007). *Uma Década de Controle de Pressão nas Redes de Distribuição da SABESP*. Artigo Técnico, DAE.

Ganoulis, J. (2009). *Risk analysis of water pollution*. Second, revised and expanded edition, Wiley-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA: Weinheim, Germany.

Garrick, B. J. (1995). *Risk-based regulation-where do we stand? [nuclear plants]*. Proceedings of Safety of Operating Nuclear Reactors, American Nuclear Society (ANS), Seattle, WA, USA, 17-20 September, pp. 223-226.

Giddens, A. (1999). Runaway world. Lecture 2, Reith Lectures 1999, British Broadcasting Corporation (BBC), UK. (http://news.bbc.co.uk/hi/english/static/events/reith_99/default.htm acedido a 15/12/2011)

Gomes, M. (1995). Geografia Física e Educação Ambiental – Estudo de Dois Casos na Costa Sudoeste. Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa.

Gomes, R., Cavalcanti, L. F., Marinho, A. S. N., Silva, L. G. P. (2001). *Os sentidos do risco na gravidez segundo a obstetrícia: um estudo bibliográfico*. Revista Latino-Americana de Enfermagem, 9(4):62-67.

Gonçalves, N. (2003). *Impactos Pluviais e Desorganização do Espaço Urbano em Salvador*.

Gordon, A.R., Shore, K.R. (1998). *Life cycle renewal as a business process*. Innovations in Urban Infrastructure Seminar, Las Vegas, Nevada, Estados Unidos da América.

Graciosa, M. e Mendiondo, E. (2007). *Gestão do Risco de Inundações no Contexto de Bacias Urbanas Brasileiras*. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo, Brasil.

Grilo, T.V. (2007). *Técnicas de Reabilitação de Sistemas de Abastecimento de Água: Metodologia conceptual e aplicação a casos de estudo*. Mestrado em Engenharia Civil, IST, 123 p.

GWP (2000). *Integrated water resources management*. TAC Background Papers No. 4, Global Water Partnership Estocolmo, Suécia.

GWP (2009). *Handbook for integrated water resources management*. Global Water Partnership, Estocolmo, Suécia

Haimes, Y .Y. (1998). *Risk modeling, assessment, and management*. Wiley Series in Systems Engineering, Wiley: New York.

Hanson, S.O. (2003). *Ethical Criteria of Risk Acceptance*. Erkenntnis, nº 50, Kluwer Academic Publishers, pp. 291-209.

Harlow, V.K., Young, K. (2001). *Asset management war stories or doing it by the numbers! Asset Management Series: Number 5*. Brown and Caldwell (California), Hunter Water (Australia).

Heijn, E.; Larsen, P. (2004). *Water Main Rehabilitation Alternatives*. Florida Water Resourses Journal, December.

Henriques, A. (1998). Aplicação de novos conceitos de segurança no dimensionamento do betão estrutural. Tese de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Henriques, J.D., Palma, J.C.P. e Ribeiro, A.S. (2006). *Medição de caudal em sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais urbanas - Guia Técnico 9*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil e Instituto Regulador de Águas e Resíduos.

Hertz, D. B., Thomas, H. (1983). *Risk analysis and its applications*. Wiley: New York.

HI, PSM (2008). *Optimizing Pumping Systems – A guide for Improved Energy Efficiency, Reliability and Profitability*. Hydraulic Institute, Pump Systems Matter, 1ª edição, EUA.

Hillson, D. (2002). *Extending the risk process to manage opportunities*. International Journal of Project Management, 20:235-240.

Hillson, D. (2011). *The definition debate – Continued*. Journal of Project, Program & Portfolio Management, 2(1): 1-9.

Hipólito, J.R., Vaz, A. C. (2011). *Hidrologia e Recursos Hídricos*. Coleção Ensino da Ciência e da Tecnologia, IST Press.

Hoffman, F. O., Hammonds, J. S. (1994). *Propagation of uncertainty in risk assessments: the need to distinguish between uncertainty due to lack of knowledge and uncertainty due to variability*. Risk Analysis, 14(5):707-712.

Hora-Lopes, S. (2017). *Os Serviços de Águas numa Visão Prospetiva. Algumas considerações de um projeto em curso*. Apresentação no Seminário PNPOT, 5 de abril de 2017, Lisboa.

HSE (2001). *Reducing risks, protecting people: HSE's decision-making process*. HSEBooks, Health and Safety Executive (HSE), UK.

Huber, W.C. e Dickinson, R.E. (1992). *Storm Water Management Model*, *Version 4: User's Manual*. U.S. Environmental Protect Agency. Athens, Georgia.

Hunt, C.D., Mansfield, A.D., Roberts, P.J.W., Albro, C.A., Geyer, W.R., Steinhauer, W.S., Mickelson, M.J. (2002). Massachusetts Water Resources Authority Effluent Outfall Dilution: April 2001, July 2001. Report ENQUAD, Boston: Massachusetts Water Resources Authority.

Hyder (2005). *Greater Dublin Strategic Drainage Study, Regional Drainage Policies – Volume 4 – Inflow Infiltration & Exfiltration*. Dublin.

IAM/BSI (2004). *PAS 55 – Asset management, Part 1: Specification for the optimized management of infrastructure assets (PAS 55-14), Part 2: Guidelines for the application of PAS 55-1 (PAS 55-2).* Institute of Asset Management & British Standards Institution – Business Information, 24p.

ICE (1998). *RAMP: Risk analysis and management for projects*. Institution of Civil Engineers (ICE), Thomas Telford: London.

ICHARM (2009). *Global Trends in Water – Related Disasters an insight for policymakers*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO, Paris, 24p.

IHRH (1993). *Estudo de Concepção Geral de Abastecimento de Água à Região do Porto (Subsistema Adutor Sul)*. Estudo elaborado pelo IHRH – Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos.

IIMM (2002). *International infrastructure management manual, version 2.0.* Association of Local Gorvernment Engineering NZ Inc (INGENIUM).

IIMM (2006). *International infrastructure management manual, version 3.0.* Association of Local Gorvernment Engineering NZ Inc (INGENIUM), 360p.

INGENIUM, IPWEA (2011). *International infrastructure management manual, version 4.0*. Association of Local Government Engineering NZ Inc (INGENIUM) and the Institute of Public Works Engineering of Australia (IPWEA).

IRAR (2007). *Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal 2006. Vol.3 – Avaliação da qualidade do serviço prestado aos utilizadores*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Lisboa, Portugal.

IRGC (2005). *White paper on risk governance. Towards an integrative approach*. International Risk Governance Council (IRGC), Geneva, Switzerland.

IRGC (2008). *An introduction to the IRGC risk governance framework*. International Risk Governance Council (IRGC), Policy Brief, Geneva, Switzerland.

IRM/AIRMIC/ALARM (2002). *A risk management standard*. The Institute of Risk Management (IRM), The Association of Insurance and Risk Managers (AIRMIC) and The National Forum for Risk Management in the Public Sector (ALARM), UK.

ISO 31000:2009 (2009). *Risk management: Guidelines on principles and implementation of risk management*. International Organization for Standardization (ISO).

ISO Guide 72:2009. *Guidelines for the justification and development of management system standards*. International Organization for Standardization (ISO), 2009.

ISO/IEC 31010:2009. *Risk management: Risk assessment techniques*. International Organization for Standardization (ISO), 2009.

ISO/IEC Guide 73:2002. *Risk management. Vocabulary: Guidelines for use in standards*. International Organization for Standardization (ISO), 2002.

Ittelson, W. H. (1978). *Environmental perception and urban experience.* Environment and Behaviour, 10:193-213.

Jirka, G.H. e Doneker, R.L. (1991). Hydrodynamic Classification of Submerged Single-Port Discharges. J. Hydr. Eng., ASCE, 117: 1095-1112.

JISQ 2001:2001. *Guidelines for development and implementation of a risk management system*. Japan

Johansen, I. L. (2010). *Foundations of risk assessment*. ROSS (NTNU) 201002, Reliability, Safety, and Security Studies (ROSS), Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway.

Jonkman, S. N. (2007). *Loss of life estimation in flood risk assessment - Theory and applications*. Tese de Doutoramento, Technical University of Delft, Delft, The Netherlands.

Junior, W. S. (2006). *Homem e risco do oráculo à lei Sarbanes-Oxley*. Tese de Mestrado, Escola de Pós-Graduação em Economia, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, Brasil.

Kamphuis, J.W. (2000). Introduction to Coastal Engineering and Management. World Scientific Publishing Co Pte Ltd, River Edge, USA.

Kates, R. W., Kasperson, J. X. (1983). *Comparative risk analysis of technological hazards (A review)*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 80:7027-7038.

Keizer, J. A., Halman, J. I. M., Song, M. (2002). *From experience: applying the risk diagnosing methodology*. The Journal of Product Innovation Management, 19:213-232.

Kermisch, C. (2007). Le Citoyen face au risque chez Schrader-Frechette. In *Techniques et Philosophies des Risques*, editado por Kermisch, C. e Hottois, G., VRIN, pp. 227-240.

Kim, S.-G., Kim, J.-J., Kim, K.-R. (2005). A *risk threshold calculation methodology for the construction projects applying value at risk*. Construction Research Congress: Broadening Perspectives, 5-7 April, San Diego, USA.

Kiureghian, A., Ditlevsen, O. (2009). *Aleatory or Epistemic? Does it matter?* Structural Safety, 31, Elsevier, pp. 105-112.

Klim, Z. H. (2004). Preliminary Hazard Analysis For The Design Alternatives Based on Fuzzy Methodology. IEEE Annual Meeting, 27 a 30 de Junho de 2004, Fuzzy Information., 1, pp. 46-50.

Klinke, A., Renn, O. (2001). *Precautionary principle and discursive strategies: Classifying and managing risks*. Journal of Risk Research, 4(2):159-173

Klinke, A., Renn, O. (2002). *A new approach to risk evaluation and management: Risk-based, precaution-based, and discourse-based strategies*. Risk Analysis, 22(6):1071-1094.

Knight, F. (1921). *Risk, uncertainty, and profit*. Hart, Schaffner & Marx, Houghton Mifflin Company.

Knudsen, J. K., Smith, C. L. (2000). *Estimation of system failure probability uncertainty including model success criteria*. 6th International Conference on Probabilistic Safety Assessment and Management, International Association for PSAM.

Kolluru, R., Bartell, S., Pitblado, R., Stricoff, S. (1996). *Risk assessment and management handbook for environmental, health, and safety professionals*. McGraw-Hill, Inc: New York, San Francisco, Washington D. C., Auckland, Caracas, Lisbon, London, Madrid, Mexico City, Milan, Montreal, New Delhi, San Juan, Seoul, Singapore, Sydney, Toronto.

Koopman, B., Heaney, J.P., Cakir, F.Y., Rembold, M., Indeglia, P. e Kini, G. (2006). Ocean Outfall Study. Relatório Final, Department of Environmental Engineering Sciences, University of Florida.

Kotter, J.P. (1996). *Leading Change*. Harvard Business School Press.

Kretschmer, F., Ertl, T. e Koch, F. (2008). *Discharge Monitoring and Determination of Infiltration Water in Sewer Systems*. 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK.

Krimsky, S., Golding, D. (Eds.) (1992). *Social theories of risk*. Praeger: Westport

Lambert, A., e Morrison, J. A. E. (1996). *Recent develpments in application of "Burts and background estimates" concepts for leakage management.* Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management, 10(4), 100-104.

Laurent, A.-G. (2009). O Método Estatístico na Indústria. Publicações Europa-América, Lisboa.

Lawrence, A.I., Marsalek, J., Ellis, J.B. e Urbonas, B. (1996). *Stormwater detention and BMPs*. Journal of Hydraulic Research, vol.34, n.º6, p.799-813.

Leitão, A.E., Brito, A., Pinheiro, A.N., Santiago, F., Ferreira, F., Pinto, F.T. (2015). *Organização Institucional e Operacionalização da Gestão dos Recursos Hídricos em Portugal*. APRH, Portugal.

Leite, P., Ferreira, F., Tentúgal-Valente, L., Vivas, E. (2011b). *Os Variadores de Velocidade como Instrumento de Optimização Energética em Estações Elevatórias de Águas Residuais. Vantagens e limitações da sua aplicação.* 11º Congresso da Água, Porto.

Leite, P., Vivas, E., Monteiro, P., Tentúgal-Valente, L. (2010). *Planos de optimização energética de estações elevatórias de águas residuais*. 14º ENaSB-SILUBESA, APESB, Porto.

Leite, P., Vivas, E., Monteiro, P., Tentúgal-Valente, L. (2011a). *Planos de Optimização Energética de Sistemas Elevatórios de Águas Residuais*. 14º ENaSB/SILUBESA.

Li, S., Hodgins, D.O. (2004). A Dynamically Coupled Outfall Plume-Circulation Model for Effluent Dispersion in Burrard Inlet, British Columbia. Journal of Environmental Engineering and Science, Vol.3, No.5, 2004, pp. 433-449.

Lichtenstein, S., Slovic, P., Fiscoff, B., Layman, M., Combs, B. (1978). *Judged frequently at lethal events*. Journal of Experimental Psychology, 4:551-578.

Lima, J., Marques, A., Sousa, J., Simões, N., Pina, R. (2013). *Hidrologia Urbana. Sistemas de drenagem de águas pluviais urbanas*. Série Cursos Técnicos, ERSAR, Universidade de Coimbra.

Ljungquist, K. (2005). *A probabilistic approach to risk analysis: A comparison between undesirable indoor events and human sensitivity*. Tese de Doutoramento, Department of Civil and Environmental Engineering, Luleå University of Technology, Luleå, Sweden.

Lloyd-Bostock; S. M., Hutter, B. M. (2008). *Reforming regulation of the medical profession: The risks of risk-based approaches*. Health, Risk & Society, 10(1):69-83.

LNEC (1988). *Águas e Esgotos em Loteamentos Urbanos*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

LNEC (2016). *Epanet 2.0 em português. Simulação hidráulica e de parâmetros de qualidade em sistemas de transporte e distribuição de água.* epanet.lnec.pt, 31 de maio de 2016.

Loring, D.H. (1991). Normalization of heavy-metal data from estuarine and coastal sediments. ICES Journal of Marine Science. 48: 101-115.

Loureiro, D. (2012). *Metodologias de Análise de Consumos para a Gestão Eficiente de Sistemas de Distribuição de Água*. Dissertação de Doutoramento, LNEC.

Lourenço, L. (2004). *Riscos Naturais e Protecção do Ambiente*. Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Coletâneas Cilindricas, 180 p.

Lupton, D. (1999). *Risk. Routledge*: London.

Machado, V.F.F. (2014). Análise de fiabilidade, manutenção e inspeção baseada no risco de válvulas de segurança e alívio de pressão. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico.

Malhadas, M.M.S. (2008). Modelação do Impacte de Emissários Submarinos em Zonas Costeiras. Caso da Foz do Arelho. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

Malheiro, R., Poças-Martins, J., Lacerda, F. (2011). *Controlo de Perdas Aparentes em Sistemas de Abastecimento de Água com Utilização de Telecontagem*. 6.as Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Mandaji, D. (2008). Emissário Submarino de Santos: Contribuição nos Sedimentos de Fundo para Al, Mg, K, Ca, Fe, Ti, Na, Si, Ba, Cu, Zn, Cr, Mn, Co, Ni e S. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências.

Mansur, L., Price D. M. (1992). Oil-RW: A mathematical model for predicting oil spills trajectory and weathering. Hydraulic and Enviromental Modelling: Coastal Waters. Proceedings of the Second International Conference on Hydraulic and Environmental Modelling of Coastal, Estuarine and River Waters, Volume 1, pp. 201 - 212.

MAOTDR, 2007, *Plano estratégico de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais 2007-200*.

Mark, O., Aroonnet, S.B.,Weesakul, S., Djordjevic, S. e Apirumanekul, C. (2004). *Potencial and limitations of 1D modelling of urban flooding*. Journal of Hydrology, 299(3-4), pp. 284-299

Markowitz, J. (1991). *Kommunikation über risiken: Eine problemskizze*. Manuscript, University of Bielefeld, Bielefeld, Deutscheland. (em Alemão)

Marques, J., e Sousa, J. (2009). *Hidráulica Urbana.* Universidade de Coimbra, Coimbra.

Marques, R. (1999). *Avaliação e gestão de empreendimentos de abastecimento de água*. Coimbra: Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia.

Marsalek, J., Barnwell, T.O., Geiger, W., Grottker, M., Hubber, W.C., Saul, A.J., Schilling, W., Torno, H.C. (1992). *Urban drainage systems: design and operation*. INTERPUBA, IAWPRC Workshop, Wageningen, Holanda.

Martins, F., Neves, R. J., Leitão, P.C., Silva, A.J.R. (2001). 3D modelling in the Sado estuary using a new generic coordinate approach. Oceanologica Acta, 24: S51-S62.

Martins, R., e Fortunato, A. (2004) *A Procura Residencial de Água em Portugal*, 7º Congresso da Água.

Matos, J. (2005). *Modelação Integrada de Sistemas de Águas Residuais*. Seminário de Aspectos em Portugal e na União Europeia das directivas incidentes no ciclo urbano da água. APRH, Covilhã, Portugal.

Matos, J. e Ferreira, F. (2014). *Saneamento Urbano*. Textos pedagógicos desenvolvidos no âmbito do curso de formação avançada em Saneamento Urbano, promovido pelo Instituto Superior Técnica da Universidade de Lisboa (IST-UL), através da FUNDEC – Associação para a formação e o desenvolvimento em Engenharia Civil e Arquitetura, e a Teixeira Duarte, Engenharia e Construção, S.A.

Matos, J. S. e Frazão, A. (2001). *O Saneamento na Cidade do Século XXI – Problemas, Paradigmas e Soluções*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras, ENEG 2001, Lisboa.

Matos, J.C. (2015). *Advanced Course on Reliability and Risk Analysis. Reliability According to Design Codes*. Programa Doutoral FCT INFRARISK – ANALYSIS AND MITIGATION OF RSIKS IN INFRASTRUCTURES, Universidade do Minho.

Matos, J.S. (2003). *Aspectos Históricos a Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano.* Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Matos, M.R. S. (2000). *Gestão Integrada de Águas Pluviais em Meio Urbano. Visão Estratégica e Soluções para o Futuro.* LNEC, Lisboa.

Meacham, B. J. (2001). *Understanding risk*. Building Tomorrow's Future – International and National Partners, 9-11 April, ABCB, Canberra, ACT, Australia.

Meacham, B. J. (2004). *Understanding risk: Quantification, perceptions, and characterization*. Journal of Fire Protection Engineering, 14:199-227.

Meacham, B. J. (2010). *Risk-informed performance-based approach to building regulation.* Journal of Risk Research, 13(7):877-893.

Mehr, R. I., Hedges, B. A. (1963). *Risk management in the business enterprise*. Hornewood, Illinois.

Mendiondo, E.M. (2006). *An overview on flood risk management.* Revista Minerva Ciência e Tecnologia, vol. 2, n.º2, p. 131-143, São Carlos.

Mendonça, A.L.P.V. (2013). Métodos de Avaliação de Riscos. Contributo para a sua Aplicabilidade no Setor da Construção Civil. Relatório de Atividade Profissional para a obtenção de Grau Mestre em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve.

Merna. T., Al-Thani, F. F. (2008). *Corporate risk management*. Second Edition, Wiley: Chichester.

Merril, M., Butler, R. (1994). *New dimensions in infiltration/inflow analysis*. Global Perspective for Reducing CSOs: Balancing Technologies, Costs, and Water Quality Speciality Conference.

Miranda, D.M. (2018). *Metodologia de Redução de Perdas Reais de Água em Sistemas de Reduzida Dimensão*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP.

Modarres, M. (2009). *Advanced nuclear power plant regulation using risk-informed and performance-based methods*. Reliability Engineering and System Safety, 94:211-217.

Molak, V. (ed.) (1997). *Fundamentals of risk analysis and risk management*. CRC Press, Inc: Boca Raton, New York, London, Tokyo.

Monteiro, A. J., Neves, R. J., Sousa, E. R. (1992). Modelling Transport and Dispersion of Effluent Outfalls. Water Science and Technology WSTED4, 25 (9): 143-154.

Monteiro, A.J. (1995). Dispersão de Efluentes através de Exutores Submarinos. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

Moody, J. H. (1995). *Insights into plant economics and risk based regulations*. Proceedings of Safety of Operating Nuclear Reactors, American Nuclear Society (ANS), Seattle, WA, USA, 17-20 September, pp. 232-238.

Moreira, M. (2008). *Avaliação do risco em sistemas de abastecimento de água excitados pela acção sísmica*. 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia.

Moreno, J. (2009). *Avaliação e Gestão de Riscos no Controle da Qualidade da Água em Redes de Distribuição: Estudo de Caso.* Tese de Doutoramento em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

Morgan, M. G., Henrion, M. (1990). *Uncertainty: a guide to dealing with uncertainty in quantitative risk and policy analysis*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Morgan, M.G., Fischhoff, B., Bostrom, A., Atman, C. (2002). *Risk Communication*. A Mental Models Approach, Cambridge, University Press, 332 p.

Morris, J. (2002). *The relation ship between risk analysis and the precautionary principle*. Toxicology, Elsevier, pp. 127-130.

Naderi, M.N., Kermani, M.R.H., Barani, G. (2013). Formo of Waste Water Discharge in Khamir Port Solar Distillation for Environmental Management by the Empirical Equations. Advances in Applied Science Research, 2013, 4(4):76-80.

Neves, M.G. (2004). Estudo das Pressões Exercidas Sobre uma Conduta de PEAD Protegida por um Prisma de Enrocamento. 7º Congresso da Água, 8 a 12 de Março de 2004, no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

Neves, R. J. J. (1985). Étude Experimentale et Modélisation des Circulations Trasitoire et Résiduelle dans l'Estuaire du Sado. Dissertação de Doutoramento, Univ. Liège, Belgium.

Norge, P. (2002). Technical Catalogue for Submarine Installations of Polyethylene Pipes. Pipelife Norge As.

Nowotny, H, Scott, P., Gibbons,M. (2001). *Re-thinking science: Knowledge and the public in an age of uncertainty*. Polity Press in association with Blackwell Publishers: Cambridge.

NRC (1983). *Risk assessment in the federal government: managing the process*. Committee on the Institutional Means for Assessment of Risks to Public Health, Commission on Life Sciences (CLS), National Research Council (NRC), Washington, D.C.: National Academy Press.

NRC (2006). *Decision making and investment planning: Managing risk*. National Research Council, Canadá, 42p.

NRC (2011). *A risk-characterization framework for decision-making at the food and drug administration.* National Research Council (NRC), Washington, DC, USA.

NRC (Ed.) (2003). *Selection of Technologies for the Rehabilitation or Replacement of Sections of a Water Distribution System*, 47 p.

Nummedal, T. A., Hide, A., Heyerdahl, R. (1996). *Cost effective risk management on ageing offshore installations*. International Conference on Health, Safety and Environment, pp. 557-565.

Nunes, M. (2007). *Levantamento e Caracterização das Infra-estruturas da Rede de Saneamento da Zona Industrial da AutoEuropa para a elaboração de um cadastro em SIG*. Relatório de Estágio, Escola Superior de Tecnologia, Instituto Politécnico, Setúbal, Portugal.

Nunes, P. e Fragata, T. (2016). *INDAQUA's aproach to inflow and infiltration issues in sewer systems*. Guimarães, 17º Encontro Nacional de Engenharia Sanitária e Ambiental, 175-182, 2016.

OCDE (1999) *Household water pricing in OCDE countries*, OCDE, Paris.Ocean Engineering, 91: 467-475.

Oliveira, F.M.R. (2013). *Redução de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento de Água. Otimização das pressões numa grande rede de distribuição de água – aplicação ao caso do Porto*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Oliveira, J.M.S., Farinha, J., Matos, J.X., Ávila, P., Rosa, C., Canto Machado, M.J., Daniel, F.S., Martins, L., e Machado Leite, M.R. (2002). *Diagnóstico Ambiental das Principais Áreas Mineiras Degradadas do País*. Boletim de Minas, Vol. 39, nº 2, IGM, Lisboa.

Oliveira, R.P., Almeida, A.B., Sousa, J., Pereira, M.J., Portela, M.M., Coutinho, M.A., Ferreira, R. e Lopes, S. (2011). *A Avaliação do Risco de Aluviões na Ilha da Madeira*. 10º SILUSBA (comunicação), Porto de Galinhas, Brasil, 20 p.

Olsson, R. (2006). *Managing project uncertainty by using an enhanced risk management process*. Tese de Doutoramento, Department of Innovation, Design and Product Development Mälardalen University, Stockholm, Sweden.

Orchard, J.S. (2006). *What is microtunnelling?* Briefing Sheet of Institution of Civil Engineers.

Owens, E.M., Effler, S.W., Matthews, D.A., Prestigiacomo, A.R. (2013). *Evaluation of Offshore Wastewater Outfall and Diffuser for Onondaga Lake, NY*. Journal of Water Resource and Protection, 2013, 5, 1-15.

Pacheco-Figueiredo, M., Poças-Martins, J. (2007). *Minimização do Custo da Energia em Estações Elevatórias de Abastecimento de Água*. I Conferência INSSAA Modelação de Sistemas de Abastecimento de Água. Implementação Sustentada e Integração na Indústria da Água.

Pacheco-Figueiredo, M.M. (2012). *Modelação Numérica de Perdas Reais de Água em Redes de Distribuição*. 7.as Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Paté-Cornell, M. E. (1996). *Uncertainties in risk analysis: six levels of treatment*. Reliability Engineering and System Safety, 54(2-3):95-111.

Pedro, J.O. (2007). *Barragens Abóbada*. *Coeficientes de funcionalidade e segurança e probabilidades de incidente e acidente, para cenários de degradação do betão*. LNEC, ICT Informação Técnica Barragens – ITB 35, 33p.

Pereira-Silva, J. (2012). *Estruturas de Infiltração com Utilização de Materiais Alternativos no Controle de Alagamentos, Inundações e Prevenção de Processos Erosivos.* Tese de Doutoramento em Geotecnia, Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília.

Pereira, L.S., Mexia, J.T. e Pires, C.A.L. (2010). *Gestão do Risco em Secas. Métodos, tecnologias e desafios* (edits). Edições Colibri, CERR-ISA, 344 p.

Perry, J. G. (1986). *Risk management: An approach for project managers*. Project Management, 4(4):211-216.

Perry, J. G., Hayes, R. W. (1985). *Risk and its management in construction projects*. Proceedings of ICE, Engineering Management Group, Part 1, 78(3):499-521.

Peterson, M. (2009). *An Introduction to Decision Theory*. Cambridge University Press, 317 p.

Petrenko, A.A., Jones, B.H., Dickey, T.D. (1998). *Shape and initial dilution of sand island, Hawaii sewage plume*. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE 124(6), pp. 565 -571.

Phipps, D. L., Noyce, P. R., Walshe, K., Parker, D., Ashcroft, D. M. (2011). *Risk-based regulation of healthcare professionals: What are the implications for pharmacists?* Health, Risk & Society, 13(3):277-292.

Piqueiro, F.M.O.P. (2015). *Águas Residuais. A aplicação do SWMM – Storm Water Management Modelo*. Textos pedagógicos desenvolvidos no âmbito da unidade curricular de Sistemas de Drenagem Urbana, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

Plant, T.E. (2008). *Strategic planning for municipalities*. A users' guide, Municipal Knowledge Series, Municipal Word Incorporation (125 pp.).

Plapp, T. (2003). *Wahrnehmung von Risiken aus Naturkatastrophen. Eine empirische Untersuchung in sechs gefährdeten Gebieten Süd- und Westdeutschlands.* Dissertação, Universität Karlsruhe, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften. (em alemão).

PMI (2004). *PMBOK guide: A guide to the project management body of knowledge*. Third Edition, Project Management Institute (PMI), Pennsylvania, USA.

Poças-Martins, J. (2008). *Gestão da mudança em empresas de água*. 3as Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Poças-Martins, J. (2012). *Gestão do Ciclo Urbano da Água: Que soluções para a sustentabilidade?* Seminário dos Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo, 21 de junho de 2012, Viana do Castelo.

Poças-Martins, J. (2013). *Os custos da água e a sua recuperação através de tarifas*. Faculdade de Economia da Universidade do Porto.

Poças-Martins, J. (2014). *Management of Change in Water Companies. In Search of Sustainability and excellence*. Publicação IWA, ISBN-9781843391951.

Poças-Martins, J. (2015). *Sustentabilidade, mudança e perdas. Resumo*. Textos pedagógicos desenvolvidos no âmbito da unidade curricular de Sistemas de Abastecimento de Água, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

Poças-Martins, J., Lemos, V., Garcez, J., Barros, J. (2016). *Smart Meters e Sistemas de Informação Geográfica em Sistemas de Abastecimento de Água*. 10.as Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Portela, L. I., Neves, R. J. J. (1994). Numerical modelling of suspended sediment transport in tidal estuaries: a comparison between the Tagus (Portugal) and the Scheldt (Belgium-The Netherlands), Netherlands. Journal of Aquatic Ecology, 28: 329-335.

PROCIVIL (1995). *Estudo para a definição da solução de abastecimento de água e projeto da captação, estação de tratamento e adução aos reservatórios principais dos concelhos de Arouca, Castelo de Paiva e Cinfães a integrar no Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água à Área Sul do Grande Porto*. Estudo elaborado pela PROCIVIL para a Águas do Douro e Paiva, S.A.

Quadros, S., Rosa, M.J., Alegre, H., Silva, C., Ramalho, P. (2010). *Avaliação de desempenho operacional de ETAR urbanas*. 14º ENaSB-SILUBESA, APESB, Porto.

Rachman, S. J. (1990). *Fear and courage*. W. F. Freeman: San Francisco.

Ramos, P., Cruz, N., Matos, A., Abreu, N. (2009). Avaliação do Impacte Ambiental e Modelização de Descargas de Águas Residuais Usando Observações Bio-ópticas de Veículos Submarinos Autónomos. 4as Jornadas de Hidráulica Recursos Hídricos e Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Ramos, P., Neves, M.V., Cruz, N., Pereira, F.L. (2000). *Outfall Monitoring Using Autonomous Underwater Vehicles*. Proceedings of MWWD2000 – Marine Waste Water Discharges International Conference, MWWD 2000, Génova, Itália.

Ramos, P., Pereira, F.L., Quintaneiro, I. (2004). *Detecção e Mapeamento da Descarga de Efluente Proveniente dum Emissário Submarino Utilizando um Veículo Submarino Autónomo*. 7º Congresso da Água, 8 a 12 de Março de 2004, no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

Rawn, A.M., Bowerman, Brooks, N.H. (1960). Diffusers for disposal of Sewage in Seawater. J. Sanitary Eng. Div., ASCE, 86:65-105.

Raz, T., Michael, E. (1999). *Benchmarking the use of project risk management tools*. Proceedings of the 30th Annual Project Management Institute Seminars & Symposium, USA.

Rebelo, F. (2003). *Riscos Naturais e Ação Antrópica*. Estudos e Reflexões (2ª Edição). Imprensa da Universidade de Coimbra, 286 p.

Rebelo, F. (2010). *Geografia Física e Riscos Naturais*. Imprensa da Universidade de Coimbra, 286 p.

Reichert, P. (1994). *Concepts underlying a Computer program for the Identification and Simulation of Aquatic Systems*. Schriftenreihe der EAWAG Nº 7, Dubendorf.

Renn, O. (2008). Concepts of risk: An interdisciplinary review - Part 2: Integrative approaches. GAIA EA, Ecological Perspectives for Science And Society, 17(2):196–204.

Resig, J.M. (1960). Foraminiferal ecology around ocean outfalls of southern California. Pearson, P.A. (ed.), Waste disposal in the marine environment. Pergamon Press. London, p. 104-121.

Ribeiro de Sousa, E., Lages da Silva, U. e Pestana, A. (1998). *Sistemas de Informação Geográfica: Desenvolvimento, Utilização e Evolução*. 4º Congresso da Água, APRH, Lisboa, Portugal.

Roberts, P.J.W. (1979). Line Plume and Ocean Outfall Dispersion. J. Hydr. Dviv., ASCE, 105: 607-611.

Rodrigo, C., Lopes, J.L., Saúde, M,, Mendes, R., Casimiro, R. (2007). *Controlo operacional em sistemas públicos de abastecimento de água*. IRAR, Série Guias Técnicos, N.º10.

Rodrigues, M.C., Calado, L., Benguela, Z., Mendes, P., Ekstrom, M.A. (2009). *Gestão Integrada da Água. Teses em Gestão e Conservação da Natureza*. Princípia Editora, Lda., Parede, Portugal.

Romano, E., Bergamin, L., Finoi, M.G., Carboni, M.G., Ausili, A., Gabellini, M. (2008). Industrial pollution at Bagnoli (Naples, Italy): Benthic foraminifera as a tool in integrated programs of environmental characterization. Marine Pollution Bulletin, 56:439-457.

Rosa, M.J., Campinas, M., Mesquita, E., Viegas, R. (2012a). *Tratamento avançado de água para consumo humano e de águas residuais para reutilização de água*. Jornadas de Investigação e Inovação LNEC – Cidades e Desenvolvimento, LNEC, Lisboa.

Rosa, M.J., Silva, C., Ramalho, P., Alegre, H. (2012b). *Avaliar para Melhorar o Desempenho das Estações de Tratamento de Água e de Águas Residuais*. Jornadas LNEC, Lisboa.

Rosa, M.J., Vieira, P., Menaia, J. (2009). *O tratamento de água para consumo humano face à qualidade da água de origem - Guia Técnico 13*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

Rossa, S.R.L.G.S. (2006). *Contribuições para um Uso mais Eficiente da Água no Ciclo Urbano. Poupança de água e reutilização de águas cinzentas*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Rossman, L.A. (2002). EPANET 2. Manual do Utilizador. Water Supply and Water Resources Division, National Risk Management Research Laboratory, United States Environmental Protection Agency.

Rossman, L.A. (2008). *Storm Water Management Model, Version 5: User's Manual*. U.S. Environmental Protection Agency. Cincinnati, OH United States.

Roxo, M. (2006). Segurança e Saúde do Trabalho: Avaliação e Controlo de Riscos - 2ª Edição. Coimbra: Almedina.

RS (1992). *Risk: Analysis, perception and management*. Report, The Royal Society (RS), London, UK.

Sægrov, S. (Ed.) (2005) *CARE-W – Computer Aided Rehabilitation for Water Networks*. EU project: EVK1-CT-2 000-00053, IWA Publishing, 208 pp.

Saji, G. (2003). *Safety goals in 'risk-informed, performance-based' regulation*. Reliability Engineering and System Safety, 80:163-172.

Sancho, F. (2014). A Investigação no Apoio ao Projeto e Obra de Engenharia Costeira. Ingenium, 01/05/2014

Santo, F (2009). *Cadastro e Ordenamento do Território*. INGENIUM, A Engenharia Portuguesa em Revista, Lisboa, Portugal.

Santos, C. (2019). *Disciplina de Sistemas de Drenagem Urbana. Apontamentos*. Textos pedagógicos desenvolvidos no âmbito da unidade curricular de Sistemas de Drenagem Urbana, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

Santos, A., Martins, H., Coelho, H., Leitão, P., Neves, R. (2002). A circulation model for the European ocean margin. Applied Mathematical Modelling, 26 (5): 563-582.

Santos, C., Catarino, J., Barreiros, A., Trancoso, M.A., Marques, E., Garcia, C., Neves, R., Carvalho, V. Lopes, C. (2010). 13 Anos de Monitorização da Descarga do Emissário Submarino da Guia – Integração na DQA. 10.º Congresso da Água – Marcas d'Água., 21 a 24 de Março de 2010, Algarve.

Santos, D., Moreira, M., Almeida, A.B., (2011). *Avaliação do risco da degradação da qualidade da água em sistemas públicos de abastecimento*. 6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia.

Santos, J. (2010) *Gestão de Águas Pluvias Urbanas: Mudança do Paradigma nos Sistemas de Drenagem. Um Caso Aplicado à Cidade do Porto*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Santos, M.C. (2011). *Urbanização e Riscos Ambientais, na Cidade de Salvados – Bahia.* Revista Territorium, n.º18, 2011.

Saraiva, M. (2008). *Riscos de Inundação e Ordenamento no Espaço Urbano*. Cidades e Alterações Climáticas. Que Futuro?, Lisboa.

Sauter, G. D. (1994). *Performance- and risk-based regulation [nuclear reactors]*. 1994 Winter Meeting of American Nuclear Society, American Nuclear Society (ANS), Washington, DC, USA 13-17 November. Transactions of the American Nuclear Society, 71:289.

Scarborough, J. C. (1993). *Risk-based regulation-a current regulatory perspective*. 1993 Winter Meeting of American Nuclear Society, American Nuclear Society (ANS), San Francisco, CA, USA, 14-18 November. Transactions of the American Nuclear Society, 69:282.

Schutze, M., Butler, D. e Beck, B. (1996). *Development of a framework for the optimization of runoff, treatment and receiving waters*. 7th Int. Conf. Urban Storm Drainage, Hannover.

Selvakumar, A., Clark, R.M., Sivaganesan, M. (2002). *Costs for water supply distribution system rehabilitation*. Journal of Water Resources Planning and Management, 128(4), 303-306.

Shiau, B. (1991). Computer modelling of oil pollutants transport on the water. Computer modelling in

Shimokawa, S., Takeuchi, Y. (2000). Uncertainty in Flood Risk and Public Understanding of Probable Rainfall. In *A better integrated management of disaster risk: Toward resiliente society to emergency disaster risks in mega-cities*, Ikeda, S., Fukuzuno, T., Sato, T. (edits), TERRA PUB and NIED, pp. 109-119.

Short, J. F. (1984) *The social fabric at risk: Towards the social transformation of risk analysis*. American Sociological Review, 49:711-725.

Sieker, F. e Klein, M. (1998). *Best management practices for stormwater-runoff with alternative methods in a large urban catchment in berlin, germany*. Water Science and Technology, vol. 38. n.º10, p. 91-97.

Sigiliano, L.S. (2005). *Gestão de Sistemas Urbanos de Águas e Águas Residuais. Aplicação do Modelo QFD*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Silva, A. P. da (2007). *Sistema de Apoio à Decisão para a Gestão Operacional de Redes de Drenagem de Águas Residuais em Condições de Incerteza*. Projeto de Tese de Investigação, Programa Doutoral em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho.

Silva, C.G. (2013). Análise da Árvore de Falhas do Processo de Cozedura da Cerâmica F. Santiago, S.A.. Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico de Leiria.

Silveira, A.L.L. (1998). Hidrologia urbana no Brasil. In *Drenagem Urbana – Gerenciamento, Simulação e Controle*. Ed. da UFRGS, ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 230 p.

Simas, L. (2018). *A nova legislação da qualidade da água para consumo humano.* Apresentação da ERSAR para o Grupo Águas de Portugal, ETA de Lever, 26 de março de 2018.

Simicevic, J., Sterling, R.L. (2001). *Guidelines for pipe bursting*. TTC Technical Report #2001.02. US Corps of Engineers, 55 p.

SISAQUA e CONSULGAL (2015). *Elaboração dos Projetos de Execução das Infraestruturas dos Municípios de Santo Tirso e Trofa – Lote 2*. *Fase II – Elaboração dos Projetos de Execução*. Volume 1 – Município da Trofa, Novembro de 2015.

Skjong, R. (2005). *Etymology of risk: Classical Greek origin – Nautical Expression – Metaphor for "difficulty to avoid in the sea"*. Det Norske Veritas (DNV), Norway.

Smith, M.B. (2006). *Comment on Analysis and Modeling of Flooding in Urban Drainage Systems*. Journal of Hydrology, 317(3-4), pp. 355-363.

Sousa, E.R. (2001). *Sistemas de Abastecimento de Água*. Textos pedagógicos desenvolvidos no âmbito da unidade curricular de Saneamento Ambiental I, do Instituto Superior Técnico, Portugal.

Sousa, V.F. (2012). *Gestão do Risco na Construção. Aplicação a Sistemas de Drenagem Urbana*. Dissertação de Doutoramento, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa

Specter, H. (1993). *Risk-based regulation: an owners' group perspective*. American Nuclear Society 1993 Annual Meeting, American Nuclear Society (ANS), San Diego, CA, USA, 20-24 June. Transactions of the American Nuclear Society, 68:313-314.

Spink, M. J. P. (2001). *Trópicos do discurso sobre risco: Risco-aventura como metáfora na modernidade tardia*. Caderno Saúde Pública, Rio de Janeiro, 17(6):1277-1311.

Starr, C. (1969). *Social benefits versus technological risks*. Science, 165:1232–1238.

Stein, D. (2001). *Rehabilitation and maintenance of drains and sewers*. Ernst & Sohn.

Stone, C. A., Zissu, A. (Eds.) (1994). *Global risk-based capital regulations*. Richard Irwin: Homewood.

Synnott, W.R. (1987). *The Information Weapon: Winning Customers and Markets with Technology*. New York, John Wiley.

Taveira Pinto, F., Neves, A.C.V. (2010). Environmental Aspects of Using Detached Breakwaters for Coastal Protection Purposes. Environmental 2010: Situation and Perspectives for the European Union, 6 a 10 de Maio, Porto, Portugal.

Tentúgal-Valente, J. (2017). *Afluências pluviais indevidas em sistemas de drenagem de águas residuais. Como gerir?* Apresentação em Conversas de Fim de Tarde da APRH-NRN, Instituto Superior de Engenharia do Porto, 8 de novembro de 2017.

Tentúgal-Valente, J. e Piqueiro, F. (2018). *Gestão Sustentável de Águas Pluviais em Meio Urbano. IV Sistemas de Monitorização e Controlo*. Apresentação em Ação de Formação na Águas do Porto, EM, 9 de novembro de 2018.

Tentúgal-Valente, J.C. (2004). *Disciplina de Hidráulica Urbana e Ambiental. Apontamentos*. Textos pedagógicos desenvolvidos no âmbito da unidade curricular de Hidráulica Urbana e Ambiental, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

Tentúgal-Valente, J.C. (2007). *Disciplina de Hidráulica Urbana e Ambiental. Apontamentos*. Textos pedagógicos desenvolvidos no âmbito da unidade curricular de Hidráulica Urbana e Ambiental, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

Tentúgal-Valente, J.C. (2013a). *Sistemas de Drenagem e Redes Urbanas*. Textos pedagógicos desenvolvidos no âmbito da unidade curricular de Sistemas de Drenagem Urbana, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

Tentúgal-Valente, J.C. (2013b). *Medição de Caudais em Sistemas de Drenagem e Tratamento de Águas Residuais*. Textos pedagógicos desenvolvidos no âmbito da unidade curricular de Sistemas de Drenagem Urbana, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

Tentúgal-Valente, J.C. (2013c). *Estações Elevatórias de Águas Residuais*. Textos pedagógicos desenvolvidos no âmbito da unidade curricular de Sistemas de Drenagem Urbana, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

Tentúgal-Valente, J.C. (2013d). *Armazenamento. Reservatórios*. Textos pedagógicos desenvolvidos no âmbito da unidade curricular de Hidráulica Urbana e Ambiental, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.

Teodoro, A.C., Duleba, W. e Lamparelli, C.C. (2009). Associações de foraminíferos e composição textural da região próxima ao emissário submarino de esgotos domésticos de Cigarras, Canal de São Sebastião, SP, Brasil. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

Thadani, A., Rubin, M., El-Bassoni, A. (1994). *Risk-based regulation at the US Nuclear Regulatory Commission*. American Nuclear Society 1994 Annual Meeting, American Nuclear Society (ANS), New Orleans, LA, USA, 19-23 June. Transactions of the American Nuclear Society, 70:318-319.

Thompson, P. B. (1986). *The philosophical foundations of risk*. Southern Journal of Philosophy 24 (2):273-286.

Torres-Vera, M.A., Canas, J.A. (2003). *A lifeline vulnerability study in Barcelona, Spain*. Reliability Engineering and System Safety 80, 205-2 10.

TRATAVE (2015). *Plano Estratégico de Gestão Patrimonial de Infraestruturas 2013-2025*. TRATAVE – Tratamento de Águas Residuais do Ave, S.A..

TRATAVE (2019). *Informações internas da TRATAVE*. Informações facultadas pela Entidade Gestora do Intercetor da Trofa, TRATAVE.

Trifunac, M.D., Todorovska, M.I. (1997). *Northridge, Califórnia, earthquake of 1994: density of pipe breaks and surface strains*. Soil dynamics and Earthquake Engineering 16, 193-2 07.

Trindade, J. (2012). Textos de Apoio para Gestão Técnica de Navios. Textos pedagógicos no âmbito do Mestrado em Engenharia de Máquinas Marítimas, Escola Superior Náutica Infante D. Henrique.

Tucci, C.E.M. (1997). *Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção*. RBRH, Brasil.

Tucci, C.E.M., Porto, R.L. e Barros, M.T. (1995). *Drenagem Urbana*. Editora da Universidade, ABRH, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 430 p.

UNESCO (2005). *Concept paper on "International Flood Iniciative"*, World Meteorological Organization. Genebra, Suíça.

Urban, M. (2006). *Earthquake risk assessment of historical structures*. Dissertação de Doutoramento, Department of Architecture, Civil Engineering and Environmental Sciences of the Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig and Faculty of Engineering Department of Civil Engineering of the University of Florence.

USEPA (2004). *General guidance on risk management programs for chemical accident prevention (40 CFR PART 68)*. EPA-550-B-04-001, United States Environmental Protection Agency (USEPA), Office of Solid Waste and Emergency Response, USA.

USEPA (2005). *USEPA Advanced Asset Management Workshop*. US Environmental Protection Agency.

van Asselt, M. B. A. (2000). *Perspectives on uncertainty and risk: The PRIMA approach to decision support*. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht.

van Asselt, M. B. A. (2005). *The complex significance of uncertainty in a risk era: Logics, manners and strategies in use*. International Journal for Risk Assessment and Management, 5(2/3/4):125–158.

van Asselt, M. B. A., Rotmans, J. (2002). *Uncertainty in integrated assessment modeling: From positivism to pluralism*. Climatic Change, 54(1):75-105.

van Gelder, P. H. A. J. M. (2000). *Statistical methods for the risk-based design of civil structures*. Dissertação de Doutoramento, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.

Vanier, D.J. (2000). *Advanced asset management: tools and techniques*. APWA International Public Works Congress, Louisville.

Vanier, D.J., Rahman, S. (2004). *MIIP Report: A primer on municipal infrastructure asset management*. National Research Council, Canadá.

Vaughan, E. J., Vaughan, T. (2001). *Essentials of risk management and insurance*. Wiley: New York, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto.

Veloso Gomes, F. (1995). Reflexões sobre a Vulnerabilidade e Risco de Exposição das Orlas Costeiras às Acções Energéticas do Mar (1995). Lição de Síntese, Sumário Pormenorizado, Provas para o Título de Agregado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Veloso Gomes, F. (2007). A Gestão da Zona Costeira Portuguesa. Revista da Gestão Costeira Integrada, 7(2):83-85.

Veloso Gomes, F., Barroco, A., Pereira, A.R., Reis, C.S., Calado, H., Ferreira, J.G., Freitas, M.C., Biscoito, M. (2007). Bases para a Estratégia de Gestão Integrada da Zona Costeira Nacional. 2.as Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, 24 de Outubro de 2007, Faculdade de Engenharia da Univrsidade do Porto.

Veloso Gomes, F., Taveira Pinto, F., Papadatos, M. (1996). Vulnerability and Risk Assessment of Urban Areas Exposed to Coastal Forcing. Oral Presentation in LITTORAL'96, Portsmouth, EUROCOAST-UK.

Vercelli, A. (1995). *From soft uncertainty to hard environmental uncertainty*, Economie applique´e, 48(2):251–269.

Vick, S.G. (1997). *Dam Safety Assessment: New Directions*. Water Power and Dam Construction, Vol. 49, nº5, pp. 40-42.

Victorian Stormwater Committee (1999). *Urban Stormwater: Best Practice Environmental Management Guidelies*. CSIRO Publishing, Victoria.

Vieira, J. (2003) *Gestão da Água em Portugal. Os Desafios do Plano Nacional de Água*, Universidade do Minho - Departamento de Engenharia Civil, Braga.

Vieira, J.M.P. e Morais, C. (2005). *Planos de Segurança em Sistemas Públicos de Abastecimento de Água para Consumo Humano – Guia Técnico 7*. Universidade do Minho e Instituto Regulador de Águas e Resíduos.

Viseu, T. (2006). *Segurança dos vales a jusante de barragens. Metodologias para apoio à gestão do risco.* Tese de Doutoramento em engenharia civil, IST, Lisboa.

Viseu, T. e Almeida, A.B. (2009). *Dam-break risk management and hazard mitigation*, *in Dam-break Problems, Solutions and Case Studies*. S. Wrachien e S. Mambretti (edits), WIT Press, pp. 211-239.

Vivas, E., Leite, P., Valente, L., Tentúgal-Valente, J., Pacheco-Figueiredo, M., Aguilar, N., Ferreira, R. (2014). *Estudos de Otimização Energética em Estações Elevatórias. Uma Metodologia para a sua Seleção*. 12º Congresso da água, Lisboa, Portugal.

Vlek, C. A. J. (1996) *A multi-level, multi-stage and multi-attribute perspective on risk assessment, decision-making and risk control*. Risk Decision and Policy, 1(1):9-31.

Vose, D. (2003). *Risk Analysis. A Quantitative Guide*, Wiley, 418 p.

Walker, W. E., Harremoës, P., Rotmans, J., van der Sluijs, J. P., van Asselt, M. B. A., Janssen, P., Krayer von Kraus, M. P. (2003). Defining uncertainty: *A conceptual basis for uncertainty management in model-based decision-support*. Integrated Assessment, 4(1):5–17.

WAPUG (2002). *Code of Practice for the Hydraulic Modelling of Sewer Systems*, v3.001, Technical Report, Wastewater Planning Users Group, Reino Unido.

Washburn, L., Jones, B. H., Bratkovich, A., Dickey, T. D., Chen, M. (1992). *Mixing, dispersion, and resuspension in vicinity of ocean wastewater plume*. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE 118(1), pp. 38-58.

Water Environmental Federation (2004). *GIS Implementation for Water and Wastewater Treatment Facilities*. Alexandria.

Watkins, J.G. (1961). Foraminiferal ecology around the Orange County, California, ocean sewer outfall. Micropaleontology, 7(2):199-206.

WBGU (2000). *World in transition: Strategies for managing global environmental risks*. Annual Report 1998, German Advisory Council on Global Change. (WBGU), Springer: Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Hong Kong, London, Milan, Paris, Singapore, Tokyo.

Wei, B.C. (1991). A Unified Approach to Failure Mode, Effects and Criticality Analysis (FMECA). Proceedings of Reliability and Maintainability Annual Symposium, 29 a 31 de Janeiro, pp. 260 - 271.

Willems, P. (2000). *Probabilistic immission modelling of receiving surface waters*. PhD thesis, Faculty of Engineering, K. U.Leuven, Leuven, Belgium.Dissertação de doutoramento.

Winkler, R. L. (1996). *Uncertainty in probabilistic risk assessment*. Reliability Engineering and System Safety, 54:127-132.

WMO (1997). *Health and environment in sustainable development – five years after the Earth Summit*. Genebra, Suíça.

Woodward, D.G. (1997). *Life cycle costing – Theory, information acquisition and application*. International Journal of Project Management, Vol. 15, n.º6.

WRc (2001). *Sewerage rehabilitation manual*. Water Research Centre plc, 4ª Edição, Swindon, Reino Unido.

Wu, Y., Washburn, L., Jones, B.H. (1994). Buoyant plume dispersion in a coastal environment: evolving plume structure and dynamics. Continental Shelf Research 14(9), pp. 1001-1023.

Xiaodong, T., Roberts, P.J.W., Daviero, G.J. (2004). Marine Wastewater Discharges from Multiport Diffusers. I: Unstratified Stationary Water. Journal of Hydraulic Engineering , Vol. 130, No. 12, 01/Dezembro/2004, American Society of Civil Engineers. ISSN 0733-9429/2004/12-1137-1146.

Yanko, V., Kronfeld, J., Flexer, A. (1994). Response of benthic foraminifera to various pollution sources: implications for pollution monitoring. Journal of Foraminiferal Research, 24(1):1-17.

Zalesny, E.R. (1959). Foraminiferal ecology of Santa Monica Bay, California. Micropaleontology, 5(1):101-126.

Zezere, J.L., Garcia, R.A.C., Oliveira, S.C. e Reis, E. (2008). *Probabilistic Landslide Risk Analysis Considering Direct Costs in the Area of Lisbon (Portugal)*. Geomorphology, 94, 3-4, Elsevier, pp. 467-495.

Zucchetti, M. (1995). *Fusion reactor passive safety and ignitor risk-based regulation*. Annual Meeting of American Nuclear Society, American Nuclear Society (ANS), Philadelphia, PA, USA, 25-29 June. Transactions of the American Nuclear Society, 72:288-289.

BIBLIOGRAFIA NÃO CITADA

ABES (2015). *Controle e Redução de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimento de Água.* Relatório de Posicionamento e Contribuições Técnicas da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Albuquerque, C. (2014). *No Caminho Certo. Boas Práticas na Realização dos Direitos à Água e Saneamento.* ISBN 978-989-8360-24-3

Alegre, H., Hirner, W., Melo-Baptista, J., Parena, R. (2004). *Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água – Guia Técnico 1*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

Almeida, I., Paixão, J., China, E.H., Carraco-Reis, F., Ribeiro, V. (2017). *A Eficiência dos Sistemas de Abastecimento de Água – Boas Práticas de Redução de Perdas*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

APEMETA (2019). *Brochura Técnica sobre o Setor da Água em Portugal*. Projeto n.º 16133, AMBIPOR II – Ambiente em Portugal, COMPETE 2020.

Barreiro, J., Lopes, R., Ferreira, F., Brito, R, Fontanals, I, Vendrell, E., Matos, J.S., Matos, R. (2017). *Resiliência Urbana Face às Alterações Climáticas. Inundações e Efeitos em Cascata na Cidade de Lisboa*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Belez, J.R.O. (2016). *Gestão Patrimonial de Infraestruturas – Quantificação de Afluências Indevidas na Bacia de Crestuma*. Relatório de Estágio Curricular do Mestrado em Engenharia Civil, ISEP, Porto.

Béraud, P. e Pinto, S. (2017). *Eficiência Energética em Sistemas de Saneamento. A Relevância para as Entidades Gestoras no Atual Contexto Nacional e Internacional.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Boaventura, J. e Caetano, R. (2017). *Gestão do Risco das Infraestruturas com o apoio a Ferramentas SIG.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Bos, R., Alves, D., Latorre, C, Macleod, N., Payen, G., Roaf, V., Rouse, M. (2017). *Manual Sobre os Direitos Humanos à Água Potável e Saneamento para Profissionais.* Publicação IWA, ISBN 9781780408965.

Brito, C.A.L. (2013). *Análise de Risco e Avaliação de Estratégias de Prolongamento da Vida Útil de Condutas de Grande Diâmetro.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, IST, Lisboa.

Cabral, M., Pinheiro, A., Casimiro, R, Correia, T., Silvestre, I., Loureiro, D. e Covas, D. (2017). *Cálculo do Valor Atual de Infraestruturas Associadas ao Ciclo Urbano da Água: Desafios Inerentes e a sua Complexidade*. 13º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa, 13 a 15 de setembro de 2017, Porto.

Cabral, M., Pinheiro, A., Mamouros, L., Lopes, N., Antunes, S., Brôco, N e Covas, D. (2017a). *Custos de Construção de Infraestruturas do Sistema de Abastecimento Água e Gestão de Águas Residuais e Pluviais*. 13º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa, 13 a 15 de setembro de 2017, Porto.

Cabrera-Jr., E., Dane, P., Haskins, S. e Theuretzbacher-Fritz (2011). *Benchmarking para servicios de agua. Guiando a los prestadores de servicios hasta la excelência*. Manual de Boas Práticas, Publicação IWA, ISBN 978-84-8363-865-1.

Cardoso, A.P.P.M. (2013). *Redução de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento de Água Através do Controlo Avançado de Pressão – Aplicação a Um Subsistema da Cidade do Porto*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, FEUP, Porto.

Carriço, N., Covas, D., Almeida, M.C., Alegre, H. (2016). *Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão na Gestão Patrimonial de Infraestruturas Urbanas de Água*. Comunicação submetida ao 17º ENASB, 14 a 16 de setembro de 2016, Guimarães.

Carvalho, A., Oliveira, A. e Alves, E. (2018). *WADI – Deteção Inovadora de Fugas de Água em Grandes Redes de Distribuição a partir da Vigilância através de Aviões Não-Tripulados e Drones*. 14º Congresso da Água, 7 a 9 de março de 2018, Évora.

Carvalho, H.R.F. (2014). *Redução de Perdas Reais de Água em Sistemas de Abastecimento de Água. Definição de Critérios para Delimitação de Zonas de Medição e Controlo*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, Porto.

Carvalho, M., Martins, B., Pinto-Coelho, J., Katila-Ribeiro, A., Luís, A., Magalhães, A., Brôco, N. (2017). *Adaptação às Alterações Climáticas – Uma Abordagem Pragmática na Avaliação de Vulnerabilidades.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Carvalho, S.M.R. (2011). *Técnicas de Reabilitação Sem Abertura de Vala de Redes de Drenagem de Águas Residuais*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.

Castanheira-Pinto, F., Gomes, D. e Ferreira, R. (2017b). *Sistema de Gestão de Energia.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Castanheira-Pinto, F., Santos, G. e Vieira, A. (2017a). *Plano de Controlo Ativo de Perdas de Água.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Ceia, J., Adão, L. e Sapinho, P. (2017). *Implementação da ISO 55001 nos SMAS de Almada*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

CESDA-APDA (2014a). *Eficiência dos Sistemas de Abastecimento de Água. Balanço Hídrico.* Ficha de Boas Práticas da APDA.

CESDA-APDA (2014b). *Eficiência dos Sistemas de Abastecimento de Água. Deteção de Fugas.* Ficha de Boas Práticas da APDA.

CESDA-APDA (2015). *Eficiência dos Sistemas de Abastecimento de Água. Gestão de Pressões.* Ficha de Boas Práticas da APDA.

CESDA-APDA (2017a). *Fichas de Boas Práticas em Controlo de Perdas*. Artigo de Opinião da Comissão Especializada de Sistemas de Distribuição de Água na Revista da APDA.

CESDA-APDA (2017b). *Consumos Não Autorizados.* Ficha de Boas Práticas da APDA.

Coelho, D., Nunes, P., Perdigão, P. (2017). *Uma Proposta de Balanço Hídrico para o Saneamento de Águas Residuais*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Coelho, P. e Fazendeiro, A. (2017). *Cibersegurança dos Sistemas de Supervisão e Telegestão. Da necessidade à exigência*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Colarejo, J.M. (2017). *Combate às Perdas de Água por Sub-Medição em Contadores de Instalações Residenciais*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Costa, C., Costa, C. e Tavares, J. (2017). *Balanço de 15 anos de utilização de uma plataforma integrada de gestão operacional. O caso de estudo da implementação do NAVIA na gestão do sistema integrado de despoluição do Ave – TRATAVE, S.A.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Cunha, R., Vieira, P. e Costa, F. (2017). *O Papel da Inovação numa Entidade Gestora de Água. Oportunidades e Desafios no Caso da Águas do Porto*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Dezotti, M.C. (2008). *Análise da utilizaçãoo de métodos não-destrutivos como alternativa para a redução dos custos sociais gerados pela instalação, manutenção e substituição de infra-estruturas urbanas subterrâneas.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

Dinis, J., China, E.H., Carraco-Reis, F., Ribeiro, V. (2017). *Águas Residuais: De Resíduo a Recurso*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

EPAL (2017). *Controlo Ativo de Perdas de Água*. EPAL Technical Editions.

ERSAR (2010). *Acessibilidade económica aos serviços públicos de abastecimento de água para consumo humano e de saneamento de águas residuais urbanas em Portugal.* Relatório ERSAR n.º 1/2010, Departamento de Estudos e Projetos

ERSAR (2016). *Estudo de Satisfação dos Utilizadores dos Serviços de Águas e Resíduos. Esuto piloto.* Relatório ERSAR n.º 1/2016, Departamento de Estudos e Projetos.

ERSAR (2018). *Plano de Comunicação para Emergência(s) na Qualidade da Água para Consumo Humano – Guia Técnico 25*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, Lisboa.

Ervideira, A.M.F. (2014). *Perdas em redes de abastecimento de água – Sistemas de detecção, controlo e gestão. Aplicação do conceito Smart Cities na óptica da sustentabilidade do ciclo da água.* Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão da Água, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

Feliciano, J., Almeida, R., Ramalho, P., Ganhão, A., Santos, A.R., Barbosa, B., Covas, D. e Alegre, H. (2017a). *Avaliação das Necessidades de Reabilitação em Serviços de Água com Base no Desempenho dos Ativos.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Feliciano, J., Covas, D. e Alegre, H. (2017b). *Contributo da Gestão Patrimonial de Infraestruturas para a Melhoria da Eficiência Operacional – Água Não Faturada.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Fernandes, J.M.C. (2014). *Redução de Perdas Aparentes em Sistemas de Abastecimento de Água. Definição de critérios para identificação de consumos fraudulentos.* Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, Porto.

Ferreira, B. e Carriço, N. (2017). *Urban Water Infrastructure Asset Management Plan: A Pratical Application*. CCWI 2017 – Computing and Control for the Water Industry, 5 a 7 de setembro de 2017, Sheffield.

Figueiredo, P. e Sousa, P.EX. (2017). *Cálculo dos Indicadores de Desempenho das Equipas Operacionais*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Fontes, N. e Marques, J. (2017). *Gestão do Parque de Contadores.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

FUNASA (2014). *Redução de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água*. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde, Departamento de Engenharia de Saúde Pública, Brasília.

Galvão, J.R.B. (2007). *Avaliação da Relação Pressão x Consumo, em Áreas Controladas por Válvulas Redutoras de Pressão (VRPs). Estudo de Caso: Rede de Distribuição de Água da Região Metropolitana de São Paulo*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Hidráulica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Gomes, E., Catarino, F. E Silva, R. (2017). *Projeto iPerdas 2016 – Plano de Gestão de Perdas de Água e Energia na Empresa Águas Públicas do Alentejo*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Gomes, J.P.D. (2010). *Custos de Construção de Infra-Estruturas de Abastecimento de Água e de Saneamento.* Dissertação de Mestrado em Planeamento Regional e Urbano, Universidade de Aveiro, Aveiro.

Gomes, R. e Martins, W. (2017). *Avaliação do Desempenho de Sistemas de Drenagem em Meio Urbano: Centro Histórico de Leiria*. 13º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa, 13 a 15 de setembro de 2017, Porto.

Gonçalves, B.O.V. (2015). *Estrutura e variabilidade dos custos de atividades de operação, manutenção e reabilitação de coletores pluviais*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, IST, Lisboa.

Gonçalves, M.E.S. (2016). *Sistemas de Reabilitação de Condutas sem Abertura de Vala. Desempenho Técnico e Económico*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, Porto.

Guerreiro, C. (2017). *Serviços de Abastecimento de Águas e Saneamento – Pensar o Futuro no Contexto da Indústria 4.0*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Huberto, P. (2017). *Projeto de Águas Parasitas. Gestão das águas de infiltração e de captação nos sistemas de saneamento de águas residuais.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Imaz, J.A. (2017). *Estructuras Intermedias de Saneamento: Descarregadores y Tanques de Tempestade.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Inocentes, M., Sousa, V., Gouveia-de-Almeida, N. e Roussado, F. (2017). *Ferramenta de Apoio à Decisão para a Reabilitação de Sistemas de Drenagem Pluvial Baseada no Risco: O Caso do Sistema do Município de Cascais.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

IRAR (2007). *Perceção pública e disponibilidade para pagar por melhorias de qualidade dos serviços de águas e resíduos em Portugal Continental.* Relatório IRAR n.º 1/2007, Departamento de Estudos e Projetos.

Leal, A., Palma, G. (2017). *O Controlo Operacional da Distribuição de Água – Concelho de Beja.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Leboeuf, Y., Ferreira, F., Saldanha-Matos, J., Monteiro, A., Silva-Ferreira, J., Botelho, P. e Frazão, A. (2018). *Bacias de Antipoluição nas Obras de Entrada dos Túneis de Drenagem Monsanto-Stª Apolónia e Chelas-Beato*. 14º Congresso da Água, 7 a 9 de março de 2018, Évora.

LNEC e ERSAR (2017). *Desenvolvimento e Implementação de Processos de Gestão Patrimonial de Infraestruturas – Guia Técnico 21*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

LNEC e ERSAR (2018). *Guia de Avaliação da Qualidade dos Serviços de Águas e Resíduos Prestados aos Utilizadores – Guia Técnico 22*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

Lopes, C., Ferreira, F., Saldanha-Matos, J. (2017). *Beneficiação do Desempenho Ambiental de Sistemas Unitários através da Construção de Bacias de Armazenamento*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Lopes, E.J.B. (2013). *Gestão de Pressões em Redes de Distribuição de Água – Caso de Santa Maria da Feira*. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão da Água, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Lisboa.

Lopes, S.I.M. (2014). *Análise de Funções de Custo de Componentes de Construção Civil e de Equipamentos de Serviços Públicos de Água*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, IST, Lisboa.

Luís, A.A. (2017a). *Resiliência e Resposta a Emergência em Redes de Abastecimento de Água*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Luís, A.A. (2017b). *Envelhecimento das Redes de Distribuição de Água. O desafio do financiamento e gestão do risco*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Macedo, F., Miranda, I.T., Ferreira, F. (2017). *Avaliação de Estratégias para Beneficiação de Drenagem Pluvial em Cenários de Alterações Climáticas*. *Caso de estudo da bacia Bento Ferreira*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Marques, J., Cunha, M. e Savic, D. (2018). *Análise de Alternativas para o Reforço Faseado de Redes de Distribuição de Água.* 14º Congresso da Água, 7 a 9 de março de 2018, Évora.

Martinho, S.O. (2013). *Perdas em sistemas de abastecimento de água – INOVA (Cantanhede)*. Relatório de Estágio Curricular em Engenharia Civil, ISEC, Coimbra,

Martins, T.J.C. (2014). *Sistemas de Abastecimento de Água para Consumo Humano – Desenvolvimento e Aplicação de Ferramenta Informática para a sua Gestão Integrada*. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental, Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Bragança.

Matos, C., Duarte, M., Sousa, P. e Baião (2017). *Gestão de Energia na ADRA: Passado e Futuro*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Matos, R., Cardoso, A., Ashley, R., Duarte, P., Molinari, A. e Schulz, A. (2004). *Indicadores de desempenho para serviços de águas residuais – Guia Técnico 2*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

Medeiros, N. (2017). *A Transformação Digital no Setor – Os Desafios Atuais e Futuros dos Serviços Urbanos de Água.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Melo-Baptista, J. (2014). *Uma abordagem regulatória integrada (ARIT-ERSAR) para os serviços de águas e resíduos*. Publicação ERSAR, ISBN 978-989-8360-20-5.

Moreira, D.V.P. (2018). *Contributos para o Plano Estratégico de Gestão de Ativos de um Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, Porto.

Moreira, T.O.M. (2011). *Gestão de Perdas em Redes de Abastecimento de Água – assistida pelo simulador EPANET*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, FEUP, Porto.

Neves, N.V. (2015). *Estudo sobre Perdas de Água*. Relatório de Estágio Curricular em Engenharia Civil, ISEP, Porto.

Nogueira-Costa, L.F. (2017). *Plano de Reabilitação de Coletores com Base na Inspeção e Avaliação Estrutural.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Pacheco, J., Epifâneo, L., Santos, C., Sardinha, J. (2017). *Afluências Indevidas de Salinidade em Sistemas de Águas Residuais Urbanas – Metodologias de Identificação e Quantificação, Casos Estudo Seixal e Barreiro/Moita*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Parente, T. (2017). *Eficiência Energética, Requisitos e Oportunidades*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Pato, J.H. (2011). *História das Políticas Públicas de Abastecimento e Saneamento de Ááguas em Portugal*. ERSAR, ISBN 978-989-8360-08-3.

Pato, J.H. (2016). *História das Políticas Públicas de Abastecimento e Saneamento de Ááguas em Portugal – Cronologia e Depoimentos*. ERSAR, ISBN 978-989-8360-30-4.

Peças, J. (2017). *Gestão Comercial de Perdas*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Pinhão, M. (2017). *Válvulas de Controlo na Gestão da Pressão e Redução de Perdas de Água*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Pinto, A., Vieira-de-Castro, R., Mamouros, L., Brôco, N., Silva, N., Costa, M., Silva, M.S., David, C. (2017). *Controlo de Afluências Indevidas no Grupo Águas de Portugal. Casos de Estudo: Desafios e Oportunidades*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Piqueiro, F. e Cardoso-Gonçalves, J. (2018a). *Hidrogeração A produção descentralizada de energia na exploração e controlo de sistemas de abastecimento de água*. 14º Congresso da Água, 7 a 9 de março de 2018, Évora.

Piqueiro, F. e Cardoso-Gonçalves, J. (2018b). *Hidrogeração*. 12as Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, 18 de Abril de 2018 na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Poças, A., Loureiro, D., Mesquita, E. e Menaia, J. (2018). *A importância da Qualidade da água na Gestão de Perdas de Água*. *Manutenção e operaçãoo da qualidade da água em redes de abastecimento de água.* 14º Congresso da Água, 7 a 9 de março de 2018, Évora.

Póvoa, P., Alves, R., Pimentel, N., Bandeira, M. Bessa, R. E Godinho, P. (2017). *Projeto INTEGRID de Redes Elétricas Inteligentes: Caso de Estudo da AdP.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Praça, P. (2017). *Ordens de Trabalho sobre o Serviço de Manutenção das Redes de Distribuição de Água e Drenagem Urbana – Manutenção e Reabilitação Informada na Câmara Municipal do Barreiro*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Rodrigues, M.G. (2015). *Gestão Patrimonial de Infraestruturas de Abastecimento de Água. Metodologia para Apoio à Decisão no Ciclo de Vida.* Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, FEUP, Porto.

Rodrigues, S. (2017). *Sinergias na Gestão de Águas Residuais e de Resíduos Urbanos no Contexto da Economia Circular*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Rodrigues, Z., Amaral, R. E Jesus, R. (2017). *Águas Pluviais – Soluções para Minoração*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Santos, J. (2017). *Inventário, Valorização Patrimonial e Avaliação da Condição*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Santos, J. e Santos, F. (2017). *Gestão do Risco como Pilar da Gestão de Ativos*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Santos, L., Cardoso, M.A. e Galvão, A. (2018). *Metodologias de Avaliação de Desempenho de Sistemas de Águas Pluviais Urbanas: Uma Revisão*. 14º Congresso da Água, 7 a 9 de março de 2018, Évora.

Santos, P., Morais, F., Machado, N. e Tavares, J. (2017). *A Gestão de Infraestruturas em Localidades de Baixa Densidade Populacional e Grande Dispersão Geográfica. O caso de estudo da utilização do návia na gestão da operação, da manutenção e de ativos do Município de Sátão.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Silva, S. (2018). *Implementação de Medidas de Controlo de Perdas de Água em Sistemas Urbanos de Abastecimento*. Dissertação de Mestrado em Gestão Sustentável do Ciclo Urbano da Água, Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

Soares, A.C.A. (2007). *Análise de ETAR's e Respetivas Descargas: Contributo para o POOC Caminha-Espinho*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, FEUP, Porto.

Sousa, A.M.T.H. (2011). *Avaliação de Erros de Sub-Contagem em Contadores de Água Domésticos*. Dissertação de Mestrado em Construção Urbana, ISEC, Coimbra.

Sousa, J., Muranho, J., Sá-Marques, A., Gomes, R. (2017). *Localização e Regulação Ótimas de Válvulas Redutoras de Pressão em Redes de Distribuição de Água.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Sousa, V.N., Silva, R., Barros, A.P. (2017). *Definição de Estratégias de Controlo e Redução de Perdas.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Tavares, I.P. (2014). *Gestão da Pressão na Modelação Hidráulica e Exploração de Sistemas de Distribuição de Água (Introdução de Válvulas Redutoras de Pressão)*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade da Beira Interior, Covilhã.

Teixeira, A. e Ribeiro, R. (2017). *Normalização Europeia no Domínio do Tratamento de Águas Residuais Urbanas*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

UN-Habitat (2012). *Leakage Control Manual. Utility Management Series for Small Towns*. United Nations Human Settlements Programme, ISBN (series) 978-92-1-133404-3.

Vicêncio, T. e Alves, C. (2017). *Identificação e Eliminação de Afluências Pluviais Indevidas – O caso de Cascais.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Vicêncio, T. e Duarte, R. (2017). *Medição do Impacto no Consumo em Função da Variação de Pressão na Rede – O caso de Cascais.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Vieira, L.L. (2011). *Sistemas de Informação Geográfica como suporte à gestão de sistemas de abastecimento de água. O caso da freguesia de Meirinhas, Pombal*. Dissertação de Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Modelação Territorial Aplicados ao Ordenamento, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa.

Vieira, P., Costa, F., Cunha, R. (2017). *Transformação Digital em Entidades Gestoras de Água. A Abordagem da Águas do Porto.* Encontro Nacional de Entidades Gestoras de Água e Saneamento, 21 a 24 de novembro, Évora, Portugal.

Vinciguera, V. (2009). *Avaliação do Impacto da Redução de Pressão nas Perdas Reais em Setor de Distribuição de Água no Município de Campo Grande – MS*. Dissertação de Mestrado em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

WHO (2008). *Water Safety. Plan Manual*. Publicação da Organização Mundial de Saúde (World Health Organization – WHO) na Conferência Water Safety Plans: Global Experiences and Future Trends, Lisboa, Mio de 2008.

LEGISLAÇÃO

CEN (2008). *EN 752:2008. Drain and sewer systems outsider buildings*. Comité Europeu de Normalização, 24 de Novembro de 2007. (EN 752:2008)

CEN (2010). *prEN 15885:2010. Classification and performance characteristics of techniques for renovation and repair of drains and sewers*. Comité Europeu de Normalização.

CM (1997). *Decreto-Lei n.º 152/97. Transposição para o Direito Interno a Directiva n.º 91/271/CEE do Conselho*. D.R. n.º 139, Série I-A de 19 de Junho, Conselho de Ministros, 2959-2 966. (Decreto-Lei n.º152/97 de 19 de Junho)

Decreto Regulamentar n.º2190, de 12 de janeiro

Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto. *Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e drenagem de águas residuais.*

Decreto-Lei n.º 115/2010 de 22 de outubro

Decreto-Lei n.º 166/2008 de 22 de agosto

Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de agosto, que estabelece o regime jurídico dos serviços municipais de abastecimento público de água, de saneamento de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos urbanos.

Decreto-Lei n.º 207/94, de 8 de Agosto

Decreto-Lei n.º 321/83 de 5 de julho

Decreto-Lei n.º 364/98 de 21 de novembro

Decreto-Lei n.º 382/99

Decreto-Lei n.º 468/71 de 5 de novembro

Decreto-Lei n.º 53/74 de 15 de fevereiro

Decreto-Lei n.º 89/87 de 26 de fevereiro

Decreto-Lei n.º 93/90 de 19 de março

Decreto-Lei nº22-A/2007

Despacho n.º 4385/2015

Diário da República, 1.ª série - N.º 161, 5418-5435.

Diretiva 2006/7/CE do Parlamento Europeu e do Conselho

Diretiva 91/271/CEE do Conselho

EN 15885: 2008. *Classification and performance characteristics of techniques for renovation and repairs of drains and sewers*. (prEN 15885: 2008)

ISO (2008). ISO/DIS 11295:2008. *Guidance on the classification and design of plastics piping systems used for renovation*. International Standards Organisation. (ISO/DIS 11295:2008)

ISO 24510: 2007 (2007). *Activities relating to drinking water and wastewater services - Guidelines for the assessment and for the improvement of the service to users*.

ISO 24511: 2007 (2007). *Activities relating to drinking water and wastewater services - Guidelines for the management of wastewater utilities and for the assessment of drnking water services*.

ISO 24512: 2007 (2007). *Service activities relating to drinking water and wastewater - Guidelines for the management of drinking water utilities and for the assessment of drinking water services*. International Organization for Standardization, Geneva.

Lei n.º 16/2003 de 4 de junho

Lei n.º 54/2005 de 15 de novembro

Lei n.º 58/2005. *Lei da Água*. *Transposição para o Direito Interno a Directiva n.º 2006/60/CE do Parlamento e do Conselho*. D.R. n.º 249, Série I-A de 2005/12/29, 7280-7310. (Lei da água (Lei n.º58/2005, de 29 de Dezembro))

Norma NP EN 14154-1:2008

NP EN 12889:2008. *Construção em galeria e ensaio de ramais de ligação e colectores de águas residuais*. (NP EN 12889:2008)

NP EN ISO 14001:2004

NP EN ISO 9001:2000

NP ISO 24510:2012

NP ISO 24511:2012

NP ISO 24512:2012

Portaria n.º 762/2002 de 1 de Julho

Programa das Nações Unidas para o Ambiente (PNUMA)

Resolução da Assembleia da República n.º 113/2012

Resolução do Conselho de Ministros n.º 82/2009

UE (2000). *Directiva n.º 2000/60/CE. Directiva-Quadro da Água*. Directiva do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de Abril. JOCE n.º L 64 de 22 /12/2000, 172 pp. (Diretiva Quadro da água, Diretiva 2000/60/CE)

ANEXOS

ANEXOS

A1 – Caso de Estudo do SAA-Arouca – Dados Fornecidos pela Entidade Gestora

A2 – Caso de Estudo do SAA-Arouca – Elementos Produzidos no Âmbito da Tese

A3 – Caso de Estudo do SAA-Arouca – Avaliação de Infraestruturas

A4 – Caso de Estudo do SAA-Arouca – Exploração de Infraestruturas

A5 – Caso de Estudo do SAA-Arouca – Matriz de Risco

A6 – Caso de Estudo do SAA-Arouca – Apoio à Decisão

A7 – Caso de Estudo do SAR-Trofa – Dados Fornecidos pela Entidade Gestora

A8 – Caso de Estudo do SAR-Trofa – Avaliação de Infraestruturas

A9 – Caso de Estudo do SAR-Trofa – Exploração de Infraestruturas

A10 – Caso de Estudo do SAR-Trofa – Apoio à Decisão

A11 – Caso de Estudo do SAR-Trofa – Matriz de Risco

A12 – Caso de Estudo do SAA-Arouca – Intervenção em Infraestruturas

A13 – Caso de Estudo do SAR-Trofa – Intervenção em Infraestruturas

A1 – CASO DE ESTUDO DO SAA-AROUCA

DADOS FORNECIDOS PELA ENTIDADE GESTORA

ÁGUAS DO DOURO E PAIVA
Grupo Águas de Portugal

Relatório de leituras mensais

Sistema de Gestão Integrada

Localização		Mês	Municípios	Leitura Anterior	Leitura Actual	Dias de Medição
Sector	Código Sec.	Abril-18	Arouca	29-03-2018	27-04-2018	29
Lever - Sul	63					

Município	Nº	Código	Designação	Sentido de Entrega	Leitura Anterior	Leitura Actual	Consumo	Média diária
Arouca	045	6393PE045	Abelheira	AdN - Arouca	3.914.653	3.930.813	16.160	557
	054	6394PE054	Provizende	AdN - Arouca	1.718.623	1.727.936	9.313	321
	055	6373PE055	Souto Redondo (Arouca)	AdN - Arouca	490.558	500.445	9.887	341
	056	6373PE056	Ameixieira	AdN - Arouca	769.696	774.703	5.007	173
	057	6373PE057	Forcada	AdN - Arouca	1.598.682	1.610.092	11.410	393
	058	6373PE058	Moldes	AdN - Arouca	270.149	297.969	27.820	959

Municípios	Consumo	Água não facturada	(%)	Média diária	Observações
Arouca	79.597	0	0,00	2.745	

Fórmulas de cálculo	
Arouca	PE045+PE054+PE055+PE056+PE057+PE058

Fig. A1.1 – Faturação Águas do Douro e Paiva (Abril de 2018) – Pontos de entrega do SAA-Arouca

Sistemas de Abastecimento de Água - Caudal fornecido

		2017 Jan	2017 Fev	2017 Mar	2017 Abr	2017 Mai	2017 Jun	2017 Jul	2017 Ago	2017 Set	2017 Out	2017 Nov	2017 Dez
Arouca	PE 055 - Souto Redondo (Arouca)	21 304	17 700	18 457	19 461	18 112	18 054	21 582	22 010	17 599	19 128	17 689	14 225
Arouca	PE 056 - Ameixieira	5 722	5 234	5 011	4 791	4 415	4 597	4 579	5 982	4 305	4 893	4 210	3 887
Arouca	PE 057 - Forcada	15 153	13 427	14 468	15 598	14 607	14 887	15 753	20 740	19 221	16 314	12 525	12 110
Arouca	PE 058 - Moldes	37 764	31 308	29 238	36 914	38 891	44 222	51 145	55 638	46 675	42 816	35 976	40 713
Arouca	PE 045 - Abelheira	28 022	26 076	27 591	29 082	29 298	26 294	26 863	31 102	24 356	28 881	21 060	21 404
Arouca	PE 054 - Provizende	14 882	11 967	12 214	13 339	13 138	13 899	17 823	21 865	15 916	18 747	15 431	15 114

Fig. A1.2 – Volumes de Água Entrada no Sistema (AES) no SAA-Arouca – Dados Exploração

ABASTECIMENTO DE ÁGUA FATURADA_M³

Arouca_m³	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	Total
Real 2017	33 749	32 048	31 085	41 562	39 433	41 124	46 545	45 893	51 259	50 792	41 314	39 980	494 783
Faturado em 2017 relativo a 2016	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
OPT 2017	33 757	33 757	33 757	33 757	33 757	43 252	43 252	43 252	43 252	33 757	33 757	33 757	443 064
Real acum_dez 2016													493 712

Fig. A1.3 – Volumes de Água Faturada (AF) no SAA-Arouca – Dados Exploração

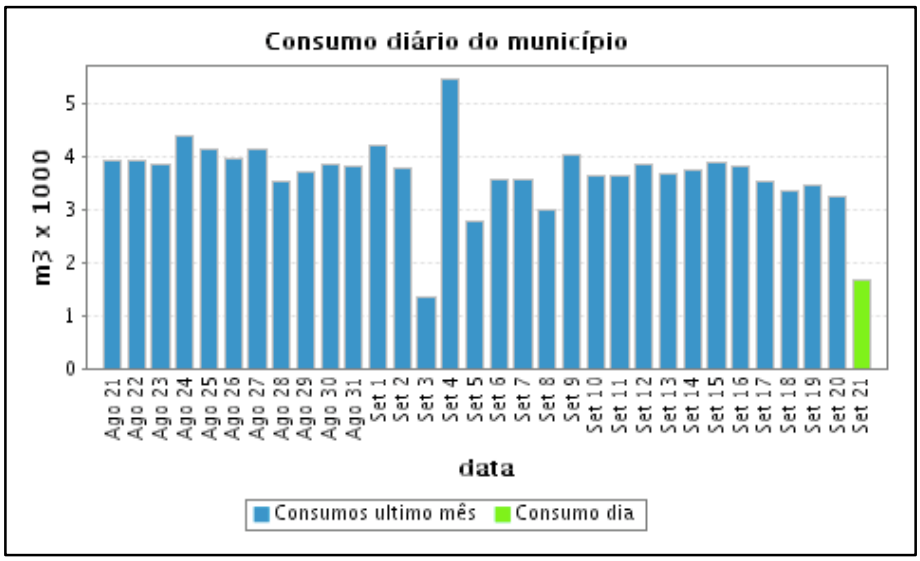


Fig. A1.4 – Monitorização de Volumes – Plataforma AdDP (Gráfico Medição Pontos de Entrega)

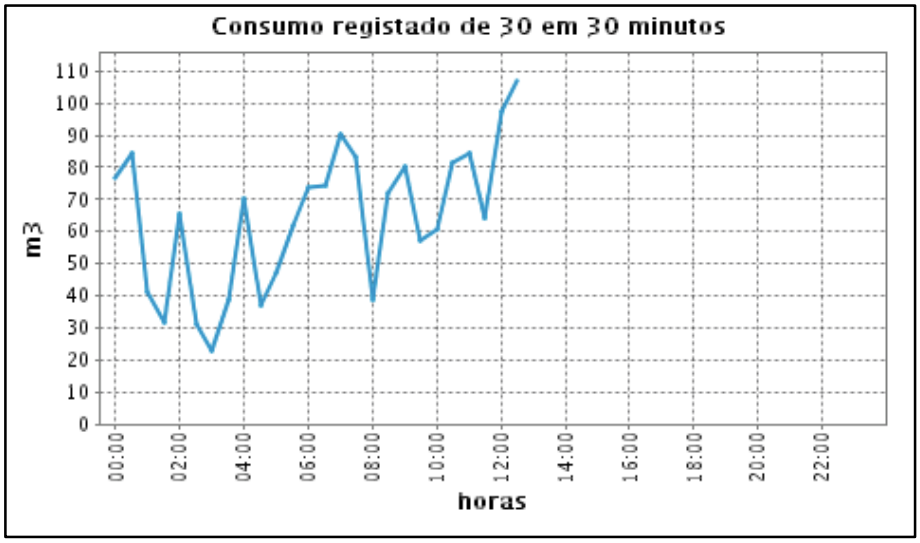


Fig. A1.5 – Monitorização de Consumos – Plataforma AdDP (Gráfico Medição Pontos de Entrega)

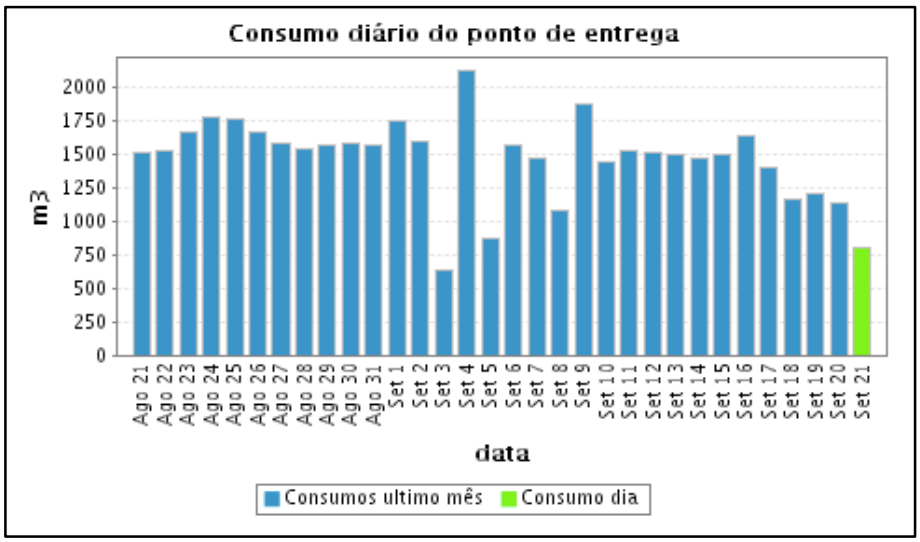


Fig. A1.6 – Monitorização de Volumes – Plataforma AdDP (Gráfico Medição Ponto de Entrega de Moldes)

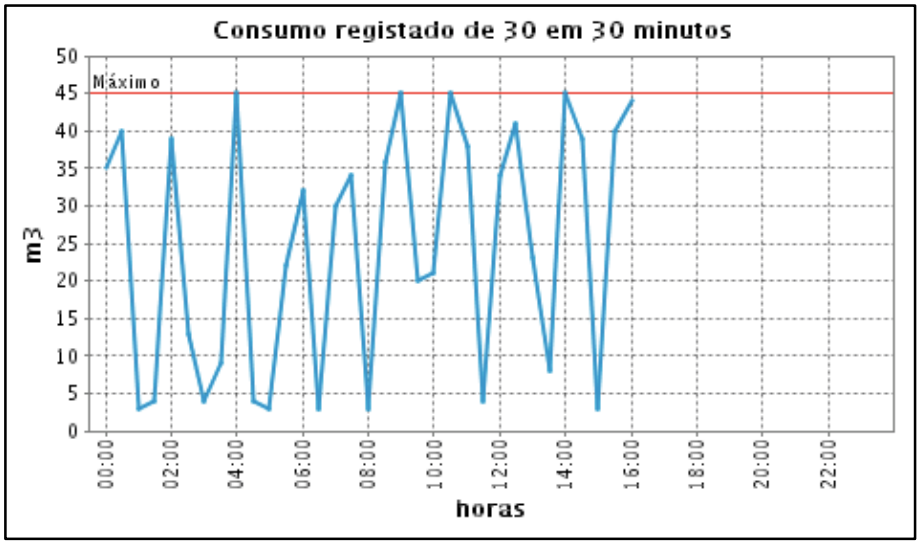


Fig. A1.7 – Monitorização de Consumos – Plataforma AdDP (Gráfico Medição Ponto de Entrega de Moldes)

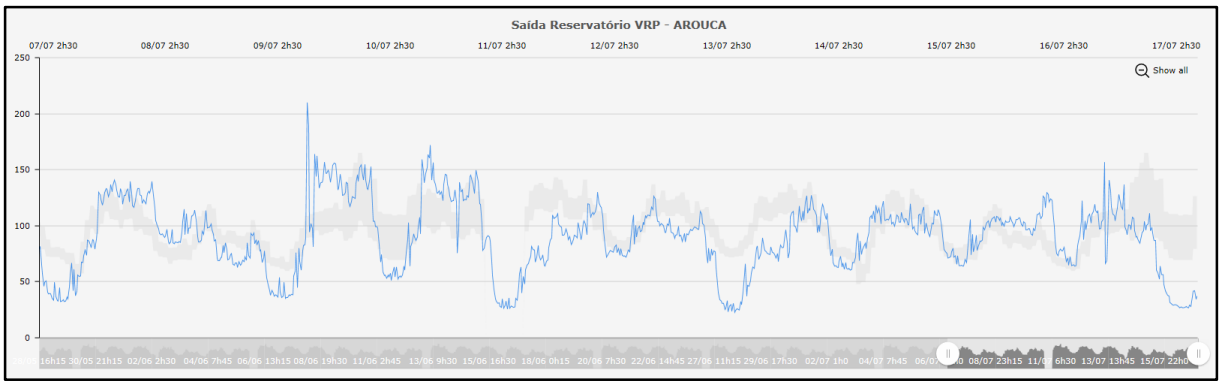


Fig. A1.8 – Monitorização de Consumos – Plataforma BiWater (Gráfico Medidor Portátil VRP CM-Arouca)

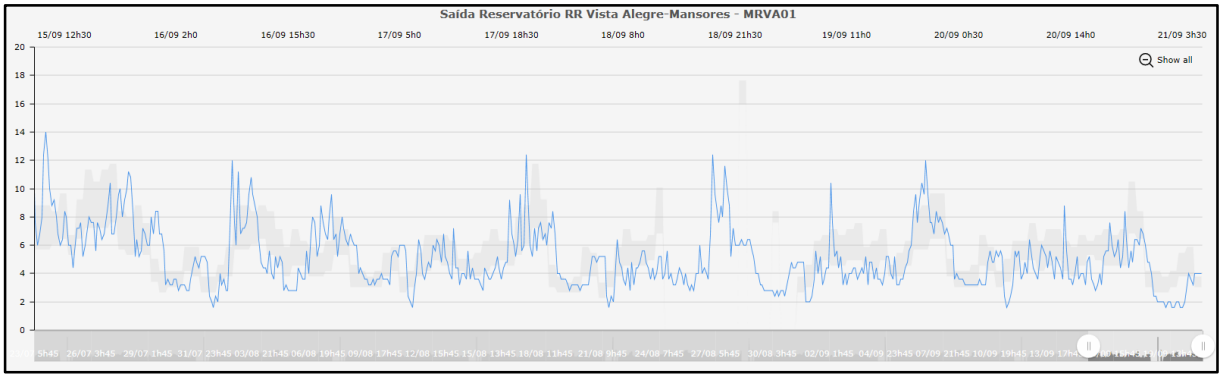


Fig. A1.9 – Monitorização de Consumos – Plataforma BiWater (Gráfico Medidor Reservatório de Vista Alegre)

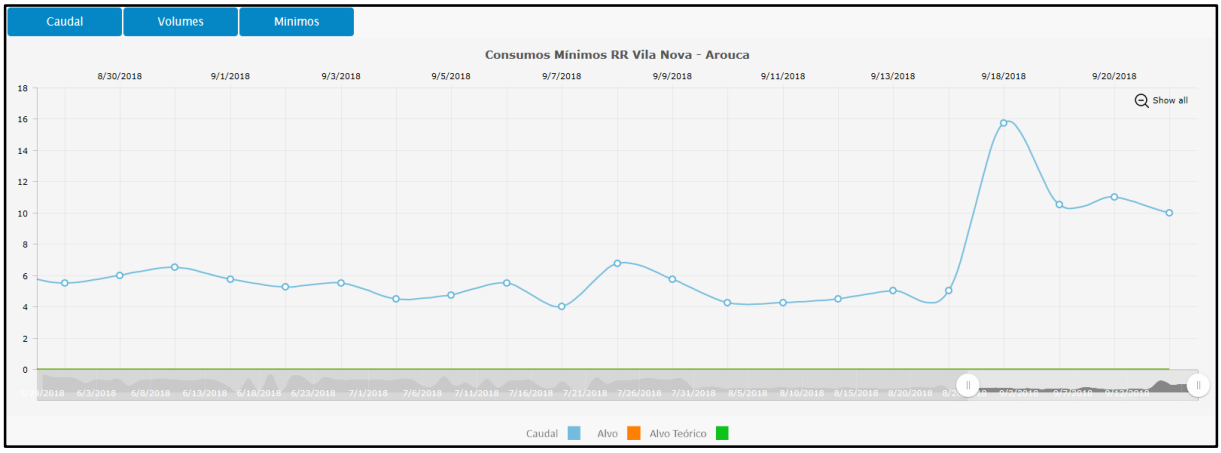


Fig. A1.10 – Monitorização de Consumos Mínimos – Plataforma BiWater (Gráfico Medidor Portátil Reservatório de Vila Nova)

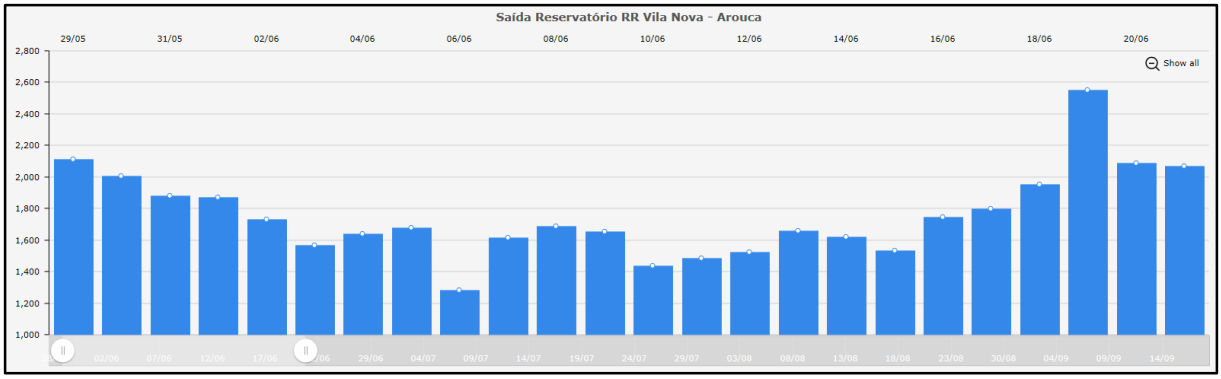


Fig. A1.11 – Monitorização de Volumes – Plataforma BiWater (Gráfico Medidor Portátil Reservatório de Vila Nova)



Fig. A1.12 – ZMC CM-Arouca – Representação de condutas e clientes (QGIS)

Ramal/Conduta	Data OS	Nº OS	Rua	Freguesia	Material	Situaçao do serviço	Data de execuçao	Tempo de resposta	Empresa responsavel
CONDUTA	02/01/17	52723	Lugar de Fundão	Tropeço	2 Uniões de 40	Executado	02/01/17	00:50:00	ADN
CONDUTA	02/01/17	52746	Lugar de Passo	Rossas	2m Tubo 25,	Executado	02/01/17	01:50:00	ADN
CONTADOR	02/01/17	52787	Lugar de Paços	Moldes	1 Joelho de 25	Executado	02/01/17	02:45:00	ADN
CONDUTA	06/01/17	53439	Rua Coto da Lomba	Chave	1 União de 40	Executado	06/01/17	00:25:00	ADN
CONDUTA	09/01/17	54395	Zona Industrial Lameiras	Mansores	1 União de A/R 50	EXECUTADO	09/01/17		ADN
CONDUTA	10/01/17	53764	CANELAS CIMA	AROUCA		EXECUTADO	10/01/17		
VALVULA	11/01/17	54400	Lugar dos Chãos	Arouca	1 Valvula Corte, 1/2"	Executado	11/01/17	01:20.20	ADN
BOCA INCENDIO A VERTER	13/01/17	54322	Lugar de Lourosa	Urrô		Executado	13/01/17	01:00:00	CLAF
RAMAL	13/01/17	54323	Lugar de Vila Galega	Alvarenga		Executado	13/01/17	02:30:00	CLAF
CONDUTA	16/01/17	55976	Lugar de Carvalhais	Alvarenga		Executado	16/01/17	01:00:00	CLAF
CONDUTA	16/01/17	55980	Canelas de Baixo	Canelas		Executado	16/01/17	01:30:00	CLAF
CONTADOR	18/01/17	54599	Travessa Foral Cabeçais	Fermedo	2 Vedantes	Executado	18/01/17	05:33:37	ADN
RAMAL	18/01/17	54780	Lugar de Paço	Rossas		Executado	18/01/17	01:20:00	ADN
Ramal	18/01/17	54815	Lugar Vila Coval EN-224	Rossas		Executado	18/01/17	00:40:00	ADN

Fig. A1.13 – Registo de Ocorrências – Dados Exploração

ÁGUAS DO NORTE Grupo Águas de Portugal			MAPA EXECUÇÃO ROTURAS AA E AR								
						COORDENADAS					
Intervenção	**Infraestrutura**	**OS N.º**	**Morada**	**FREGUESIA**	**CONCELHO**	**LAT.**	**LONG.**	**ÁREA ESCAVAÇÃO**	**DATA EXECUÇÃO**	**ÁREA PAVIMENTAÇÃO**	**TIPO PAVIMENTO**
Rotura	AA	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	Betuminoso
Ramal	AA	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	Calçada
Falta de Água	AA	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	Cubos
Obstução	AR	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	Terra batida
Ramal	AR	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	Valeta
Outro (descrição)	AA	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	Terra batida
Outro (descrição)	AR	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	Muro
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fig. A1.14 – Registo de Ocorrências – Ficheiro de Registo de Ocorrências (Prestador Externo)

Tificaçao	Data OS	Nº OS	Rua	Freguesia	Latitude	Longitude	Material	Maquina (Horas)	Area pavimentaçao (m^2)	Tipo de pavimento	Falha abastecimento
Rotura	07/11/16	48830	Lugar de Sequeiros	Rossas							
Rotura	07/11/16	48848	Lugar Ponte Telhe	Moldes							
Rotura	07/11/16	48870	Lugar de Aldeia	Tropeço							
Rotura	07/11/16	48885	Urb. Vista Alegre	Mansores							
Rotura	08/11/16		Lugar de Tojal	Chave			1 União de 25				
Rotura	08/11/16		Cabreiros	Arouca			2 Uniões de 40				
Rotura	09/11/16	49063	Lugar de Chãos	Sta Eulália							
Rotura	10/11/16	49124	Burgo	Burgo			1 Taco 3/4				
Rotura	10/11/16	49140	Estrada Nacional 224-1 Far	Chave							
Rotura	10/11/16	49219	Rua Costa	Rossas							
Rotura	10/11/16	49231	Lugar de São João	Tropeço							
Rotura	11/11/16	49282	Rua Polidesportivo	Mansores							
Rotura	14/11/16	49363	Lugar do Pinheiro	Arouca							
Rotura	14/11/16	49411	Lugar Arieiro	Sta Eulália							
Rotura	17/11/16	49702	Lugar da Aldeia	Tropeço							
Rotura	18/11/16	49735	Rua Orvida	Fermedo							
Rotura	18/11/16	49736	Rua Orvida	Fermedo							
Rotura	21/11/16	49933	Lugar de São João	Tropeço							
Rotura	22/11/16	49968	Estrada Nacional 224-1 Far	Arouca							
Rotura	22/11/16	49991	Vinhais	Sta Eulália							

Fig. A1.15 – Registo de Ocorrências – Ficheiro de Registo de Ocorrências (Execução Interna)

Local	Modelo	Marca	Potência	Caudal	Hman (m)	LAT	LONG
EE Novais	SP 5A 44		4,0 kW		180	40° 56' 20" N	8° 16' 39" W
~~EE Casinha~~	~~SP 5A 44~~		~~4,0 kW~~		~~200~~	~~40° 55' 32" N~~	~~8° 16' 56" W~~
EE Furo da Paradinha - Alvarenga			2.2 kW		110	40 935 003	-8 172 222
EE Furo de Canelas (1)			2,2 kW		80	40 963 646	-8 210 413
~~EE Furo de Canelas (2 desativado)~~	~~SP 2A 28~~		~~1,5 kW~~		~~100~~		
EE Furo de Canelas (3)	SP 5A-44.		2,2 kW		90	40 964 529	-8 211 528
EE Furo de Canelas (4)	SP 2A 33		4,0 kW		180	40 965 988	-8 211 389
EE Furo de Gamarão	SP 2A 28		1,5 kW		100	40 953 995	-8 229 902
EE Furo de Vilarinho - Canelas	SP 2A 33		2.2 kW		150	40 952 676	-8 188 015
EE Furo de Melres - Espiunca	SP 2A 33 + SP 2A 28		1,5 kW		120	40 989 186	-8 219 577
EE Furo de Serabigões - Espiunca	SP 2A 33		2,2 kW		140	40 998 413	-8 232 693
EE Furo de Vila Cova - Espiunca	SP 2A 33		2.2 kW		130	40 980 736	-8 232 020
EE Furo de Vila Viçosa - Espiunca	LA C30 TM6	Lowara	3,0 kW	**3,0 m3/h**	150	41 004 891	-8 216 449
EE Furo de Telhe - Janarde	Lowara 4 GS 30	Lowara	3,0 kW		130	40 908 133	-8 174 335
EE Furo de Vilar de Servos	SP 2A 28		1,5 kW		100	40 937 533	-8 152 536
EE Vila Galega - Alvarenga			1,1 kW		60	40 972 897	-8 137 671
EE Furo de Bustelo - Alvarenga							
~~EE Furo Ferreiros 1~~							
EE Furo Ferreiros 2							
~~EE Furo Jugueiros~~							
~~EE Furo Bunker (CM-Arouca)~~							

Fig. A1.16 – Caraterísticas EE – Dados Exploração

NÍVEL 3 (NOVO) SUBSISTEMA (ZA)	Nível 5 (NOVO) Infraestrutura	Nível 5 (NOVO) Infraestrutura	Código localização 5º nível (SAP/AQUAMAN)	Fase do ciclo de vida
ARO-Vila Viçosa Espiunca	RR Vila Viçosa	RVV	2-AR-662-206-RVV	Em exploração
ARO-Sarabigões Espiunca	RR Sarabigões	RSA	2-AR-663-206-RSA	Em exploração
ARO-Melres Espiunca	RR Melres-Espiunca	RME	2-AR-664-206-RME	Em exploração
ARO-Vila Cova Espiunca	RR Vila Cova	RVC	2-AR-665-206-RVC	Em exploração
ARO-Espirito Santo Alvarenga	RR Espírito Santo	RES	2-AR-666-206-RES	Em exploração
ARO-Espirito Santo Alvarenga	RR Pade	RPA	2-AR-666-206-RPA	Em exploração
ARO-Espirito Santo Alvarenga	RR Várzeas	RVZ	2-AR-666-206-RVZ	Em exploração
ARO-Canelas	RR Canelas	RCA	2-AR-667-206-RCA	Em exploração
ARO-Vilarinho Canelas	RR Vilarinho	RVI	2-AR-668-206-RVI	Em exploração
ARO-Vilar de Servos Alvarenga	RR Vilar de Servos	RVS	2-AR-669-206-RVS	Em exploração
ARO-Paradinha Alvarenga	RR Paradinha	RPA	2-AR-670-206-RPA	Em exploração
ARO-Telhe	RR Telhe	RTL	2-AR-671-206-RTL	Em exploração
ARO-Covelo de Paivô	RR Covelo de Paivô	RCP	2-AR-672-206-RCP	Em exploração
ARO-Cando Cabreiros	RR Cando	RCD	2-AR-673-206-RCD	Em exploração
ARO-Regoufe	RR Regoufe	RRG	2-AR-674-206-RRG	Em exploração
ARO-Tebilhão	RR Tebilhão	RTB	2-AR-675-206-RTB	Em exploração
ARO-Cabreiros	RR Cabreiros	RCA	2-AR-676-206-RCA	Em exploração
ARO-AdNorte	RR Soutelo	RSO	2-AR-677-206-RSO	Fora de serviço
ARO-AdNorte	RR Barrol-Tropeço	RBA	2-AR-677-206-RBA	Em exploração
ARO-AdNorte	RR S.João-Tropeço	RSJ	2-AR-677-206-RSJ	Em exploração
ARO-AdNorte	RR Pinheiral	RPI	2-AR-677-206-RPI	Em exploração
ARO-AdNorte	RR Urrô	RUR	2-AR-677-206-RUR	Fora de serviço
ARO-AdNorte	RR Jugueiros-Várzea	RJV	2-AR-677-206-RJV	Fora de serviço
ARO-Fuste Moldes	RR Fuste	RFU	2-AR-681-206-RFU	Em exploração
ARO-Fuste Moldes	RR Friães	RFR	2-AR-681-206-RFR	Em exploração
ARO-Castanheira	RR Castanheira	RCT	2-AR-683-206-RCT	Em exploração

Fig. A1.17 – Caraterísticas Infraestruturas (Dados provisórios) – Dados Gestão de Ativos

A2 – CASO DE ESTUDO DO SAA-AROUCA

ELEMENTOS PRODUZIDOS NO ÂMBITO DA TESE

Tabela A2.1 – Monitorização e Manutenção de VRP – Registo sistemático

Subsistema	VRP	PJ - Fase 0 (mca)	PJ - Fase 1 (mca)	Data Verif. Anterior	Data Última Verificação	Manutenção	Redução de Pressão (mca)
Abelheira	VRP Vér - Cruzeiro (2x)	30,0	25,0	03/06/17	23/11/17	Sim	5
	VRP Vér - Vila Chã	20,0	15,0	03/06/17	12/01/18	Sim	5
	VRP Juntas 1	10,0	10,0	03/06/17	12/01/18	Não	0
	VRP Juntas 2	20,0	10,0	03/06/17	12/01/18	Não	10
	VRP Vila Chã	30,0	20,0	03/06/17	12/01/18	Não	10
	VRP Cruz das Eiras 2	20,0	15,0	03/06/17	15/01/18	Não	5
	VRP Cruz das Eiras 3	50,0	35,0	03/06/17	15/01/18	Não	15
	VRP Cela do Arda	10,0	10,0	03/06/17	15/01/18	Não	0
	VRP Carvalhal Redondo 2	15,0	15,0	03/06/17	15/01/18	Não	0
	VRP Belece 1	50,0	20,0	03/06/17	16/01/18	Não	30
	VRP Belece 2	20,0	20,0	-	16/01/18	Não	0
	VRP Belide	30,0	30,0	03/06/17	17/01/18	Não	0
	VRP Outeiro	30,0	30,0	03/06/17	17/01/18	Não	0
	VRP Coruto (2x)	30,0	20,0	03/06/17	23/11/17	Sim	10
	VRP Lar	60,0	60,0	03/06/17	23/11/17	Não	0
	VRP Poças 1	35,0	30,0	03/06/17	17/01/18	Não	5
	VRP Poças 2	30,0	30,0	03/06/17	17/01/18	Não	0
	VRP Abelheira 1 (2x)	35,0	30,0	03/06/17	16/01/18	Sim	5
	VRP Abelheira 2	15,0	15,0	03/06/17	17/01/18	Não	0
	VRP Rua Calvário (Mansores)	60,0	30,0	03/06/17	04/01/18	Sim	30
	VRP Eiras	10,0	10,0	-	15/01/18	Não	0
	VRP Cabeçais 2 (2x)	30,0	30,0	01/06/17	10/01/18	Sim	0

	VRP Parameira 1	40,0	40,0	03/06/17	30/11/17	Não	0
	VRP Parameira 2	40,0	20,0	03/06/17	30/11/17	Sim	20
	VRP Orvida 1	30,0	30,0	01/06/17	30/11/17	Não	0
	VRP Tanhel	70,0	25,0	01/06/17	11/01/18	Sim	45
	VRP Mascotes	10,0	10,0	01/06/17	12/01/18	Não	0
	VRP Rotunda Fermedo	30,0	20,0	01/06/17	10/01/18	Não	10
	VRP Vila Mansores 1 (2x)	25,0	25,0	03/06/17	30/11/17	Sim	0
	VRP Vila Mansores 2 (2x)	30,0	20,0	03/06/17	30/11/17	Sim	10
	VRP Vila Mansores 3	50,0	50,0	03/06/17	30/11/17	Não	0
	VRP Ribeira Mansores (2x)	80,0	25,0	03/06/17	30/11/17	Sim	55
	VRP Soutelo	40,0	30,0	-	30/11/17	Não	10
Provizende	VRP Provizende (2x)	35,0	35,0	07/06/17	Não vista.		0
	VRP Quintela 1	20,0	15,0	07/06/17	18/12/17	Não	5
	VRP Quintela 2 (2x)	50,0	50,0	07/06/17	Não vista.		0
	VRP Chão d´Ave (2x)	40,0	30,0	07/06/17	18/12/17	Não	10
	VRP Bouça (2x)	40,0	15,0	07/06/17	16/11/17	Sim	25
	VRP Sequeiros 1	25,0	20,0	07/06/17	18/12/17	Não	5
	VRP Sequeiros 2 (2x)	15,0	15,0	07/06/17	16/11/17	Não	0
	VRP Farrapa	20,0	20,0	07/06/17	16/11/17	Não	0
	VRP Arieiro	30,0	10,0	07/06/17	18/12/17	Não	20
	VRP Viso	25,0	15,0	07/06/17	16/11/17	Não	10
	VRP Saril 1	30,0	15,0	07/06/17	21/11/17	Não	15
	VRP Saril 2	20,0	20,0	07/06/17	21/11/17		0
	VRP Tojal 1	30,0	25,0	07/06/17	18/12/17	Não	5
	VRP Tojal 2	35,0	30,0	07/06/17	18/12/17	Não	5

	VRP Tojal 3	35,0	30,0	02/08/17	18/12/17	Não	5
Souto Redondo	VRP Cemitério Rossas (2x)	55,0	55,0	27/06/17	26/10/17	Sim	0
	VRP Cavada	40,0	40,0	27/06/17	26/10/17		0
	VRP Pé da Cruz	30,0	20,0	21/06/17	27/11/17	Anulada	10
	VRP Outeiro Rossas	40,0	40,0	27/06/17	04/12/17	Não	0
	VRP Lourosa de Matos 1	35,0	35,0	21/06/17	26/10/17	Não	0
	VRP Lourosa de Matos 2	40,0	40,0	21/06/17	26/10/17	Sim	0
	VRP Lourosa de Matos 4	15,0	10,0	-	28/11/17	Anulada	5
	VRP CPC Lourosa de Matos	35,0	20,0	21/06/17	26/10/17	Sim	15
	VRP Casa Zé António	5,0	5,0	21/06/17	27/11/17	Substituida	0
	VRP Cabo	30,0	30,0	25/08/17	27/11/17	Não	0
	VRP Lameira	60,0	60,0	-	04/12/17	Não	0
	VRP Souto Redondo (2x)	20,0	20,0	18/06/17	26/10/17	Sim	0
	VRP Portelada 1 (2x)	20,0	20,0	18/06/17	26/10/17	Sim	0
	VRP Portelada 2 (2x)	20,0	20,0	-	26/10/17	Sim	0
	VRP RES Cavada	25,0	25,0	27/06/17	27/11/17		0
	VRP Malafaia 1	40,0	40,0	27/06/17	Não foi vista.	Não	0
	VRP Malafaia 2	20,0	20,0	27/06/17	28/11/17		0
	VRP Malafaia 3	50,0	45,0	27/06/17	28/11/17	Sim	5
	VRP Várzea	40,0	40,0	27/06/17	Não foi vista.		0
	VRP Bacelo	50,0	50,0	22/06/17	28/11/17	Não	0
	VRP Souto de Rei	20,0	15,0	27/06/17	28/11/17	Não	5
	VRP Laceiras	25,0	25,0	22/06/17	Não foi vista.		0
	VRP Cimo da Vila 1	30,0	20,0	27/06/17	29/11/17	Não	10
	VRP Cimo da Vila 2	40,0	40,0	27/06/17	29/11/17	Não	0

	VRP Bacelo 1	35,0	25,0	-	04/11/17	Não	10
	VRP Bacelo 2	25,0	25,0	02/07/17	28/11/17	Não	0
	VRP S. Lourenço	20,0	20,0	27/06/17	28/11/17		0
	VRP Ferreiros 1	30,0	30,0	21/06/17	29/11/17	Sim	0
	VRP Ferreiros 2	25,0	5,0	21/06/17	29/11/17	Substituida	20
	VRP Igreja S.M.Urrô	20,0	20,0	27/06/17	28/11/17	Não	0
	VRP Igreja Várzea (2x)	40,0	40,0	27/06/17	26/10/17	Sim	0
	VRP Pousadouro	40,0	40,0	12/07/17	26/10/17	Não	0
	VRP Pena	30,0	30,0	12/07/17	29/11/17	Não	0
	VRP Lamas	30,0	25,0	12/07/17	29/11/17	Não	5
	VRP Santa Bárbara	25,0	25,0	12/07/17	28/11/17	Não	0
	VRP Amieiro	10,0	10,0	12/07/17	04/12/17	Não	0
	VRP Café Brasil	60,0	30,0	12/07/17	28/11/17	Sim	30
	VRP Barrol 1	45,0	30,0	12/07/17	28/11/17	Não	15
	VRP Barrol 2	30,0	30,0	21/06/17	28/11/17	Não	0
	VRP S. João 1	50,0	50,0	27/06/17	28/11/17	Substituida	0
	VRP S. João 2	50,0	50,0	21/06/17	Não foi vista.		0
	VRP Bala	35,0	20,0	21/06/17	28/11/17	Não	15
	VRP Trigal 1	30,0	30,0	21/06/17	28/11/17	Não	0
	VRP Trigal 2	25,0	25,0	21/06/17	28/11/17	Não	0
	VRP Cumeeira 1	25,0	25,0	21/06/17	28/11/17	Não	0
	VRP Cumeeira 2	50,0	15,0	-	04/12/17	Não	35
	VRP Sra. Rosário	30,0	15,0	21/06/17	28/11/17	Não	15
Ameixieira	VRP Vinhas	45,0	45,0	10/06/17	13/12/17	Anulada	0
	VRP Amilo	40,0	25,0	10/06/17	13/12/17	Não	15

	VRP Minhãos 2 (2x)	45,0	20,0	20/06/17	13/12/17	Não	25
	VRP S. Maria Monte 1	25,0	25,0	10/06/17	12/12/17	Não	0
	VRP S. Maria Monte 3 (Presa)	55,0	45,0	10/06/17	12/12/17	Não	10
	VRP S. Maria Monte 4	25,0	25,0	10/06/17	12/12/17	Não	0
	VRP Sá	30,0	30,0	10/06/17	12/12/17	Não	0
	VRP Felgueira	15,0	15,0	10/06/17	12/12/17	Não	0
	VRP Barreiros 1	10,0	10,0	10/06/17	12/12/17	Não	0
	VRP Barreiros 2	30,0	30,0	10/06/17	13/12/17	Não	0
	VRP Barreiros 3	25,0	25,0	11/08/17	13/12/17	Não	0
	VRP Capela S.M.Monte	25,0	25,0	10/06/17	12/12/17	Não	0
	VRP Portela	30,0	30,0	10/06/17	12/12/17	Não	0
	VRP Nogueiró	50,0	20,0	-	13/12/17	Não	30
Forcada	VRP S. Aleixo 1	30,0	25,0	10/06/17	05/12/17	Não	5
	VRP Forcada 1 (2x)	50,0	50,0	10/06/17	05/12/17		0
	VRP Forcada 3	50,0	30,0	10/06/17	26/10/17	Não	20
	VRP Penso	35,0	30,0	10/06/17	26/10/17	Não	5
	VRP São Domingos	20,0	20,0	10/06/17	05/12/17	Não	0
	VRP Soto 1 (Salvador)	30,0	25,0	-	05/12/17	Não	5
	VRP Sardoal (2x)	50,0	25,0	-	05/12/17	Não	25
	VRP Carrola	40,0	40,0	10/06/17	04/12/17	Substituida	0
	VRP Milhaço	30,0	30,0	10/06/17	05/12/17	Não	0
	VRP Lourosa de Campos	30,0	20,0	10/06/17	04/12/17	Sim	10
	VRP Soto 2	60,0	60,0	10/06/17	05/12/17	Não	0
	VRP Melarês	40,0	40,0	10/06/17	05/12/17	Não	0
	VRP Eiras	35,0	35,0	10/06/17	04/12/17	Não	0

	VRP Ponte das Eiras	30,0	30,0	-	05/12/17	Sim	0
	VRP S. Aleixo 2	25,0	25,0		28/05/2018	Sim	0
	VRP Gamarões	30,0	30,0		28/05/2018	Não	0
SAA-206-Arouca	VRP S. Pedro - Arouca	30,0	30,0	22/06/17	24/10/17	Não	0
	VRP CM-Arouca (2x)	30,0	20,0	-	18/10/17	Não	10
	VRP Pinheiro 1	40,0	30,0	21/06/17	24/10/17	Não	10
	VRP Pinheiro 2	15,0	15,0	14/07/17	24/10/17	Não	0
	VRP Granja	85,0	55,0	21/06/17	24/10/17	Substituida	30
	VRP Outeiro I (2x)	38,0	18,0	22/06/17	12/10/17	Sim	20
	VRP Outeiro II (2x)	20,0	20,0	22/06/17	12/10/17	Sim	0
	VRP Outeiro III (2x)	15,0	15,0	22/06/17	12/10/17	Sim	0
	VRP Estrada Ponte Telhe 1	30,0	20,0	22/06/17	12/10/17	Não	10
	VRP Estrada Ponte Telhe 2 (2x)	50,0	25,0	22/06/17	12/10/17	Sim	25
	VRP Estrada Ponte Telhe 3	40,0	40,0	22/06/17	12/10/17	Não	0
	VRP Estrada Ponte Telhe 4	30,0	10,0	22/06/17	12/10/17	Não	20
	VRP Ponte Telhe	35,0	25,0	22/06/17	17/10/17	Sim	10
	VRP Cela	25,0	25,0	22/06/17	17/10/17	Não	0
	VRP Celadinha	90,0	70,0	22/06/17	17/10/17	Não	20
	VRP Fontanário Bouceguedim	30,0	30,0	-	17/10/17	Não	0
	VRP Costeiras	50,0	50,0	22/06/17	24/10/17	Não	0
	VRP Valdasna 1	10,0	5,0	22/06/17	24/10/17	Não	5
	VRP Valdasna 2	25,0	25,0	21/06/17	24/10/17	Sim	0
	VRP Eng. Próspero dos Santos	20,0	20,0	21/06/17	24/10/17	Substituida	0
	VRP Boco 1	45,0	45,0	21/06/17	12/10/17	Não	0

	VRP Boco 2	50,0	50,0	21/06/17	12/10/17	Sim	0
	VRP Cancelo 1	20,0	20,0	-	12/10/17	Não	0
	VRP Bonjardim	10,0	10,0	-	24/10/17	Não	0

Subsistema	Reservatório	Válvula Redutora de Pressão (VRP)	Freguesia	Latitude	Longitude
Abelheira	RES Abelheira	VRP Vér - Cruzeiro (2x)	Escariz	40.946430	8.398157
		VRP Vér - Vila Chã	Escariz	40.951347	8.392343
		VRP Juntas 1	Escariz	40.951893	8.383448
		VRP Juntas 2	Escariz	40.951614	8.369146
		VRP Vila Chã	Escariz	40.954597	8.383684
		VRP Cruz das Eiras 1	Fermedo	40.972679	8.365960
		VRP Cruz das Eiras 2	Fermedo	40.975506	8.357581
		VRP Cruz das Eiras 3	Fermedo	40.974119	8.359139
		VRP Cela do Arda	Fermedo	40.983437	8.348347
		VRP Carvalhal Redondo 2	Fermedo	40.972113	8.355838
		VRP Belece 1	Fermedo	40.966457	8.400990
		VRP Belece 2	Fermedo	40.970253	8.402320
		VRP Mosteirô 1	Fermedo	40.960894	8.395347
		VRP Mosteirô 2	Fermedo	40.960674	8.395496
		VRP Borralhoso	Fermedo	40.969894	8.379178
		VRP Belide	Escariz	40.942783	8.403854
		VRP Outeiro	Escariz	40.939548	8.416278
		VRP Coruto (2x)	Escariz	40.944273	8.410073
		VRP Lar	Escariz	40.944515	8.408467
		VRP Escariz	Escariz	40.944218	8.410184
		VRP Poças 1	Escariz	40.941022	8.414207
		VRP Poças 2	Escariz	40.940952	8.414132
		VRP Abelheira 1 (2x)	Escariz	40.938705	8.400646
		VRP Abelheira 2	Escariz	40.937046	8.398989
		VRP Rua Calvário (Mansores)	Mansores	40.936031	8.375992
		VRP Eiras	São Miguel Mato	40.975612	8.363932
	RES Cimo da Inha	VRP Cabeçais 2 (2x)	Fermedo	40.949805	8.425275
		VRP Parameira 1	Fermedo	40.959427	8.415613
		VRP Parameira 2	Fermedo	40.959160	8.406574
		VRP Orvida 1	Fermedo	40.961315	8.421692
		VRP Orvida 2	Fermedo	40.965187	8.418306
		VRP Tanhel	Fermedo	40.958893	8.428402
		VRP Mascotes	Fermedo	40.949791	8.426246
		VRP Rotunda Fermedo	Fermedo	40.949786	8.417172
	RES Vista Alegre	VRP Vila Mansores 1 (2x)	Mansores	40.931362	8.369823
		VRP Vila Mansores 2 (2x)	Mansores	40.932415	8.371635
		VRP Vila Mansores 3	Mansores	40.932415	8.371635
		VRP Ribeira Mansores (2x)	Mansores	40.927181	8.371958
		VRP Soutelo	Chave	40.915717	8.361432

Fig. A2.1 – Levantamento cadastral de VRP – Subsistema, reservatório, designação e localização (Subsistema da Abelheira)

Subsistema	Reservatório	Válvula Redutora de Pressão (VRP)	Freguesia	Latitude	Longitude
Provisende	RES Provizende	VRP Provizende (2x)	Rossas	40.894064	8.317615
		VRP Quintela 1	Chave	40.890789	8.328838
		VRP Quintela 2 (2x)	Chave	40.889515	8.338944
		VRP Chão d´Ave (2x)	Chave	40.889614	8.344492
		VRP Bouça (2x)	Chave (EN 224)	40.891903	8.337909
		VRP Sequeiros 1	Rossas	40.908155	8.327256
		VRP Sequeiros 2 (2x)	Rossas	40.906544	8.327495
		VRP Farrapa	Chave (EN 224)	40.894001	8.352119
		VRP Arieiro	Chave	40.898212	8.340961
		VRP Viso	Escariz	40.934864	8.408092
		VRP Saril 1	Rossas	40.902995	8.321664
		VRP Saril 2	Rossas	40.900028	8.317884
		VRP Tojal 1	Chave	40.896962	8.351208
		VRP Tojal 2	Chave	40.897713	8.349520
		VRP Tojal 3	Chave	40.898010	8.350087

Fig. A2.2 – Levantamento cadastral de VRP – Subsistema, reservatório, designação e localização (Provisende)

Subsistema	Reservatório	Válvula Redutora de Pressão (VRP)	Freguesia	Latitude	Longitude
Souto Redondo	RES Souto Redondo	VRP Cemitério Rossas (2x)	Rossas	40.905712	8.303488
		VRP Cavada	Rossas	40.907204	8.292875
		VRP Pé da Cruz	Rossas	40.915791	8.305139
		VRP Outeiro Rossas	Rossas	40.913030	8.311040
		VRP Lourosa de Matos 1	Urrô	40.904812	8.288788
		VRP Lourosa de Matos 2	Urrô	40.905056	8.288659
		VRP Lourosa de Matos 3 (2x)	Urrô	40.900311	8.287092
		VRP Lourosa de Matos 4	Urrô	40.907939	8.288387
		VRP CPC Lourosa de Matos	Urrô	40.904807	8.294471
		VRP Casa Zé António	Rossas	40.912974	8.317041
		VRP Cabo	Rossas	40.915185	8.307164
		VRP Lameira	Urrô	40.929218	8.288340
		VRP Souto Redondo (2x)	Urrô	40.895275	8.295450
		VRP Portelada 1 (2x)	Urrô	40.900253	8.287114
		VRP Portelada 2 (2x)	Urrô	40907940	8.288112
	RES Barrol	VRP S. João 2	Tropeço	40.56897	8.1933292
	RES S. João	VRP Bala	Tropeço	40.56437	8.201453
	RES Sanfins	VRP Trigal 1	Rossas	40.922086	8.318277
		VRP Trigal 2	Rossas	40.920466	8.1316655
		VRP Cumeeira 1	Várzea	40.920937	8.310256
		VRP Cumeeira 2	Várzea	40.921018	8.311027
		VRP Sra. Rosário	Rossas	40.918136	8.321118
	RES Cavada	VRP RES Cavada	Rossas	40.908257	8.298692

Fig. A2.3 – Levantamento cadastral de VRP – Subsistema, reservatório, designação e localização (S. Redondo – Parte 1)

Subsistema	Reservatório	Válvula Redutora de Pressão (VRP)	Freguesia	Latitude	Longitude
Souto Redondo	RES Pousadouro	VRP Malafaia 1	Várzea	40.929840	8.302037
		VRP Malafaia 2	Várzea (Laceiras)	40.930202	8.300858
		VRP Malafaia 3	Várzea	40.927868	8.302660
		VRP Várzea	Várzea	40.924820	8.303314
		VRP Bacelo	Várzea	40.927803	8.300192
		VRP Souto de Rei	Várzea	40.930748	8.299548
		VRP Laceiras	Várzea	40.554872	8.18254
		VRP Cimo da Vila 1	Tropeço	40.56455	8.181976
		VRP Cimo da Vila 2	Tropeço	40,934458	8.305680
		VRP Bacelo 1	Tropeço	40.936315	8.312640
		VRP Bacelo 2	Tropeço	40.936300	8.311187
		VRP S. Lourenço	Urrô	40.555048	8.175818
		VRP Ferreiros 1	Tropeço	40.936222	8.307988
		VRP Ferreiros 2	Tropeço	40.938323	8.308111
		VRP Igreja S.M.Urrô	Urrô	40.926990	8.294014
		VRP Igreja Várzea (2x)	Várzea	40.924944	8.303769
		VRP Pousadouro	Tropeço	40.930244	8.305803
		VRP Pena	Tropeço	40.943880	8.305600
		VRP Lamas	Tropeço	40.941238	8.307725
		VRP Santa Bárbara	Tropeço	40.936518	8.315103
		VRP Amieiro	Tropeço	40.932375	8.306472
		VRP Café Brasil	Tropeço	40.937250	8.309103
		VRP Barrol 1	Tropeço	40.953403	8.314668
		VRP Barrol 2	Tropeço	40.935820	8.317258
		VRP S. João 1	Tropeço	40.935743	8.325715

Fig. A2.4 – Levantamento cadastral de VRP – Subsistema, reservatório, designação e localização (Subsistema de Souto Redondo – Parte 2)

Subsistema	Reservatório	Válvula Redutora de Pressão (VRP)	Freguesia	Latitude	Longitude
Ameixieira	RES S.Maria Monte	VRP S. Maria Monte 1	Santa Eulália	40.906354	8.274280
		VRP S. Maria Monte 2	Santa Eulália	40.908132	8.274457
		VRP S. Maria Monte 3 (Presa)	Santa Eulália	40.908458	8.270032
		VRP S. Maria Monte 4	Santa Eulália	40.908019	8.276124
		VRP Sá	Santa Eulália	40.920678	8.274422
		VRP Felgueira	Santa Eulália	40.913610	8.277392
		VRP Barreiros 1	Santa Eulália	40.921943	8.272991
		VRP Barreiros 2	Santa Eulália	40.923949	8.273908
		VRP Barreiros 3	Santa Eulália	40.922083	8.272197
		VRP Capela S.M.Monte	Santa Eulália	40.910869	8.276927
		VRP Portela	Santa Eulália	40.908561	8.278583
	RES Nogueiró-Fráguas	VRP Nogueiró	Urrô	40.916323	8.287765

Fig. A2.5 – Levantamento de VRP – Subsistema, reservatório, designação e localização (Subsistema da Ameixieira)

Subsistema	Reservatório	Válvula Redutora de Pressão (VRP)	Freguesia	Latitude	Longitude
Forcada	RES Forcada	VRP S. Aleixo	UF Arouca-Burgo	40.919350	8.258404
		VRP Forcada 1 (2x)	UF Arouca-Burgo	40.902451	8.265538
		VRP Forcada 2	UF Arouca-Burgo	40.902451	8.265538
		VRP Forcada 3	UF Arouca-Burgo	40.906481	8.259722
		VRP Penso	UF Arouca-Burgo	40.918094	8.242413
		VRP São Domingos	UF Arouca-Burgo	40.921730	8.246123
		VRP Soto 1 (Salvador)	UF Arouca-Burgo	40.922015	8.259300
		VRP Sardoal (2x)	UF Arouca-Burgo	40.923337	8.256198
	RES Porto Escuro	VRP Carrola	UF Arouca-Burgo	40.919807	8264392
		VRP Milhaço	UF Arouca-Burgo	40.921577	8.265087
		VRP Lourosa de Campos	UF Arouca-Burgo	40.915942	8.265375
		VRP Soto 2	UF Arouca-Burgo	40.920405	8.260209
		VRP Melarês	UF Arouca-Burgo	40.921314	8.265593
		VRP Eiras	UF Arouca-Burgo	40.923491	8.261191
		VRP Ponte das Eiras	UF Arouca-Burgo	40.924645	8.262068

Fig. A2.6 – Levantamento cadastral de VRP – Subsistema, reservatório, designação e localização (Subsistema da Forcada)

Subsistema	Reservatório	Válvula Redutora de Pressão (VRP)	Freguesia	Latitude	Longitude
Moldes	RES S.Pedro	VRP S. Pedro - Arouca	UF Arouca-Burgo	40.929386	8.236119
		VRP CM-Arouca (2x)	UF Arouca-Burgo	40.928733	8.243506
	RES Pernouzela	VRP Pinheiro 1	UF Arouca-Burgo	40.935497	8.247771
		VRP Pinheiro 2	UF Arouca-Burgo	40.936852	8.249122
		VRP Granja	UF Arouca-Burgo	40.934052	8.243211
	RES Portela-Moldes	VRP Outeiro I (2x)	Moldes	40.920034	8.231247
		VRP Outeiro II (2x)	Moldes	40.917324	8.232772
		VRP Outeiro III (2x)	Moldes	40.915619	8.232118
		VRP Bairro	Moldes	40.920242	8.222601
		VRP Estrada Ponte Telhe 1	Moldes	40.924343	8.223311
		VRP Estrada Ponte Telhe 2 (2x)	Moldes	40.919953	8.212906
		VRP Estrada Ponte Telhe 3	Moldes	40.924084	8.209985
		VRP Estrada Ponte Telhe 4	Moldes	40.924774	8.207948
		VRP Ponte Telhe	Moldes	40.911408	8.186736
		VRP Cela	Moldes	40.919172	8.197966
		VRP Celadinha	Moldes	40.910050	8.188741
		VRP Fontanário Bouceguedim	Moldes	40.898804	8.190082
		VRP Costeiras	UF Arouca-Burgo	40.926182	8.240231
		VRP Valdasna 1	UF Arouca-Burgo	40.924522	8.235862
		VRP Valdasna 2	UF Arouca-Burgo	40.929529	8.233595
		VRP Eng. Próspero dos Santos	UF Arouca-Burgo	40.931405	8.235706
		VRP Boco 1	UF Arouca-Burgo	40.931123	8.234917
		VRP Boco 2	UF Arouca-Burgo	40.933422	8.237445
		VRP Cancelo 1	UF Arouca-Burgo	40.934387	8.251129
	RES Vila Nova (Poços)	VRP Bonjardim	Santa Eulália	40.935017	8.273649
		VRP Amilo	Santa Eulália	40.934719	8.280387
	RES Chãos	VRP Minhãos 1	Santa Eulália	40.931225	8.285386
		VRP Minhãos 2 (2x)	Santa Eulália	40.935444	8.282292
		VRP Ronde	Santa Eulália	40.932408	8.278510

Fig. A2.7 – Levantamento cadastral de VRP – Subsistema, reservatório, designação e localização (Subsistema de Moldes)

Subsistema	Reservatório	Válvula Redutora de Pressão (VRP)	Freguesia	Latitude	Longitude
Alvarenga	RES Espírito Santo	VRP Carreiros 1	Alvarenga	40.968713	8.143157
		VRP Carreiros 2	Alvarenga	40.971796	8.139873
		VRP Quintã-Picota	Alvarenga	40.961849	8.157735
		VRP Chieira	Alvarenga	40.963084	8,166948
		VRP Quinta do Edgar	Alvarenga	40.966670	8.148440
	RES Várzeas	VRP Pirraça 1	Alvarenga	40.961273	8.149838
		VRP Pirraça 2	Alvarenga	40.961273	8.149838
	RES Pade	VRP Pade	Alvarenga	40.973240	8.164236
		VRP Vila	Alvarenga	40.970600	8.165298
		VRP Capela N.S. Piedade (4x)	Alvarenga	40.971983	8.1600033
		VRP Lourido	Alvarenga	-	-
		VRP Largo da Feira (2x)	Alvarenga	40.968896	8.157717
		VRP Colmeia	Alvarenga	40.976194	8.169272
Canelas	RES Canelas	VRP Canelas de Cima 1	UF Canelas-Espiunca	40.965187	8.209695
		VRP Canelas de Cima 2	UF Canelas-Espiunca	40.967934	8.209330
		VRP Canelas de Cima 3	UF Canelas-Espiunca	40.969650	8.204051
		VRP Canelas de Baixo	UF Canelas-Espiunca	40.972916	8.200585
Vilarinho	RES Vilarinho	VRP Vilarinho	UF Canelas-Espiunca	40.952579	8.185050
Vila Viçosa	RES Vila Viçosa	VRP Vila Viçosa 1 (2x)	UF Canelas-Espiunca	41.003754	8.217208
		VRP Vila Viçosa 2	UF Canelas-Espiunca	41.009148	8.217602
		VRP Vila Viçosa 3	UF Canelas-Espiunca	41.006031	8.216722
Sarabigões	RES Sarabigões	VRP Sarabigões	UF Canelas-Espiunca	40.997658	8.232064
		VRP Serabigões	UF Canelas-Espiunca	40.595076	8.135503
Gamarão	RES Gamarão	VRP Gamarão de Baixo	UF Canelas-Espiunca	40.952326	8.225681

Fig. A2.8 – Levantamento cadastral de VRP – Subsistema, reservatório, designação e localização (Sistemas Autónomos)

Válvula Redutora de Pressão (VRP)	PM [bar]	PJ [bar]	DN	PN	Marca	Filtro (S/N)	Material tubagem	Verificação Anterior	Última Verificação
VRP Vér - Cruzeiro (2x)	7,0	2,5	DN80 / DN65	16	Bayard / Claval	Sim	PEAD	03/06/17	23/11/17
VRP Vér - Vila Chã	3,5	1,5	DN 50	16	Giacomini	Não	PEAD	03/06/17	12/01/18
VRP Juntas 1	5,0	1,0	DN 65	16	Caleffi	Sim	PEAD	03/06/17	12/01/18
VRP Juntas 2	11,5	1,0	DN 65	16	Caleffi	Sim	PEAD	03/06/17	12/01/18
VRP Vila Chã	6,0	2,0	DN 40	16	Caleffi	Não	Hidronil	03/06/17	12/01/18
VRP Cruz das Eiras 1	?	2,0	DN 50	16	Caleffi	Não	PEAD	03/06/17	16/01/18
VRP Cruz das Eiras 2	7,0	1,5	DN 50	-	Giacomini	Não	PEAD	03/06/17	15/01/18
VRP Cruz das Eiras 3	7,0	3,5	DN 50	16	Giacomini	Não	PEAD	03/06/17	15/01/18
VRP Cela do Arda	?	1,0	DN 50	16	Giacomini	Não	PEAD	03/06/17	15/01/18
VRP Carvalhal Redondo 2	5,5	1,5	DN 40	16	Caleffi	Não	PEAD	03/06/17	15/01/18
VRP Belece 1	6,0	2,0	DN 50	16	Caleffi	Não	PEAD	03/06/17	16/01/18
VRP Belece 2	?	2,0	DN 32	16	Giacomini	Não	Hidronil	-	16/01/18
VRP Mosteirô 1	6,0	2,0	DN 65	16	Caleffi	Não	PEAD	03/06/17	17/01/18
VRP Mosteirô 2	8,0	1,5	DN 65	-	-	Não	PEAD	03/06/17	17/01/18
VRP Borralhoso	-	-	-	-	-	-	-	-	17/01/18
VRP Belide	4,0	3,0	DN 40	16	Caleffi	Não	PEAD	03/06/17	17/01/18
VRP Outeiro	7,0	3,0	DN 40	16	Giacomini	Não	PEAD	03/06/17	17/01/18
VRP Coruto (2x)	6,0	2,0	DN 80	16	Dorot	Sim	FF	03/06/17	23/11/17
VRP Lar	6,0	6,0	DN 80	16	Bayard	Não	PEAD	03/06/17	23/11/17
VRP Escariz	?	3,0	DN 80	-	Dorot	Sim	PEAD	03/06/17	23/11/17
VRP Poças 1	5,5	3,0	DN 25	16	Giacomini	Não	PEAD	03/06/17	17/01/18
VRP Poças 2	5,5	3,0	DN 40	16	Glacomini	Não	PEAD	03/06/17	17/01/18
VRP Abelheira 1 (2x)	6,0	3,0	DN100 / DN15	16	Flucon	Sim	PEAD	03/06/17	16/01/18
VRP Abelheira 2	?	1,5	DN 50	-	Caleffi	Não	PEAD	03/06/17	17/01/18
VRP Rua Calvário (Mansores)	7,0	3,0	DN 63	16	Caleffi	Não	PEAD	03/06/17	04/01/18
VRP Eiras	?	1,0	DN 25	16	Glacomini	Não	PEAD	-	15/01/18
VRP Cabeçais 2 (2x)	?	3,0	DN 40 / DN 40	16	Caleffi	Não	Hidronil	01/06/17	10/01/18
VRP Parameira 1	8,5	4,0	DN 65	16	Dorot	Não	PEAD	03/06/17	30/11/17
VRP Parameira 2	4,5	2,0	DN 80	16	Bayard	Não	PEAD	03/06/17	30/11/17
VRP Orvida 1	5,0	3,0	DN 65	16	Giacomini	Não	PEAD	01/06/17	30/11/17
VRP Orvida 2	8,5	7,0	DN 50	16	Dorot	Sim	PEAD / FF	01/06/17	?
VRP Tanhel	7,0	2,5	DN 40	16	Dorot	Sim	FF	01/06/17	11/01/18
VRP Mascotes	4,5	1,0	DN 50	-	Caleffi	Não	PEAD	01/06/17	12/01/18
VRP Rotunda Fermedo	7,0	2,0	DN 40	16	Caleffi	Não	PEAD	01/06/17	10/01/18
VRP Vila Mansores 1 (2x)	4,5	2,5	DN 80 / DN65	16	Dorot	Sim	PEAD	03/06/17	30/11/17
VRP Vila Mansores 2 (2x)	5,0	2,0	DN100 / DN65	16	Flucon / Claval	Sim	PVC / FF	03/06/17	30/11/17
VRP Vila Mansores 3	5,0	5,0	DN 50	16	Giacomini	Não	PEAD	03/06/17	30/11/17
VRP Ribeira Mansores (2x)	8,0	2,5	DN 50	16	Dorot	Sim	PEAD	03/06/17	30/11/17
VRP Soutelo	7,5	3,0	DN 32	-	Italiana	Não	PEAD	-	30/11/17

Fig. A2.9 – Levantamento de VRP – Funcionamento de VRP (Subsistema da Abelheira)

Válvula Redutora de Pressão (VRP)	PM [bar]	PJ [bar]	DN	PN	Marca	Filtro (S/N)	Material tubagem	Verificação Anterior	Última Verificação
VRP Provizende (2x)	9,0	3.5	DN 200 / DN 1	-	Bayard / Dorot	Sim	PEAD / FF	07/06/17	Não vista.
VRP Quintela 1	5,0	1,5	DN 80	16	TWW	Não	PEAD	07/06/17	18/12/17
VRP Quintela 2 (2x)	10,0	5,0	DN150 / DN10	16	Flucon / Pam S-G	Sim	PEAD	07/06/17	Não vista.
VRP Chão d´Ave (2x)	9,0	3,0	DN80 / DN50	-	Dorot	Sim	FF	07/06/17	18/12/17
VRP Bouça (2x)	5,5	1,5	DN 50	16	Dorot	Sim	FF	07/06/17	16/11/17
VRP Sequeiros 1	7,5	2,0	DN 25	16	Caleffi	Não	PEAD	07/06/17	18/12/17
VRP Sequeiros 2 (2x)	8,0	1,5	DN40 / DN40	-	Dorot	Sim	FF	07/06/17	16/11/17
VRP Farrapa	10,0	2,0	DN 65	-	Caleffi	Não	PEAD	07/06/17	16/11/17
VRP Arieiro	8,0	1,0	DN 40	-	Caleffi	Não	PEAD	07/06/17	18/12/17
VRP Viso	9,0	1,5	DN 65	-	Caleffi	Não	PEAD	07/06/17	16/11/17
VRP Saril 1	?	1,5	DN 50	16	Dorot	Sim	FF	07/06/17	21/11/17
VRP Saril 2	9,0	2,0	DN 40	-	-	Não	-	07/06/17	21/11/17
VRP Tojal 1	5,5	2,5	DN 32	-	Caleffi	N	PEAD	07/06/17	18/12/17
VRP Tojal 2	?	3,0	DN 32	-	Caleffi	N	Hidronil	07/06/17	18/12/17
VRP Tojal 3	?	3,0	DN 40	-	Caleffi	N	Hidronil	02/08/17	18/12/17

Fig. A2.10 – Levantamento de VRP – Funcionamento de VRP (Subsistema de Provisende)

Válvula Redutora de Pressão (VRP)	PM [bar]	PJ [bar]	DN	PN	Marca	Filtro (S/N)	Material tubagem	Verificação Anterior	Última Verificação
VRP Cemitério Rossas (2x)	6,0	5,5	DN 65	16	Dorot	S	FF	27/06/17	26/10/17
VRP Cavada	18,0	4,0	DN 80	-	-	N	FF	27/06/17	26/10/17
VRP Pé da Cruz	6,5	2,0	DN 40	-	Caleffi	N	PEAD	21/06/17	27/11/17
VRP Outeiro Rossas	8,0	4,0	DN 25	-	Giacomini	N	PEAD	27/06/17	04/12/17
VRP Lourosa de Matos 1	17,0	3.5	DN 50	-	?	N	PEAD	21/06/17	26/10/17
VRP Lourosa de Matos 2	9,0	4,0	DN 65	16	Dorot	S	FF	21/06/17	26/10/17
VRP Lourosa de Matos 3 (2x)	?	2.5	DN 100	16	Dorot	S	PEAD / FF	21/06/17	?
VRP Lourosa de Matos 4	?	1,0	DN 40	-	Farg	N	PEAD	-	28/11/17
VRP CPC Lourosa de Matos	19,0	2,0	DN 80	16	Claval	N	FF	21/06/17	26/10/17
VRP Casa Zé António	6,0	0,5	DN 40	25	Farg	N	PEAD	21/06/17	27/11/17
VRP Cabo	?	3,0	DN 40	16	Giacomini	N	PEAD	25/08/17	27/11/17
VRP Lameira	7,0	6,0	DN 80	10	Claval	Sim	FF	-	04/12/17
VRP Souto Redondo (2x)	10,0	2,0	DN 100 / DN 8	PN 16	Dorot / Bayard	S	FF	18/06/17	26/10/17
VRP Portelada 1 (2x)	10,0	2,0	DN 100 / DN 8	PN 16	Pam S-G	S	FF	18/06/17	26/10/17
VRP Portelada 2 (2x)	8,5	2,0	DN 100 / DN 8	16	Dorot / Dorot	N	PEAD	-	26/10/17
VRP S. João 2	-	5,0	DN 65	-	Caleffi	N	PVC	21/06/17	Não foi vista.
VRP Bala	-	2,0	DN 50	-	Farg	N	PEAD	21/06/17	28/11/17
VRP Trigal 1	12,5	3,0	DN 63	16	Caleffi	N	PEAD	21/06/17	28/11/17
VRP Trigal 2	13,0	2.5	DN 63	-	Caleffi	N	PEAD	21/06/17	28/11/17
VRP Cumeeira 1	10,0	2,5	DN 63	-	Caleffi	N	PEAD	21/06/17	28/11/17
VRP Cumeeira 2	9,0	1,5	DN 80	16	Claval	S	FF	-	04/12/17
VRP Sra. Rosário	9,5	1,5	DN 50	-	Caleffi	N	PEAD	21/06/17	28/11/17
VRP RES Cavada	?	2,5	DN 50	16	Caleffi	N	PEAD	27/06/17	27/11/17

Fig. A2.11 – Levantamento de VRP – Funcionamento de VRP (Subsistema de Souto Redondo – parte 1)

Válvula Redutora de Pressão (VRP)	PM [bar]	PJ [bar]	DN	PN	Marca	Filtro (S/N)	Material tubagem	Verificação Anterior	Última Verificação
VRP Malafaia 1	10,0	4,0	DN 65	16	Dorot	N	FF	27/06/17	Não foi vista.
VRP Malafaia 2	6,5	2,0	DN 32	16	Caleffi	N	PEAD	27/06/17	28/11/17
VRP Malafaia 3	12,0	4,5	DN 65	16	Caleffi	N	PEAD	27/06/17	28/11/17
VRP Várzea	12,0	4,0	DN 50	16	Caleffi	S	PEAD	27/06/17	Não foi vista.
VRP Bacelo	8,0	5,0	DN 40	16	Caleffi	N	PEAD	22/06/17	28/11/17
VRP Souto de Rei	7,5	1,5	DN 50	16	Caleffi	N	PEAD	27/06/17	28/11/17
VRP Laceiras	?	2,5	DN 32	16	Caleffi	N	PEAD	22/06/17	Não foi vista.
VRP Cimo da Vila 1	?	2,0	DN 40	-	Caleffi	N	PEAD	27/06/17	29/11/17
VRP Cimo da Vila 2	5,5	4,0	DN 40	16	Caleffi	N	PEAD	27/06/17	29/11/17
VRP Bacelo 1	6,0	2,5	DN 25	-	Caleffi	N	PEAD	-	04/11/17
VRP Bacelo 2	4,0	2,5	DN 25	-	Caleffi	N	PEAD	02/07/17	28/11/17
VRP S. Lourenço	?	2,0	DN 40	16	Caleffi	N	PEAD	27/06/17	28/11/17
VRP Ferreiros 1	10,0	3,0	DN 65	16	Dorot	N	PEAD	21/06/17	29/11/17
VRP Ferreiros 2	6,0	0.5	DN 50	16	Caleffi	N	PEAD	21/06/17	29/11/17
VRP Igreja S.M.Urrô	7,0	2,0	DN 50	16	Caleffi	N	PEAD	27/06/17	28/11/17
VRP Igreja Várzea (2x)	11,0	4,0	DN 50	16	Dorot	S	FF	27/06/17	26/10/17
VRP Pousadouro	9,0	4,0	DN 65	16	Claval	N	PEAD	12/07/17	26/10/17
VRP Pena	4.5	3,0	DN 32	-	Caleffi	N	PEAD	12/07/17	29/11/17
VRP Lamas	8,0	2,5	DN 50	-	Caleffi	N	PEAD	12/07/17	29/11/17
VRP Santa Bárbara	4,0	2.5	DN 50	-	Caleffi	N	PEAD	12/07/17	28/11/17
VRP Amieiro	4,0	1,0	DN 25	-	Caleffi	N	PEAD	12/07/17	04/12/17
VRP Café Brasil	8,0	3,0	DN 50	-	Caleffi	N	PEAD	12/07/17	28/11/17
VRP Barrol 1	6,0	3,0	DN 63	-	Caleffi	N	PEAD	12/07/17	28/11/17
VRP Barrol 2	7,0	3,0	DN 40	-	Farg	N	PEAD	21/06/17	28/11/17
VRP S. João 1	7,0	5,0	DN 65	16	Caleffi	N	PVC	27/06/17	28/11/17

Fig. A2.12 – Levantamento de VRP – Funcionamento de VRP (Subsistema de Souto Redondo – parte 2)

Válvula Redutora de Pressão (VRP)	PM [bar]	PJ [bar]	DN	PN	Marca	Filtro (S/N)	Material tubagem	Verificação Anterior	Última Verificação
VRP S. Maria Monte 1	4,0	2,5	DN 50	10	Caleffi	Não	PEAD	10/06/17	12/12/17
VRP S. Maria Monte 2	7,5	0,0 ?	DN 50	10	Caleffi	Não	PEAD	10/06/17	12/12/17
VRP S. Maria Monte 3 (Presa)	4,5	4,5	DN 50	10	Giacomini	Não	PEAD	10/06/17	12/12/17
VRP S. Maria Monte 4	6,0	2,5	DN 50	10	Caleffi	Não	PEAD	10/06/17	12/12/17
VRP Sá	9,0	3,0	DN 50	10	Caleffi	Não	PEAD	10/06/17	12/12/17
VRP Felgueira	9,0	1,5	DN 50	10	Caleffi	Não	PEAD	10/06/17	12/12/17
VRP Barreiros 1	4,0	1,0	DN 63	16	Caleffi	N	PEAD	10/06/17	12/12/17
VRP Barreiros 2	5,0	3,0	DN 50	10	Caleffi	N	PEAD	10/06/17	13/12/17
VRP Barreiros 3	3,0	2,5	DN 40	-	Giacomini	N	PEAD	11/08/17	13/12/17
VRP Capela S.M.Monte	6,5	2,5	DN 50	16	Caleffi	N	PEAD	10/06/17	12/12/17
VRP Portela	6,0	3,0	DN 32	10	Caleffi	N	PEAD	10/06/17	12/12/17
VRP Nogueiró	5,0	2,0	DN 40	-	Caleffi	N	PEAD	-	13/12/17

Fig. A2.13 – Levantamento de VRP – Funcionamento de VRP (Subsistema da Ameixieira)

Válvula Redutora de Pressão (VRP)	PM [bar]	PJ [bar]	DN	PN	Marca	Filtro (S/N)	Material tubagem	Verificação Anterior	Última Verificação
VRP S. Aleixo	9,0	2,5	DN 50	16	Claval	Não	PVC	10/06/17	05/12/17
VRP Forcada 1 (2x)	9,0	5,0	DN 80	14	Fucoli	Sim	PEAD	10/06/17	05/12/17
VRP Forcada 2	?	?	DN 40	?	Fucoli	S	FF	-	25/10/17
VRP Forcada 3	6,2	3,0	DN 65	16	Dorot	Não	PEAD / FF	10/06/17	26/10/17
VRP Penso	5,0	3,0	DN 50	16	Claval	Não	PEAD	10/06/17	26/10/17
VRP São Domingos	6,0	2,0	DN 50	16	Caleffi	N	PEAD	10/06/17	05/12/17
VRP Soto 1 (Salvador)	8,0	2.5	DN 40	16	Giacomini	N	PEAD	-	05/12/17
VRP Sardoal (2x)	1,5 / 2,0	2.5	DN 50 / DN 50	16	Giacomini	N	PEAD	-	05/12/17
VRP Carrola	10,0	4,0	DN 50	16	Caleffi	Não	PEAD	10/06/17	04/12/17
VRP Milhaço	?	3,0	DN 32	-	Caleffi	Não	PEAD	10/06/17	05/12/17
VRP Lourosa de Campos	6,5	2,0	DN 50	16	Caleffi	Não	PEAD	10/06/17	04/12/17
VRP Soto 2	6,0	6,0	DN 40	-	Caleffi	Não	PEAD	10/06/17	05/12/17
VRP Melarês	4,0	4,0	DN 40	10	Caleffi	N	PEAD	10/06/17	05/12/17
VRP Eiras	3,5	3,5	DN 25	-	Caleffi	N	PEAD	10/06/17	04/12/17
VRP Ponte das Eiras	6,0	3,0	DN 40	-	Caleffi	N	PEAD	-	05/12/17

Fig. A2.14 – Levantamento de VRP – Funcionamento de VRP (Subsistema da Forcada)

Válvula Redutora de Pressão (VRP)	PM [bar]	PJ [bar]	DN	PN	Marca	Filtro (S/N)	Material tubagem	Verificação Anterior	Última Verificação
VRP S. Pedro - Arouca	6,0	3,0	DN 40	-	Caleffi	Não	PEAD	22/06/17	24/10/17
VRP CM-Arouca (2x)	6,0	2,0	DN 150 / DN 8	16	Flucon / Regulado ra	Sim	FF	-	18/10/17
VRP Pinheiro 1	6,0	3,0	DN40	-	Caleffi	Não	PEAD	21/06/17	24/10/17
VRP Pinheiro 2	4.5	1.5	DN 65	16	Claval	Não	PEAD	14/07/17	24/10/17
VRP Granja	5,5	5,5	DN40	-	Caleffi	Não	PEAD	21/06/17	24/10/17
VRP Outeiro I (2x)	6,0	1,8	DN 100	-	Dorot	Sim	FF	22/06/17	12/10/17
VRP Outeiro II (2x)	6,5	2,0	DN 100	-	Dorot	Sim	FF	22/06/17	12/10/17
VRP Outeiro III (2x)	5,0	1,5	DN 100	-	Dorot	Sim	FF	22/06/17	12/10/17
VRP Bairro	?	?	DN 80	-	Dorot	?	?	-	12/10/17
VRP Estrada Ponte Telhe 1	5,0	2,0	DN 80	16	Bayard	Sim	PEAD	22/06/17	12/10/17
VRP Estrada Ponte Telhe 2 (2x)	5,5	2,5	DN 100	16	Dorot	Sim	FF	22/06/17	12/10/17
VRP Estrada Ponte Telhe 3	5,0	4,0	DN 80	-	Bayard	Não	PEAD	22/06/17	12/10/17
VRP Estrada Ponte Telhe 4	5,5	1,0	DN 80	16	Bayard	Sim	PEAD	22/06/17	12/10/17
VRP Ponte Telhe	11,0	2,5	DN 50	-	Caleffi	Não	PEAD	22/06/17	17/10/17
VRP Cela	5,0	2,5	DN 25	25	Caleffi	Não	PEAD	22/06/17	17/10/17
VRP Celadinha	10,0	7,0	DN 32	25	Farg	Não	PEAD	22/06/17	17/10/17
VRP Fontanário Bouceguedim	7,0	3,0	DN 40	25	Giacomini	Não	PEAD	-	17/10/17
VRP Costeiras	8,5	5,0	DN 50	-	Caleffi	Não	PEAD	22/06/17	24/10/17
VRP Valdasna 1	9,0	0,5	DN 50	-	Caleffi	Não	PEAD	22/06/17	24/10/17
VRP Valdasna 2	8,5	2,5	DN 100	16	Dorot	Sim	FF	21/06/17	24/10/17
VRP Eng. Próspero dos Santos	5,5	2,0	DN 65	25	Caleffi	Não	PEAD	21/06/17	24/10/17
VRP Boco 1	9,0	4,5	DN 65	16	Claval	Sim	FF	21/06/17	12/10/17
VRP Boco 2	8,5	5,0	DN 65	16	Dorot	Não	PEAD	21/06/17	12/10/17
VRP Cancelo 1	3,0	2,0	DN 65	-	Dorot	Sim	FF	-	12/10/17
VRP Bonjardim	3,5	1,0	DN 20	25	Giacomini	Não	PEAD	-	24/10/17
VRP Toita	?	?	DN 50	-	Giacomini	N	PEAD	?	-
VRP Vinhas	7,5	4,5	DN 63	16	Caleffi	Não	PEAD	10/06/17	13/12/17
VRP Amilo	6,0	2,5	DN 32	-	Caleffi	Não	Hidronil	10/06/17	13/12/17
VRP Minhãos 1	?	?	DN 50	-	Giacomini	Não	?	10/06/17	13/12/17
VRP Minhãos 2 (2x)	?	2,0	DN 40 / DN 32	16	Caleffi / Giacomini	Não	PEAD	20/06/17	13/12/17
VRP Ronde	?	?	DN 32	16	Caleffi	N	PEAD	-	13/12/17

Fig. A2.15 – Levantamento de VRP – Funcionamento de VRP (Subsistema de Moldes)

Válvula Redutora de Pressão (VRP)	PM [bar]	PJ [bar]	DN	PN	Marca	Filtro (S/N)	Material tubagem	Verificação Anterior	Última Verificação
VRP Carreiros 1	8,0	3.5	DN 50	-	Caleffi	Não	PEAD	10/06/17	
VRP Carreiros 2	9,0	3,0	DN 100	16	Dorot	Sim	PVC	10/06/17	
VRP Quintã-Picota	10,0	4,0	DN 80	-	Dorot	Sim	PVC	10/06/17	
VRP Chieira	?	3,0	DN 32	-	Caleffi	Não	Hidronil	10/06/17	
VRP Quinta do Edgar	10,0	3,0	DN 25	-	Caleffi	Não	PEAD	10/06/17	
VRP Pirraça 1	10,0	3,0	DN 100	-	Dorot	Sim	PVC	10/06/17	
VRP Pirraça 2	10,0	3,0	DN 65	-	Caleffi	Não	PEAD	10/06/17	
VRP Pade	6,0	3,0	DN 80	16	Claval	Sim	PVC	10/06/17	
VRP Vila	8,0	3,0	DN 100	16	-	Sim	FF	10/06/17	
VRP Capela N.S. Piedade (4x)	8,0	3,0	DN 40	-	Caleffi	Não	PVC / PEAD	10/06/17	
VRP Lourido	10,0	3,0	DN 65	-	Caleffi	Não	PEAD	10/06/17	
VRP Largo da Feira (2x)	7,0	4,5	DN 50	-	Caleffi	Não	PEAD	10/06/17	
VRP Colmeia	10,0	3,0	DN 65	-	Caleffi	Sim	PEAD	10/06/17	
VRP Canelas de Cima 1	8,0	2,0	**DN 150**	16	Dorot	Sim	PVC / FF	20/06/17	
VRP Canelas de Cima 2	5,0	3,0	**DN 150**	-	Flucon	Sim	FF	20/06/17	
VRP Canelas de Cima 3	8,0	3,0	**DN 150**	-	Flucon	Sim	FF	20/06/17	
VRP Canelas de Baixo	8,0	5,0	DN 100	-	Flucon	Sim	FF	20/06/17	
VRP Vilarinho	-	-	DN 25	-	-	Não	PEAD	20/06/17	
VRP Vila Viçosa 1 (2x)	6,0	2,0	DN 50	-	Flucon	Sim	FF	20/06/17	
VRP Vila Viçosa 2	7,0	2,0	DN 50	-	Flucon	Sim	FF	20/06/17	
VRP Vila Viçosa 3	7,0	2,0	DN 50	-	Flucon	Sim	FF	20/06/17	
VRP Sarabigões	-	-	DN 65	-	-	Não	PEAD	20/06/17	
VRP Serabigões	-	-	DN 65	-	-	Não	PEAD	20/06/17	
VRP Gamarão de Baixo	6,0	1,0	DN 65	-	Caleffi	Não	PEAD	20/06/17	

Fig. A2.16 – Levantamento de VRP – Funcionamento de VRP (Sistemas Autónomos)

ÁGUAS DO NORTE Grupo Águas de Portugal	GESTÃO DE PRESSÕES		DATA
	VRP - MONITORIZAÇÃO / MANUTENÇÃO		_____ /_____ /_____
SISTEMA DE ÁGUAS DA REDIÃO DO NOROESTE - SARN			
SUBSISTEMA		CONCELHO	
RESERVATÓRIO		FREGUESIA	
DESIGNAÇÃO VRP		LUGAR	
CÓDIGO / NÚMERO VRP		RUA	
COORDENADAS			ALTITUDE (m)
ESQUEMA HIDRÁULICO VRP			
0,00 m _____ m			LEGENDA 1 - _____ 2 - _____ 3 - _____ 4 - _____ 5 - _____ 6 - _____ 7 - _____ 8 - _____ 9 - _____ 10 - _____ 11 - _____ 12 - _____
CARATERÍSTICAS DA VRP			
DIÂMETRO		MARCA	
TIPO		MODELO	
FUNÇÃO		PRESSÃO NOMINAL	
CONSITUINTES			
PILOTOS (modelo e função)			
SELENOIDES (tipo / modelo)			
INSTALAÇÃO (caixa / armário)			
OPERACIONALIDADE DA VRP			
PRESSÃO MONTANTE (mca)		FUNCIONAMENTO (s / n)	
PRESSÃO JUSANTE (mca)		PERDAS DE ÁGUA (s / n)	
CAUDAL DE SERVIÇO (m^3/h)		CORROSÃO (s / n)	
CARATERÍSTICAS ZONA ABASTECIDA			
TRECHO CONDUTA			
LOCAIS ABASTECIDOS		LOCAL COTA MAIS ELEVADA	
RESERVATÓRIOS ABAST.		PRESSÃO COTA MAIS ELEVADA	
DIÂMETRO CONDUTA		MATERIAL CONDUTA	
IDADE ESTIMADA CONDUTA		TIPO DE CONDUTA	
NÚMERO ROTURAS Zero / Baixo / Médio / Elevado	2015	2016	2017
VARIABILIDADE CAUDAIS			

Fig. A2.17 – Folha de Registo – Monitorização de VRP (página 1)

AÇÕES EXECUTADAS	
OPERAÇÃO Gestão de Pressões	1 -
	2 -
	3 -
	4 -
	5 -
	6 -
	7 -
	8 -
MANUTENÇÃO	1 -
	2 -
	3 -
	4 -
	5 -
	6 -
	7 -
	8 -
MATERIAL UTILIZADO	
OBSERVAÇÕES	
EFEITOS / CONSEQUÊNCIAS (Reclamações / Roturas / Outros)	

Fig. A2.18 – Folha de Registo – Monitorização de VRP (página 2)

Descrição	Latitude	Longitude	Cota [m]	Pressão diurna				Pressão noturna				Observações
				PM [bar]	PJ [bar]	Data	Hora	PM [bar]	PJ [bar]	Data	Hora	
VRP _____												
Ponto de cota mais baixa												
Ponto de cota mais alta												
Ponto Intermédio												
Ponto intermédio												
VRP _____												
Ponto de cota mais baixa												
Ponto de cota mais alta												
Ponto Intermédio												
Ponto intermédio												
VRP _____												
Ponto de cota mais baixa												
Ponto de cota mais alta												
Ponto Intermédio												
Ponto intermédio												

Fig. A2.19 – Folha de Registo – Monitorização de VRP (medição de pressões)

Plano de Monitorização (E-ARC)								
Reservatório	Data	Hora	Hipoclorito de Sódio		Resultados Analiticos		Volume (%)	Operador (E-ARC)
			L solução	% doseamento	Cloro	pH		
Vila Viçosa								
Sarabigões								
Vila Cova								
Pade								
Espírito santo								
Várzeas								
Canelas								
Vilarinho								
Melres\Espiunca								
Vilar de Servos								
Paradinha								
Telhe								
Covelo de Paivô								
Cando								
Regoufe								
Tebilhão								

Fig. A2.20 – Folha de Registo – Monitorização semanal de reservatórios (cloro residual, PH e volume)

ÁGUAS DO NORTE Grupo Águas de Portugal		DATA	HORA	HIPOCLORITO DE SODIO		RESULTADOS ANALÍTICOS		CONSUMOS (m3)		VOLUME ÁGUA (%)	ENERGIA ELÉTRICA			OPERADOR	OBSERVAÇÕES
MUNICÍPIO DE AROUCA	RESERVATÓRIO			SOLUÇÃO (L)	% DOS.	CLORO	PH	ENTRADA	SAÍDA		VAZIO	PONTA	CHEIO		
SAA-201-Abelheira	RES Cimo da Inha														
	RES Vista Alegre														
	RES Agras														
	RES Mata														
SAA-202-Provisende	-														
SAA-203-Souto Redondo	RES Cavada														
	RES Regadas														
	RES Sanfins														
	RES Pousadouro														
	RES Barrol														
	RES S.João														
	RES Pinheiral														
	RES Urrô														
SAA-204-Ameixieira	RES Nogueiró / Fráguas														
	RES Ameixieira														
	RES S.M.Monte														
	RES Chãos														
SAA-205-Forcada	Forcada														
	RES Porto Escuro														
SAA-206-Arouca	RES S.Pedro														
	RES Pernouzela														
	RES Cabral														
	RES Vila Nova														
	RES Portela														
	RES V.N.Pisco														
SAA - Fuste	RES Fuste														
SAA - Friães	RES Friães														
SAA-XXX-Gamarão	RES Gamarão														
SAA-007-Canelas 1	RES Canelas														
SAA-009-Canelas 2	RES Vilarinho														
SAA-00x-Meires/Esplunca	RES Meires														
SAA-001-Viçosa	RES Vila Viçosa										RES:	FURO:			
SAA-002-Sarabigões	RES Sarabigões														
SAA-005-Vila Cova	RES Vila Cova														
SAA-018-Telhe	RES Telhe														
SAA-020-Covelo	RES Covelo de Paivó														
SAA-022-Regoufe	RES Regoufe 1														
	RES Regoufe 2														
SAA-023-Tebilhão	RES Tebilhão														
SAA-024-Cabreiros	RES Cabreiros														
SAA-025-Castanheira	RES Castanheira														
SAA-021-Residual	RES Cando														
SAA-006-Alvarenga	RES Pade														
	RES Espírito Santo														
	RES Várzeas														
SAA-013-Residual 1	RES Vilar de Servos														
SAA-014-Residual 2	RES Paradinha														

Fig. A2.21 – Folha de Registo – Monitorização mensal de reservatórios (cloro residual, PH, volume e energia elétrica)

Concelho	Freguesia	Local de Consumo | Morada	Latitude	Longitude	Leitura (m3)	Data	Operador
Arouca	Alvarenga	RR Espírito Santo	40.9728794	-8.1376880			
Arouca	Alvarenga	RR Pade	40.9755811	-8.1601926			
Arouca	Alvarenga	RR Paradinha	40.9351161	-8.1719527			
Arouca	Alvarenga	RR Vilar de Servos	40.9383968	-8.1520236			
Arouca	Alvarenga	RR Várzeas	40.9593195	-8.1412009			
Arouca	Arouca e Burgo	RR Forcada	40.9025270	-8.2653297			
Arouca	Arouca e Burgo	RR Pernousela ZB	40.9372443	-8.2449538			
Arouca	Arouca e Burgo	RR Cabral	40.936150	-8.241736			
Arouca	Arouca e Burgo	RR Portela-Moldes	40.9192389	-8.2348750			
Arouca	Arouca e Burgo	RR Porto Escuro	40.9087776	-8.2617875			
Arouca	Arouca e Burgo	RR S.Pedro	40.9295904	-8.2362450			
Arouca	Arouca e Burgo	RR Vila Nova	40.9324905	-8.2617422			

Fig. A2.22 – Folha de Registo – Monitorização extraordinária de reservatórios (consumo)

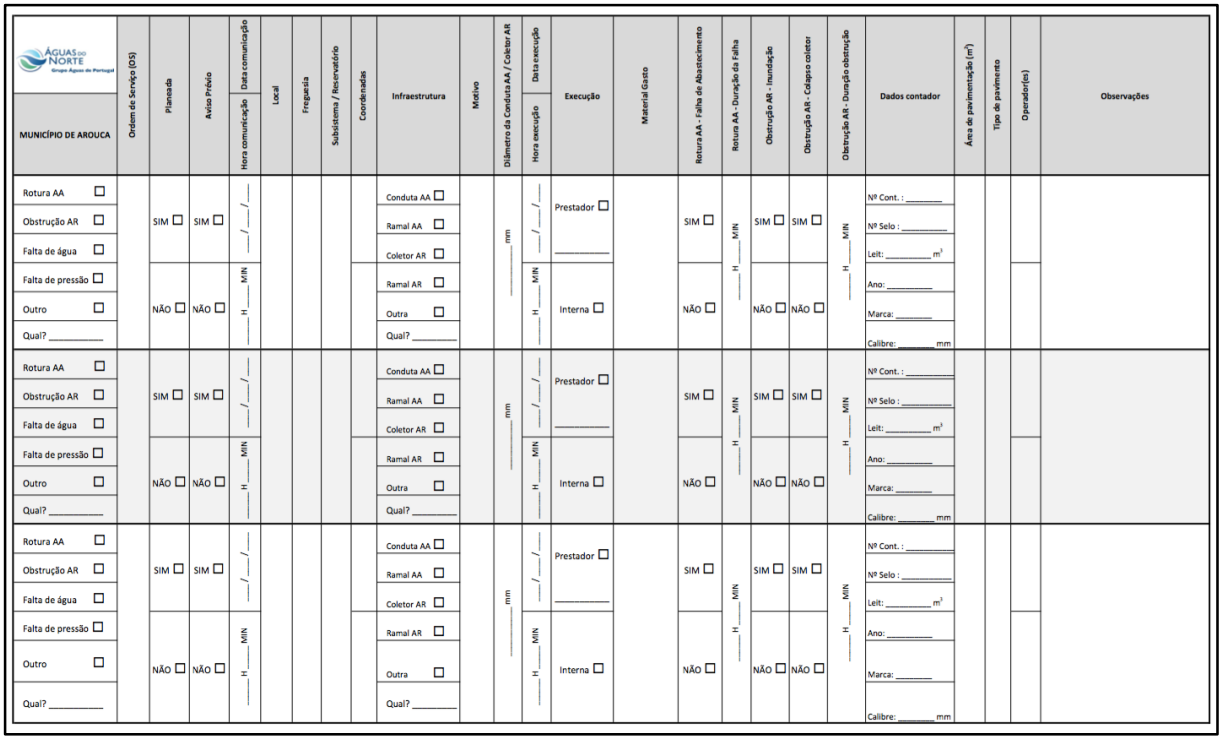
RESERVATÓRIO	FREGUESIA	ENERGIA ELÉTRICA			DATA	OPERADOR
		VAZIO	PONTA	CHEIO		
RES Espírito Santo	Alvarenga					
RES Vilar de Servos	Alvarenga					
RES Paradinha	Alvarenga					
RES Cimo da Inha	Escariz					
RES Vista Alegre	Mansores					
RES Fuste	Moldes					
RES Ameixieira	Santa Eulália					
RES Chãos (EE-Novais)	Santa Eulália					
RES Barrol (EE-Ferreiros)	Tropeço					
RES Tebilhão	UF Albergaria-Cabreiros					
Forcada	UF Arouca-Burgo					
RES S.Pedro	UF Arouca-Burgo					
RES Pernouzela	UF Arouca-Burgo					
RES Vila Nova	UF Arouca-Burgo					
RES Portela	UF Arouca-Burgo					
RES Gamarão	UF Canelas-Espiunca					
RES Canelas	UF Canelas-Espiunca					
RES Vilarinho	UF Canelas-Espiunca					
RES Melres	UF Canelas-Espiunca					
RES Vila Viçosa	UF Canelas-Espiunca					
RES Sarabigões	UF Canelas-Espiunca					
RES Vila Cova	UF Canelas-Espiunca					
RES Telhe	UF Covêlo-Janarde					

Fig. A2.23 – Folha de Registo – Monitorização extraordinária de reservatórios (energia elétrica)

PARCERIA - FONTANÁRIOS EM UTILIZAÇÃO PARA ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Descrição	Origens	Concelho	Zona de Abastecimento	Localização		Placa de água imprópria para consumo ?	Data	Hora	Operador (E-ARC)	Observações
				Latitude	Longitude					
Fontanário de Noninha - Alvarenga	Mina de Bustelo - ALvarenga	Arouca	Alvarenga	40° 50'20.53"N	8° 06'25.16"W	SIM □ | NÃO □				
Fontanário de Bustelo - Alvarenga	Mina do Fontanário Bustelo - ALvarenga	Arouca	Alvarenga	40° 58'49.95"N	8° 07'07.43"W	SIM □ | NÃO □				
Fontanário de Donim - Alvarenga	Mina de Donim - Alvarenga	Arouca	Alvarenga	40° 58'56.76"N	8° 11'15.53"W	SIM □ | NÃO □				
Fontanário de Mealha - Canelas	Mina da Mealha - Canelas	Arouca	União de Freguesias de Canelas e Espiunca	40 956 130	-8 215 392	SIM □ | NÃO □				
Fontanário de Rio de Frades - Cabreiros	Mina de Rio de Frades - Cabreiros	Arouca	União Freguesias Cabreiros e Albergaria da Serra	40° 51'24.68"N	8° 11'20.76"W	SIM □ | NÃO □				
Fontanário de Miraves - Chave	Mina de Miraves - Chave	Arouca	Chave	40°54'56.0"N	8°20'24.1"W	SIM □ | NÃO □				
Fontanário de Meitriz - Janarde	Mina de Meitriz - Janarde	Arouca	União de Freguesias de Covelo de Paivô e Janarde	40.920563°	-8.132141°	SIM □ | NÃO □				
Fontanário de Silveiras - Janarde	Mina de Silveiras - Janarde	Arouca	União de Freguesias de Covelo de Paivô e Janarde	40 901 423	-8 142 911	SIM □ | NÃO □				
Fontanário de Janarde - Janarde	Mina de Janarde - Janarde	Arouca	Janarde	40.925724°	-8.149724°	SIM □ | NÃO □				
Fontanário de Adaúfe - Moldes	Mina de Adaúfe - Moldes	Arouca	Moldes	40° 53'25.64"N	8° 14'24.69"W	SIM □ | NÃO □				
Fontanário de Bustelo - Moldes	Mina de Bustelo - Moldes	Arouca	Moldes	40° 53'56.21"N	8° 14'16.92"W	SIM □ | NÃO □				
Fontanário de Granja - Moldes	Mina da Granja - Moldes	Arouca	Moldes	40° 53'47.26"N	8° 15'20.07"W	SIM □ | NÃO □				
Fontanário de Ribeira - Tropeço	Mina da Ribeira - Tropeço	Arouca	Tropeço	40 917 647	-8 336 657	SIM □ | NÃO □				
Fontanário de Covelas - São Miguel do Mato	Mina das Covelas - São Miguel do Mato	Arouca	S. Miguel Mato	40 974 479	-8 406 706	SIM □ | NÃO □				
Fontanário de Viso - São Miguel do Mato	Mina do Viso - São Mguel do Mato	Arouca	S. Miguel Mato	40 984 749	-8 390 952	SIM □ | NÃO □				
Fontanário de Merujal - Urrô	Mina do Merujal - Urrô	Arouca	Urrô	40.874462°	-8.298849°	SIM □ | NÃO □				
Fontanário de Albergaria da Serra	Mina Albergaria da serra	Arouca	Albergaria da serra	40.870785°	-8.274589°	SIM □ | NÃO □				
Fontanário de Póvoa	Mina da Póvoa - Moldes	Arouca	Moldes	40 907 166	-8 229 417	SIM □ | NÃO □				
Fontanário de Cabreiros (Cemitério)	Arouca - Cabreiros	Arouca	Arouca - Cabreiros	40 856 804	-8 189 245	SIM □ | NÃO □				

Fig. A2.24 – Folha de Registo – Monitorização de Fontanários



MUNICÍPIO DE AROUCA	Ordem de Serviço (OS)	Planeada	Aviso Prévio	Data comunicação / Hora comunicação	Local	Freguesia	Subsistema / Reservatório	Coordenadas	Infraestrutura	Motivo	Diâmetro da Conduta AA / Coletor AR	Data execução / Hora execução	Execução	Material Gasto	Rotura AA - Falha de Abastecimento	Rotura AA - Duração da Falha	Obstrução AR - Inundação	Obstrução AR - Colapso coletor	Obstrução AR - Duração obstrução	Dados contador	Área de pavimentação (m²)	Tipo de pavimento	Operador(es)	Observações
Rotura AA ☐ Obstrução AR ☐ Falta de água ☐ Falta de pressão ☐ Outro ☐ Qual? _____		SIM ☐ NÃO ☐	SIM ☐ NÃO ☐	__/__/__ __H__MIN					Conduta AA ☐ Ramal AA ☐ Coletor AR ☐ Ramal AR ☐ Outra ☐ Qual? _____		_____ mm	__/__/__ __H__MIN	Prestador ☐ _____ Interna ☐		SIM ☐ NÃO ☐	__H__MIN	SIM ☐ NÃO ☐	SIM ☐ NÃO ☐	__H__MIN	Nº Cont. : _____ Nº Selo : _____ Leit: _____ m³ Ano: _____ Marca: _____ Calibre: _____ mm				
Rotura AA ☐ Obstrução AR ☐ Falta de água ☐ Falta de pressão ☐ Outro ☐ Qual? _____		SIM ☐ NÃO ☐	SIM ☐ NÃO ☐	__/__/__ __H__MIN					Conduta AA ☐ Ramal AA ☐ Coletor AR ☐ Ramal AR ☐ Outra ☐ Qual? _____		_____ mm	__/__/__ __H__MIN	Prestador ☐ _____ Interna ☐		SIM ☐ NÃO ☐	__H__MIN	SIM ☐ NÃO ☐	SIM ☐ NÃO ☐	__H__MIN	Nº Cont. : _____ Nº Selo : _____ Leit: _____ m³ Ano: _____ Marca: _____ Calibre: _____ mm				
Rotura AA ☐ Obstrução AR ☐ Falta de água ☐ Falta de pressão ☐ Outro ☐ Qual? _____		SIM ☐ NÃO ☐	SIM ☐ NÃO ☐	__/__/__ __H__MIN					Conduta AA ☐ Ramal AA ☐ Coletor AR ☐ Ramal AR ☐ Outra ☐ Qual? _____		_____ mm	__/__/__ __H__MIN	Prestador ☐ _____ Interna ☐		SIM ☐ NÃO ☐	__H__MIN	SIM ☐ NÃO ☐	SIM ☐ NÃO ☐	__H__MIN	Nº Cont. : _____ Nº Selo : _____ Leit: _____ m³ Ano: _____ Marca: _____ Calibre: _____ mm				

Fig. A2.25 – Folha de Registo – Registo de Ocorrências

ÁGUAS DO NORTE Grupo Águas de Portugal	**Ordens de Serviço - Execução Interna**

Instalação / Substituição de Conduta de Abastecimento de Água ou Coletor de Saneamento **/ Outra Intervenção**	
Descrição	
Data	
Coordenadas	
Tipo de Infraestrutura	
Nº Ramais	
Justificação	

Instalação / Mudança de contador	
Ordem de Serviço	
Número contador	
Ano	
Marca	
Calibre (mm)	
Leitura (m3)	
Nº Selo Contador	
Nº Selo Válvula Corte	

Tipo de Pavimento	
Área a Pavimentar	

Material utilizado

Observações

Data da execução	
Responsável pela execução	

Fig. A2.26 – Folha de Registo – Ordens de Serviço de Execução Interna

Ramais de Abastecimento de Água com Rede de Incêndio													
Cliente			**Contador**					**Ramal de Incêndio**					**Observações**
Nome	**Morada**	**Tipo de Cliente (Indústria/Comércio/Serviços)**	**Número**	**Marca**	**Diâmetro (mm)**	**Ano**	**Leitura (m^3)**	**Diâmetro Ramal (mm)**	**Material Ramal**	**Válvula de Corte de Ramal (S/N)**	**Passador de Selar com Manípulo? (S/N)**	**Rede de Incêndio Ligada à Rede de Distribuição? (S/N)**	

Fig. A2.27 – Folha de Registo – Levantamento Ramais de Incêndio

VISTORIA TÉCNICA - XXXXXX (Unidades industriais / ...)

(VER NOTA SOBRE A REDE DE INCÊNDIO EM BAIXO)

DADOS GERAIS		
Nome		
Morada	Rua	
	Código Postal	
	Lugar	
	Freguesia	
	Concelho	
Coordenadas		
CAE		
Atividade		
Dados Cliente	Cliente (sim / não)	
	Nome	
	Nº cliente	
	Tipo de cliente	
Observações		

ABASTECIMENTO DE ÁGUA			
Contador	Tem contador (sim/não)		
	Nº contador		
	Marca		
	Diâmetro (mm)		
	Ano		
	Leitura		
	Localização (interior/exterior)		
Condições de ligação	Ligação (sim/não)		
	Possibilidade de ligação (sim/não)		
	Caixa de contador (sim/não)		
	Localização caixa de contador (coordenadas)		
	Diâmetro do ramal (mm)		
	Material do ramal		
	Passador de selar (sim/não)		
	Selo (sim/não)		
	Válvula redutora de pressão (sim/não)		
	Filtro (sim/não)		
	Válvula de corte de ramal (sim/não)		
	Caraterísticas da infraestrutura pública	Pressão medida/estimada (mca)	
		Diâmetro da conduta de abastecimento	
		Material da conduta de abastecimento	
Outras informações	Fonte alternativa de água (sim/não/qual)		
	Cisterna (sim/não/capacidade)		
	Consumo de água	Consumo (instalações sanitárias/produção/outros)	
		Consumo estimado (baixo/médio/elevado)	
Observações			

Fig. A2.28 – Folha de Registo – Vistoria de Ramais de Abastecimento de Água

REDE DE INCÊNDIO			
Contador	Tem contador (sim/não)		
	Nº contador		
	Marca		
	Diâmetro (mm)		
	Ano		
	Leitura		
	Localização (interior/exterior)		
	Contador de Incêndio	Independente (sim/não)	
		Nº contador	
		Marca	
		Diâmetro (mm)	
		Ano	
		Leitura	
		Localização (interior/exterior)	
Condições de ligação	Ligação (sim/não)		
	Possibilidade de ligação (sim/não)		
	Caixa de contador (sim/não)		
	Localização caixa de contador (coordenadas)		
	Caixa de contador de incêndio independente (sim/não)		
	Localização da caixa de contador de incêndio (coordenadas)		
	Diâmetro do ramal (mm)		
	Material do ramal		
	Passador de selar (sim/não)		
	Selo (sim/não)		
	Válvula redutora de pressão (sim/não)		
	Filtro (sim/não)		
	Válvula de corte de ramal (sim/não)		
	Caraterísticas da infraestrutura pública	Pressão medida/estimada (mca)	
		Diâmetro da conduta de abastecimento	
		Material da conduta de abastecimento	
	Ramal de Incêndio	Independente (sim/não)	
		Diâmetro do ramal (mm)	
		Material do ramal	
		Passador de selar (sim/não)	
		Passador de selar (com/sem manípulo)	
		Selo (sim/não)	
		Válvula de corte de ramal (sim/não)	
Condições de combate a incêndio	Cisterna de incêndio (sim/não)		
	Volume da cisterna de incêndio (m3)		
	Localização da cisterna de incêndio (coordenadas)		
	Rede de combate a incêndio	Instalação (enterrada/à vista)	
		Material (FG/Al/PEAD/...)	
		Ligada à rede de distribuição (sim/não)	
	Meios de combate a incêndio	B. I. sem ligação storz - 1ª intervenção (sim/não)	
		B. I. com ligação storz - 2ª intervenção (sim/não)	
		Rede de Sprinklers (sim/não)	
		Marcos de Incêndio (sim/não)	
		Canhões de Água (sim/não)	
Outras informações	Fonte alternativa de combate (sim/não/qual)		
	Grupos sobrepressores de combate a incêndio (motobomba/electrobomba)		
	Captação alternativa para combate a incêndio (sim/não/qual)		
Observações			
1) Nos casos de haver "by-pass", no momento da vistoria dever-se-á fechar o passador, colocar selo e registar o número 2) O leitor (ou outro colaborador) nas próximas leituras ou visitas, terá que confirmar se o local continua selado com o mesmo selo 3) Nos casos em que não houver passador de fecho, dever-se-á notificar o proprietário para o instalar.			

Fig. A2.29 – Folha de Registo – Vistorias de Ramais de Incêndio

Sistema Principal (SP) - Água Entrada no Sistema (AES) - m^3														
PONTO DE ENTREGA	**ANO**	**JAN**	**FEV**	**MAR**	**ABR**	**MAI**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SET**	**OUT**	**NOV**	**DEZ**	**TOTAL**
Abelheira	2015	25 598	22 987	26 579	29 712	32 642	40 748	31 722	37 579	38 339	41 650	37 386	32 030	396 972
	2016	31 676	30 861	34 323	29 947	34 060	32 406	39 047	39 140	33 478	29 790	29 853	26 518	391 099
	2017	28 022	26 076	27 591	29 082	29 298	26 294	26 863	31 102	24 356	28 881	21 060	21 404	320 029
Provisende	2015	12 339	13 392	16 891	11 663	11 736	17 166	13 445	16 718	16 918	16 987	14 706	14 096	176 057
	2016	13 168	10 813	13 080	11 395	12 788	14 593	17 858	20 029	15 904	13 819	15 274	14 019	172 740
	2017	14 882	11 967	12 214	13 339	13 138	13 899	17 823	21 865	15 916	18 747	15 431	15 114	184 335
Souto Redondo	2015	14 348	12 095	12 331	14 326	15 758	18 749	16 497	22 110	24 908	24 175	19 151	17 254	211 702
	2016	16 089	13 552	18 826	15 850	13 837	15 442	22 336	29 353	27 031	24 422	25 032	21 189	242 959
	2017	21 304	17 700	18 457	19 461	18 112	18 054	17 682	22 010	17 099	19 128	17 689	14 225	220 921
Ameixieira	2015	6 182	5 690	5 546	6 630	5 854	9 879	5 808	7 153	9 538	6 001	6 623	4 456	79 360
	2016	4 978	5 088	5 087	4 454	5 348	5 492	5 589	6 211	5 969	5 714	6 192	5 696	65 818
	2017	5 722	5 234	5 011	4 791	4 415	4 597	4 579	5 982	4 305	4 893	4 210	3 887	57 626
Forcada	2015	12 127	11 328	13 616	12 229	11 236	16 918	13 995	17 078	18 880	20 621	17 993	16 717	182 738
	2016	16 151	14 766	16 242	14 209	15 168	17 923	17 434	18 848	16 449	14 523	13 693	14 737	190 143
	2017	15 153	13 427	14 468	15 598	14 607	14 887	15 753	20 740	19 221	16 314	12 525	12 110	184 803
Moldes	2015	62 944	52 255	53 810	59 650	57 874	65 291	35 419	47 095	52 145	52 833	46 067	38 974	624 357
	2016	36 804	29 177	36 017	34 270	38 711	41 058	51 472	59 504	50 479	44 321	39 213	36 446	497 472
	2017	37 764	31 308	29 238	36 914	38 891	44 222	51 145	55 638	46 675	42 816	35 976	40 713	491 300
TOTAL	2015	133 538	117 747	128 773	134 210	135 100	168 751	116 886	147 733	160 728	162 267	141 926	123 527	1 671 186
	2016	118 866	104 257	123 575	110 125	119 912	126 914	153 736	173 085	149 310	132 589	129 257	118 605	1 560 231
	2017	122 847	105 712	106 979	119 185	118 461	121 953	133 845	157 337	127 572	130 779	106 891	107 453	1 459 014

Fig. A2.30 – Volumes de Água Entrada no Sistema por PE no triénio 2015-2017

Subsistema	Freguesia	Reservatório	Bóia (S / N)	Perdas (S / N)	Impermeabilização (S / N)	Segurança (Aloquete / Chaves)	Observações (Substituição de passadores / etc)
SAA-201-Abelheira	Escariz	Cimo da Inha	Sim	Não	Não	Aloquete	Falta fechadura.
	Mansores	Agras	Sim	Não	Não	Aloquete	-
	Mansores	Mata	Sim	Não	Não	Não tem	Não tem palca de cobertura.
	Mansores	Vista Alegre\Mansores	Sim	Não	Não	Chave	Tampas partidas.
SAA - Soutelo	Chave	Soutelo	Não	Sim	Não	Não tem	Alimentado por uma mina. Aguarda alteração da rede para ser incluído no Sistema Principal.
SAA-203-Souto Redondo	Rossas	Rossas-Cavada	Não	Não	Não	Não tem	Aguarda alteração da rede para ser desativado.
	Rossas	Rossas-Regadas	Não	Sim	Não	Não tem	Aguarda alteração da rede para ser desativado.
	~~Rossas~~	~~Trigal~~	-	-	-	-	~~Desativado~~
	Várzea	Sanfins-Várzea	Sim	Não	Não	Não tem	Aguarda alteração da rede para ser desativado.
	Tropeço	Pousadouro-Tropeço	Sim	Não	Não	Aloquete	-
	Tropeço	Barrol-Tropeço	Sim	Não	Não	Não tem	-
	Tropeço	S.João-Tropeço	Sim	Sim	Não	Aloquete	Perde água através das paredes.
SAA Jugueiros	~~Várzea~~	~~Jugueiros-Várzea~~	-	-	-	-	~~Desativado.~~
SAA-204-Ameixieira	Sta Eulália	Chãos	Não	Sim	Não	Não tem	Desativação dependente de uma alteração da rede.
	Sta Eulália	Ameixieira	Sim	Não	Não	Chave	-
	Sta Eulália	Santa Maria do Monte	Não	Sim	Não	Não tem	Perdas na conduta adutora.
	Urrô	Nogueiró / Fráguas	Não	Sim	Não	Não tem	
SAA-206-Arouca/S. Pedro	Urrô	Pinheiral	Sim	Não	Não	Não tem	-
	Urrô	Urrô	Sim	Não	Não	Aloquete	-
SAA-205-Forcada	UF Arouca e Burgo	Forcada	Sim	Não	Não	Chave	-
	UF Arouca e Burgo	Porto Escuro	Sim	Não	Não	Não tem	Perde água através das paredes.
SAA-206-Arouca	UF Arouca e Burgo	Portela	Sim	Não	Não	Aloquete	-
	UF Arouca e Burgo	S.Pedro	Sim	Não	Não	Não tem	-
	UF Arouca e Burgo	Pernouzela ZB	Não	Sim	Sim	Chave	Perdas na conduta adutora.
	UF Arouca e Burgo	Cabral	Não	Sim	Não	Não tem	Perdas na conduta adutora.
	Moldes	Vila Nova do Pisco	Sim	Não	Não	Aloquete	-
	UF Arouca e Burgo	Vila Nova	Não	Sim	Sim	Chave	Necessário controlo de nível.
SAA - Friães	Moldes	Friães	Não	Sim	Não	Não tem	Necessário controlo de nível.
SAA - Fuste	Moldes	Fuste	Não	Sim	Não	Aloquete	Funcionameto com furo (relógio).

Fig. A2.31 – Folha de Registo – Levantamento de perdas e segurança em reservatórios

APLICAÇÃO - Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas
1. Controlo de Ocorrências
2. Monitorização de Infraestruturas
3. Atualização de Cadastro

1. Controlo de Ocorrências
1.1. Roturas (registo a partir de OS ou a partir da aplicação)
1.1. Faltas de Água (registo a partir de OS ou a partir da aplicação)
1.1. Faltas de Pressão (registo a partir de OS ou a partir da aplicação)
(permitia o "fecho" da OS na altura da realização do serviço)
(as tabelas desenvolvidas estariam na base da aplicação)
(apenas check-list, sem necessidade de texto)

2. Monitorização de Infraestruturas
2.1. Monitorização de Reservatórios (Totalizadores; Nível; Cloro; GSM; Data último input)
2.2. Mnitorização de EE (Estado; Totalizador; Consumo energético)
2.3. Monitorização VRPs (Pressões; Data último input)
2.4. Monitorização Cloro Residual (Registos; Data último input)
2.5. Monitorização Ventosas (Estado; Data último input)
2.6. Monitorização Válvulas Seccionamento (Estado; Data último input)
2.7. Monitorização Descargas de fundo (Estado; Data último input)
2.8. Monitorização Bocas de Incêndio (Estado; Data último input)
2.9. Monitorização Origens Autónomas (Estado; Data último input)
2.10. Monitorização Fontanários (Estado; Avisos; Data último input)

3. Atualização de Cadastro
3.1. Condutas
3.2. VRPs
3.3. Ventosas
3.4. Válvulas Seccionamento
3.5. Descargas de fundo
3.6. Bocas de incêndio

Fig. A2.32 – Proposta de Aplicação – Linhas gerais

LAYOUT
1. Mapa com os Sistemas - SAA
2. IFH identificadas
2.1. Reservatórios
2.2. VRPs
3. Ocorrências identificadas
3.1. Roturas
3.2. Faltas de águas
3.3. Faltas de pressão
4. Dados rápidos por Reservatório
4.1. Alerta GSM
4.2. Data último input
4.2. Dados última visita (nível; cloro)

Fig. A2.33 – Proposta de Aplicação – Layout

DADOS SUBSISTEMAS
1. Consumos (Doméstico; Público)
2. População abastecida
3. Perdas estimadas
4. Infraestruturas
5. Histórico de ocorrências

INPUTS EXTERNOS
1. Leitura "online" dos consumos de entrada do abastecimento em alta
2. Previsão de tempo IPMA (no dias e nos dias seguintes)

HISTÓRICOS DE DADOS
(dados guardados em .xls, de acordo com a base mais conveniente.)

Fig. A2.34 – Proposta de Aplicação – Dados

OTIMIZAÇÃO DA GESTÃO OPERACIONAL DE INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS
1- Diminuição do Risco, através da diminuição da Probabilidade de falha
2- Aumento da Fiabilidade do Sistema de Abastecimento de Água
3- Controlo de Perdas (através da deteção de Roturas e Consumos anómalos)
4- Controlo da Qualidade da Água (através das ações de monitorização)
5- Disponibilidade de Dados Reais de Exploração, gerados automaticamente
6- Incremento da Qualidade do Serviço (redução do número de ocorrências; diminuição do tempo de resposta
7- Ferramenta de apoio à tomada de decisão
8- Gestão Operacional Informada Pelo Risco (cálculo automático do Risco das diferentes componentes do sistema)

Fig. A2.35 – Proposta de Aplicação – Desafios

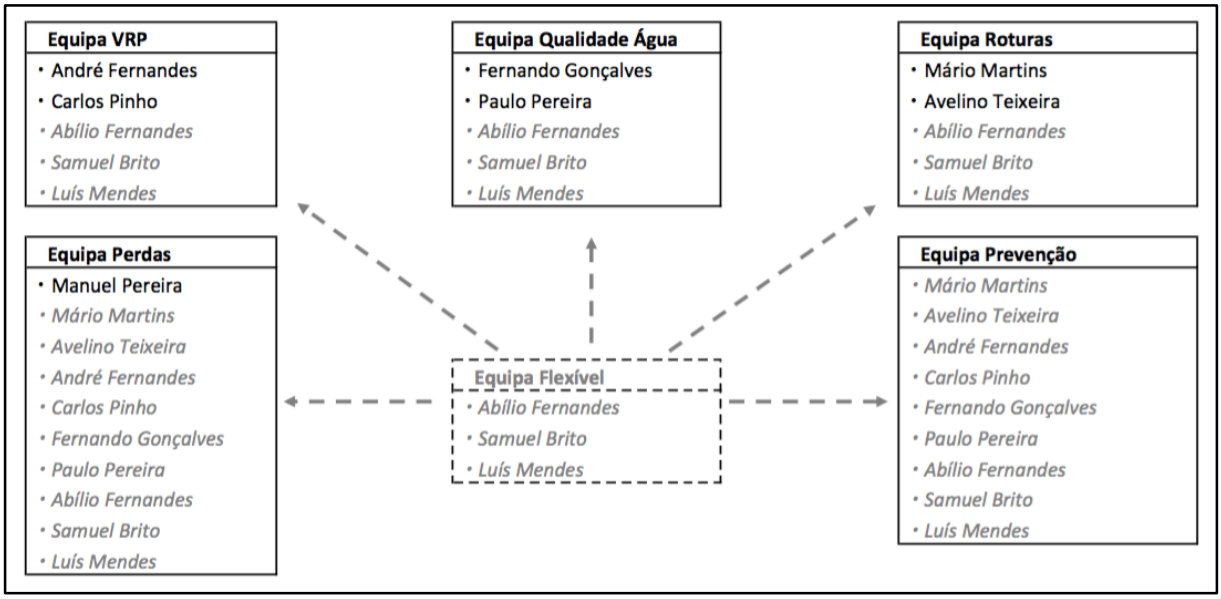


Fig. A2.36 – Gestão de recursos humanos – Estruturação de equipas de exploração do SAA-Arouca

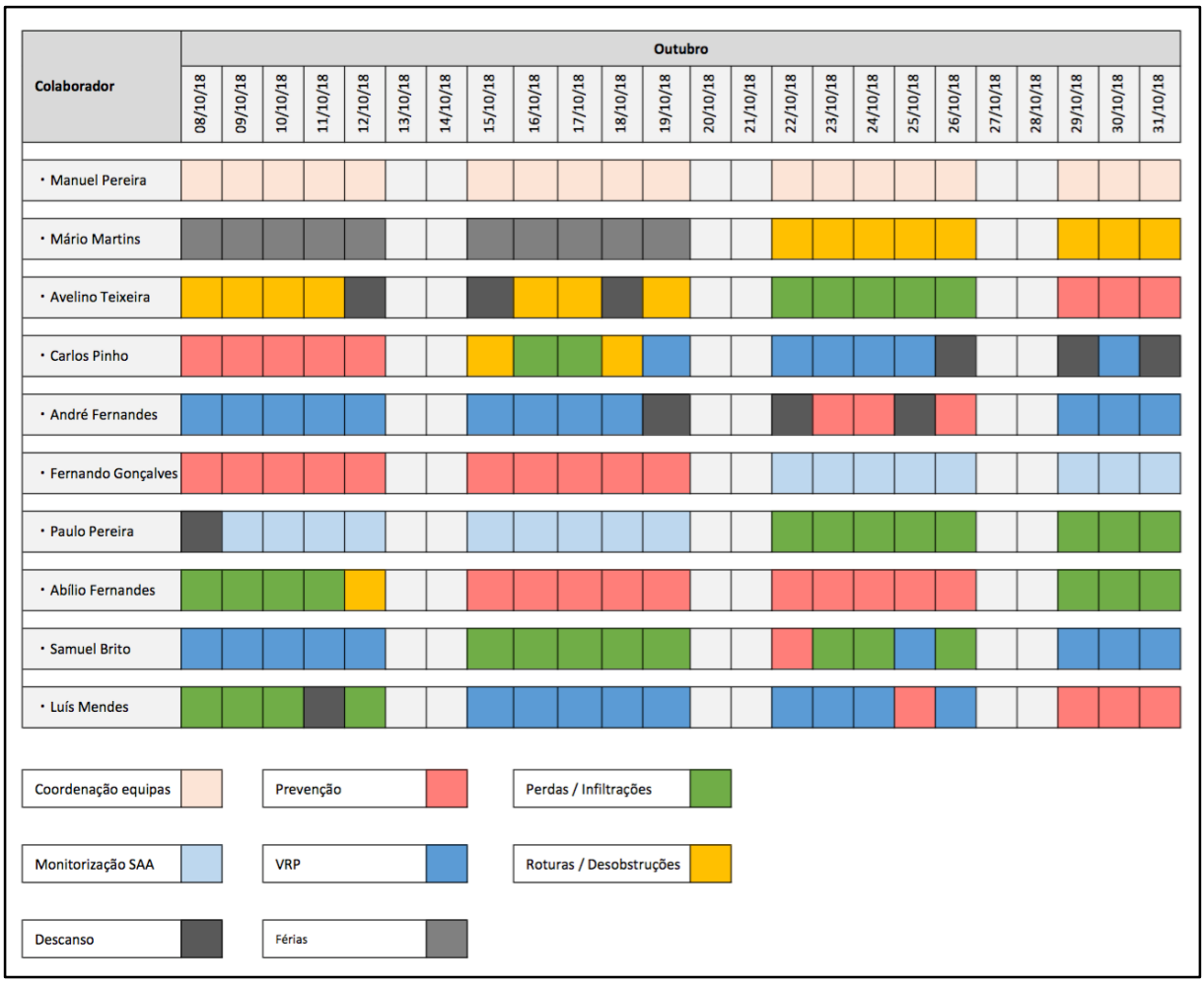


Fig. A2.37 – Gestão de recursos humanos – Planeamento de equipas

Tabela A2.2 – Subsistemas do SAA-Arouca sem abastecimento em alta (AdN, 2017)

Cód.	Subsistema	Origem	Cód.	Subsistema	Origem
1.1	Cabeçais	1 Mina	4.2	Barreiros	1 Poço
1.3	Belece	1 Furo; 1 Mina	4.3	Santa-Eulália	2 Minas
1.4	Viso	1 Furo	4.5	Nogueiró	1 Mina; 1 Furo
1.5	Borralhoso	1 Furo	5.1	Forcada	5 Minas
1.6	Mosteirô	1 Furo	6.1	Vila de Arouca	1 Mina; 2 Furos; 1 Poço
1.7	Carvalhal Redondo	1 Furo; 1 Poço	6.2	Pernouzela	2 Minas; 1 Furo
1.8	Cela do Arda	1 Furo	6.3	Costeiras	1 Furo
1.9	Vila de Mansores	1 Mina; 1 Furo	6.4	Moldes	2 Minas
1.10	Estrada e Agras	1 Mina	6.5	Chãos	2 Furos
1.11	Mata	1 Mina	7	Canelas	3 Furos
1.12	Soutelo	1 Mina	8	Alvarenga	1 Furo; 1 Mina
2.1	Provizende	1 Mina	9	Vilarinho	1 Furo
2.2	Chave	2 Minas; 1 Furo	10	Gamarão	1 Furo
2.3	Saril	1 Furo	11	Vila Cova	1 Furo
2.4	Póvoa	1 Mina	12	Espiunca	1 Furo
2.5	Regada	1 Poço	13	Vilar de Servos	1 Furo
2.6	Caçus	1 Poço; 1 Mina	14	Paradinha	1 Furo
2.7	Nabais	1 Poço	15	Serabigões	1 Furo
3.1	Lourosa de Matos	1 Mina	16	Vila Viçosa	1 Furo
3.2	Regadas	1 Furo	17	Ponte de Telhe	1 Mina
3.3	Cavada	1 Furo	18	Telhe	1 Furo
3.4	Trigal	1 Furo	19	Fuste	1 Furo
3.5	Sanfins	1 Furo	20	Covêlo de Paivó	1 Mina
3.6	Amieiro	1 Furo	21	Cando	1 Mina
3.7	Santa Bárbara	2 Furos	22	Regoufe	1 Mina
3.8	Jugueiros	1 Furo	23	Tebilhão	1 Mina
3.9	Urrô	1 Furo	24	Cabreiros	1 Mina
3.10	Pinheiral	1 Furo	25	Castanheira	1 Mina
4.1	Santa Maria do Monte	1 Mina; 1 Furo	26	Friães	1 Furo; 1 Mina

Tabela A2.3 – Subsistemas do SAA-Arouca, em 2015 (fonte: Águas do Norte, S.A.)

Cód.	Subsistema	Origem / PE (AdDP)	Cód.	Subsistema	Origem
1	Abelheira	PE 045 - Abelheira	12	Espiunca	1 Furo
2	Provizende	PE 054 - Provizende	13	Vilar de Servos	1 Furo
3	Souto Redondo	PE 055 Souto Redondo	14	Paradinha	1 Furo
4	Ameixieira	PE 056 - Ameixieira	15	Serabigões	1 Furo
5	Forcada	PE 057 - Forcada	16	Vila Viçosa	1 Furo
6	Moldes	PE 058 - Moldes	18	Telhe	1 Furo
1.4	Viso	1 Furo	19	Fuste	1 Furo
1.11	Mata	1 Mina	20	Covêlo de Paivó	1 Mina
1.12	Soutelo	1 Mina	21	Cando	1 Mina
7	Canelas	3 Furos	22	Regoufe	1 Mina
8	Alvarenga	1 Furo; 1 Mina	23	Tebilhão	1 Mina
9	Vilarinho	1 Furo	24	Cabreiros	1 Mina
10	Gamarão	1 Furo	25	Castanheira	1 Mina
11	Vila Cova	1 Furo	26	Friães	1 Furo; 1 Mina

Tabela A2.4 – Subsistemas do SAA-Arouca, em 2017 (AdN, 2017)

Cód.	Subsistema	Origem / PE (AdDP)	Designação Subsistema (AdN)	Cód. AdN
1	Abelheira	PE 045 - Abelheira	ARO-SM AdDP	2-AR-677
2	Provizende	PE 054 - Provizende		
3	Souto Redondo	PE 055 Souto Redondo		
4	Ameixieira	PE 056 - Ameixieira		
5	Forcada	PE 057 - Forcada		
6	Moldes	PE 058 - Moldes		
1.4	Viso	1 Furo	ARO-Viso	2-AR-689
7	Canelas	3 Furos	ARO-Canelas	2-AR-667
8	Alvarenga	1 Furo; 1 Mina	ARO-Espirito Santo Alvarenga	2-AR-666
9	Vilarinho	1 Furo	ARO-Vilarinho Canelas	2-AR-668
10	Gamarão	1 Furo	ARO-Gamarão	2-AR-690
11	Vila-Cova	1 Furo	ARO-Vila Cova-Espiunca	2-AR-665
12	Espiunca	1 Furo	ARO-Melres - Espiunca	2-AR-664
13	Vilar de Servos	1 Furo	ARO-Vilar de Servos Alvarenga	2-AR-669
14	Paradinha	1 Furo	ARO-Paradinha Alvarenga	2-AR-670
15	Serabigões	1 Furo	ARO-Serabigões-Espiunca	2-AR-663
16	Vila Viçosa	1 Furo	ARO-Vila Viçosa Espiunca	2-AR-662
18	Telhe	1 Furo	ARO-Telhe	2-AR-671
19	Fuste	1 Furo	ARO-Fuste Moldes	2-AR-681
20	Covêlo de Paivó	1 Mina	ARO-Covelo de Paivô	2-AR-672
21	Cando	1 Mina	ARO-Cando Cabreiros	2-AR-673
22	Regoufe	1 Mina	ARO-Regoufe	2-AR-674
23	Tebilhão	1 Mina	ARO-Tebilhão	2-AR-675
24	Cabreiros	1 Mina	ARO-Cabreiros	2-AR-676
25	Castanheira	1 Mina	ARO-Castanheira	2-AR-683

Tabela A2.5 – Fontanários do SAA-Arouca, em 2017 (AdN, 2017)

Fontanário	Origem	Freguesia	Designação Subsistema AdN	Cód. AdN
Noninha	Mina de Bustelo	Alvarenga	ARO-Fontanário de Noninha-Alvarenga	2-AR-714
Bustelo	Mina do Fontanário Bustelo	Alvarenga	ARO-Fontanário de Bustelo-Alvarenga	2-AR-713
Donim	Mina de Donim	Alvarenga	ARO-Fontanário de Donim-Alvarenga	2-AR-712
Mealha	Mina da Mealha	UF de Canelas e Espiunca	ARO-Fontanário de Mealha-Canelas	2-AR-711
Rio de Frades	Mina de Rio de Frades	UF de Cabreiros e Albergaria da Serra	ARO-Fontanário do Rio de Frades	2-AR-710
Miraves	Mina de Miraves	Chave	ARO-Fontanário de Miraves	2-AR-702
Meitriz	Mina de Meitriz	UF de Covêlo de Paivô e Janarde	ARO-Fontanário de Meitriz-Janarde	2-AR-716
Silveiras	Mina de Silveiras	UF de Covêlo de Paivô e Janarde	ARO-Fontanário de Silveiras-Janarde	2-AR-717
Janarde	Mina de Janarde	UF de Covêlo de Paivô e Janarde	ARO-Fontanário de Janarde	2-AR-715
Adaúfe	Mina de Adaúfe	Moldes	ARO-Fontanário de Adaúfe-Moldes	2-AR-705
Bustelo	Mina de Bustelo	Moldes	ARO-Fontanário de Bustelo-Moldes	2-AR-707
Granja	Mina da Granja	Moldes	ARO-Fontanário de Granja-Moldes	2-AR-706
Ribeira	Mina da Ribeira	Tropeço	ARO-Fontanário Ribeira	2-AR-701
Covelas	Mina das Covelas	São Miguel do Mato	ARO-Fontanário Covelas	2-AR-700
Viso	Mina do Viso	São Miguel do Mato	-	-
Merujal	Mina do Merujal	Urrô	ARO-Fontanário de Merujal-Urrô	2-AR-703
Albergaria da Serra	Mina Albergaria da Serra	UF de Cabreiros e Albergaria da Serra	ARO-Fontanário da Albergaria da Serra	2-AR-704
Póvoa	Mina da Póvoa	Moldes	ARO-Fontanário de Póvoa-Moldes	2-AR-708
Cabreiros	Mina de Cabreiros	UF de Cabreiros e Albergaria da Serra	ARO-Fontanário de Cabreiros	2-AR-709

Tabela A2.6 – Captações do SAA-Arouca, em 2017 (AdN, 2017)

Captação	**Subsistema**	**Cód. AdN**	**Fase do Ciclo de Vida**
Poço da Mata	Abelheira	-	Fora de serviço
Mina de Soutelo		2-AR-677-201-PMS	Fora de serviço
Furo de Ferreiros 1	Souto Redondo	-	Fora de serviço
Furo de Ferreiros 2		2-AR-678-201-PFE	Em exploração
Furo de Jugueiros		2-AR-680-201-PJU	Fora de serviço
Furo do Pinheiral		2-AR-679-201-PPI	Fora de serviço
Mina de Santa Maria do Monte	Ameixieira	-	Fora de serviço
Furo de Vila Nova	Moldes	-	Em exploração
Furo do Bunker		-	Fora de serviço
Furo do Viso	Viso	-	Em exploração
Mina do Viso		-	Em exploração
Furo de Canelas 1	Canelas	2-AR-667-201-PC1	Em exploração
Furo de Canelas 2		2-AR-667-201-PC2	Fora de serviço
Furo de Canelas 3		2-AR-667-201-PC3	Em exploração
Furo de Canelas 4		2-AR-667-201-PC4	Em exploração
Furo de Bustelo	Alvarenga	-	Em exploração
Nascente de Bustelo		2-AR-666-201-PBU	Em exploração
Furo do Espírito Santo		-	Em exploração
Furo de Vilarinho	Vilarinho	2-AR-668-201-PVI	Em exploração
Furo do Gamarão	Gamarão	-	Em exploração
Furo de Vila Cova	Vila Cova	2-AR-665-201-PVC	Em exploração
Furo de Melres	Espiunca	2-AR-664-201-PME	Em exploração
Furo de Vilar de Servos	Vilar de Servos	2-AR-669-201-PVS	Em exploração
Furo da Paradinha	Paradinha	2-AR-670-201-PPA	Em exploração
Furo de Serabigões	Searabigões	2-AR-663-201-PSA	Em exploração
Furo de Vila Viçosa	Vila Viçosa	-	Em exploração
Nascente de Macieira 1		2-AR-662-201-P1M	Fora de serviço
Nascente de Macieira 2		2-AR-662-201-P2M	Fora de serviço
Furo de Telhe	Telhe	2-AR-671-201-PTL	Em exploração
Furo de Fuste	Fuste	-	Em exploração

Mina do Cando 1		2-AR-681-201-PM1	Fora de serviço
Mina do Cando 2		2-AR-681-201-PM2	Fora de serviço
Mina de Pertebelho		2-AR-682-201-PMP	Fora de serviço
Mina de Covêlo de Paivó	Covêlo de Paivó	2-AR-672-201-PCP	Em exploração
Mina do Cando	Cando	2-AR-673-201-PMC	Em exploração
Mina de Regoufe	Regoufe	2-AR-674-201-PRG	Em exploração
Poço de Regoufe		-	Em exploração
Mina de Tebilhão	Tebilhão	2-AR-675-201-PMT	Em exploração
Mina de Cabreiros	Cabreiros	2-AR-676-201-PMC	Em exploração
Mina da Castanheira	Castanheira	2-AR-683-201-PMC	Em exploração

Tabela A2.7 – Reservatórios do SAA-Arouca em 2017 (AdN, 2017)

Reservatório	Volume	Subsistema	Designação AdN	Cód. AdN	Fase do Ciclo de Vida
Cimo da Inha	500 m^3	Abelheira	RR Cimo da Inha	2-AR-677-206-RCI	Em exploração
Agras	20 m^3		RR Agras	2-AR-677-206-RAG	Em exploração
Vista Alegre	200 m^3		RR Vista Alegre-Mansores	2-AR-677-206-RVA	Em exploração
Mata	40 m^3		RR Mata	2-AR-677-206-RMT	Fora de serviço
Soutelo	-		RR Soutelo	2-AR-677-206-RSO	Fora de serviço
Regadas	12 m^3	Souto Redondo	RR Rossas-Regadas	2-AR-677-206-RRR	Em exploração
Cavada	12 m^3		RR Rossas-Cavada	2-AR-677-206-RSC	Fora de serviço
Trigal	-		RR Trigal	2-AR-677-206-RTG	Fora de serviço
Jugueiros	-		RR Jugueiros-Várzea	2-AR-677-206-RJV	Fora de serviço
Urrô	40 m^3		RR Urrô	2-AR-677-206-RUR	Fora de serviço
Sanfins	12 m^3		RR Sanfins-Várzea	2-AR-677-206-RSV	Fora de serviço
Pinheiral	40 m^3		RR Pinheiral	2-AR-677-206-RPI	Em exploração
Pousadouro	50 m^3		RR Pousadouro-Tropeço	2-AR-677-206-RPT	Em exploração
Santa Bárbara	-		RR Sta Bárbara	2-AR-677-206-RSB	Fora de serviço
Barrol	20 m^3		RR Barrol-Tropeço	2-AR-677-206-RBA	Em exploração
São João	20 m^3		RR S.João-Tropeço	2-AR-677-206-RSJ	Em exploração
Ameixieira	400 m^3	Ameixieira	RR Ameixieira	2-AR-677-206-RAM	Em exploração
Santa Maria do Monte	80 m^3		RR Santa Maria do Monte	2-AR-677-206-RMM	Em exploração
Fráguas	40 m^3		RR Nogueiró-Fráguas	2-AR-677-206-RNO	Em exploração
Forcada	400 m^3	Forcada	RR Forcada	2-AR-677-206-RFO	Em exploração
Porto Escuro	40 m^3		RR Porto Escuro	2-AR-677-206-RPE	Em exploração
Portela	100 m^3	Moldes	RR Portela-Moldes	2-AR-677-206-RPO	Em exploração
São Pedro	240 m^3		RR S.Pedro	2-AR-677-206-RSP	Em exploração
Pernouzela 1	-		RR Pernouzela ZA	2-AR-677-206-RPA	Em exploração
Pernouzela 2	180 m^3		RR Pernouzela ZB	2-AR-677-206-RPB	Em exploração
Cabral	20 m^3		RR Cabral	2-AR-677-206-RCB	Em exploração

Vila Nova	240 m^3		RR Vila Nova	2-AR-677-206-RVN	Em exploração
Chãos	40 m^3		RR Chãos	2-AR-677-206-RCH	Em exploração
Vila Nova do Pisco	40 m^3		RR Vila Nova do Pisco	2-AR-677-206-RVP	Fora de serviço
Viso	-	Viso	RR Viso-São Miguel do Mato	2-AR-702-206-RVM	Em exploração
Canelas	380 m^3	Canelas	RR Canelas	2-AR-667-206-RCA	Em exploração
Espírito Santo	380 m^3		RR Espírito Santo	2-AR-666-206-RES	Em exploração
Pade	175 m^3	Alvarenga	RR Pade	2-AR-666-206-RPA	Em exploração
Várzeas	175 m^3		RR Várzeas	2-AR-666-206-RVZ	Em exploração
Vilarinho	40 m^3	Vilarinho	RR Vilarinho	2-AR-668-206-RVI	Em exploração
Gamarão	-	Gamarão	RR Gamarão	2-AR-703-206-RGM	Em exploração
Vila Cova	40 m^3	Vila Cova	RR Vila Cova	2-AR-665-206-RVC	Em exploração
Melres	12 m^3	Espiunca	RR Melres-Espiunca	2-AR-664-206-RME	Em exploração
Vilar de Servos	1 m^3	Vilar de Servos	RR Vilar de Servos	2-AR-669-206-RVS	Em exploração
Paradinha	12 m^3	Paradinha	RR Paradinha	2-AR-670-206-RPA	Em exploração
Serabigões	20 m^3	Serabigões	RR Sarabigões	2-AR-663-206-RSA	Em exploração
Vila Viçosa	20 m^3	Vila Viçosa	RR Vila Viçosa	2-AR-662-206-RVV	Em exploração
Telhe	10 m^3	Telhe	RR Telhe	2-AR-671-206-RTL	Em exploração
Fuste	20 m^3	Fuste	RR Fuste	2-AR-681-206-RFU	Em exploração
Friães	12 m^3		RR Friães	2-AR-681-206-RFR	Em exploração
Covêlo de Paivó	12 m^3	Covêlo de Paivó	RR Covêlo de Paivó	2-AR-672-206-RCP	Em exploração
Cando	20 m^3	Cando	RR Cando	2-AR-673-206-RCD	Em exploração
Regoufe 1	20 m^3	Regoufe	RR Regoufe	2-AR-674-206-RRG	Em exploração
Regoufe 2	10 m^3		-	-	Em exploração
Tebilhão	20 m^3	Tebilhão	RR Tebilhão	2-AR-675-206-RTB	Em exploração
Cabreiros	10 m^3	Cabreiros	RR Cabreiros	2-AR-676-206-RCA	Em exploração
Castanheira	20 m^3	Castanheira	RR Castanheira	2-AR-683-206-RCT	Em exploração

Tabela A2.8 – Estações Elevatórias do SAA-Arouca, em 2017 (AdN, 2017)

Estação Elevatória	Subsistema	Designação Subsistema AdN	Cód. AdN	Fase do Ciclo de Vida
Furo de Ferreiros 1	Souto Redondo			Fora de serviço
Furo de Ferreiros 2		EE Ferreiros 2 Furo	2-AR-677-205-EF2	Em exploração
Furo de Jugueiros		EE Jugueiros-Várzea	2-AR-677-205-EJV	Fora de serviço
Furo do Pinheiral				Fora de serviço
Novais	Moldes	EE Novais	2-AR-677-205-ENV	Em exploração
Casinha		-	-	Fora de serviço
Várzea		-	-	Fora de serviço
Furo de Vila Nova		-	-	Em exploração
Furo do Bunker		-	-	Fora de serviço
Furo do Viso	Viso	EE Viso-S. Miguel do Mato Furo	2-AR-702-205-EVM	Em exploração
Furo de Canelas 1	Canelas	EE Canelas Furo 1	2-AR-667-205-EC1	Em exploração
Furo de Canelas 2		-	-	Fora de serviço
Furo de Canelas 3		EE Canelas Furo 3	2-AR-667-205-EC3	Em exploração
Furo de Canelas 4		EE Canelas Furo 4	2-AR-667-205-EC4	Em exploração
Furo de Bustelo	Alvarenga	EE Furo de Bustelo	2-AR-666-205-EFB	Em exploração
Furo do Espírito Santo		-	-	Em exploração
Vila Galega		EE Vila Galega Alvarenga	2-AR-666-205-EVG	Em exploração
Furo de Vilarinho	Vilarinho	EE Vilarinho Canelas Furo	2-AR-668-205-EVC	Em exploração
Furo do Gamarão	Gamarão	EE Furo Gamarão	2-AR-703-205-EFG	Em exploração
Furo de Vila Cova	Vila Cova	EE Vila Cova Espiunca Furo	2-AR-665-205-EVE	Em exploração
Furo de Melres	Espiunca	EE Melres Espiunca Furo	2-AR-664-205-EME	Em exploração
Furo de Vilar de Servos	Vilar de Servos	EE Vilar de Servos Alvarenga Furo	2-AR-669-205-EVS	Em exploração
Furo da Paradinha	Paradinha	EE Paradinha Alvarenga Furo	2-AR-670-205-EPA	Em exploração
Furo de Serabigões	Serabigões	EE Sarabigões Espiunca Furo	2-AR-663-205-ESE	Em exploração

Furo de Vila Viçosa	Vila Viçosa	EE Vila Viçosa Espiunca Furo	2-AR-662-205-EVV	Em exploração
Furo de Telhe	Telhe	EE Telhe Janarde Furo	2-AR-671-205-ETJ	Em exploração
Furo de Fuste	Fuste	EE Furo de Fuste	2-AR-681-205-EFF	Em exploração

Tabela A2.9 – Extensões das Adutoras do SAA-Arouca, em 2017 (AdN, 2017)

Subsistema	**Extensão** (m)	**Subsistema**	**Extensão** (m)
Abelheira	3598	Vilar de Servos	142
Provizende	-	Paradinha	18
Souto Redondo	9134	Serabigões	458
Ameixieira	3900	Vila Viçosa	2048
Forcada	1347	Telhe	353
Moldes	3697	Fuste	1209
Canelas	450	Covêlo de Paivó	187
Alvarenga	6171	Cando	620
Vilarinho	383	Regoufe	1938
Gamarão	730	Tebilhão	1319
Vila-Cova	147	Cabreiros	1245
Espiunca	161	Castanheira	222

Tabela A2.10 – Instalações de Tratamento de Água do SAA-Arouca, em 2017 (AdN, 2017)

Instalação de Tratamento	Subsistema	Designação AdN	Cód. AdN	Fase do Ciclo de Vida
Ferreiros	Souto Redondo	Ferreiros 2	2-AR-677-204-PFE	Em exploração
Canelas	Canelas	RR Canelas	2-AR-667-204-RCA	Em exploração
Espírito Santo	Alvarenga	ETA Espírito Santo	2-AR-666-204-TES	Em exploração
Vilarinho	Vilarinho	RR Vilarinho	2-AR-668-204-RVI	Em exploração
Gamarão	Gamarão	RR Gamarão	2-AR-690-204-RGM	Em exploração
Vila Cova	Vila Cova	RR Vila Cova	2-AR-665-204-RVC	Em exploração
Melres	Espiunca	RR Melres-Espiunca	2-AR-664-204-RME	Em exploração
Vilar de Servos	Vilar de Servos	RR Vilar de Servos	2-AR-669-204-RVS	Em exploração
Paradinha	Paradinha	RR Paradinha	2-AR-670-204-RPA	Em exploração
Serabigões	Serabigões	RR Serabigões	2-AR-663-204-RSA	Em exploração
Vila Viçosa	Vila Viçosa	RR Vila Viçosa	2-AR-662-204-RVV	Em exploração
Telhe	Telhe	RR Telhe	2-AR-671-204-RTL	Em exploração
Fuste	Fuste	RR Fuste	2-AR-681-204-RFU	Em exploração
Covêlo de Paivó	Covêlo de Paivó	RR Covelo de Paivó	2-AR-672-204-RCP	Em exploração
Cando	Cando	RR Cando	2-AR-673-204-RCD	Em exploração
Tebilhão	Tebilhão	RR Tebilhão	2-AR-675-204-RTB	Em exploração
Cabreiros	Cabreiros	RR Cabreiros	2-AR-676-204-RCA	Em exploração

Tabela A2.11 – Extensões das Redes de Distribuição do SAA-Arouca, em 2017 (AdN, 2017)

Subsistema	**Extensão** (m)	**Subsistema**	**Extensão** (m)
Abelheira	82897	Vilar de Servos	252
Provizende	51157	Paradinha	644
Souto Redondo	68619	Serabigões	1195
Ameixieira	12896	Vila Viçosa	6124
Forcada	27929	Telhe	793
Moldes	75864	Fuste	1543
Canelas	10737	Covêlo de Paivó	938
Alvarenga	27563	Cando	436
Vilarinho	2194	Regoufe	719
Gamarão	1210	Tebilhão	730
Vila-Cova	1722	Cabreiros	1126
Espiunca	1685	Castanheira	1049

Tabela A2.12 – Distribuição de clientes por tipologia (AdN, 2017)

Tipologia de Cliente	**Quantidade**	
Doméstico	5820	86,27%
Comércio/Indústria/Serviços	558	8,27%
IPSS/ISFL	38	0,56%
Autarquias	53	0,79%
Estado	15	0,22%
Consumos Próprios	2	0,03%
Tarifa Familiar - 5 pessoas	12	0,18%
Tarifa Familiar - 6 pessoas	2	0,03%
Tarifa Social - TS1	78	1,16%
Tarifa Social - TS2	92	1,36%
Tarifa Social - TS3/TS4/TS5	19	0,28%
Tarifa Social - TS6/TS7/TS8	28	0,42%
Juntas de Freguesia	29	0,43%

Tabela A2.13 – Distribuição de contadores por freguesia no SAA-Arouca (AdN, 2017)

	Número de Contadores		
	2015	**2016**	**2017**
Alvarenga	104	285	295
Chave	194	266	275
Escariz	100	376	395
Fermedo	218	306	313
Mansores	58	268	277
Moldes	197	310	315
Rossas	150	353	358
Santa Eulália	133	541	562
S. Miguel o Mato	10	93	101
Tropeço	79	203	211
Urrô	82	227	236
Várzea	23	170	173
UF de Arouca e Burgo	4 874	2 802	2 900
UF de Cabreiros e Albergaria	0	0	0
UF de Canelas e Espiunca	243	300	308
UF de Covêlo de Paivó e Janarde	0	30	30

Tabela A2.14 – Volume de água faturada anualmente, por freguesia, no SAA-Arouca (AdN, 2018)

	Água Faturada (m^3)		
	2015	**2016**	**2017**
Alvarenga	2 338	10 352	10 724
Chave	9 952	8 600	19 982
Escariz	4 421	29 996	40 230
Fermedo	6 040	28 374	26 961
Mansores	3 697	8 358	21 189
Moldes	6 990	18 876	18 354
Rossas	5 577	20 640	21 797
Santa Eulália	3 281	36 734	40 194
S. Miguel o Mato	1 238	7 263	5 767
Tropeço	1 736	10 931	12 929
Urrô	2 052	12 914	14 796
Várzea	471	11 066	10 133
UF de Arouca e Burgo	212 629	272 743	230 090
UF de Cabreiros e Albergaria	0	0	0
UF de Canelas e Espiunca	6 428	16 087	15 490
UF de Covêlo de Paivó e Janarde	0	403	847

A3 – CASO DE ESTUDO DO SAA-AROUCA

AVALIAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS

Tabela A3.1 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação da EG às captações

Estação Elevatória	Estado	Desempenho	Risco	
	Construção Civil	Disponibilidade de Caudal	Incumprimento	Security
Furo de Ferreiros 2	2	2	2	2
Furo de Vila Nova	2	2	2	2
Furode Canelas 1	3	3	3	2
Furo de Canelas 3	3	3	3	2
Furo de Canelas 4	3	3	3	2
Furo de Bustelo	2	2	3	2
Nascente de Bustelo	3	4	3	3
Furo de Vilarinho	3	2	4	2
Furo de Gamarão	3	2	3	2
Furo de Vila Cova	3	3	4	2
Furo de Melres	3	3	3	2
Furo de Vilar de Servos	3	2	4	2
Furo de Paradinha	3	3	3	2
Furo de Sarabigões	3	3	4	2
Furo de Vila Viçosa	4	4	3	2
Furo de Telhe	3	4	4	2
Furo de Fuste	3	2	3	2
Mina de Covêlo de Paivô	4	4	4	3
Mina do Cando	3	3	4	3
Mina de Regoufe	3	4	4	3
Mina de Tebilhão	4	3	3	3
Mina de Cabreiros	4	3	4	3
Mina de Castanheira	3	4	4	3

Tabela A3.2 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação da EG às condutas adutoras

Subsistema	Estado			Desempenho		Risco		
	Adutoras (PVC)	Adutoras (PEAD)	Adutoras (FF)	Funcionamento	Adequação Acessórios	Perda de Água	Rotura	Interrupção Serviço
Abelheira	-	1	-	2	2	2	1	1
Provizende	-	-	-	-	-	-	-	-
Souto Redondo	-	3	1	3	2	3	3	3
Ameixieira	-	4	-	4	4	5	4	3
Forcada	-	3	-	4	3	3	2	2
Moldes	4	5	-	4	4	4	4	4
Viso	-	-	-	-	-	-	-	-
Canelas	-	3	-	3	3	2	2	2
Alvarenga	2	-	-	2	2	3	2	3
Vilarinho	-	3	-	3	3	2	2	2
Gamarão	-	3	-	3	3	3	2	2
Vila Cova	-	3	-	3	3	2	2	2
Espiunca	-	3	-	3	3	2	2	2
Vilar de Servos	-	3	-	3	3	3	2	2
Paradinha	-	3	-	3	3	3	2	2
Sarabigões	-	3	-	3	3	2	2	2
Vila Viçosa	-	3	-	3	3	2	2	2
Telhe	-	3	-	3	3	2	2	2
Fuste	-	5	-	3	3	5	5	5
Covêlo de Paivô	-	4	-	4	4	4	2	3
Cando	-	3	-	3	3	3	2	2
Regoufe	-	4	-	4	4	4	2	3
Tebilhão	-	3	-	3	3	3	2	2
Cabreiros	-	3	-	3	3	3	2	2
Castanheira	-	3	-	3	3	3	2	2

Tabela A3.3 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação da EG aos reservatórios

Reservatório	Estado		Desempenho			Risco		
	Construção Civil	Equipamentos	Reserva	Controlo de Nível	Estanquidade	Perda de Água	Secutiry	Ambiente e Segurança
Cimo da Inha	2	2	1	2	1	3	2	2
Agras	4	4	1	4	4	4	4	4
Vista Alegre	3	3	1	3	1	3	3	2
Mata	2	3	1	4	2	3	3	3
Soutelo	-	-	-	-	-	-	-	-
Regadas	4	4	2	4	4	4	4	4
Cavada	4	4	2	4	4	4	4	4
Trigal	-	-	-	-	-	-	-	-
Jugueiros	-	-	-	-	-	-	-	-
Urrô	4	4	3	4	4	4	4	4
Sanfins	4	4	3	4	4	4	4	4
Pinheiral	3	4	4	4	3	3	3	3
Pousadouro	4	4	3	3	3	3	3	3
Santa Bárbara	-	-	-	-	-	-	-	-
Barrol	4	4	3	4	4	4	4	4
São João	5	4	3	4	5	5	4	3
Ameixieira	1	2	1	2	1	1	1	1
Santa Maria do Monte	3	3	2	3	3	3	3	3
Fráguas	4	4	2	4	4	4	4	4
Forcada	1	2	2	2	1	1	1	1
Porto Escuro	4	4	4	4	5	5	4	4
Portela	2	3	5	3	2	3	2	2
São Pedro	4	3	5	3	3	3	3	3
Pernouzela 1	4	4	3	3	3	3	3	3
Pernouzela 2	2	3	3	2	1	3	3	3
Cabral	4	4	3	4	4	4	3	3
Vila Nova	3	3	3	4	2	3	3	3
Chãos	3	4	4	4	3	4	3	3
Vila Nova do Pisco	4	4	3	4	4	4	4	4
Viso	-	-	-	-	-	-	-	-
Canelas	3	3	2	4	3	3	3	3

Espírito Santo	4	3	3	4	3	3	3	3
Pade	4	3	3	4	3	3	3	3
Várzeas	4	3	3	4	3	3	3	3
Vilarinho	4	4	2	4	4	4	4	4
Gamarão	2	3	1	3	1	2	1	1
Vila Cova	3	3	2	3	3	3	2	2
Melres	5	4	3	3	4	4	3	3
Vilar de Servos	2	3	1	4	1	2	1	1
Paradinha	4	4	3	4	4	4	3	3
Sarabigões	4	4	3	4	4	4	3	3
Vila Viçosa	3	3	2	4	3	3	2	2
Telhe	2	3	3	4	1	3	2	1
Fuste	5	4	2	5	4	5	4	3
Friães	5	4	3	4	5	5	4	4
Covêlo de Paivô	5	5	4	5	4	4	4	4
Cando	4	4	2	4	4	4	4	4
Regoufe 1	4	4	3	4	4	4	3	3
Regoufe 2	5	4	4	4	4	4	4	4
Tebilhão	3	3	2	4	3	3	2	2
Cabreiros	5	4	4	4	3	3	4	4
Castanheira	4	4	2	4	4	4	4	4

Tabela A3.4 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação da EG aos sistemas de tratamento

Subsistema	**Instalação de Tratamento**	**Estado**		**Desempenho**	**Risco**
		Construção Civil	**Equipamentos**	**Capacidade Tratamento**	**Interrupção Serviço**
Souto Redondo	Ferreiros	2	2	2	2
Canelas	Canelas	3	3	2	3
Alvarenga	Espírito Santo	3	3	3	3
Vilarinho	Vilarinho	3	3	3	3
Gamarão	Gamarão	3	3	3	3
Vila Cova	Vila Cova	3	3	3	3
Espiunca	Melres	3	3	3	3
Vilar de Servos	Vilar de Servos	3	3	3	3
Paradinha	Paradinha	3	3	3	3
Sarabigões	Sarabigões	3	3	3	3
Vila Viçosa	Vila Viçosa	4	4	3	4
Telhe	Telhe	3	3	4	3
Fuste	Fuste	3	3	2	3
Covêlo de Paivô	Covêlo de Paivô	4	4	3	3
Cando	Cando	3	3	3	4
Tebilhão	Mina de Tebilhão	4	4	3	3
Cabreiros	Mina de Cabreiros	4	4	4	3

Tabela A3.5 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação da EG às condutas distribuidoras

Subsistema	Estado			Desempenho		Risco		
	Distribuidoras (PVC)	Distribuidoras (PEAD)	Distribuidoras (FF)	Funcionamento	Adequação Acessórios	Perda de Água	Rotura	Interrupção Serviço
Abelheira	2 (2%)	3 (98%)	-	2	3	3	3	2
Provizende	-	2	-	2	3	2	2	2
Souto Redondo	-	3	-	3	4	4	4	3
Ameixieira	-	4	-	4	4	4	4	3
Forcada	-	3	-	4	4	3	3	2
Moldes	3 (15%)	3 (85%)	-	4	4	4	4	3
Canelas	-	4	-	3	3	4	5	4
Alvarenga	3 (80%)	4 (20%)	-	4	3	3	3	3
Vilarinho	-	3	-	3	4	3	2	3
Gamarão	-	3	-	4	4	2	2	3
Vila-Cova	-	3	-	3	3	3	2	3
Espiunca	-	4	-	5	5	4	3	3
Vilar de Servos	-	3	-	3	3	3	2	3
Paradinha	-	4	-	4	4	2	2	3
Sarabigões	-	3	-	3	3	3	2	3
Vila Viçosa	-	3	-	3	2	2	2	3
Telhe	-	3	-	4	4	3	2	3
Fuste	-	4	-	4	5	5	4	4
Covêlo de Paivô	-	4	-	4	4	4	3	3
Cando	-	3	-	4	4	2	2	3
Regoufe	-	4	-	4	5	4	3	3
Tebilhão	-	3	-	4	5	3	3	3
Cabreiros	-	4	-	4	5	3	3	3
Castanheira	-	3	-	4	3	2	2	3

Tabela A3.6 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação da EG às VRP

Designação VRP	Estado		Desempenho		Risco		
	Construção Civil	Equipamentos	Redução de Pressão	Disponibilidade de Caudal	Perda de Água	Rotura	Interrupção de Serviço
VRP Vér - Cruzeiro (2x)	4	2	2	2	2	2	2
VRP Vér - Vila Chã	5	2	2	2	2	2	2
VRP Juntas 1	5	3	2	2	2	2	2
VRP Juntas 2	5	3	2	2	2	2	2
VRP Vila Chã	5	2	2	2	2	2	2
VRP Cruz das Eiras 1	4	2	2	2	2	2	2
VRP Cruz das Eiras 2	3	2	2	2	2	2	2
VRP Cruz das Eiras 3	3	3	2	2	2	2	2
VRP Cela do Arda	3	2	2	2	2	2	2
VRP Carvalhal Redondo 2	3	3	2	3	2	2	2
VRP Belece	3	2	2	2	2	2	2
VRP Belide	4	2	2	3	2	2	2
VRP Outeiro	4	2	2	3	2	2	2
VRP Coruto	3	2	2	2	2	2	2
VRP Lar	4	4	3	2	2	2	4
VRP Escariz	3	3	3	3	3	2	2
VRP Poças 1	4	3	2	3	2	2	2
VRP Poças 2	4	3	2	2	2	2	2
VRP Abelheira 1 (2x)	3	2	2	1	2	2	2
VRP Abelheira 2	3	2	2	2	2	2	2
VRP Calvário Mansores	3	2	2	2	2	2	2
VRP Cabeçais 2	5	5	4	3	5	5	3
VRP Parameira 1	4	2	3	3	3	2	3
VRP Parameira 2	4	3	2	2	2	2	2
VRP Orvida 1	2	2	2	2	2	2	1
VRP Tanhel	3	2	2	2	2	2	2
VRP Mascotes	3	3	2	3	3	3	2
VRP Rotunda Fermedo	3	2	2	3	2	2	2
VRP Vila Mansores 1 (2x)	4	2	2	2	2	3	3

VRP Vila Mansores 2 (2x)	4	2	2	2	3	3	4
VRP Vila Mansores 3	4	2	2	3	3	2	4
VRP Ribeira Mansores (2x)	4	2	2	2	2	2	2
VRP Soutelo	5	2	2	2	2	3	2
VRP Provizende (2x)	3	2	2	2	2	2	2
VRP Quintela 1	3	2	2	2	2	2	2
VRP Quintela 2 (2x)	2	2	2	1	2	2	2
VRP Chão d´Ave (2x)	3	3	2	2	2	2	2
VRP Bouça (2x)	2	2	2	2	2	2	2
VRP Sequeiros 1	5	2	2	4	2	2	2
VRP Sequeiros 2 (2x)	4	3	2	2	2	2	2
VRP Farrapa	4	4	3	2	2	4	2
VRP Arieiro	3	2	2	2	2	2	2
VRP Viso	3	2	2	2	2	2	2
VRP Saril 1	4	3	2	2	2	2	2
VRP Tojal 1	2	2	2	3	2	2	2
VRP Tojal 2	5	2	2	3	2	2	2
VRP Tojal 3	5	2	2	2	2	2	2
VRP Cemitério Rossas (2x)	2	2	2	2	2	2	1
VRP Pé da Cruz	3	3	2	3	2	3	2
VRP Outeiro Rossas	3	4	4	3	3	4	2
VRP Lourosa de Matos 1	4	4	3	3	3	3	2
VRP Lourosa de Matos 2	2	2	2	2	2	2	2
VRP Lourosa de Matos 4	5	2	2	3	2	4	2
VRP CPC Lourosa de Matos	2	2	2	2	2	2	2
VRP Casa Zé António	4	2	2	3	2	2	2
VRP Cabo	2	2	2	2	2	2	2
VRP Lameira	1	1	2	2	1	2	2
VRP Souto Redondo (2x)	2	2	2	2	2	2	2
VRP Portelada 1 (2x)	2	2	2	2	2	2	2
VRP Portelada 2 (2x)	2	2	2	2	2	2	2
VRP RES Cavada	5	2	2	3	2	2	2
VRP Malafaia 1	2	2	2	2	2	2	2
VRP Malafaia 3	3	2	2	2	2	2	2
VRP Bacelo	3	2	2	3	2	2	2
VRP Souto de Rei	2	2	2	2	2	2	2
VRP Cimo da Vila 1	5	2	2	3	2	2	2
VRP Cimo da Vila 2	3	4	4	3	2	3	2
VRP Bacelo 1	3	3	2	3	2	2	2
VRP Bacelo 2	2	2	2	4	2	2	2

VRP Ferreiros 1	3	2	2	3	2	2	2
VRP Ferreiros 2	3	2	2	3	2	2	2
VRP Igreja S.M.Urrô	5	2	2	3	2	2	2
VRP Igreja Várzea (2x)	2	2	2	2	2	2	2
VRP Pousadouro	2	2	2	2	2	2	2
VRP Pena	3	2	2	3	2	2	2
VRP Lamas	2	2	2	3	2	2	2
VRP Santa Bárbara	2	2	2	3	2	2	2
VRP Amieiro	3	2	2	4	2	2	2
VRP Café Brasil	2	2	2	3	2	2	2
VRP Barrol 1	3	2	2	2	2	2	2
VRP Barrol 2	3	2	2	3	2	2	2
VRP S. João 1	3	3	2	2	2	2	2
VRP Bala	2	2	2	3	2	2	2
VRP Trigal 1	3	2	2	2	2	2	2
VRP Trigal 2	2	2	2	2	2	2	2
VRP Cumeeira 1	3	3	2	2	2	3	2
VRP Cumeeira 2	1	1	2	1	1	2	2
VRP Sra. Rosário	3	2	2	2	2	2	2
VRP S. Maria Monte 1	3	4	5	3	2	2	2
VRP S. Maria Monte 2	3	2	2	3	2	2	2
VRP S. Maria Monte 3 (Presa)	3	4	5	3	2	3	2
VRP S. Maria Monte 4	3	3	2	3	2	2	2
VRP Sá	3	3	2	3	2	2	2
VRP Felgueira	3	2	2	3	2	2	2
VRP Barreiros 1	3	3	2	2	2	2	2
VRP Barreiros 3	2	2	2	3	2	2	2
VRP Capela S.M.Monte	2	2	2	3	2	2	2
VRP Portela	5	2	2	4	2	2	2
VRP Nogueiró	3	3	2	3	2	3	2
VRP S. Aleixo	3	2	2	2	2	2	2
VRP Forcada 1 (2x)	1	2	2	2	2	2	2
VRP Forcada 2	1	2	2	2	2	2	2
VRP Forcada 3	2	2	2	3	2	2	2
VRP Penso	3	2	2	3	2	2	2
VRP São Domingos	3	2	2	3	2	2	2
VRP Soto 1 (Salvador)	3	2	2	3	2	2	2
VRP Sardoal (2x)	2	2	2	3	2	2	2
VRP Carrola	5	2	2	2	2	2	2
VRP Milhaço	3	2	2	3	2	2	2

VRP Lourosa de Campos	5	2	2	2	2	2	2
VRP Soto 2	3	4	5	3	2	2	2
VRP Melarês	3	2	2	3	2	2	2
VRP Eiras	3	3	5	4	2	3	2
VRP Ponte das Eiras	3	2	2	3	2	2	2
VRP S. Pedro - Arouca	2	2	2	3	2	2	2
VRP CM-Arouca (2x)	2	2	2	1	2	2	2
VRP Pinheiro 1	3	3	2	3	2	2	2
VRP Pinheiro 2	2	2	2	2	2	2	2
VRP Granja	4	3	2	3	2	2	2
VRP Outeiro 1 (2x)	2	2	2	1	2	2	2
VRP Outeiro 2 (2x)	2	2	2	1	2	2	2
VRP Outeiro 3 (2x)	2	2	2	1	2	2	2
VRP Bairro	2	2	2	3	2	2	2
VRP Estrada Ponte Telhe 1	3	2	2	2	2	2	2
VRP Estrada Ponte Telhe 2 (2x)	2	2	2	1	2	2	2
VRP Estrada Ponte Telhe 3	5	4	3	2	2	2	4
VRP Estrada Ponte Telhe 4	3	3	2	2	2	2	2
VRP Ponte Telhe	5	2	2	3	2	2	2
VRP Cela	5	3	2	4	2	2	2
VRP Celadinha	2	2	2	4	2	2	2
VRP Fontanário Bouceguedim	5	2	2	4	2	3	2
VRP Costeiras	3	2	2	3	2	2	2
VRP Valdasna 1	3	3	2	3	2	2	2
VRP Valdasna 2	3	2	2	1	2	3	3
VRP Eng. Próspero dos Santos	3	3	2	2	2	2	2
VRP Boco 1	4	2	2	2	2	2	2
VRP Boco 2	4	3	2	2	2	2	3
VRP Cancelo 1	2	2	2	2	2	2	2
VRP Bonjardim	5	3	2	4	2	2	2
VRP Toita	3	2	2	3	2	2	2
VRP Amilo	5	2	2	3	2	2	2
VRP Minhãos 2 (2x)	3	2	2	3	2	2	2
VRP Ronde	4	4	5	3	2	2	2

Tabela A3.7 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação da EG às EE

Estação Elevatória	Estado		Desempenho		Risco		
	Construção Civil	Equipamentos	Capacidade Elevação	Eficiência Energética	Perda de Água	Security	Ambiente Segurança
Furo de Ferreiros 2	2	4	2	4	2	2	4
Novais	4	3	4	4	5	4	2
Vila Nova	3	3	2	3	2	2	2
Furo de Vila Nova	2	3	2	3	2	2	2
Pernouzela	3	3	2	3	2	2	2
Furo de Canelas 1	3	3	3	4	2	3	3
Furo de Canelas 3	3	3	3	3	2	3	3
Furo de Canelas 4	3	3	3	3	2	3	3
Furo de Bustelo	2	2	2	3	3	2	3
Vila Galega	3	3	3	3	3	3	2
Furo de Vilarinho	3	3	3	3	2	3	3
Furo de Gamarão	3	3	2	3	2	2	3
Furo de Vila Cova	3	3	3	3	2	3	3
Furo de Melres	3	3	2	3	2	3	3
Furo de Vilar de Servos	3	3	2	4	5	2	3
Furo de Paradinha	3	3	2	3	2	3	3
Furo de Sarabigões	3	3	3	4	4	3	4
Furo de Vila Viçosa	4	3	3	4	3	4	4
Furo de Telhe	3	3	3	4	4	3	3
Telhe	3	2	2	3	4	2	2
Furo de Fuste	3	2	2	3	2	3	3
Fuste	3	2	2	3	4	2	2

Tabela A3.8 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação Patrimonial de Captações

Subsistema	**Captação**	**Profundidade / Extensão** (m)	**Ramal Elétrico** (m)	**Estado**	**Vida Útil**	**Vida Residual**	**Custo Substituição**	**Valor Atual**	**IVI**
Souto Redondo	Furo de Ferreiros 2	60	5	2	75	60	2 525 €	2 020 €	0,80
Moldes	Furo de Vila Nova	100	15	2	75	60	4 775 €	3 820 €	0,80
Canelas	Furo de Canelas 1	80	165	3	75	45	16 825 €	10 095 €	0,60
	Furo de Canelas 3	90	10	3	75	45	4 000 €	2 400 €	0,60
	Furo de Canelas 4	180	255	3	75	45	27 975 €	16 785 €	0,60
Alvarenga	Furo de Bustelo	60	270	2	75	60	25 050 €	20 040 €	0,80
	Nascente de Bustelo	10	-	3	75	45	1 500 €	900 €	0,60
Vilarinho	Furo de Vilarinho	150	10	3	75	45	6 100 €	3 660 €	0,60
Gamarão	Furo de Gamarão	100	65	3	75	45	9 025 €	5 415 €	0,60
Vila Cova	Furo de Vila Cova	130	75	3	75	45	10 925 €	6 555 €	0,60
Espiunca	Furo de Melres	120	45	3	75	45	8 025 €	4 815 €	0,60
Vilar de Servos	Furo de Vilar de Servos	100	15	3	75	45	4 775 €	2 865 €	0,60
Paradinha	Furo de Paradinha	110	5	3	75	45	4 275 €	2 565 €	0,60
Sarabigões	Furo de Sarabigões	140	5	3	75	45	5 325 €	3 195 €	0,60
Vila Viçosa	Furo de Vila Viçosa	150	5	4	75	30	5 675 €	2 270 €	0,40
Telhe	Furo de Telhe	130	15	3	75	45	5 825 €	3 495 €	0,60
Fuste	Furo de Fuste	60	5	3	75	45	2 525 €	1 515 €	0,60
Covêlo de Paivô	Mina de Covêlo de Paivô	15	-	4	75	30	2 250 €	900 €	0,40
Cando	Mina do Cando	15	-	3	75	45	2 250 €	1 350 €	0,60
Regoufe	Mina de Regoufe	25	-	3	75	45	3 750 €	2 250 €	0,60
Tebilhão	Mina de Tebilhão	10	-	4	75	30	1 500 €	600 €	0,40
Cabreiros	Mina de Cabreiros	10	-	4	75	30	1 500 €	600 €	0,40
Castanheira	Mina de Castanheira	15	-	3	75	45	2 250 €	1 350 €	0,60

Tabela A3.9 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação Patrimonial de condutas adutoras

Subsistema	Extensão (m)	Estado	Vida Útil	Vida Residual	Custo Substituição	Valor Atual	IVI
Abelheira	3598	1	60	60	125 930 €	125 930 €	1,00
Souto Redondo	9134	2	60	48	319 690 €	255 752 €	0,80
Ameixieira	3900	4	60	24	136 500 €	54 600 €	0,40
Forcada	1347	3	60	36	47 145 €	28 287 €	0,60
Moldes	3697	4	60	24	129 395 €	51 758 €	0,40
Canelas	450	3	60	36	15 750 €	9 450 €	0,60
Alvarenga	6171	2	60	48	215 985 €	172 788 €	0,80
Vilarinho	383	3	60	36	13 405 €	8 043 €	0,60
Gamarão	730	3	60	36	25 550 €	15 330 €	0,60
Vila Cova	147	3	60	36	5 145 €	3 087 €	0,60
Espiunca	161	3	60	36	5 635 €	3 381 €	0,60
Vilar de Servos	142	3	60	36	4 970 €	2 982 €	0,60
Paradinha	18	3	60	36	630 €	378 €	0,60
Sarabigões	458	3	60	36	16 030 €	9 618 €	0,60
Vila Viçosa	2048	3	60	36	71 680 €	43 008 €	0,60
Telhe	353	3	60	36	12 355 €	7 413 €	0,60
Fuste	1209	5	60	12	42 315 €	8 463 €	0,20
Covêlo de Paivô	187	4	60	24	6 545 €	2 618 €	0,40
Cando	620	3	60	36	21 700 €	13 020 €	0,60
Regoufe	1938	4	60	24	67 830 €	27 132 €	0,40
Tebilhão	1319	3	60	36	46 165 €	27 699 €	0,60
Cabreiros	1245	3	60	36	43 575 €	26 145 €	0,60
Castanheira	222	3	60	36	7 770 €	4 662 €	0,60

Tabela A3.10 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação Patrimonial de Reservatórios

Reservatório	Volume	Const. Civil					Eq						Valor Atual	IVI
		Estado	Vida Útil	Vida Residual	Custo Substituição	Valor Atual	Estado	Vida Útil	Vida Residual	Custo Substituição	Valor Atual	Custo Substituição		
Cimo da Inha	500	2	75	60	139 764 €	111 811 €	2	30	24	63 368 €	50 695 €	203 133 €	162 506 €	0,80
Agras	20	4	75	30	18 159 €	7 264 €	4	30	12	-	-	18 159 €	7 264 €	0,40
Vista Alegre	200	3	75	45	78 181 €	46 909 €	3	30	18	41 308 €	24 785 €	119 489 €	71 694 €	0,60
Mata	40	2	75	60	28 181 €	22 545 €	3	30	18	-	-	28 181 €	22 545 €	0,80
Regadas	12	4	75	30	13 136 €	5 254 €	4	30	12	-	-	13 136 €	5 254 €	0,40
Cavada	12	4	75	30	13 136 €	5 254 €	4	30	12	-	-	13 136 €	5 254 €	0,40
Urrô	40	4	75	30	28 181 €	11 272 €	4	30	12	-	-	28 181 €	11 272 €	0,40
Sanfins	12	4	75	30	13 136 €	5 254 €	4	30	12	-	-	13 136 €	5 254 €	0,40
Pinheiral	40	3	75	45	28 181 €	16 909 €	4	30	12	-	-	28 181 €	16 909 €	0,60
Pousadouro	50	4	75	30	32 464 €	12 985 €	4	30	12	21 621 €	8 648 €	54 084 €	21 634 €	0,40
Barrol	20	4	75	30	18 159 €	7 264 €	4	30	12	-	-	18 159 €	7 264 €	0,40
São João	20	5	75	15	18 159 €	3 632 €	4	30	12	-	-	18 159 €	3 632 €	0,20
Ameixieira	400	1	75	75	121 326 €	121 326 €	2	30	24	57 097 €	45 678 €	178 424 €	167 004 €	0,94
SM Monte	80	3	75	45	43 733 €	26 240 €	3	30	18	26 928 €	16 157 €	70 661 €	42 396 €	0,60
Fráguas	40	4	75	30	28 181 €	11 272 €	4	30	12	-	-	28 181 €	11 272 €	0,40
Forcada	400	1	75	75	121 326 €	121 326 €	2	30	24	57 097 €	45 678 €	178 424 €	167 004 €	0,94
Porto Escuro	40	4	75	30	28 181 €	11 272 €	4	30	12	-	-	28 181 €	11 272 €	0,40
Portela	100	2	75	60	50 379 €	40 303 €	3	30	18	29 885 €	17 931 €	80 264 €	58 234 €	0,73

São Pedro	240	4	75	30	87 761 €	35 105 €	3	30	18	44 979 €	26 988 €	132 741 €	62 092 €	0,47
Pernouzela 2	180	2	75	60	73 129 €	58 504 €	3	30	18	39 325 €	23 595 €	112 454 €	82 098 €	0,73
Cabral	20	4	75	30	18 159 €	7 264 €	4	30	12	-	-	18 159 €	7 264 €	0,40
Vila Nova	240	3	75	45	87 761 €	52 657 €	3	30	18	44 979 €	26 988 €	132 741 €	79 644 €	0,60
Chãos	40	3	75	45	28 181 €	16 909 €	4	30	12	0 €	0 €	28 181 €	16 909 €	0,60
Vila Nova do Pisco	40	4	75	30	28 181 €	11 272 €	4	30	12	-	-	28 181 €	11 272 €	0,40
Canelas	380	3	75	45	117 444 €	70 467 €	3	30	18	55 746 €	33 448 €	173 190 €	103 914 €	0,60
Espírito Santo	380	4	75	30	117 444 €	46 978 €	3	30	18	55 746 €	33 448 €	173 190 €	80 425 €	0,46
Pade	175	4	75	30	71 835 €	28 734 €	3	30	18	-	-	71 835 €	28 734 €	0,40
Várzeas	175	4	75	30	71 835 €	28 734 €	3	30	18	-	-	71 835 €	28 734 €	0,40
Vilarinho	40	4	75	30	28 181 €	11 272 €	4	30	12	-	-	28 181 €	11 272 €	0,40
Gamarão	20	2	75	60	18 159 €	14 528 €	3	30	18	-	-	18 159 €	14 528 €	0,80
Vila Cova	40	3	75	45	28 181 €	16 909 €	3	30	18	-	-	28 181 €	16 909 €	0,60
Melres	12	5	75	15	13 136 €	2 627 €	4	30	12	-	-	13 136 €	2 627 €	0,20
Vilar de Servos	1	2	75	60	2 718 €	2 174 €	3	30	18	-	-	2 718 €	2 174 €	0,80
Paradinha	12	4	75	30	13 136 €	5 254 €	4	30	12	-	-	13 136 €	5 254 €	0,40
Sarabigões	20	4	75	30	18 159 €	7 264 €	4	30	12	-	-	18 159 €	7 264 €	0,40
Vila Viçosa	20	3	75	45	18 159 €	10 896 €	3	30	18	-	-	18 159 €	10 896 €	0,60
Telhe	10	2	75	60	11 702 €	9 361 €	3	30	18	-	-	11 702 €	9 361 €	0,80
Fuste	20	5	75	15	18 159 €	3 632 €	4	30	12	-	-	18 159 €	3 632 €	0,20
Friães	12	5	75	15	13 136 €	2 627 €	4	30	12	-	-	13 136 €	2 627 €	0,20
Covêlo de Paivô	12	5	75	15	13 136 €	2 627 €	5	30	6	-	-	13 136 €	2 627 €	0,20
Cando	20	4	75	30	18 159 €	7 264 €	4	30	12	-	-	18 159 €	7 264 €	0,40
Regoufe 1	20	4	75	30	18 159 €	7 264 €	4	30	12	-	-	18 159 €	7 264 €	0,40

Regoufe 2	10	5	75	15	11 702 €	2 340 €	4	30	12	-	-	11 702 €	2 340 €	0,20
Tebilhão	20	3	75	45	18 159 €	10 896 €	3	30	18	-	-	18 159 €	10 896 €	0,60
Cabreiros	10	5	75	15	11 702 €	2 340 €	4	30	12	-	-	11 702 €	2 340 €	0,20
Castanheira	20	4	75	30	18 159 €	7 264 €	4	30	12	-	-	18 159 €	7 264 €	0,40

Tabela A3.11 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação Patrimonial de Sistemas de Tratamento

Subsistema	Sstema de Tratamento	Construção Civil					Equipamentos					Custo Substituição	Valor Atual	IVI
		Estado	Vida Útil	Vida Residual	Custo Substituição	Valor Atual	Estado	Vida Útil	Vida Residual	Custo Substituição	Valor Atual			
Souto Redondo	Ferreiros	2	75	60	600 €	480 €	2	30	24	600 €	480 €	1 200 €	960 €	0,80
Canelas	Canelas	3	75	45	7 500 €	4 500 €	3	30	18	7 500 €	4 500 €	15 000 €	9 000 €	0,60
Alvarenga	Espírito Santo	3	75	45	600 €	360 €	3	30	18	600 €	360 €	1 200 €	720 €	0,60
Vilarinho	Vilarinho	3	75	45	600 €	360 €	3	30	18	600 €	360 €	1 200 €	720 €	0,60
Gamarão	Gamarão	3	75	45	600 €	360 €	3	30	18	600 €	360 €	1 200 €	720 €	0,60
Vila Cova	Vila Cova	3	75	45	600 €	360 €	3	30	18	600 €	360 €	1 200 €	720 €	0,60
Espiunca	Melres	3	75	45	600 €	360 €	3	30	18	600 €	360 €	1 200 €	720 €	0,60
Vilar de Servos	Vilar de Servos	3	75	45	600 €	360 €	3	30	18	600 €	360 €	1 200 €	720 €	0,60
Paradinha	Paradinha	3	75	45	600 €	360 €	3	30	18	600 €	360 €	1 200 €	720 €	0,60
Sarabigões	Sarabigões	3	75	45	600 €	360 €	3	30	18	600 €	360 €	1 200 €	720 €	0,60
Vila Viçosa	Vila Viçosa	4	75	30	600 €	240 €	4	30	12	600 €	240 €	1 200 €	480 €	0,40
Telhe	Telhe	3	75	45	6 000 €	3 600 €	3	30	18	6 000 €	3 600 €	12 000 €	7 200 €	0,60
Fuste	Fuste	3	75	45	8 500 €	5 100 €	3	30	18	8 500 €	5 100 €	17 000 €	10 200 €	0,60
Covêlo de Paivô	Covêlo de Paivô	4	75	30	600 €	240 €	4	30	12	600 €	240 €	1 200 €	480 €	0,40
Cando	Cando	3	75	45	600 €	360 €	3	30	18	600 €	360 €	1 200 €	720 €	0,60
Tebilhão	Mina de Tebilhão	4	75	30	600 €	240 €	4	30	12	600 €	240 €	1 200 €	480 €	0,40
Cabreiros	Mina de Cabreiros	4	75	30	600 €	240 €	4	30	12	600 €	240 €	1 200 €	480 €	0,40

Tabela A3.12 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação Patrimonial de condutas distribuidoras

Subsistema	Extensão (m)	Estado	Vida Útil	Vida Residual	Custo Substituição	Valor Atual	IVI
Abelheira	82897	3	60	36	3 315 880 €	1 989 528 €	0,60
Provizende	51157	2	60	48	2 046 280 €	1 637 024 €	0,80
Souto Redondo	68619	3	60	36	2 744 760 €	1 646 856 €	0,60
Ameixieira	12896	4	60	24	515 840 €	206 336 €	0,40
Forcada	27929	3	60	36	1 117 160 €	670 296 €	0,60
Moldes	75864	3	60	36	3 034 560 €	1 820 736 €	0,60
Canelas	10737	4	60	24	429 480 €	171 792 €	0,40
Alvarenga	27563	3	60	36	1 102 520 €	661 512 €	0,60
Vilarinho	2194	3	60	36	87 760 €	52 656 €	0,60
Gamarão	1210	3	60	36	48 400 €	29 040 €	0,60
Vila-Cova	1722	3	60	36	68 880 €	41 328 €	0,60
Espiunca	1685	4	60	24	67 400 €	26 960 €	0,40
Vilar de Servos	252	3	60	36	10 080 €	6 048 €	0,60
Paradinha	644	4	60	24	25 760 €	10 304 €	0,40
Sarabigões	1195	3	60	36	47 800 €	28 680 €	0,60
Vila Viçosa	6124	3	60	36	244 960 €	146 976 €	0,60
Telhe	793	3	60	36	31 720 €	19 032 €	0,60
Fuste	1543	4	60	24	61 720 €	24 688 €	0,40
Covêlo de Paivô	938	4	60	24	37 520 €	15 008 €	0,40
Cando	436	3	60	36	17 440 €	10 464 €	0,60
Regoufe	719	4	60	24	28 760 €	11 504 €	0,40
Tebilhão	730	3	60	36	29 200 €	17 520 €	0,60
Cabreiros	1126	4	60	24	45 040 €	18 016 €	0,40
Castanheira	1049	3	60	36	41 960 €	25 176 €	0,60

Tabela A3.13 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação Patrimonial de VRP

Subsistema	Designação VRP	Construção Civil					Equipamentos					Custo Substituição	Valor Atual	IVI
		Estado	Vida Útil	Vida Residual	Custo Substituição	Valor Atual	Estado	Vida Útil	Vida Residual	Custo Substituição	Valor Atual			
Abelheira	VRP Vér - Cruzeiro (2x)	4	75	30	5 000 €	2 000 €	2	30	24	6 000 €	4 800 €	11 000 €	6 800 €	0,62
	VRP Vér - Vila Chã	5	75	-	s/ caixa	0 €	2	30	24	250 €	200 €	250 €	200 €	0,80
	VRP Juntas 1	5	75	15	1 000 €	200 €	3	30	18	250 €	150 €	1 250 €	350 €	0,28
	VRP Juntas 2	5	75	15	1 000 €	200 €	3	30	18	250 €	150 €	1 250 €	350 €	0,28
	VRP Vila Chã	5	75	-	s/ caixa	0 €	2	30	24	250 €	200 €	250 €	200 €	0,80
	VRP Cruz das Eiras 1	4	75	30	1 000 €	400 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	600 €	0,48
	VRP Cruz das Eiras 2	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Cruz das Eiras 3	3	75	45	1 000 €	600 €	3	30	18	250 €	150 €	1 250 €	750 €	0,60
	VRP Cela do Arda	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Carvalhal Redondo 2	3	75	45	1 000 €	600 €	3	30	18	250 €	150 €	1 250 €	750 €	0,60
	VRP Belece	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Belide	4	75	30	1 000 €	400 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	600 €	0,48
	VRP Outeiro	4	75	30	1 000 €	400 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	600 €	0,48
	VRP Coruto	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	3 000 €	2 400 €	4 000 €	3 000 €	0,75
	VRP Lar	4	75	30	1 000 €	400 €	4	30	12	3 000 €	1 200 €	4 000 €	1 600 €	0,40

	VRP Escariz	3	75	45	1 000 €	600 €	3	30	18	3 000 €	1 800 €	4 000 €	2 400 €	0,60
	VRP Poças 1	4	75	30	1 000 €	400 €	3	30	18	250 €	150 €	1 250 €	550 €	0,44
	VRP Poças 2	4	75	30	1 000 €	400 €	3	30	18	250 €	150 €	1 250 €	550 €	0,44
	VRP Abelheira 1 (2x)	3	75	45	5 000 €	3 000 €	2	30	24	6 000 €	4 800 €	11 000 €	7 800 €	0,71
	VRP Abelheira 2	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Calvário Mansores	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Cabeçais 2	5	75	15	1 000 €	200 €	5	30	6	500 €	100 €	1 500 €	300 €	0,20
	VRP Parameira 1	4	75	30	1 000 €	400 €	2	30	24	3 000 €	2 400 €	4 000 €	2 800 €	0,70
	VRP Parameira 2	4	75	30	1 000 €	400 €	3	30	18	1 000 €	600 €	2 000 €	1 000 €	0,50
	VRP Orvida 1	2	75	60	1 000 €	800 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	1 000 €	0,80
	VRP Tanhel	3	75	45	5 000 €	3 000 €	2	30	24	3 000 €	2 400 €	8 000 €	5 400 €	0,68
	VRP Mascotes	3	75	45	1 000 €	600 €	3	30	18	250 €	150 €	1 250 €	750 €	0,60
	VRP Rotunda Fermedo	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Vila Mansores 1 (2x)	4	75	30	5 000 €	2 000 €	2	30	24	6 000 €	4 800 €	11 000 €	6 800 €	0,62
	VRP Vila Mansores 2 (2x)	4	75	30	5 000 €	2 000 €	2	30	24	6 000 €	4 800 €	11 000 €	6 800 €	0,62
	VRP Vila Mansores 3	4	75	30	5 000 €	2 000 €	2	30	24	250 €	200 €	5 250 €	2 200 €	0,42
	VRP Ribeira Mansores (2x)	4	75	30	5 000 €	2 000 €	2	30	24	3 000 €	2 400 €	8 000 €	4 400 €	0,55
	VRP Soutelo	5	75	-	s/ caixa	0 €	2	30	24	250 €	200 €	250 €	200 €	0,80
Provizende	VRP Provizende (2x)	3	75	45	5 000 €	3 000 €	2	30	24	6 000 €	4 800 €	11 000 €	7 800 €	0,71
	VRP Quintela 1	3	75	45	5 000 €	3 000 €	2	30	24	1 000 €	800 €	6 000 €	3 800 €	0,63
	VRP Quintela 2 (2x)	2	75	60	5 000 €	4 000 €	2	30	24	6 000 €	4 800 €	11 000 €	8 800 €	0,80
	VRP Chão d´Ave (2x)	3	75	45	5 000 €	3 000 €	3	30	18	6 000 €	3 600 €	11 000 €	6 600 €	0,60
	VRP Bouça (2x)	2	75	60	5 000 €	4 000 €	2	30	24	3 000 €	2 400 €	8 000 €	6 400 €	0,80
	VRP Sequeiros 1	5	75	-	s/ caixa	0 €	2	30	24	250 €	200 €	250 €	200 €	0,80
	VRP Sequeiros 2 (2x)	4	75	30	5 000 €	2 000 €	3	30	18	6 000 €	3 600 €	11 000 €	5 600 €	0,51

	VRP Farrapa	4	75	30	5 000 €	2 000 €	4	30	12	250 €	100 €	5 250 €	2 100 €	0,40
	VRP Arieiro	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Viso	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Saril 1	4	75	30	5 000 €	2 000 €	3	30	18	3 000 €	1 800 €	8 000 €	3 800 €	0,48
	VRP Tojal 1	2	75	60	5 000 €	4 000 €	2	30	24	250 €	200 €	5 250 €	4 200 €	0,80
	VRP Tojal 2	5	75	15	1 000 €	200 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	400 €	0,32
	VRP Tojal 3	5	75	15	1 000 €	200 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	400 €	0,32
Souto Redondo	VRP Cemitério Rossas (2x)	2	75	60	5 000 €	4 000 €	2	30	24	3 000 €	2 400 €	8 000 €	6 400 €	0,80
	VRP Pé da Cruz	3	75	45	5 000 €	3 000 €	3	30	18	250 €	150 €	5 250 €	3 150 €	0,60
	VRP Outeiro Rossas	3	75	45	1 000 €	600 €	4	30	12	250 €	100 €	1 250 €	700 €	0,56
	VRP Lourosa de Matos 1	4	75	30	1 000 €	400 €	4	30	12	250 €	100 €	1 250 €	500 €	0,40
	VRP Lourosa de Matos 2	2	75	60	5 000 €	4 000 €	2	30	24	3 000 €	2 400 €	8 000 €	6 400 €	0,80
	VRP Lourosa de Matos 4	5	75	-	s/ caixa	0 €	2	30	24	250 €	200 €	250 €	200 €	0,80
	VRP CPC Lourosa de Matos	2	75	60	5 000 €	4 000 €	2	30	24	3 000 €	2 400 €	8 000 €	6 400 €	0,80
	VRP Casa Zé António	4	75	30	1 000 €	400 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	600 €	0,48
	VRP Cabo	2	75	60	1 000 €	800 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	1 000 €	0,80
	VRP Lameira	1	75	75	2 000 €	2 000 €	1	30	30	3 000 €	3 000 €	5 000 €	5 000 €	1,00
	VRP Souto Redondo (2x)	2	75	60	5 000 €	4 000 €	2	30	24	6 000 €	4 800 €	11 000 €	8 800 €	0,80
	VRP Portelada 1 (2x)	2	75	60	5 000 €	4 000 €	2	30	24	6 000 €	4 800 €	11 000 €	8 800 €	0,80
	VRP Portelada 2 (2x)	2	75	60	5 000 €	4 000 €	2	30	24	6 000 €	4 800 €	11 000 €	8 800 €	0,80
	VRP Malafaia 1	2	75	60	5 000 €	4 000 €	2	30	24	3 000 €	2 400 €	8 000 €	6 400 €	0,80
	VRP Malafaia 3	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Bacelo	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Souto de Rei	2	75	60	1 000 €	800 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	1 000 €	0,80
	VRP Cimo da Vila 1	5	75	15	1 000 €	200 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	400 €	0,32

	VRP Cimo da Vila 2	3	75	45	1 000 €	600 €	4	30	12	250 €	100 €	1 250 €	700 €	0,56
	VRP Bacelo 1	3	75	45	1 000 €	600 €	3	30	18	250 €	150 €	1 250 €	750 €	0,60
	VRP Bacelo 2	2	75	60	1 000 €	800 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	1 000 €	0,80
	VRP Ferreiros 1	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	3 000 €	2 400 €	4 000 €	3 000 €	0,75
	VRP Ferreiros 2	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Igreja S.M.Urrô	5	75	-	s/ caixa	0 €	2	30	24	250 €	200 €	250 €	200 €	0,80
	VRP Igreja Várzea (2x)	2	75	60	5 000 €	4 000 €	2	30	24	6 000 €	4 800 €	11 000 €	8 800 €	0,80
	VRP Pousadouro	2	75	60	5 000 €	4 000 €	2	30	24	3 000 €	2 400 €	8 000 €	6 400 €	0,80
	VRP Pena	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Lamas	2	75	60	1 000 €	800 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	1 000 €	0,80
	VRP Santa Bárbara	2	75	60	1 000 €	800 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	1 000 €	0,80
	VRP Amieiro	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Café Brasil	2	75	60	1 000 €	800 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	1 000 €	0,80
	VRP Barrol 1	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Barrol 2	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP S. João 1	3	75	45	1 000 €	600 €	3	30	18	250 €	150 €	1 250 €	750 €	0,60
	VRP Bala	2	75	60	1 000 €	800 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	1 000 €	0,80
	VRP Trigal 1	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Trigal 2	2	75	60	1 000 €	800 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	1 000 €	0,80
	VRP Cumeeira 1	3	75	45	1 000 €	600 €	3	30	18	250 €	150 €	1 250 €	750 €	0,60
	VRP Cumeeira 2	1	75	75	2 000 €	2 000 €	1	30	30	3 000 €	3 000 €	5 000 €	5 000 €	1,00
	VRP Sra. Rosário	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
Ameixieira	VRP S. Maria Monte 1	3	75	45	1 000 €	600 €	4	30	12	250 €	100 €	1 250 €	700 €	0,56
	VRP S. Maria Monte 2	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64

	VRP S. Maria Monte 3 (Presa)	3	75	45	1 000 €	600 €	4	30	12	250 €	100 €	1 250 €	700 €	0,56
	VRP S. Maria Monte 4	3	75	45	1 000 €	600 €	3	30	18	250 €	150 €	1 250 €	750 €	0,60
	VRP Sá	3	75	45	1 000 €	600 €	3	30	18	250 €	150 €	1 250 €	750 €	0,60
	VRP Felgueira	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Barreiros 1	3	75	45	1 000 €	600 €	3	30	18	250 €	150 €	1 250 €	750 €	0,60
	VRP Barreiros 3	2	75	60	1 000 €	800 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	1 000 €	0,80
	VRP Capela S.M.Monte	2	75	60	1 000 €	800 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	1 000 €	0,80
	VRP Portela	5	75	15	1 000 €	200 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	400 €	0,32
	VRP Nogueiró	3	75	45	1 000 €	600 €	3	30	18	250 €	150 €	1 250 €	750 €	0,60
Forcada	VRP S. Aleixo	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	3 000 €	2 400 €	4 000 €	3 000 €	0,75
	VRP Forcada 1 (2x)	1	75	75	5 000 €	5 000 €	2	30	24	6 000 €	4 800 €	11 000 €	9 800 €	0,89
	VRP Forcada 2	1	75	75	5 000 €	5 000 €	2	30	24	3 000 €	2 400 €	8 000 €	7 400 €	0,93
	VRP Forcada 3	2	75	60	s/ caixa	0 €	2	30	24	3 000 €	2 400 €	3 000 €	2 400 €	0,80
	VRP Penso	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	3 000 €	2 400 €	4 000 €	3 000 €	0,75
	VRP São Domingos	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Soto 1 (Salvador)	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Sardoal (2x)	2	75	60	1 000 €	800 €	2	30	24	500 €	400 €	1 500 €	1 200 €	0,80
	VRP Carrola	5	75	-	s/ caixa	0 €	2	30	24	250 €	200 €	250 €	200 €	0,80
	VRP Milhaço	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Lourosa de Campos	5	75	-	s/ caixa	0 €	2	30	24	250 €	200 €	250 €	200 €	0,80
	VRP Soto 2	3	75	45	1 000 €	600 €	4	30	12	250 €	100 €	1 250 €	700 €	0,56
	VRP Melarês	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Eiras	3	75	45	1 000 €	600 €	3	30	18	250 €	150 €	1 250 €	750 €	0,60
	VRP Ponte das Eiras	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
Moldes	VRP S. Pedro - Arouca	2	75	60	s/ caixa	0 €	2	30	24	250 €	200 €	250 €	200 €	0,80

	VRP CM-Arouca (2x)	2	75	60	5 000 €	4 000 €	2	30	24	6 000 €	4 800 €	11 000 €	8 800 €	0,80
	VRP Pinheiro 1	3	75	45	1 000 €	600 €	3	30	18	250 €	150 €	1 250 €	750 €	0,60
	VRP Pinheiro 2	2	75	60	1 000 €	800 €	2	30	24	1 000 €	800 €	2 000 €	1 600 €	0,80
	VRP Granja	4	75	30	1 000 €	400 €	3	30	18	250 €	150 €	1 250 €	550 €	0,44
	VRP Outeiro 1 (2x)	2	75	60	5 000 €	4 000 €	2	30	24	6 000 €	4 800 €	11 000 €	8 800 €	0,80
	VRP Outeiro 2 (2x)	2	75	60	5 000 €	4 000 €	2	30	24	6 000 €	4 800 €	11 000 €	8 800 €	0,80
	VRP Outeiro 3 (2x)	2	75	60	5 000 €	4 000 €	2	30	24	6 000 €	4 800 €	11 000 €	8 800 €	0,80
	VRP Bairro	2	75	60	5 000 €	4 000 €	2	30	24	3 000 €	2 400 €	8 000 €	6 400 €	0,80
	VRP Estrada Ponte Telhe 1	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	1 000 €	800 €	2 000 €	1 400 €	0,70
	VRP Estrada Ponte Telhe 2 (2x)	2	75	60	5 000 €	4 000 €	2	30	24	6 000 €	4 800 €	11 000 €	8 800 €	0,80
	VRP Estrada Ponte Telhe 3	5	75	-	s/ caixa	0 €	4	30	12	1 000 €	400 €	1 000 €	400 €	0,40
	VRP Estrada Ponte Telhe 4	3	75	45	1 000 €	600 €	3	30	18	1 000 €	600 €	2 000 €	1 200 €	0,60
	VRP Ponte Telhe	5	75	15	2 000 €	400 €	2	30	24	250 €	200 €	2 250 €	600 €	0,27
	VRP Cela	5	75	15	2 000 €	400 €	3	30	18	3 000 €	1 800 €	5 000 €	2 200 €	0,44
	VRP Celadinha	2	75	60	s/ caixa	0 €	2	30	24	250 €	200 €	250 €	200 €	0,80
	VRP Fontanário Bouceguedim	5	75	-	s/ caixa	0 €	2	30	24	250 €	200 €	250 €	200 €	0,80
	VRP Costeiras	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Valdasna 1	3	75	45	5 000 €	3 000 €	3	30	18	3 000 €	1 800 €	8 000 €	4 800 €	0,60
	VRP Valdasna 2	3	75	45	5 000 €	3 000 €	2	30	24	3 000 €	2 400 €	8 000 €	5 400 €	0,68
	VRP Eng. Próspero dos Santos	3	75	45	1 000 €	600 €	3	30	18	250 €	150 €	1 250 €	750 €	0,60
	VRP Boco 1	4	75	30	1 000 €	400 €	2	30	24	3 000 €	2 400 €	4 000 €	2 800 €	0,70
	VRP Boco 2	4	75	30	1 000 €	400 €	3	30	18	3 000 €	1 800 €	4 000 €	2 200 €	0,55
	VRP Cancelo 1	2	75	60	5 000 €	4 000 €	2	30	24	3 000 €	2 400 €	8 000 €	6 400 €	0,80
	VRP Bonjardim	5	75	15	1 000 €	200 €	3	30	18	250 €	150 €	1 250 €	350 €	0,28

	VRP Toita	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	800 €	0,64
	VRP Amilo	5	75	15	1 000 €	200 €	2	30	24	250 €	200 €	1 250 €	400 €	0,32
	VRP Minhãos 1	5	75	-	s/caixa	0 €	3	30	18	250 €	150 €	250 €	150 €	0,60
	VRP Minhãos 2 (2x)	3	75	45	1 000 €	600 €	2	30	24	500 €	400 €	1 500 €	1 000 €	0,67
	VRP Ronde	4	75	30	1 000 €	400 €	4	30	12	250 €	100 €	1 250 €	500 €	0,40

Tabela A3.14 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação Patrimonial de EE

Subsistema	Estação Elevatória	Construção Civil					Equipamentos					Custo Substituição	Valor Atual	IVI
		Estado	Vida Útil	Vida Residual	Custo Substituição	Valor Atual	Estado	Vida Útil	Vida Residual	Custo Substituição	Valor Atual			
Souto Redondo	Furo de Ferreiros 2	2	75	60	2 500 €	2 000 €	4	40	16	2 000 €	800 €	4 500 €	2 800 €	0,62
Moldes	Novais	4	75	30	2 500 €	1 000 €	3	40	24	2 000 €	1 200 €	4 500 €	2 200 €	0,49
	Vila Nova	3	75	45	2 500 €	1 500 €	3	40	24	2 000 €	1 200 €	4 500 €	2 700 €	0,60
	Furo de Vila Nova	2	75	60	2 500 €	2 000 €	3	40	24	2 000 €	1 200 €	4 500 €	3 200 €	0,71
	Pernouzela	3	75	45	2 500 €	1 500 €	3	40	24	2 000 €	1 200 €	4 500 €	2 700 €	0,60
Canelas	Furo de Canelas 1	3	75	45	2 500 €	1 500 €	3	40	24	2 000 €	1 200 €	4 500 €	2 700 €	0,60
	Furo de Canelas 3	3	75	45	2 500 €	1 500 €	3	40	24	2 000 €	1 200 €	4 500 €	2 700 €	0,60
	Furo de Canelas 4	3	75	45	2 500 €	1 500 €	3	40	24	2 000 €	1 200 €	4 500 €	2 700 €	0,60
Alvarenga	Furo de Bustelo	2	75	60	2 500 €	2 000 €	2	40	32	2 000 €	1 600 €	4 500 €	3 600 €	0,80
	Vila Galega	3	75	45	2 500 €	1 500 €	3	40	24	2 000 €	1 200 €	4 500 €	2 700 €	0,60
Vilarinho	Furo de Vilarinho	3	75	45	2 500 €	1 500 €	3	40	24	2 000 €	1 200 €	4 500 €	2 700 €	0,60
Gamarão	Furo de Gamarão	3	75	45	2 500 €	1 500 €	3	40	24	2 000 €	1 200 €	4 500 €	2 700 €	0,60
Vila Cova	Furo de Vila Cova	3	75	45	2 500 €	1 500 €	3	40	24	2 000 €	1 200 €	4 500 €	2 700 €	0,60
Espiunca	Furo de Melres	3	75	45	2 500 €	1 500 €	3	40	24	2 000 €	1 200 €	4 500 €	2 700 €	0,60

Vilar de Servos	Furo de Vilar de Servos	3	75	45	2 500 €	1 500 €	3	40	24	2 000 €	1 200 €	4 500 €	2 700 €	0,60
Paradinha	Furo de Paradinha	3	75	45	2 500 €	1 500 €	3	40	24	2 000 €	1 200 €	4 500 €	2 700 €	0,60
Sarabigões	Furo de Sarabigões	3	75	45	2 500 €	1 500 €	3	40	24	2 000 €	1 200 €	4 500 €	2 700 €	0,60
Vila Viçosa	Furo de Vila Viçosa	4	75	30	2 500 €	1 000 €	3	40	24	2 000 €	1 200 €	4 500 €	2 200 €	0,49
Telhe	Furo de Telhe	3	75	45	2 500 €	1 500 €	3	40	24	2 000 €	1 200 €	4 500 €	2 700 €	0,60
	Telhe	3	75	45	2 500 €	1 500 €	2	40	32	2 000 €	1 600 €	4 500 €	3 100 €	0,69
Fuste	Furo de Fuste	3	75	45	2 500 €	1 500 €	2	40	32	2 000 €	1 600 €	4 500 €	3 100 €	0,69
	Fuste	3	75	45	2 500 €	1 500 €	2	40	32	2 000 €	1 600 €	4 500 €	3 100 €	0,69

Avaliação de Infraestruturas			
Classe	**Estado**	**Desempenho**	**Risco (Probabilidade)**
1	Muito bom	Excelência	Muito baixo
2	Bom	Eficiência	Baixo
3	Razoável	Eficácia	Médio
4	Mau	Pré-eficácia	Alto
5	Muito mau	Ineficácia	Muito alto

Avaliação de Infraestruturas - Estado de Conservação				
Classe	**Classificação**	**Descrição**	**Intervenção necessária**	**Taxa de reabilitação**
1	Muito bom	Ativo em perfeito ou excelente estado de conservação	Manutenção normal	0%
2	Bom	Ativo que apresenta pequenas anomalias	Reparação pontual	5%
3	Razoável	Ativo que apresenta anomalias que requerem manutenção curativa significativa	Reparação significativa	10% - 20%
4	Mau	Ativo que requer renovação signiticativa	Renovação	20% - 40%
5	Muito mau	Ativo quase inutilizável	Substituição	> 50%

Avaliação de Infraestruturas - Desempenho		
Classe	**Classificação**	**Descrição**
1	Excelência	Ativo / componente cumpre a função de forma excelente.
2	Eficiência	Ativo / componente cumpre a função de forma eficiente.
3	Eficácia	Ativo / componente cumpre a função de forma eficaz.
4	Pré-eficácia	Ativo / componente cumpre função.
5	Ineficácia	Ativo / componente não cumpre a sua função.

Avaliação de Infraestruturas - Risco			
Classe	**Classificação**	**Descrição**	**Probabilidade**
1	Muito baixo	Quase impossível	0,01 (0,00 - 0,05)
2	Baixo	Muito pouco provável	0,10 (0,02 - 0,15)
3	Médio	Completamento incerto	0,50 (0,45 - 0,55)
4	Alto	Muito provável	0,90 (0,75 - 0,90)
5	Muito alto	Quase certo	0,99 (0,90 - 0,995)

Fig. A3.1 – Inquéritos – Critérios de Avaliação

Subsistema	Reservatório	Estado		Desempenho			Risco (Probabilidade)		
		Construção Civil	Equipamentos	Reserva	Extravasamentos	Estanquidade	Perda de Água	Segurança (contaminação)	Segurança (afogamento)
Abelheira	RES Cimo da Inha	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
	RES Vista Alegre	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
	RES Agras	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
	RES Mata	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
Souto Redondo	RES Cavada	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
	RES Regadas	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
	RES Sanfins	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
	RES Pousadouro	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
	RES Barrol	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
	RES S.João	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
	RES Pinheiral	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
	RES Urrô	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
Ameixieira	RES Fráguas	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
	RES Ameixieira	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
	RES S.M.Monte	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
	RES Chãos	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
Forcada	RES Forcada	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
	RES Porto Escuro	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
Moldes	RES S.Pedro	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
	RES Pernouzela	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
	RES Cabral	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
	RES Vila Nova	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
	RES Portela	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
	RES V.N.Pisco	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐

Fig. A3.2 –Avaliação de Infraestruturas – Exemplo de inquério à EG (Reservatórios)

U.PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO
SHRHA SECÇÃO DE HIDRÁULICA, RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTE

Instituição:	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP)
Departamento:	Departamento de Engenharia Civil (DEC)
Secção:	Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente (SHRHA)
Enquadramento:	Programa Doutoral em Engenharia Civil (PRODEC) Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente
Tema:	Gestão Operacional de Infraestruturas Hidráulicas
Doutorando:	Jorge José Teixeira Cardoso Gonçalves Mestre em Eng. Civil, Estudante Doutoramento - up200902986@fe.up.pt
Orientador:	José Carlos Tentúgal Valente Doutor em Eng. Civil, Professor Associado - tvalente@fe.up.pt
Caso de Estudo:	Sistema de Abastecimento de Água de Arouca (Entidade Gestora: Águas do Norte)

Inquérito realizado no âmbito da avaliação do ***Desempenho Social*** associado ao Sistema de Abastecimento de Água de Arouca (SAA-Arouca), enquadrado no trabalho de investigação acima identificado.

Classificação: Ineficácia: 1 ☐ Pré-Eficácia: 2 ☐ Eficácia: 3 ☐ Eficiência: 4 ☐ Excelência: 5 ☐

1. Perspetiva do Cliente					
1.1. Imagem da Entidade Gestora (Missão / Valores / Comunicação)					
Classificação:	1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐
1.2. Atendimento (Presencial - em loja / Telefónico)					
Classificação:	1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐
1.3. Processo de Faturação (Periodicidade / Comunicação / Erros de Faturação)					
Classificação:	1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐
2. Serviço Prestado					
2.1. Qualidade de Serviço (Cumprimento da missão da Entidade Gestora)					
Classificação:	1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐
2.2. Resposta a Ocorrências (Roturas / Faltas de Água / Qualidade da Água)					
Classificação:	1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐
2.3. Resolução de Problemas Reportados (Pavimentações / Outros)					
Classificação:	1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐
2.4. Instalação de contadores (Tempo de resposta / Qualidade de resposta)					
Classificação:	1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐
2.5. Execução de ramais (Tempo de resposta / Qualidade de resposta)					
Classificação:	1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐
3. Infraestruturas					
3.1. Estado de conservação das Infraestruturas (Reservatórios / Captações / Sistemas de Tratamento de Água)					
Classificação:	1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐
3.2. Segurança das Infraestruturas (Reservatórios / Captações / Sistemas de Tratamento de Água)					
Classificação:	1 ☐	2 ☐	3 ☐	4 ☐	5 ☐

Fig. A3.3 – Inquérito Desempenho Social

Tabela A3.15 – Avaliação do Custo das Captações do SAA-Arouca

Subsistema	Captação	Vida Residual	Custo Substituição	Valor Atual	IVI
Souto Redondo	Furo de Ferreiros 2	60 anos	2 525 €	2 020 €	0,80
Moldes	Furo de Vila Nova	60 anos	4 775 €	3 820 €	0,80
Canelas	Furo de Canelas 1	45 anos	16 825 €	10 095 €	0,60
	Furo de Canelas 3	45 anos	4 000 €	2 400 €	0,60
	Furo de Canelas 4	45 anos	27 975 €	16 785 €	0,60
Alvarenga	Furo de Bustelo	60 anos	25 050 €	20 040 €	0,80
	Nascente de Bustelo	45 anos	1 500 €	900 €	0,60
Vilarinho	Furo de Vilarinho	45 anos	6 100 €	3 660 €	0,60
Gamarão	Furo de Gamarão	45 anos	9 025 €	5 415 €	0,60
Vila Cova	Furo de Vila Cova	45 anos	10 925 €	6 555 €	0,60
Espiunca	Furo de Melres	45 anos	8 025 €	4 815 €	0,60
Vilar de Servos	Furo de Vilar de Servos	45 anos	4 775 €	2 865 €	0,60
Paradinha	Furo de Paradinha	45 anos	4 275 €	2 565 €	0,60
Sarabigões	Furo de Sarabigões	45 anos	5 325 €	3 195 €	0,60
Vila Viçosa	Furo de Vila Viçosa	30 anos	5 675 €	2 270 €	0,40
Telhe	Furo de Telhe	45 anos	5 825 €	3 495 €	0,60
Fuste	Furo de Fuste	45 anos	2 525 €	1 515 €	0,60
Covêlo de Paivô	Mina de Covêlo de Paivô	30 anos	2 250 €	900 €	0,40
Cando	Mina do Cando	45 anos	2 250 €	1 350 €	0,60
Regoufe	Mina de Regoufe	45 anos	3 750 €	2 250 €	0,60
Tebilhão	Mina de Tebilhão	30 anos	1 500 €	600 €	0,40
Cabreiros	Mina de Cabreiros	30 anos	1 500 €	600 €	0,40
Castanheira	Mina de Castanheira	45 anos	2 250 €	1 350 €	0,60
Total		**-**	**158 625 €**	**99 460 €**	**0,63**

Tabela A3.16 – Avaliação do Custo das Condutas Adutoras do SAA-Arouca

Subsistema	**Extensão** (m)	**Estado**	**Vida Residual**	**Custo Substituição**	**Valor Atual**	**IVI**
Abelheira	3598	1	60 anos	125 930 €	125 930 €	1,00
Souto Redondo	9134	2	48 anos	319 690 €	255 752 €	0,80
Ameixieira	3900	4	24 anos	136 500 €	54 600 €	0,40
Forcada	1347	3	36 anos	47 145 €	28 287 €	0,60
Moldes	3697	4	24 anos	129 395 €	51 758 €	0,40
Canelas	450	3	36 anos	15 750 €	9 450 €	0,60
Alvarenga	6171	2	48 anos	215 985 €	172 788 €	0,80
Vilarinho	383	3	36 anos	13 405 €	8 043 €	0,60
Gamarão	730	3	36 anos	25 550 €	15 330 €	0,60
Vila Cova	147	3	36 anos	5 145 €	3 087 €	0,60
Espiunca	161	3	36 anos	5 635 €	3 381 €	0,60
Vilar de Servos	142	3	36 anos	4 970 €	2 982 €	0,60
Paradinha	18	3	36 anos	630 €	378 €	0,60
Sarabigões	458	3	36 anos	16 030 €	9 618 €	0,60
Vila Viçosa	2048	3	36 anos	71 680 €	43 008 €	0,60
Telhe	353	3	36 anos	12 355 €	7 413 €	0,60
Fuste	1209	5	12 anos	42 315 €	8 463 €	0,20
Covêlo de Paivô	187	4	24 anos	6 545 €	2 618 €	0,40
Cando	620	3	36 anos	21 700 €	13 020 €	0,60
Regoufe	1938	4	24 anos	67 830 €	27 132 €	0,40
Tebilhão	1319	3	36 anos	46 165 €	27 699 €	0,60
Cabreiros	1245	3	36 anos	43 575 €	26 145 €	0,60
Castanheira	222	3	36 anos	7 770 €	4 662 €	0,60
Total	**39477**	-	-	**1 381 695 €**	**901 544 €**	**0,65**

Tabela A3.17 – Avaliação do Custo dos Reservatórios do SAA-Arouca

Reservatório	Volume	Vida Residual Média		Custo Substituição	Valor Atual	IVI
		Construção Civil	Equipamentos			
Cimo da Inha	500 m^3	60 anos	24 anos	203 133 €	162 506 €	0,80
Agras	20 m^3	30 anos	12 anos	18 159 €	7 264 €	0,40
Vista Alegre	200 m^3	45 anos	18 anos	119 489 €	71 694 €	0,60
Mata	40 m^3	60 anos	18 anos	28 181 €	22 545 €	0,80
Regadas	12 m^3	30 anos	12 anos	13 136 €	5 254 €	0,40
Cavada	12 m^3	30 anos	12 anos	13 136 €	5 254 €	0,40
Urrô	40 m^3	30 anos	12 anos	28 181 €	11 272 €	0,40
Sanfins	12 m^3	30 anos	12 anos	13 136 €	5 254 €	0,40
Pinheiral	40 m^3	45 anos	12 anos	28 181 €	16 909 €	0,60
Pousadouro	50 m^3	30 anos	12 anos	54 084 €	21 634 €	0,40
Barrol	20 m^3	30 anos	12 anos	18 159 €	7 264 €	0,40
São João	20 m^3	15 anos	12 anos	18 159 €	3 632 €	0,20
Ameixieira	400 m^3	75 anos	24 anos	178 424 €	167 004 €	0,94
S. M. do Monte	80 m^3	45 anos	18 anos	70 661 €	42 396 €	0,60
Fráguas	40 m^3	30 anos	12 anos	28 181 €	11 272 €	0,40
Forcada	400 m^3	75 anos	24 anos	178 424 €	167 004 €	0,94
Porto Escuro	40 m^3	30 anos	12 anos	28 181 €	11 272 €	0,40
Portela	100 m^3	60 anos	18 anos	80 264 €	58 234 €	0,73
São Pedro	240 m^3	30 anos	18 anos	132 741 €	62 092 €	0,47
Pernouzela 2	180 m^3	60 anos	18 anos	112 454 €	82 098 €	0,73
Cabral	20 m^3	30 anos	12 anos	18 159 €	7 264 €	0,40
Vila Nova	240 m^3	45 anos	18 anos	132 741 €	79 644 €	0,60
Chãos	40 m^3	45 anos	12 anos	28 181 €	16 909 €	0,60
Vila Nova do Pisco	40 m^3	30 anos	12 anos	28 181 €	11 272 €	0,40
Canelas	380 m^3	45 anos	18 anos	173 190 €	103 914 €	0,60
Espírito Santo	380 m^3	30 anos	18 anos	173 190 €	80 425 €	0,46
Pade	175 m^3	30 anos	18 anos	71 835 €	28 734 €	0,40
Várzeas	175 m^3	30 anos	18 anos	71 835 €	28 734 €	0,40
Vilarinho	40 m^3	30 anos	12 anos	28 181 €	11 272 €	0,40
Gamarão	20 m^3	60 anos	18 anos	18 159 €	14 528 €	0,80
Vila Cova	40 m^3	45 anos	18 anos	28 181 €	16 909 €	0,60
Melres	12 m^3	15 anos	12 anos	13 136 €	2 627 €	0,20
Vilar de Servos	1 m^3	60 anos	18 anos	2 718 €	2 174 €	0,80
Paradinha	12 m^3	30 anos	12 anos	13 136 €	5 254 €	0,40
Sarabigões	20 m^3	30 anos	12 anos	18 159 €	7 264 €	0,40

Vila Viçosa	20 m^3	45 anos	18 anos	18 159 €	10 896 €	0,60
Telhe	10 m^3	60 anos	18 anos	11 702 €	9 361 €	0,80
Fuste	20 m^3	15 anos	12 anos	18 159 €	3 632 €	0,20
Friães	12 m^3	15 anos	12 anos	13 136 €	2 627 €	0,20
Covêlo de Paivô	12 m^3	15 anos	6 anos	13 136 €	2 627 €	0,20
Cando	20 m^3	30 anos	12 anos	18 159 €	7 264 €	0,40
Regoufe 1	20 m^3	30 anos	12 anos	18 159 €	7 264 €	0,40
Regoufe 2	10 m^3	15 anos	12 anos	11 702 €	2 340 €	0,20
Tebilhão	20 m^3	45 anos	18 anos	18 159 €	10 896 €	0,60
Cabreiros	10 m^3	15 anos	12 anos	11 702 €	2 340 €	0,20
Castanheira	20 m^3	30 anos	12 anos	18 159 €	7 264 €	0,40
Total	**-**	**-**	**-**	**2 353 779 €**	**1 425 292 €**	**0,61**

Tabela A3.18 – Avaliação do Custo dos Sistemas de Tratamento do SAA-Arouca

Sistema de Tratamento	Vida Residual Média		Custo Substituição	Valor Atual	IVI
	Construção Civil	Equipamentos			
Ferreiros	60 anos	24 anos	1 200 €	960 €	0,80
Canelas	45 anos	18 anos	15 000 €	9 000 €	0,60
Espírito Santo	45 anos	18 anos	1 200 €	720 €	0,60
Vilarinho	45 anos	18 anos	1 200 €	720 €	0,60
Gamarão	45 anos	18 anos	1 200 €	720 €	0,60
Vila Cova	45 anos	18 anos	1 200 €	720 €	0,60
Melres	45 anos	18 anos	1 200 €	720 €	0,60
Vilar de Servos	45 anos	18 anos	1 200 €	720 €	0,60
Paradinha	45 anos	18 anos	1 200 €	720 €	0,60
Sarabigões	45 anos	18 anos	1 200 €	720 €	0,60
Vila Viçosa	30 anos	12 anos	1 200 €	480 €	0,40
Telhe	45 anos	18 anos	12 000 €	7 200 €	0,60
Fuste	45 anos	18 anos	17 000 €	10 200 €	0,60
Covêlo de Paivô	30 anos	12 anos	1 200 €	480 €	0,40
Cando	45 anos	18 anos	1 200 €	720 €	0,60
Mina de Tebilhão	30 anos	12 anos	1 200 €	480 €	0,40
Mina de Cabreiros	30 anos	12 anos	1 200 €	480 €	0,40
Total	-	-	**60 800 €**	**35 760 €**	**0,59**

Tabela A3.19 – Avaliação do Custo das Condutas Distribuidoras do SAA-Arouca

Subsistema	**Extensão** (m)	**Estado**	**Vida Residual**	**Custo Substituição**	**Valor Atual**	**IVI**
Abelheira	82897	3	36 anos	3 315 880 €	1 989 528 €	0,60
Provizende	51157	2	48 anos	2 046 280 €	1 637 024 €	0,80
Souto Redondo	68619	3	36 anos	2 744 760 €	1 646 856 €	0,60
Ameixieira	12896	4	24 anos	515 840 €	206 336 €	0,40
Forcada	27929	3	36 anos	1 117 160 €	670 296 €	0,60
Moldes	75864	3	36 anos	3 034 560 €	1 820 736 €	0,60
Canelas	10737	4	24 anos	429 480 €	171 792 €	0,40
Alvarenga	27563	3	36 anos	1 102 520 €	661 512 €	0,60
Vilarinho	2194	3	36 anos	87 760 €	52 656 €	0,60
Gamarão	1210	3	36 anos	48 400 €	29 040 €	0,60
Vila-Cova	1722	3	36 anos	68 880 €	41 328 €	0,60
Espiunca	1685	4	24 anos	67 400 €	26 960 €	0,40
Vilar de Servos	252	3	36 anos	10 080 €	6 048 €	0,60
Paradinha	644	4	24 anos	25 760 €	10 304 €	0,40
Sarabigões	1195	3	36 anos	47 800 €	28 680 €	0,60
Vila Viçosa	6124	3	36 anos	244 960 €	146 976 €	0,60
Telhe	793	3	36 anos	31 720 €	19 032 €	0,60
Fuste	1543	4	24 anos	61 720 €	24 688 €	0,40
Covêlo de Paivô	938	4	24 anos	37 520 €	15 008 €	0,40
Cando	436	3	36 anos	17 440 €	10 464 €	0,60
Regoufe	719	4	24 anos	28 760 €	11 504 €	0,40
Tebilhão	730	3	36 anos	29 200 €	17 520 €	0,60
Cabreiros	1126	4	24 anos	45 040 €	18 016 €	0,40
Castanheira	1049	3	36 anos	41 960 €	25 176 €	0,60
Total	**380022**	-	-	**15 200 880 €**	**9 287 480 €**	**0,61**

Tabela A3.20 – Avaliação do Custo das VRP do SAA-Arouca

	Número de VRP	**Vida Residual Média**		**Custo Substituição**	**Valor Atual**	**IVI**
		C. Civil	Equipamentos			
Abelheira	33	36 anos	21 anos	106 750 €	63 550 €	0,62
Provisende	14	45 anos	24 anos	81 750 €	51 700 €	0,64
S. Redondo	40	53 anos	24 anos	135 000 €	104 100 €	0,80
Ameixieira	11	45 anos	18 anos	13 750 €	8 400 €	0,60
Forcada	15	45 anos	24 anos	40 750 €	32 650 €	0,75
Moldes	30	45 anos	24 anos	121 750 €	86 050 €	0,65
Total (SP)	143	45 anos	24 anos	499 750 €	346 450 €	0,64
Total (SA)	26	-	-	90 864 €	62 991 €	0,64
Total	**169**	-	-	**590 614 €**	**409 441 €**	**0,64**

Tabela A3.21 – Avaliação do Custo das EE do SAA-Arouca

Subsistema	Captação	Vida Residual Média		Custo Substituição	Valor Atual	IVI
		Construção Civil	Equipamentos			
S. Redondo	Furo de Ferreiros 2	60 anos	16 anos	4 500 €	2 800 €	0,62
Moldes	Novais	30 anos	24 anos	4 500 €	2 200 €	0,49
	Vila Nova	45 anos	24 anos	4 500 €	2 700 €	0,60
	Furo de Vila Nova	60 anos	24 anos	4 500 €	3 200 €	0,71
	Pernouzela	45 anos	24 anos	4 500 €	2 700 €	0,60
Canelas	Furo de Canelas 1	45 anos	24 anos	4 500 €	2 700 €	0,60
	Furo de Canelas 3	45 anos	24 anos	4 500 €	2 700 €	0,60
	Furo de Canelas 4	45 anos	24 anos	4 500 €	2 700 €	0,60
Alvarenga	Furo de Bustelo	60 anos	32 anos	4 500 €	3 600 €	0,80
	Vila Galega	45 anos	24 anos	4 500 €	2 700 €	0,60
Vilarinho	Furo de Vilarinho	45 anos	24 anos	4 500 €	2 700 €	0,60
Gamarão	Furo de Gamarão	45 anos	24 anos	4 500 €	2 700 €	0,60
Vila Cova	Furo de Vila Cova	45 anos	24 anos	4 500 €	2 700 €	0,60
Espiunca	Furo de Melres	45 anos	24 anos	4 500 €	2 700 €	0,60
Vilar de Servos	Furo de Vilar de Servos	45 anos	24 anos	4 500 €	2 700 €	0,60
Paradinha	Furo de Paradinha	45 anos	24 anos	4 500 €	2 700 €	0,60
Sarabigões	Furo de Sarabigões	45 anos	24 anos	4 500 €	2 700 €	0,60
Vila Viçosa	Furo de Vila Viçosa	30 anos	24 anos	4 500 €	2 200 €	0,49
Telhe	Furo de Telhe	45 anos	24 anos	4 500 €	2 700 €	0,60
	Telhe	45 anos	32 anos	4 500 €	3 100 €	0,69
Fuste	Furo de Fuste	45 anos	32 anos	4 500 €	3 100 €	0,69
	Fuste	45 anos	32 anos	4 500 €	3 100 €	0,69
	Total	-	-	**99 000 €**	**61 100 €**	**0,62**

Tabela A3.22 – Avaliação de Infraestruturas do SAA-Arouca

Infraestrutura	Avaliação	Abelheira	Provisende	S. Redondo	Ameixieira	Forcada	Moldes	SA	Média
Captações	Estado	-	-	2,00	-	-	2,00	3,14	2,38
	Desempenho	-	-	2,00	-	-	2,00	3,05	2,35
	Risco Médio	-	-	7,00	-	-	7,00	9,31	7,77
Adutoras	Estado	1,00	-	2,00	4,00	3,00	4,50	3,17	2,95
	Desempenho	2,00	-	2,50	4,00	3,50	4,00	3,06	3,18
	Risco Médio	3,00	-	7,00	9,00	5,33	9,33	5,66	6,55
Reservatórios	Estado	2,88	-	4,00	2,83	2,75	3,38	3,70	3,26
	Desempenho	2,08	-	3,54	2,44	3,00	3,25	3,27	2,93
	Risco Médio	10,83	-	13,68	9,79	9,50	11,25	11,21	11,04
S. Tratamento	Estado	-	-	2,00	-	-	-	3,25	2,63
	Desempenho	-	-	2,00	-	-	-	3,06	2,53
	Risco Médio	-	-	6,00	-	-	-	9,39	7,70
Distribuidoras	Estado	3,00	2,00	3,00	4,00	3,00	3,00	3,39	3,06
	Desempenho	2,50	2,50	3,50	4,00	4,00	4,00	3,78	3,47
	Risco Médio	6,00	4,67	8,33	8,33	6,00	8,33	6,89	6,94
VRP	Estado	3,08	2,89	2,46	2,86	2,53	2,81	4,00	2,95
	Desempenho	2,21	2,14	2,33	2,77	2,57	2,29	4,00	2,62
	Risco Médio	4,46	4,09	4,11	4,12	4,05	4,19	8,00	4,72
EE	Estado	-	-	3,00	-	-	3,00	2,88	2,96
	Desempenho	-	-	3,00	-	-	2,88	2,91	2,93
	Risco Médio	-	-	10,00	-	-	8,67	10,40	9,69

A4 – CASO DE ESTUDO DO SAA-AROUCA

EXPLORAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS

Fig. A4.1 – Locais com elevada incidência de roturas no SAA-Arouca no período de 2015 a 2017

Ponto de Entrega	**Local**	**Freguesia**	**Número de roturas**
Abelheira	Belece	Escariz	8
	Belide	Escariz	13
	Gestosa	Escariz	5
	Igreja Escariz	Escariz	8
	Vér	Escariz	6
	Vila Chã	Escariz	5
	Vila Pavão	Escariz	5
	Cabeçais	Fermêdo	9
	Carvalhal Redondo	Fermêdo	8
	Cela do Arda	Fermêdo	16
	Igreja Fermêdo	Fermêdo	6
	Mascotes	Fermêdo	24
	Mosteirô	Fermêdo	15
	Orvida	Fermêdo	28
	Parameira	Fermêdo	15
	Tapada	Fermêdo	25
	Agras	Mansores	19
	Vila Mansores	Mansores	16
	Zona Industrial Mata	Mansores	5
Provisende	Barbeito	Chave	27
	Chão de Ave	Chave	5
	Chave	Chave	27
	Côto da Lomba	Chave	11
	Farrapa	Chave	11
	Igreja Chave	Chave	6
	Outeiro de Mouros	Chave	7
	Provisende	Chave	19
	Regada	Chave	8
	Tojal	Chave	18
	Zona Industrial Lameiradas	Chave	6
Souto Redondo	Costa	Rossas	34
	Paço	Rossas	11
	Pé de Cruz	Rossas	9
	Regadas	Rossas	6
	Sub Rego	Rossas	7
	Telarda	Rossas	6
	Trigal	Rossas	5

	Zendo	Rossas	6
	Aldeia	Tropeço	16
	Amieiro	Tropeço	10
	Bacelo	Tropeço	9
	Barrol	Tropeço	14
	Carvalhal	Tropeço	24
	Ferreiros	Tropeço	20
	Fundo de Vila	Tropeço	13
	Pena	Tropeço	12
	Pousadouro	Tropeço	5
	São João	Tropeço	22
	Santa Bárbara	Tropeço	8
	Cumieira	Várzea	9
	Marecos	Várzea	7
	Remolha	Várzea	5
	Bugueganga	Urrô	6
	Casal Maria	Urrô	11
	Lameira	Urrô	15
	Lourosa de Matos	Urrô	15
	Malafaia	Urrô	7
	Nogueiró	Urrô	20
	Póvoa Reguenga	Urrô	9
	São Lourenço	Urrô	5
	Urrô	Urrô	10
Ameixieira	Ameixieira / Cales	Santa Eulália	14
	Barreiros	Santa Eulália	34
	Presa	Santa Eulália	14
	Santa Maria do Monte	Santa Eulália	10
	Sá	Santa Eulália	25
Forcada	Carrola	UF Arouca-Burgo	12
	Figueiredo	UF Arouca-Burgo	10
	Lourosa de Campos	UF Arouca-Burgo	7
	Melarês	UF Arouca-Burgo	6
	Porto Escuro	UF Arouca-Burgo	5
	Romariz	UF Arouca-Burgo	13
	Salvador	UF Arouca-Burgo	10
	Sardoal	UF Arouca-Burgo	12
	Soto	UF Arouca-Burgo	7
Moldes	Adros	Santa Eulália	23
	Amilo	Santa Eulália	26

	Boavista	Santa Eulália	7
	Casinha	Santa Eulália	13
	Cruz da Toita	Santa Eulália	30
	Malhadoura	Santa Eulália	6
	Minhãos	Santa Eulália	7
	Mouras	Santa Eulália	13
	Novais	Santa Eulália	13
	Parada	Santa Eulália	15
	Pimenta	Santa Eulália	22
	Boco	UF Arouca-Burgo	15
	Cancelo	UF Arouca-Burgo	12
	Devesa Alta	UF Arouca-Burgo	7
	Forno Telheiro	UF Arouca-Burgo	11
	Pernouzela	UF Arouca-Burgo	20
	Pinheiro	UF Arouca-Burgo	27
	São Pedro	UF Arouca-Burgo	18
	Silvares	UF Arouca-Burgo	5
	Sub Ribes	UF Arouca-Burgo	9
	Valdasna	UF Arouca-Burgo	16
	Vila Nova	UF Arouca-Burgo	10
	Vila de Arouca (Centro)	UF Arouca-Burgo	54
	Bairro	Moldes	6
	Bouceguedim	Moldes	27
	Cela	Moldes	5
	Celadinha	Moldes	15
	Celado	Moldes	16
	Outeiro Meão	Moldes	9
	Paços	Moldes	8
	Ponte Telhe	Moldes	47
	Prechã	Moldes	8
	Quelhas	Moldes	7

Tabela A4.2 – Síntese das não conformidades de qualidade da água no SAA-Arouca no ano de 2017

Zona de Abastecimento			Parâmetro	Limite	Valor	Data
Local	**Subsistema**	**FREGUESIA**				
Covêlo de Paivó	C. de Paivó	UF Covêlo-Janarde	Arsénio	10	21,3	2017-01-02
Covêlo de Paivó	C. de Paivó	UF Covêlo-Janarde	Desetilterbutilazina	0,1	0,125	2017-01-02
Paradinha	Paradinha	Alvarenga	Níquel	20	24,1	2017-02-27
Canelas	Canelas	UF Canelas-Espiunca	Bactérias coliformes	0	23	2017-03-13
Vilarinho	Vilarinho	UF Canelas-Espiunca	Manganês	50	200	2017-03-20
Moldes	Moldes (SP)	Moldes	Bactérias coliformes	0	30	2017-05-29
Barrol	S. Redondo (SP)	Tropeço	Radão	500	581	2017-09-04
Rossas	S. Redondo (SP)	Rossas	Bactérias coliformes	0	1	2017-10-09
Tebilhão	Tebilhão	UF Cabreiros-Albergaria	pH	6,5-9,5	5,3	2017-10-23
Vila de Arouca	Moldes (SP)	UF Arouca-Burgo	Sabor a 25ºC	3	4	2017-10-30
Telhe	Telhe	Moldes	Bactérias coliformes	0	2	2017-11-13
Espirito Santo (Alvarenga)	Alvarenga	Alvarenga	Sabor a 25ºC	3	4	2017-11-20
Vila Cova (Espiunca)	Vila Cova	UF Canelas-Espiunca	Clostridium perfringens	0	13	2017-11-27
Vila Cova (Espiunca)	Vila Cova	UF Canelas-Espiunca	pH	6,5-9,5	5,9	2017-11-27
Cabreiros	Cabreiros	UF Cabreiros-Albergaria	pH	6,5-9,5	6,2	2017-12-04
Melres (Espiunca)	Espiunca	UF Canelas-Espiunca	pH	6,5-9,5	6,4	2017-12-11
Vila Viçosa (Espiunca)	Vila Viçosa	UF Canelas-Espiunca	pH	6,5-9,5	6,3	2017-12-11
Gamarão	Gamarão	UF Canelas-Espiunca	pH	6,5-9,5	6,3	2017-12-18

Tabela A4.3 – Síntese de dados do risco de rotura no SP do SAA-Arouca no período de 2015 a 2017

		Abelheira	Provisende	Souto Redondo	Ameixieira	Forcada	Moldes	Total
2015	Número	80	34	68	22	16	103	323
	Custos Reparação	17 600 €	7 480 €	14 960 €	4 840 €	3 520 €	22 660 €	71 060
	Custos Reposição	13 600 €	6 700 €	11 900 €	7 500 €	2 800 €	19 700 €	62 200
	Custos Totais	31 200 €	14 180 €	26 860 €	12 340 €	6 320 €	42 360 €	133 260 €
	Custo Unitário	390 €	417 €	395 €	561 €	395 €	411 €	413 €
	Probabilidade	0,25	0,11	0,21	0,07	0,05	0,32	1,00
	Risco de Rotura	97 €	44 €	83 €	38 €	20 €	131 €	413 €
2016	Número	201	78	168	64	35	247	793
	Custos Reparação	46 972 €	17 648 €	41 092 €	14 524 €	8 324 €	59 980 €	188 540
	Custos Reposição	28 900 €	10 150 €	28 350 €	7 100 €	9 500 €	42 200 €	126 200
	Custos Totais	75 872 €	27 798 €	69 442 €	21 624 €	17 824 €	102 180 €	314 740 €
	Custo Unitário	377 €	356 €	413 €	338 €	509 €	414 €	397 €
	Probabilidade	0,25	0,10	0,21	0,08	0,04	0,31	1,00
	Risco de Rotura	96 €	35 €	88 €	27 €	22 €	129 €	397 €
2017	Número	108	57	136	62	47	222	632
	Custos Reparação	24 560 €	13 444 €	31 120 €	13 640 €	10 784 €	52 840 €	146 388
	Custos Reposição	16 800 €	11 200 €	23 200 €	9 120 €	10 300 €	40 900 €	111 520
	Custos Totais	41 360 €	24 644 €	54 320 €	22 760 €	21 084 €	93 740 €	257 908 €
	Custo Unitário	383 €	432 €	399 €	367 €	449 €	422 €	408 €
	Probabilidade	0,17	0,09	0,22	0,10	0,07	0,35	1,00
	Risco de Rotura	65 €	39 €	86 €	36 €	33 €	148 €	408 €
Triénio 2015-2017	Número	389	169	372	148	98	572	1 748
	Custos Reparação	89 132 €	38 572 €	87 172 €	33 004 €	22 628 €	135 480 €	405 988 €
	Custos Reposição	59 300 €	28 050 €	63 450 €	23 720 €	22 600 €	102 800 €	299 920 €
	Custos Totais	148 432 €	66 622 €	150 622 €	56 724 €	45 228 €	238 280 €	705 908 €
	Custo Unitário	382 €	394 €	405 €	383 €	462 €	417 €	404 €
	Probabilidade	0,22	0,10	0,21	0,08	0,06	0,33	1,00
	Risco de Rotura	85 €	38 €	86 €	32 €	26 €	136 €	404 €

Tabela A4.4 – Síntese de dados do risco de falta de água no SP do SAA-Arouca no período de 2015 a 2017

		Abelheira	**Provisende**	**Souto Redondo**	**Ameixieira**	**Forcada**	**Moldes**	**Total**
2016	Número	30	6	42	0	7	58	143
	Probabilidade	0,21	0,04	0,29	0,00	0,05	0,41	1,00
2017	Número	30	18	73	3	6	54	184
	Probabilidade	0,16	0,10	0,40	0,02	0,03	0,29	1,00
Triénio 2015-2017	Número	60	24	115	3	13	112	327
	Número Clientes	986	543	1 045	157	487	2 609	5 827
	Habitantes Afetados	2 465	1 358	2 613	393	1 218	6 523	14 568
	Peso do Sistema	0,17	0,09	0,18	0,03	0,08	0,45	-
	Duração média (horas)	3	3	3	3	3	3	3
	AF (m^3/ano)	59 754	30 030	60 044	9 349	29 667	205 786	394 630
	AF (m^3/dia)	164	82	165	26	81	564	1 081
	AF (m^3/h)	7	3	7	1	3	23	45
	AF (m^3) - 3 Horas	20	10	21	3	10	70	135
	CmH (m^3/clt/hora)	0,0070	0,0064	0,0067	0,0069	0,0071	0,0091	0,0078
	Preço Médio Água Faturada (€/m^3)	1,6071 €	1,6071 €	1,6071 €	1,6071 €	1,6071 €	1,6071 €	-
	Custo da Falta de Água	33 €	17 €	33 €	5 €	16 €	113 €	-
	Probabilidade	0,18	0,07	0,35	0,01	0,04	0,34	-
	Risco de Falta de Água	6 €	1 €	12 €	0 €	1 €	39 €	-

Tabela A4.5 – Síntese de dados do risco de perda de água no SP do SAA-Arouca no ano 2017

	Abelheira	**Provisende**	**Souto Redondo**	**Ameixieira**	**Forcada**	**Moldes**	**Total**
Número Clientes	986	543	1 045	157	487	2 609	5 827
Extensão Rede (km)	82 897	51 157	68 619	12 896	27 929	75 864	319 362
Peso do Sistema (Clientes)	0,17	0,09	0,18	0,03	0,08	0,45	-
Peso do Sistema (Extensão)	0,26	0,16	0,21	0,04	0,09	0,24	-
ANF (m3/ano)	260 275	154 305	160 877	48 277	155 136	285 514	1 064 384
ANF (m3/dia)	713	423	441	132	425	782	2 916
ANF (m3/h)	30	18	18	6	18	33	122
ANF (m3) - 3 Horas	89	53	55	17	53	98	365
ANF (m3/km rede / ano)	3	3	2	4	6	4	3
Custo AES (€/m3)	0,5207 €	0,5207 €	0,5207 €	0,5207 €	0,5207 €	0,5207 €	-
Custo Perda de Água	46 €	28 €	29 €	9 €	28 €	51 €	-
Probabilidade	0,24	0,14	0,15	0,05	0,15	0,27	-
Risco de Perda de Água	11 €	4 €	4 €	0 €	4 €	14 €	-

Tabela A4.6 – Síntese de valores de risco, por PE do SP do SAA-Arouca, no quadriénio 2015-2018

Subsistema	Ano	Risco de Rotura	Risco de Falta de Água	Risco de Perda de Água
Abelheira	2015	96,59 €	-	
	2016	95,68 €	6,03 €	
	2017	65,44 €		11,35 €
	2018	85,86 €	2,30 €	8,12 €
Provisende	2015	43,90 €	-	
	2016	35,05 €	1,21 €	
	2017	38,99 €		3,99 €
	2018	26,42 €	1,59 €	2,64 €
S. Redondo	2015	83,16 €	-	
	2016	87,57 €	11,62 €	
	2017	85,95 €		4,34 €
	2018	82,56 €	11,00 €	1,61 €
Ameixieira	2015	38,20 €	-	
	2016	27,27 €	0,05 €	
	2017	36,01 €		0,39 €
	2018	48,44 €	0,14 €	0,71 €
Forcada	2015	19,57 €	-	
	2016	22,48 €	0,65 €	
	2017	33,36 €		4,03 €
	2018	38,53 €	1,29 €	2,51 €
Moldes	2015	131,15 €	-	
	2016	128,85 €	38,79 €	
	2017	148,32 €		13,66 €
	2018	122,19 €	74,41 €	5,51 €

A5 – CASO DE ESTUDO DO SAA-AROUCA

MATRIZ DE RISCO

Tabela A5.1 – Matriz de Risco do SAA-Arouca

Probabilidade	Consequência: Insignificante	Moderada	Significativa	Crítica	Catastrófica
Muito alta	**VRP (Perda de Água)**: - 1 VRP PE Abelheira.	**Adutoras (Perda de Água)**: Ameixieira; Fuste. **Adutoras (Rotura)**: Fuste. **Distribuidoras (Perda de Água)**: Fuste. **Distribuidoras (Rotura)**: Canelas. **Reservatórios (Perda de Água)**: São João; Porto Escuro; Fuste; Firães. **EE (Perda de Água)**: Novais; Furo de Vilar de Servos. **VRP (Rotura)**: 1 VRP PE Abelheira.	**Adutoras (Interrupção de Serviço)**: - Fuste.		
Alta		**Captações (Incumprimento)**: Furo de Vilarinho; Furo de Vila Cova; Furo de Vilar de Servos; Furo de Furo de Sarabigões; Furo de Telhe; Mina de Covêlo de Paivô; Mina do Cando; Mina de Regoufe; Mina de Cabreiros; Mina de Castanheira; **Adutoras (Perda de Água)**: Moldes; Covêlo de Paivô; Regoufe. **Adutoras (Rotura)**: Ameixieira; Moldes, **Distribuidoras (Perda de Água)**: Souto Redondo; Ameixieira; Moldes; Canelas; Espiunca; Covêlo de Paivô; Regoufe. **Distribuidoras (Rotura)**: Souto Redondo; Ameixieira; Moldes; Fuste. **Reservatórios (Perda de Água)**: Agras; Regadas; Cavada; Urrô; Sanfins; Barrol; Fráguas; Cabral; Chãos; Vila Nova do Pisco; Vilarinho; Melres; Paradinha; Sarabigões; Covêlo de Paivô; Cando; Regoufe 1; Regoufe 2; Castanheira. **EE (Perda de Água)**: Furo de Sarabigões; Furo de Telhe; Telhe; Fuste. **VRP (Rotura)**: 1 VRP Provisende, 2 VRP Souto Redondo.	**Adutoras (Interrupção de Serviço)**: - Moldes. **Distribuidoras (Interrupção de Serviço)**: - Canelas; - Fuste. **Sistema de Tratamento (Interrupção de Serviço)**: - Vila Viçosa; - Cando. **VRP (Interrupção de Serviço)**: - 3 VRP Abelheira; - 1 VRP Moldes.	**Reservatórios (Ambiente e Segurança)**: Agras; Regadas; Cavada; Urrô; Sanfins; Barrol; Fráguas; Porto Escuro; Vila Nova do Pisco; Vilarinho; Friães; Covêlo de Paivô; Cando; Regoufe 2; Cabreiros; Castanheira. **EE (Ambiente e Segurança)**: - Furo de Ferreiros 2; - Furo de Sarabigões; - Furo de Vila Viçosa.	**Reservatórios (Security)**: Agras; Regadas; Cavada; Urrô; Sanfins; Barrol; São João; Fráguas; Porto Escuro; Vila Nova do Pisco; Vilarinho; Fuste; Friães; Covêlo de Paivô; Cando; Regoufe 2; Cabreiros; Castanheira. **EE (Security)**: - Novais; - Furo de Vila Viçosa.
Média	**VRP (Perda de Água)**: - 5 VRP PE Abelheira, - 2 VRP PE Souto Redondo.	**Captações (Incumprimento)**: Furo de Canelas 1; Furo de Canelas 3; Furo de Canelas 4; Furo de Bustelo; Nascente de Bustelo; Furo de Gamarão; Furo de Melres; Furo de Paradinha; Furo de Vila Viçosa; Furo de Fuste; Mina de Tebilhão. **Adutoras (Perda de Água)**: Souto Redondo; Forcada; Alvarenga; Gamarão; Vilar de Servos; Paradinha, Cando; Tebilhão; Cabreiros; Castanheira. **Adutoras (Rotura)**: Souto Redondo. **Distribuidoras (Perda de Água)** - Abelheira, Forcada, Alvarenga, Vilarinho, Vila Cova, Vilar de Servos, Sarabigões, Telhe, Tebilhão, Cabreiros. **Distribuidoras (Rotura)**: Abelheira; Forcada; Alvarenga; Espiunca; Covêlo de Paivô; Regoufe; Tebilhão; Cabreiros. **Reservatórios (Perda de Água)**: Cimo da Inha; Vista Alegre; Mata; Pinheiral; Pousadouro; Santa Maria do Monte; Portela; São Pedro; Pernouzela 2; Cabral; Vila Nova; Canelas; Espírito Santo; Pade; Várzeas; Vila Cova; Vila Viçosa; Telhe; Tebilhão; Cabreiros. **EE (Perda de Água)**: Furo de Bustelo; Vila Galega; Furo de Vila Viçosa. **VRP (Rotura)**: 4 VRP Abelheira; 4 VRP Souto Redondo; 2 VRP Ameixieira; 1 VRP Forcada; 2 VRP Moldes.	**Adutoras (Interrupção de Serviço)**: Souto Redondo; Ameixieira; Alvarenga; Covêlo de Paivô; Regoufe. **Distribuidoras (Interrupção de Serviço)**: Souto Redondo; Ameixieira; Moldes; Alvarenga; Vilarinho; Gamarão; Vila Cova; Espiunca; Vilar de Servos; Paradinha; Sarabigões; Vila Viçosa; Telhe; Covêlo de Paivô; Cando; Regoufe; Tebilhão; Cabreiros; Castanheira. **Sistema de Tratamento (Interrupção de Serviço)**: Canelas; Alvarenga; Vilarinho; Gamarão; Vila Cova; Espiunca; Vilar de Servos; Paradinha; Sarabigões; Telhe; Fuste; Covêlo de Paivô; Tebilhão; Cabreiros. **VRP (Interrupção de Serviço)**: 3 VRP Abelheira; 2 VRP Moldes.	**Reservatórios (Ambiente e Segurança)**: Mata; Pinheiral; Pousadouro; São João; Santa Maria do Monte; São Pedro; Pernouzela 1; Pernouzela 2; Cabral; Vila Nova; Chãos; Canelas; Espírito Santo; Pade; Várzeas; Melres; Paradinha; Sarabigões; Fuste; Regoufe 1. **EE (Ambiente e Segurança)**: Furo de Canelas 1; Furo de Canelas 3; Furo de Canelas 4; Furo de Bustelo; Furo de Vilarinho; Furo de Gamarão; Furo de Vila Cova; Furo de Melres; Furo de Vilar de Servos; Furo de Paradinha; Furo de Telhe; Furo de Fuste.	**Captações (Security)**: Nascente de Bustelo; Mina de Covêlo de Paivô; Mina do Cando; Mina de Regoufe; Mina de Tebilhão; Mina de Cabreiros; Mina de Castanheira. **Reservatórios (Security)**: Vista Alegre; Mata; Pinheiral; Pousadouro; Santa Maria do Monte; São Pedro; Pernouzela 1; Pernouzela 2; Cabral; Vila Nova; Chãos; Canelas; Espírito Santo; Pade; Várzeas; Melres; Paradinha; Sarabigões; Regoufe 1. **EE (Security)**: Furo de Canelas 1; Furo de Canelas 3; Furo de Canelas 4; Vila Galega; Furo de Vilarinho; Furo de Vila Cova; Furo de Melres; Furo de Paradinha; Furo de Sarabigões; Furo de Telhe; Furo de Fuste.
Baixa	**VRP (Perda de Água)**: - 27 VRP no PE Abelheira; - 14 VRP PE Provisende; - 37 VRP PE Souto Redondo; - 11 VRP PE Ameixieira; - 15 VRP PE Forcada; - 29 VRP PE Moldes.	**Captações (Incumprimento)**: Furo de Ferreiros 2; Furo de Vila Nova. **Adutoras (Perda de Água)**: Abelheira; Canelas; Vilarinho; Vila Cova; Espiunca; Sarabigões; Vila Viçosa; Telhe. **Adutoras (Rotura)**: Forcada; Canelas; Alvarenga; Vilarinho; Gamarão; Vila Cova; Espiunca; Vilar de Servos; Paradinha; Sarabigões; Vila Viçosa; Telhe; Covêlo de Paivô; Cando; Regoufe; Tebilhão; Cabreiros; Castanheira. **Distribuidoras (Perda de Água)**: Provisende; Gamarão; Paradinha; Vila Viçosa; Cando; Castanheira. **Distribuidoras (Rotura)**: Provisende; Vilarinho; Gamarão; Vila Cova; Vilar de Servos; Paradinha; Sarabigões; Vila Viçosa; Telhe; Cando; Castanheira. **Reservatórios (Perda de Água)**: Gamarão; Vilar de Servos. **EE (Perda de Água)**: Furo de Ferreiros 2; Vila Nova; Furo de Vila Nova; Pernouzela; Furo de Canelas 1; Furo de Canelas 3; Furo de Canelas 4; Furo de Vilarinho; Furo de Gamarão; Furo de Vila Cova; Furo de Melres; Furo de Paradinha; Furo de Fuste. **VRP (Rotura)**: 28 VRP PE Abelheira; 13 VRP PE Provisende; 35 VRP PE Souto Redondo; 9 VRP Ameixieira; 14 VRP Forcada; 27 VRP Moldes.	**Adutoras (Interrupção de Serviço)**: Forcada; Canelas; Vilarinho; Gamarão; Vila Cova; Espiunca; Vilar de Servos; Paradinha; Sarabigões; Vila Viçosa; Telhe; Cando; Tebilhão; Cabreiros; Castanheira. **Distribuidoras (Interrupção de Serviço)**: Abelheira; Provisende; Forcada. **Sistema de Tratamento (Interrupção de Serviço)**: Ferreiros. **VRP (Interrupção de Serviço)**: 26 VRP Abelheira; 14 VRP Provisende; 40 VRP Souto Redondo; 11 VRP Ameixieira; 15 VRP Forcada; 26 VRP Moldes.	**Reservatórios (Ambiente e Segurança)**: - Cimo da Inha; - Vista Alegre, Portela; - Vila Cova; - Vila Viçosa, Tebilhão. **EE (Ambiente e Segurança)**: - Novais; - Vila Nova; - Furo de Vila Nova; - Pernouzela; - Vila Galega; - Telhe; - Fuste.	**Reservatórios (Security)**: - Cimo da Inha; - Portela; - Vila Cova; - Vila Viçosa; - Telhe; - Tebilhão. **EE (Security)**: - Furo de Ferreiros 2; - Vila Nova; - Furo de Vila Nova; - Pernouzela; - Furo de Bustelo; - Furo de Gamarão; - Furo de Vilar de Servos; - Telhe; - Fuste.
Muito baixa	**VRP (Perda de Água)**: - 2 VRP PE Souto Redondo.	**Adutoras (Rotura)**: Abelheira. **Reservatórios (Perda de Água)**: - Ameixieira; - Forcada.	**Adutoras (Interrupção de Serviço)**: Abelheira. **VRP (Interrupção de Serviço)**: - 1 VRP PE Abelheira; - 1 VRP PE Souto Redondo.	**Reservatórios (Ambiente e Segurança)**: Ameixieira; Forcada; Gamarão; Vilar de Servos; Telhe.	**Reservatórios (Security)**: - Ameixieira; - Forcada; - Gamarão; - Vilar de Servos.

A6 – CASO DE ESTUDO DO SAA-AROUCA

APOIO À DECISÃO

Fig. A6.1 – Intervenções a efetuar no SAA-Arouca – Estimativa de investimento, roturas, perdas e retorno associado

Intervenção	Inv.	Estimativa anual roturas	C1 - Perda anual (250 m3/rot/ano)	C2 - Perda anual (350 m3/rot/ano)	C3 - Perda anual (450 m3/rot/ano)	C1 - Perda anual (AA12a = 7)	C2 - Perda anual (AA12a = 10)	C3 - Perda anual (AA12a = 13)	Perdas de água - Cenário 1		Perdas de água - Cenário 2		Perdas de água - Cenário 3		Custo Roturas	Ganho Total - C1	Ganho Total - C2	Ganho Total - C3	Retorno - Cenário 1	Retorno -Cenário 2	Retorno -Cenário 3
Reforço - VRP Costa	1 500 €	5	1350	1890	2 430	-	-	-	1 350	703 €	1 890	984 €	2 430	1 265 €	2 182 €	2 885 €	3 166 €	3 447 €	0,52	**0,47**	0,44
Reforço - VRP Mosteirô	1 500 €	5	1300	1820	2 340	-	-	-	1 300	677 €	1 820	948 €	2 340	1 218 €	2 101 €	2 778 €	3 048 €	3 319 €	0,54	**0,49**	0,45
Reforço - VRP Abelheira 3	1 500 €	4	1100	1540	1 980	-	-	-	1 100	573 €	1 540	802 €	1 980	1 031 €	1 778 €	2 350 €	2 579 €	2 809 €	0,64	**0,58**	0,53
Reforço - VRP Sá	5 000 €	10	2500	3500	4 500	-	-	-	2 500	1 302 €	3 500	1 822 €	4 500	2 343 €	4 040 €	5 342 €	5 862 €	6 383 €	0,94	**0,85**	0,78
Reforço - VRP Lourosa de Matos 3	1 500 €	3	650	910	1 170	-	-	-	650	338 €	910	474 €	1 170	609 €	1 050 €	1 389 €	1 524 €	1 660 €	1,08	**0,98**	0,9
Reabilitação Conduta - Canelas de Baixo	6 000 €	11	2700	3780	4 860	383	548	712	3 083	925 €	4 328	1 298 €	5 572	1 672 €	4 363 €	5 288 €	5 661 €	6 035 €	1,13	**1,06**	0,99
Reforço - VRP Vila Chã 2	1 500 €	2	600	840	1 080	-	-	-	600	312 €	840	437 €	1 080	562 €	970 €	1 282 €	1 407 €	1 532 €	1,17	**1,07**	0,98
Reforço - VRP Celado	1 500 €	2	600	840	1 080	-	-	-	600	312 €	840	437 €	1 080	562 €	970 €	1 282 €	1 407 €	1 532 €	1,17	**1,07**	0,98
Reforço - VRP Póvoa e Telarda	1 500 €	2	600	840	1 080	-	-	-	600	312 €	840	437 €	1 080	562 €	970 €	1 282 €	1 407 €	1 532 €	1,17	**1,07**	0,98
Reabilitação Conduta - Mascotes	6 000 €	8	2100	2940	3 780	383	548	712	2 483	1 293 €	3 488	1 816 €	4 492	2 339 €	3 394 €	4 687 €	5 210 €	5 732 €	1,28	**1,15**	1,05
Reforço - VRP Valdasna 3	5 000 €	6	1600	2240	2 880	-	-	-	1 600	833 €	2 240	1 166 €	2 880	1 500 €	2 586 €	3 419 €	3 752 €	4 085 €	1,46	**1,33**	1,22
Reabilitação - VRP Santa Barbara	1 500 €	2	400	560	720	-	-	-	400	208 €	560	292 €	720	375 €	646 €	855 €	938 €	1 021 €	1,76	**1,6**	1,47
Reabilitação Conduta - S. João – fase 2	4 000 €	3	850	1190	1 530	256	365	475	1 106	576 €	1 555	810 €	2 005	1 044 €	1 374 €	1 949 €	2 183 €	2 417 €	2,05	**1,83**	1,65
Reforço - VRP Cabreiros	1 500 €	2	400	560	720	-	-	-	400	120 €	560	168 €	720	216 €	646 €	766 €	814 €	862 €	1,96	**1,84**	1,74
Reabilitação Conduta - Costa - Parte 2	7 200 €	5	1350	1890	2 430	460	657	854	1 810	942 €	2 547	1 326 €	3 284	1 710 €	2 182 €	3 124 €	3 508 €	3 892 €	2,3	**2,05**	1,85
Reabilitação - VRP Farrapa	5 000 €	4	1000	1400	1 800	-	-	-	1 000	521 €	1 400	729 €	1 800	937 €	1 616 €	2 137 €	2 345 €	2 553 €	2,34	**2,13**	1,96
Reabilitação - VRP Minhãos 1	1 500 €	1	300	420	540	-	-	-	300	156 €	420	219 €	540	281 €	485 €	641 €	703 €	766 €	2,34	**2,13**	1,96
Reabilitação - VRP Cimo de Vila 2	1 500 €	1	300	420	540	-	-	-	300	156 €	420	219 €	540	281 €	485 €	641 €	703 €	766 €	2,34	**2,13**	1,96
Reabilitação Conduta - Ponte Telhe – fase 3	7 200 €	5	1233	1727	2 220	460	657	854	1 693	882 €	2 384	1 241 €	3 074	1 601 €	1 993 €	2 875 €	3 234 €	3 594 €	2,5	**2,23**	2
Reabilitação Conduta - Barreiros – fase 1	10 000 €	7	1700	2380	3 060	639	913	1186	2 339	1 218 €	3 293	1 714 €	4 246	2 211 €	2 747 €	3 965 €	4 462 €	4 958 €	2,52	**2,24**	2,02
Reabilitação Conduta - Pirraça – fase 2	6 000 €	5	1200	1680	2 160	383	548	712	1 583	475 €	2 228	668 €	2 872	862 €	1 939 €	2 414 €	2 607 €	2 801 €	2,49	**2,3**	2,14
Reforço - VRP Santa Maria do Monte 1	5 000 €	4	900	1260	1 620	-	-	-	900	469 €	1 260	656 €	1 620	844 €	1 454 €	1 923 €	2 110 €	2 298 €	2,6	**2,37**	2,18
Reforço - VRP Urrô	5 000 €	3	800	1120	1 440	-	-	-	800	417 €	1 120	583 €	1 440	750 €	1 293 €	1 709 €	1 876 €	2 043 €	2,93	**2,67**	2,45
Reabilitação Conduta - Pernouzela – Pinheiro	19 120 €	10	2500	3500	4 500	1221	1745	2268	3 721	1 938 €	5 245	2 731 €	6 768	3 524 €	4 040 €	5 978 €	6 771 €	7 564 €	3,2	**2,82**	2,53
Reabilitação Conduta - Toita	12 800 €	6	1500	2100	2 700	818	1168	1518	2 318	1 207 €	3 268	1 702 €	4 218	2 197 €	2 424 €	3 631 €	4 126 €	4 621 €	3,53	**3,1**	2,77
Reforço - VRP Resumil	1 500 €	1	200	280	360	-	-	-	200	104 €	280	146 €	360	187 €	323 €	427 €	469 €	511 €	3,51	**3,2**	2,94
Reforço - VRP Romão	1 500 €	1	200	280	360	-	-	-	200	104 €	280	146 €	360	187 €	323 €	427 €	469 €	511 €	3,51	**3,2**	2,94
Reforço - VRP Belece 2	1 500 €	1	200	280	360	-	-	-	200	104 €	280	146 €	360	187 €	323 €	427 €	469 €	511 €	3,51	**3,2**	2,94
Reforço - VRP Belece 3	1 500 €	1	200	280	360	-	-	-	200	104 €	280	146 €	360	187 €	323 €	427 €	469 €	511 €	3,51	**3,2**	2,94
Reforço - VRP Agras 3 (Calvário)	5 000 €	3	650	910	1 170	-	-	-	650	338 €	910	474 €	1 170	609 €	1 050 €	1 389 €	1 524 €	1 660 €	3,6	**3,28**	3,01
Reabilitação Conduta - Barreiros – fase 2	16 000 €	7	1700	2380	3 060	1022	1460	1898	2 722	1 417 €	3 840	1 999 €	4 958	2 582 €	2 747 €	4 165 €	4 747 €	5 329 €	3,84	**3,37**	3
Reabilitação Conduta - Orvida – fase 4	6 000 €	3	625	875	1 125	383	548	712	1 008	525 €	1 423	741 €	1 837	956 €	1 010 €	1 535 €	1 751 €	1 966 €	3,91	**3,43**	3,05
Reabilitação Conduta - Srª Campo - Parte 2	4 000 €	2	400	560	720	256	365	475	656	341 €	925	482 €	1 195	622 €	646 €	988 €	1 128 €	1 268 €	4,05	**3,55**	3,15
Reabilitação Conduta - Parada	6 000 €	2	600	840	1 080	383	548	712	983	512 €	1 388	722 €	1 792	933 €	970 €	1 482 €	1 692 €	1 903 €	4,05	**3,55**	3,15
Reforço - VRP Regadas 1	1 500 €	1	167	233	300	-	-	-	167	87 €	233	121 €	300	156 €	269 €	356 €	391 €	426 €	4,21	**3,84**	3,52
Reforço - VRP Regadas 2	1 500 €	1	167	233	300	-	-	-	167	87 €	233	121 €	300	156 €	269 €	356 €	391 €	426 €	4,21	**3,84**	3,52
Reforço - VRP Regadas 3	1 500 €	1	167	233	300	-	-	-	167	87 €	233	121 €	300	156 €	269 €	356 €	391 €	426 €	4,21	**3,84**	3,52
Reabilitação Conduta - Celadinha	10 000 €	4	900	1260	1 620	639	913	1186	1 539	801 €	2 173	1 131 €	2 806	1 461 €	1 454 €	2 256 €	2 586 €	2 916 €	4,43	**3,87**	3,43
Reforço Conduta - Prechã	8 000 €	3	700	980	1 260	511	730	949	1 211	631 €	1 710	890 €	2 209	1 150 €	1 131 €	1 762 €	2 022 €	2 281 €	4,54	**3,96**	3,51
Reabilitação Conduta - Celado	7 200 €	2	600	840	1 080	460	657	854	1 060	552 €	1 497	779 €	1 934	1 007 €	970 €	1 521 €	1 749 €	1 977 €	4,73	**4,12**	3,64
Reforço - VRP Ameixieira	5 000 €	2	500	700	900	-	-	-	500	260 €	700	364 €	900	469 €	808 €	1 068 €	1 172 €	1 277 €	4,68	**4,26**	3,92
Reforço - VRP Vêr 1	1 500 €	1	150	210	270	-	-	-	150	78 €	210	109 €	270	141 €	242 €	321 €	352 €	383 €	4,68	**4,26**	3,92
Reforço - VRP Vêr 2	1 500 €	1	150	210	270	-	-	-	150	78 €	210	109 €	270	141 €	242 €	321 €	352 €	383 €	4,68	**4,26**	3,92
Reabilitação Conduta - Adutora S.João	14 000 €	3	850	1190	1 530	1022	1460	1898	1 872	975 €	2 650	1 380 €	3 428	1 785 €	1 374 €	2 348 €	2 753 €	3 159 €	5,96	**5,08**	4,43
Reforço - VRP Agras 1	8 000 €	3	650	910	1 170	-	-	-	650	338 €	910	474 €	1 170	609 €	1 050 €	1 389 €	1 524 €	1 660 €	5,76	**5,25**	4,82
Reforço - VRP Pereira	5 000 €	2	400	560	720	-	-	-	400	208 €	560	292 €	720	375 €	646 €	855 €	938 €	1 021 €	5,85	**5,33**	4,9
Reforço - VRP Avitureira	1 500 €	0	100	140	180	-	-	-	100	52 €	140	73 €	180	94 €	162 €	214 €	234 €	255 €	7,02	**6,4**	5,87
Reforço - VRP Carvalhal Redondo 3	1 500 €	0	100	140	180	-	-	-	100	52 €	140	73 €	180	94 €	162 €	214 €	234 €	255 €	7,02	**6,4**	5,87
Reforço - VRP Jugueiros	1 500 €	0	100	140	180	-	-	-	100	52 €	140	73 €	180	94 €	162 €	214 €	234 €	255 €	7,02	**6,4**	5,87
Reabilitação - VRP Melarês	1 500 €	0	100	140	180	-	-	-	100	52 €	140	73 €	180	94 €	162 €	214 €	234 €	255 €	7,02	**6,4**	5,87
Reabilitação Conduta - Adutora R. Pernouzela	28 000 €	4	950	1330	1 710	2044	2920	3796	2 994	1 559 €	4 250	2 213 €	5 506	2 867 €	1 535 €	3 094 €	3 748 €	4 402 €	9,05	**7,47**	6,36
Reabilitação Conduta - Adutora Ameixieira	17 500 €	2	500	700	900	1278	1825	2373	1 778	926 €	2 525	1 315 €	3 273	1 704 €	808 €	1 734 €	2 123 €	2 512 €	10,09	**8,24**	6,97
Reabilitação Conduta - Adutora de Valdasna	59 500 €	6	1600	2240	2 880	4344	6205	8067	5 944	3 095 €	8 445	4 397 €	10 947	5 700 €	2 586 €	5 680 €	6 983 €	8 285 €	10,47	**8,52**	7,18
Reabilitação Conduta - Pernouzela	32 000 €	4	950	1330	1 710	2044	2920	3796	2 994	1 559 €	4 250	2 213 €	5 506	2 867 €	1 535 €	3 094 €	3 748 €	4 402 €	10,34	**8,54**	7,27
Reabilitação Conduta - Frães	20 000 €	0	100	140	180	2555	3650	4745	2 655	1 382 €	3 790	1 973 €	4 925	2 564 €	162 €	1 544 €	2 135 €	2 726 €	12,95	**9,37**	7,34
Reforço - VRP Bairro	5 000 €	1	200	280	360	-	-	-	200	104 €	280	146 €	360	187 €	323 €	427 €	469 €	511 €	11,7	**10,66**	9,79
Reabilitação - VRP Quintela 2	8 000 €	1	300	420	540	-	-	-	300	156 €	420	219 €	540	281 €	485 €	641 €	703 €	766 €	12,48	**11,37**	10,44
Reabilitação Conduta - Adutora Fráguas	26 250 €	1	300	420	540	1916	2738	3559	2 216	1 154 €	3 158	1 644 €	4 099	2 134 €	485 €	1 639 €	2 129 €	2 619 €	16,02	**12,33**	10,02
Reabilitação - VRP Outeiro 1	3 000 €	0	100	140	180	-	-	-	100	52 €	140	73 €	180	94 €	162 €	214 €	234 €	255 €	14,04	**12,79**	11,75
Reabilitação - VRP Outeiro 2	3 000 €	0	100	140	180	-	-	-	100	52 €	140	73 €	180	94 €	162 €	214 €	234 €	255 €	14,04	**12,79**	11,75
Reabilitação Conduta - Espiunca – fase 2	20 000 €	2	450	630	810	1278	1825	2373	1 728	518 €	2 455	737 €	3 183	955 €	727 €	1 245 €	1 464 €	1 682 €	16,06	**13,66**	11,89
Reabilitação Conduta - Jugueiros	14 000 €	0	100	140	180	894	1278	1661	994	518 €	1 418	738 €	1 841	958 €	162 €	679 €	900 €	1 120 €	20,61	**15,56**	12,5
Reforço Conduta - Forcada - Fase 2	180 000 €	4	1000	1400	1 800	11498	16425	21353	12 498	6 507 €	17 825	9 281 €	23 153	12 056 €	1 616 €	8 123 €	10 897 €	13 672 €	22,16	**16,52**	13,17
Reforço - VRP Aldeia-Moldes	8 000 €	1	200	280	360	-	-	-	200	104 €	280	146 €	360	187 €	323 €	427 €	469 €	511 €	18,72	**17,06**	15,87
Reabilitação Conduta - Adutora PE Moldes	1 750 €	0	0	0	0	128	183	237	128	67 €	183	95 €	237	124 €	0 €	67 €	95 €	124 €	26,31	**18,42**	14,17
Reabilitação Conduta - Rua Dr. C. da Rocha	8 000 €	0	0	0	0	511	730	949	511	266 €	730	380 €	949	494 €	0 €	266 €	380 €	494 €	30,07	**21,05**	16,19
Reforço - VRP Cancelos	5 000 €	0	100	140	180	-	-	-	100	52 €	140	73 €	180	94 €	162 €	214 €	234 €	255 €	23,4	**21,32**	19,58
Reabilitação Conduta - Adutora C. de Paivô	8 750 €	0	0	0	0	639	913	1186	639	192 €	913	274 €	1 186	356 €	0 €	192 €	274 €	356 €	45,66	**31,96**	24,59
Reforço - VRP Covelas	8 000 €	0	100	140	180	-	-	-	100	52 €	140	73 €	180	94 €	162 €	214 €	234 €	255 €	37,44	**34,12**	31,33

Fig. A6.2 – Estimativa de Retorno associado a intervenções a efetuar no SAA-Arouca

Intervenção	Retorno - Cenário 1	Retorno -Cenário 2	Retorno -Cenário 3
Reforço - VRP Costa	0,52	**0,47**	0,44
Reforço - VRP Mosteirô	0,54	**0,49**	0,45
Reforço - VRP Abelheira 3	0,64	**0,58**	0,53
Reforço - VRP Sá	0,94	**0,85**	0,78
Reforço - VRP Lourosa de Matos 3	1,08	**0,98**	0,90
Reabilitação Conduta - Canelas de Baixo	1,13	**1,06**	0,99
Reforço - VRP Vila Chã 2	1,17	**1,07**	0,98
Reforço - VRP Celado	1,17	**1,07**	0,98
Reforço - VRP Póvoa e Telarda	1,17	**1,07**	0,98
Reabilitação Conduta - Mascotes	1,28	**1,15**	1,05
Reforço - VRP Valdasna 3	1,46	**1,33**	1,22
Reabilitação - VRP Santa Barbara	1,76	**1,60**	1,47
Reabilitação Conduta - S. João – fase 2	2,05	**1,83**	1,65
Reforço - VRP Cabreiros	1,96	**1,84**	1,74
Reabilitação Conduta - Costa - Parte 2	2,30	**2,05**	1,85
Reabilitação - VRP Farrapa	2,34	**2,13**	1,96
Reabilitação - VRP Minhãos 1	2,34	**2,13**	1,96
Reabilitação - VRP Cimo de Vila 2	2,34	**2,13**	1,96
Reabilitação Conduta - Ponte Telhe – fase 3	2,50	**2,23**	2,00
Reabilitação Conduta - Barreiros – fase 1	2,52	**2,24**	2,02
Reabilitação Conduta - Pirraça – fase 2	2,49	**2,30**	2,14
Reforço - VRP Santa Maria do Monte 1	2,60	**2,37**	2,18
Reforço - VRP Urrô	2,93	**2,67**	2,45
Reabilitação Conduta - Pernouzela – Pinheiro	3,20	**2,82**	2,53
Reabilitação Conduta - Toita	3,53	**3,10**	2,77
Reforço - VRP Resumil	3,51	**3,20**	2,94
Reforço - VRP Romão	3,51	**3,20**	2,94
Reforço - VRP Belece 2	3,51	**3,20**	2,94
Reforço - VRP Belece 3	3,51	**3,20**	2,94
Reforço - VRP Agras 3 (Calvário)	3,60	**3,28**	3,01
Reabilitação Conduta - Barreiros – fase 2	3,84	**3,37**	3,00
Reabilitação Conduta - Orvida – fase 4	3,91	**3,43**	3,05
Reabilitação Conduta - Srª Campo - Parte 2	4,05	**3,55**	3,15
Reabilitação Conduta - Parada	4,05	**3,55**	3,15
Reforço - VRP Regadas 1	4,21	**3,84**	3,52

Reforço - VRP Regadas 2	4,21	**3,84**	3,52
Reforço - VRP Regadas 3	4,21	**3,84**	3,52
Reabilitação Conduta - Celadinha	4,43	**3,87**	3,43
Reforço Conduta - Prechã	4,54	**3,96**	3,51
Reabilitação Conduta - Celado	4,73	**4,12**	3,64
Reforço - VRP Ameixieira	4,68	**4,26**	3,92
Reforço - VRP Vér 1	4,68	**4,26**	3,92
Reforço - VRP Vér 2	4,68	**4,26**	3,92
Reabilitação Conduta - Adutora S.João	5,96	**5,08**	4,43
Reforço - VRP Agras 1	5,76	**5,25**	4,82
Reforço - VRP Pereira	5,85	**5,33**	4,90
Reforço - VRP Avitureira	7,02	**6,40**	5,87
Reforço - VRP Carvalhal Redondo 3	7,02	**6,40**	5,87
Reforço - VRP Jugueiros	7,02	**6,40**	5,87
Reabilitação - VRP Melarês	7,02	**6,40**	5,87
Reabilitação Conduta - Adutora R. Pernouzela	9,05	**7,47**	6,36
Reabilitação Conduta - Adutora Ameixieira	10,09	**8,24**	6,97
Reabilitação Conduta - Adutora de Valdasna	10,47	**8,52**	7,18
Reabilitação Conduta - Pernouzela	10,34	**8,54**	7,27
Reabilitação Conduta - Friães	12,95	**9,37**	7,34
Reforço - VRP Bairro	11,70	**10,66**	9,79
Reabilitação - VRP Quintela 2	12,48	**11,37**	10,44
Reabilitação Conduta - Adutora Fráguas	16,02	**12,33**	10,02
Reabilitação - VRP Outeiro 1	14,04	**12,79**	11,75
Reabilitação - VRP Outeiro 2	14,04	**12,79**	11,75
Reabilitação Conduta - Espiunca – fase 2	16,06	**13,66**	11,89
Reabilitação Conduta - Jugueiros	20,61	**15,56**	12,50
Reforço Conduta - Forcada - Fase 2	22,16	**16,52**	13,17
Reforço - VRP Aldeia-Moldes	18,72	**17,06**	15,67
Reabilitação Conduta - Adutora PE Moldes	26,31	**18,42**	14,17
Reabilitação Conduta - Rua Dr. C. da Rocha	30,07	**21,05**	16,19
Reforço - VRP Cancelos	23,40	**21,32**	19,58
Reabilitação Conduta - Adutora C. de Paivô	45,66	**31,96**	24,59
Reforço - VRP Covelas	37,44	**34,12**	31,33

Tabela A6.1 – Síntese da previsão de evolução da AES, AF e ANF no SAA-Arouca, com diferentes cenários de investimento no ano de 2019

Investimento	**Roturas**	**Evolução AES**			**Evolução AF**		**Evolução ANF (AA08)**				
0 €	-	-	**697 472**	**-**	**497 805**	-	**199 937**	**-**		**29%**	
11 000 €	-28	690 842	**688 082**	685 322	**497 805**	193 037	**190 277**	187 517	28%	**28%**	27%
32 000 €	-55	683 453	**677 720**	671 986	**497 805**	185 648	**179 915**	174 181	27%	**27%**	26%
93 520 €	-95	670 590	**659 632**	648 673	**497 805**	172 785	**161 827**	150 868	26%	**25%**	23%
171 820 €	-128	658 204	**642 176**	626 149	**497 805**	160 399	**144 371**	128 344	24%	**22%**	20%
214 020 €	-142	653 422	**635 439**	617 456	**497 805**	155 617	**137 634**	119 651	24%	**22%**	19%
248 020 €	-147	650 028	**630 629**	611 230	**497 805**	152 223	**132 824**	113 425	23%	**21%**	19%
377 020 €	-160	636 658	**611 619**	586 580	**497 805**	138 853	**113 814**	88 775	22%	**19%**	15%
422 270 €	-164	633 742	**607 482**	581 222	**497 805**	135 937	**109 677**	83 417	21%	**18%**	14%
626 020 €	-169	619 922	**587 777**	555 631	**497 805**	122 117	**89 972**	57 826	20%	**15%**	10%

Tabela A6.2 – Síntese da previsão de evolução de PR e dos valores do indicador AA12, no SAA-Arouca, com diferentes cenários de investimento no ano de 2019

Investimento	**Evolução PR**						**AA12**	
0 €	**189 940**	**-**	-	**27%**	**-**	-	**1,51**	**-**
11 000 €	**180 763**	178 141	27%	**26%**	26%	1,46	**1,44**	1,41
32 000 €	**170 919**	165 472	26%	**25%**	25%	1,40	**1,36**	1,31
93 520 €	**153 735**	143 325	24%	**23%**	22%	1,30	**1,22**	1,14
171 820 €	**137 153**	121 926	23%	**21%**	19%	1,21	**1,09**	0,97
214 020 €	**130 752**	113 669	23%	**21%**	18%	1,17	**1,04**	0,90
248 020 €	**126 183**	107 754	22%	**20%**	18%	1,15	**1,00**	0,86
377 020 €	**108 123**	84 337	21%	**18%**	14%	1,05	**0,86**	0,67
422 270 €	**104 193**	79 246	20%	**17%**	14%	1,03	**0,83**	0,63
626 020 €	**85 473**	54 935	19%	**15%**	10%	0,92	**0,68**	0,44

Tabela A6.3 – Síntese da previsão do retorno associado a diferentes cenários de investimento

Investimento	**Roturas**	**Evolução AES**			**Ganho anual estimado**			**Retorno estimado**		
-	-		**-86 131**			**-44 848 €**			-	
11 000 €	-28	-6 900	**-9 660**	-12 420	-14 743 €	**-16 180 €**	-17 617 €	0,75	**0,68**	0,62
32 000 €	-55	-14 289	**-20 023**	-25 756	-29 499 €	**-32 484 €**	-35 470 €	1,08	**0,99**	0,90
93 520 €	-95	-27 152	**-38 110**	-49 069	-52 491 €	**-58 197 €**	-63 903 €	1,78	**1,61**	1,46
171 820 €	-128	-39 538	**-55 566**	-71 593	-72 475 €	**-80 820 €**	-89 166 €	2,37	**2,13**	1,93
214 020 €	-142	-44 320	**-62 303**	-80 286	-80 297 €	**-89 661 €**	-99 025 €	2,67	**2,39**	2,16
248 020 €	-147	-47 714	**-67 113**	-86 512	-84 246 €	**-94 347 €**	-104 448 €	2,94	**2,63**	2,37
377 020 €	-160	-61 084	**-86 123**	-111 162	-96 298 €	**-109 336 €**	-122 374 €	3,92	**3,45**	3,08
422 270 €	-164	-64 000	**-90 260**	-116 520	-99 433 €	**-113 106 €**	-126 780 €	4,25	**3,73**	3,33
626 020 €	-169	-77 820	**-109 965**	-142 111	-108 730 €	**-125 468 €**	-142 206 €	5,76	**4,99**	4,40

** Estimativa de redução de AES associada às ações de combate às perdas de água efetuadas no decorrer do ano de 2019, cujo efeito global de redução de perdas (- 172 262 m^3) se distribui, de igual forma, no ano de 2019 e no seguinte (- 86 131 m^3).*

A7 – CASO DE ESTUDO DO SAR-TROFA

DADOS FORNECIDOS PELA ENTIDADE GESTORA

Trofa - Valores faturados pela Tratave

Frente Drenagem	Localização	Descrição	01/jan/2014 31/jan/2014 31		
			(1) Inf. Trofáguas	(2) Q Medido	(3) 90%x(Q Medido)
3ª FD SIDVA 9ª FD SMM	9TRO013 Rua da Corredoura Int. Trofa Medição de Caudal: Não	N.º Ligações	26		
		Hab. Serv. (3 hab./lig.)	78		
		Caudais (m3/dia)	7,50		
		Caudais (m3/mês)	233,00		
		Tarifa - €/m3	0,4050		
		Tratamento	94,37		
		Taxa Ligação			
		Taxa Disponibilidade			
		Total	94,37		
3ª FD SIDVA 9ª FD SMM	9TRO21a Rua Nicolau Nazoni Int. Trofa Medição de Caudal: Não	N.º Ligações	6		
		Hab. Serv. (3 hab./lig.)	18		
		Caudais (m3/dia)	1,70		
		Caudais (m3/mês)	53,00		
		Tarifa - €/m3	0,4050		
		Tratamento	21,47		
		Taxa Ligação			
		Taxa Disponibilidade			
		Total	21,47		
3ª FD SIDVA 9ª FD SMM	9TRO022 Igreja, Bougado Santiago Int. Trofa Medição de Caudal: Sim Caudalímetro fixo	N.º Ligações	1 325		
		Hab. Serv. (3 hab./lig.)	3 975		
		Caudais (m3/dia)	381,60	803,00	722,70
		Caudais (m3/mês)	11 830,00	24 893,00	22 404,00
		Tarifa - €/m3	0,4050	0,4050	0,4050
		Tratamento	4 791,15	10 081,67	9 073,62
		Taxa Ligação			
		Taxa Disponibilidade			
		Total	4 791,15	10 081,67	9 073,62

Fig. A7.1 – Faturação da TRATAVE em três pontos de entrega do SAR-Trofa (janeiro de 2018)

Tratave, S.A. - Medições de Caudal em Ligações de Redes Municipais da Trofa ao SIDVA

Medições de Caudal com Caudalímetro Fixo

Identificação	F.D.	Caixa	Intercetor	Caudal Total	Caudal Industrial		Caudal Doméstico	Leit. ant	Ult Leit	Dif
					Empresa	Caudal	Maio de 2018			
Igreja, Santiago do Bougado	9ª	9TRO022	Trofa	156 904	Cerealis LTdye Preh Total	420 10 448 1 898 12 766	144 138	978 361	1 135 265	156 904
EN 104, Santiago do Bougado	9ª	9BOU026	Bougado	23 253			23 253	297 992	321 245	23 253
Rua Papa João Paulo II (Escolas), S. Martinho do Bougado	9ª	9COV026	Covelas	44 540			44 540	329 692	374 232	44 540
Total da Trofa				**224 697**		**12 766**	**211 931**			

Fig. A7.2 – Medições de volumes em medidores de caudal instalados em pontos de entrega das redes municipais ao Intercetor da Trofa (fonte: TRATAVE)

Grupo	Nr.Cliente	Nome	Consumo Estimativa	Consumo Médio Real	Rua A.	Policia A.	Freguesia A.
70	1231529	----------	3	7	AV 19 NOVEMBRO	N 136	UN FREG DE BOUGADO (SAO MARTINHO E SANTIAGO)
70	1240994	----------	9	6	AV 19 NOVEMBRO	N 19	UN FREG DE BOUGADO (SAO MARTINHO E SANTIAGO)
70	1241788	----------	0	2	AV 19 NOVEMBRO	N 400	UN FREG DE BOUGADO (SAO MARTINHO E SANTIAGO)
70	1263560	----------	5	6	AV 19 NOVEMBRO	N 105	UN FREG DE BOUGADO (SAO MARTINHO E SANTIAGO)
70	1272381	----------	13	8	AV 19 NOVEMBRO	N 136	UN FREG DE BOUGADO (SAO MARTINHO E SANTIAGO)
70	1282328	----------	0	0	AV 19 NOVEMBRO	N 136	UN FREG DE BOUGADO (SAO MARTINHO E SANTIAGO)
70	1292633	----------	10	11	AV 19 NOVEMBRO	N 105	UN FREG DE BOUGADO (SAO MARTINHO E SANTIAGO)
70	1356569	----------	2	0	AV 19 NOVEMBRO	EDF LAGUI	UN FREG DE BOUGADO (SAO MARTINHO E SANTIAGO)
70	1360787	----------	6	6	AV 19 NOVEMBRO	N 105	UN FREG DE BOUGADO (SAO MARTINHO E SANTIAGO)
70	1411560	----------	6	6	AV 19 NOVEMBRO	N 136	UN FREG DE BOUGADO (SAO MARTINHO E SANTIAGO)
70	1429825	----------	5		AV 19 NOVEMBRO	N 136	UN FREG DE BOUGADO (SAO MARTINHO E SANTIAGO)
70	728810	----------	52	46	AV BICHO	N 629	UNIAO DAS FREGUESIAS DE ALVARELHOS E GUIDOES
70	728829	----------	1	0	AV BICHO	N 631	UNIAO DAS FREGUESIAS DE ALVARELHOS E GUIDOES
70	728845	----------	7	7	AV BICHO	N 625	UNIAO DAS FREGUESIAS DE ALVARELHOS E GUIDOES
70	728853	----------	8	8	AV BICHO	N 625	UNIAO DAS FREGUESIAS DE ALVARELHOS E GUIDOES
70	728861	----------	6	7	AV BICHO	N 625	UNIAO DAS FREGUESIAS DE ALVARELHOS E GUIDOES
70	728870	----------	3	2	AV BICHO	N 625	UNIAO DAS FREGUESIAS DE ALVARELHOS E GUIDOES
70	728888	----------	7	10	AV BICHO	N 625	UNIAO DAS FREGUESIAS DE ALVARELHOS E GUIDOES
70	728896	----------	7	7	AV BICHO	N 643	UNIAO DAS FREGUESIAS DE ALVARELHOS E GUIDOES
70	728900	----------	7	7	AV BICHO	N 643	UNIAO DAS FREGUESIAS DE ALVARELHOS E GUIDOES
70	728918	----------	6	6	AV BICHO	N 643	UNIAO DAS FREGUESIAS DE ALVARELHOS E GUIDOES
70	729329	----------	0	8	AV BICHO	N 355	UNIAO DAS FREGUESIAS DE ALVARELHOS E GUIDOES
70	743089	----------	1	1	AV BICHO	N 626	UNIAO DAS FREGUESIAS DE ALVARELHOS E GUIDOES

Fig. A7.3 – Informação de faturação a clientes domésticos do sistema em baixa (Águas do Norte, S.A.)

m3 Faturados Ind. Mun. por F.D.	jan/18	fev/18	mar/18	abr/18	mai/18	jun/18
1 - Industrial	228 991,00	227 220,00	298 128,00	263 042,00	282 831,00	238 714,00
1 - Municipal - Guimarães	568 484,00	489 986,00	704 560,00	761 009,00	699 169,00	535 776,00
1 - Municipal - Famalicão	1 854,00	1 675,00	1 854,00	1 794,00	1 854,00	1 794,00
1 - Municipal - Total	570 338,00	491 661,00	706 414,00	762 803,00	701 023,00	537 570,00
Total FD5 - Serzedelo	799 329,00	718 881,00	1 004 542,00	1 025 845,00	983 854,00	776 284,00
2 - Industrial	452 978,00	459 308,00	564 733,00	542 474,00	596 905,00	560 773,00
2 - Municipal - Santo Tirso	76 445,00	68 837,00	85 854,00	81 519,00	77 837,00	72 018,00
2 - Municipal - Famalicão	97 808,00	88 033,00	100 164,00	98 460,00	101 290,00	97 512,00
2 - Municipal - Guimarães	79 309,00	79 438,00	137 082,00	117 772,00	100 206,00	89 523,00
2 - Municipal - Vizela	79 309,00	79 438,00	137 082,00	117 772,00	100 206,00	89 523,00
2 - Municipal - Lousada	23 996,00	19 695,00	37 726,00	28 693,00	17 226,00	19 252,00
2 - Municipal - Total	356 867,00	335 441,00	497 908,00	444 216,00	396 765,00	367 828,00
Total FD4_6 - Rabada e Lordelo	809 845,00	794 749,00	1 062 641,00	986 690,00	993 670,00	928 601,00
3 - Industrial	258 560,00	253 609,00	316 647,00	294 652,00	288 139,00	289 091,00
3 - Municipal - Santo Tirso	113 087,00	110 122,00	141 816,00	129 363,00	119 830,00	112 491,00
3 - Municipal - Famalicão	450 798,00	510 336,00	547 751,00	579 297,00	406 272,00	401 009,00
3 - Municipal - Trofa	142 809,00	201 158,00	294 889,00	265 416,00	232 982,00	169 086,00
3 - Municipal - Total	706 694,00	821 616,00	984 456,00	974 076,00	759 084,00	682 586,00
Total 9FD - Agra	965 254,00	1 075 225,00	1 301 103,00	1 268 728,00	1 047 223,00	971 677,00
TOTAL INDUSTRIAL	940 529,00	940 137,00	1 179 508,00	1 100 168,00	1 167 875,00	1 088 578,00
TOTAL MUNICIPAL	1 633 899,00	1 648 718,00	2 188 778,00	2 181 095,00	1 856 872,00	1 587 984,00
TOTAL MÊS	2 574 428,00	2 588 855,00	3 368 286,00	3 281 263,00	3 024 747,00	2 676 562,00

Fig. A7.4 – Volumes em alta faturados pela TRATAVE (fonte: TRATAVE)

9ª FD	Empresa	Município	Intercetor/	ID. Local	Ligação	Data	out/18		
24		Trofa	Agra	IND95APT003		25/05/01	0		0
37	----------	Trofa	Ave	IND95AVE012		25/02/03	1 272		1 272
41	----------	Trofa	Ave	IND95AVE074B	Bougado, S. Martinho	09/03/99	1 100	1 100	
52	----------	Trofa	Trofa	IND95TRO022B	Bougado S. Tiago	12/08/02	567	567	
54	----------	Trofa	Ave	IND95AVE041B	Bougado Santiago	22/11/07	106		106
61	----------	Trofa	Trofa	IND95TRO022A	Bougado S. Tiago	02/12/08	440		440
65	----------	Trofa	Ave	IND95BAI042		07/10/09	4 933	4 933	
76	----------	Trofa	Trofa	IND95TRO022C	Bougado S. Tiago	12/01/11	13 312	13 312	
80	----------	Trofa	Ave	IND95AVE074C	Bougado, S. Martinho	15/06/11	44		44
82	----------	Trofa	Ave	IND95AVE074A	Bougado, S. Martinho	01/03/12	7 912	7 912	
83	----------	Trofa	Ave	IND95GUI102A	Muro	22/02/12	107	107	
98	----------	Trofa	Trofa	IND95TRO107		02/06/14	51		51
101	----------	Trofa	Covelas	IND95COV066		01/07/14	0		0
105	----------	Trofa	Guidões	IND95GUI027		26/01/15	0		0
106	----------	Trofa	Ave	IND95GUI001A	Guidões	01/08/15	8 906	8 906	
107	----------	Trofa	Trofa	IND95TRO001A	Int Covelas Poente	27/07/15	8 270	8 270	
109	----------	Trofa	Ave	IND95AVE041A	Bougado Santiago	08/09/15	1 617	1 617	
111	----------	Trofa	Agra	IND95APT021		04/11/15	0		0
124	----------	Trofa	Trofa	IND95TRO040A	Bougado Santiago	15/01/18	1 228	1 228	
126	----------	Trofa	Agra	IND95TRO025	Bougado Santiago	01/04/18	48		48

Fig. A7.5 – Informação de faturação a clientes industriais do sistema em baixa (TRATAVE)

CODIGO_PAT	COORDENADA	COORDENAD1	COTA_DE_SO	DIMENSAO_F	FORMA_FECH	MATERIAL_C	MATERIAL_F	MODO_INSER
TFARCV12155	-36368.202	185344.08	31.93	590	Circular	-- No conhecido --	Ferro fundido	-- No conhecido --
TFARCV12160	-36344.051	185343.775	31.49	580	Circular	Anis pr-fabricados de beto	Ferro fundido	Passagem
TFARCV12164	-36395.91	185354.767	30.2	650	Circular	Anis pr-fabricados de beto	Ferro fundido	Juno
TFARCV15627	-35852.06	185496.06	38.25	500	Circular	Anis pr-fabricados de beto	Ferro fundido	Mudana de direco
TFARCV15645	-35825.2	185585.5	38.87	650	Circular	Anis pr-fabricados de beto	Ferro fundido	Juno
TFARCV12156	-36370.816	185353.431	30.26	650	Circular	Anis pr-fabricados de beto	Ferro fundido	Juno
TFARCV15628	-35838.13	185541.58	38.5	650	Circular	Anis pr-fabricados de beto	Ferro fundido	Passagem
TFARCV15889	-35868.76	185415.74	37.89	650	Circular	Anis pr-fabricados de beto	Ferro fundido	Mudana de direco
TFARCV12170	-36509.912	185361.403	29.81	650	Circular	Anis pr-fabricados de beto	Ferro fundido	Juno
TFARCV15605	-35866	185454.15	37.97	650	Circular	Anis pr-fabricados de beto	Ferro fundido	Juno
TFARCV12166	-36497.328	185359.627	29.93	650	Circular	Anis pr-fabricados de beto	Ferro fundido	Passagem
TFARCV12162	-36387.64	185354.38	30.22	650	Circular	Anis pr-fabricados de beto	Ferro fundido	Juno
TFARCV12158	-36315.957	185342.451	32.24	580	Circular	Anis pr-fabricados de beto	Ferro fundido	Cabeceira
TFARCV406774	-36449.685	185357.893	0	0 x 0	No conhecido	-- No conhecido --	-- No conhecido --	-- No conhecido --
TFARCV15643	-35820.4	185587.56	38.87	650	Circular	Anis pr-fabricados de beto	Ferro fundido	Mudana de direco
TFARCV12157	-36283.477	185348.904	31.02	650	Circular	Anis pr-fabricados de beto	Ferro fundido	Juno
TFARCV12171	-36519.422	185361.925	29.73	650	Circular	Anis pr-fabricados de beto	Ferro fundido	Mudana de direco
TFARCV15646	-35829.13	185571.63	38.71	650	Circular	Anis pr-fabricados de beto	Ferro fundido	Passagem
TFARCV15642	-35816.92	185597.79	38.94	650	Circular	Anis pr-fabricados de beto	Ferro fundido	Cabeceira
9BOU026	-36522.751	185369.774	29.01	0 x 0	No conhecido	-- No conhecido --	-- No conhecido --	Cabeceira
TFARCV15476	-35855.88	185357.69	41.11	530	Circular	-- No conhecido --	Ferro fundido	-- No conhecido --
TFARCV15472	-35820.48	185258.67	40.97	580	Circular	Anis pr-fabricados de beto	Ferro fundido	Cabeceira
B.5.1	-36336.469	185561.536	32	0 x 0	No conhecido	-- No conhecido --	-- No conhecido --	-- No conhecido --
TFARCV15473	-35847.38	185333.06	41.7	530	Circular	-- No conhecido --	Ferro fundido	-- No conhecido --

Fig. A7.6 – Extrato de dados retirados dos ficheiros de cadastro (fonte: Águas do Norte, S.A.)

Código localização 5º nível (SAP/AQUAMAN) (NOVO)	Nível 1 Atividade	Nível 4 Famílias de Infraestruturas AA/AR	NÍVEL 3 SUBSISTEMA (ZA) (NOVO)	Nível 5 Infraestrutura (NOVO)	Fase do ciclo de vida (NOVO)
4-TR-322-402-TAB	Saneamento em Baixa	ETAR (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	ETAR ABELHEIRA	Desativada (out 2017)
4-TR-322-404-E16	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA 16 DE MAIO	Em exploração
4-TR-322-404-EAR	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA ANDRÉ RESENDE	Em exploração
4-TR-322-404-EBO	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DA BOUCINHA	Desativada
4-TR-322-404-EBV	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE TRAVESSA DA BELA VISTA	Em exploração
4-TR-322-404-ECA	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DO CARVALHINHO	Em exploração
4-TR-322-404-ECC	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA CELEIRO COSTA CAMPOS	Em exploração
4-TR-322-404-EEX	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DO EXTREMO	Desativada
4-TR-322-404-EFE	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DAS FERRADURAS	Em exploração
4-TR-322-404-EGA	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA GOMES AMORIM	Em exploração
4-TR-322-404-EGU	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DA GUINÉ	Em exploração
4-TR-322-404-EJ4	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA D. JOÃO IV	Em exploração
4-TR-322-404-EJB	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA JÚLIO BRANDÃO	Em exploração
4-TR-322-404-ELB	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DA LAMEIRA-BOUGADO	Em exploração
4-TR-322-404-ELI	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DA LIBERDADE	Em exploração
4-TR-322-404-EMA	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA MANUEL DE ARRIAGA	Em exploração
4-TR-322-404-EMV	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA MOINHOS DE VENTO	Em exploração
4-TR-322-404-EPE	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA PONTE DO ESTREU	Em exploração
4-TR-322-404-EQ1	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE QUERELEDO 1/EE 203	Em fase de arranque
4-TR-322-404-EQ2	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE QUERELEDO 2/EE 204	Em fase de arranque
4-TR-322-404-ERI	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DA RIBEIRA	Em exploração
4-TR-322-404-ESA	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE LARGO DOS SALGUEIROS	Em exploração
4-TR-322-404-ESB	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DE SANTA BÁRBARA	Desativada
4-TR-322-404-EST	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DE SANTIAGO	Em exploração
4-TR-322-404-ETR	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DAS TRINCHEIRAS	Em exploração
4-TR-322-404-EZC	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE ZI DA CARRIÇA	Em exploração
4-TR-322-404-EZS	Saneamento em Baixa	Estações elevatórias (AR baixas)	TRF-Agra (AdNorte)	EE ZI DO SOEIRO	Em exploração

Fig. A7.8 – Caraterísticas Infraestruturas (Dados provisórios) – Dados Gestão de Ativos

Ligações de Redes Municipais de Saneamento da Trofa ao Sistema Multimunicipal

Interceptor	Caixa	Local	Dados a 31-12-2014 Ligações ao SM Nº	DN	Medidor de Caudal S / N	Nº ligações (fogos)
Trofa	9TRO013	Rua da Corredoura	1	DN200	N	26
	9TRO21A	Rua Nicolau Nazoni	1	NN200	N	6
	9TRO022	Igreja, Bougado Santiago	1	DN500	N	1343
	9TRO027	EN104, Bougado Santiago	1	DN200	N	38
	9TRO040	Rua de Santiago, Bougado Santiago	1	DN200	N	123
	9TRO60A	Rua do Moinho da Ribeira	1	DN200	N	36
	9TRO074	Rua da Indústria, EN14	2	DN200	N	263
Trofa prolongamento	9TRO083	Rua dos Pontilhões	1	DN200	N	35
	9TRO087	Rua de Lantemil	1	DN200	N	85
	9TRO090	Rua da Bela Vista	1	DN200	N	13
	9TRO097	Rua da Pedreira	1	DN200	N	5
	9TRO112	EN14 (rede integrada - várias ligações)	5	DN200	N	59

Fig. A7.9 – Dados de ligações aos intercetores Trofa e Trofa Prolongamento (fonte: Águas do Norte, S.A.)

Concelho	COLETOR/ RAMAL	Tipificaçao	Data OS	Nº OS	Rua	Freguesia	Colector colapsou	Data de execuçao
Trofa	Outro	Outro	05/01/18	84736	Rua Pedro Homem de Melo, 12	S. Mamede do Coronado	Não	05/01/18
Trofa	Coletor	Obstrução	05/01/18	84759	Rua Vilar de Lila,	S. Mamede do Coronado	Não	05/01/18
Trofa	Coletor	Obstrução	05/01/18	84781	Rua Serpa Pinto, 371	S. Martinho de Bougado	Não	05/01/18
Trofa	Coletor	Obstrução	05/01/18	84802	Rua Prof. Napoleão Sousa Marques,	S. Martinho de Bougado	Não	06/01/18
Trofa	Coletor	Obstrução	05/01/18	84816	Rua das Industrias, 1547	Santiago de Bougado	Não	06/01/18
Trofa	Outro	Outro	05/01/18	84822	Rua Couto Mosteiro	S. Martinho de Bougado	Não	05/01/16
Trofa	Coletor	Obstrução	05/01/18	84839	Rua poente, 18	Santiago de Bougado	Não	06/01/18
Trofa	Coletor	Obstrução	08/01/18	84929	Rua das Corgas, 83	S. Romão do Coronado	Não	08/01/18
Trofa	Coletor	Obstrução	11/01/18	85259	Rua Luis de Camões, 30	S. Martinho de Bougado	Não	11/01/18
Trofa	Outro	Outro	12/01/18	85312	Rua do Carvalhinho, 254	Alvarelhos	Não	12/01/18
Trofa	Outro	Outro	16/01/18	85580	Rua Alberto Reis Barros, 15	S. Mamede do Coronado	Não	16/01/18
Trofa	Outro	Outro	18/01/18	85822	Rua da Barreira, 196	S. Martinho de Bougado	Não	18/01/18
Trofa	Outro	Outro	19/01/18	85940	Rua António Sérgio, 60	S. Romão do Coronado	Não	19/01/18
Trofa	Ramal	Obstrução	20/01/18	86035	Rua Cancela de Areias, 92	S. Romão do Coronado	Não	20/01/18
Trofa	Ramal	Obstrução	22/01/18	86041	Rua Central do Ribeiro, 867	Alvarelhos	Não	22/01/18
Trofa	Coletor	Obstrução	24/01/18	86453	Rua Vale do Coronado, 1072	S. Mamede do Coronado	Não	24/01/18
Trofa	Coletor	Obstrução	25/01/18	86594	Rua do Gondão, 105	S. Romão do Coronado	Não	25/01/18
Trofa	Outro	Outro	29/01/18	86970	Rua Fernão Magalhães, 254	S. Martinho de Bougado	Não	29/01/18
Trofa	Coletor	Obstrução	05/02/18	87759	Rua das Industrias, 236	S. Martinho de Bougado	Não	05/02/18
Trofa	Outro	Outro	05/02/18	87789	Rua D. PedroV - Ed. Concorde	S. Martinho de Bougado	Não	05/02/48

Fig. A7.10 – Registos de exploração – ocorrências (fonte: Águas do Norte, S.A.)

MAPA DE REGISTO DE FUNCIONAMENTO

Nome Da E.E.	EEAR SEM TELEGESTÃO													
	Electricidade (kw.h)				Bomba 1			Bomba 2			Quadro Eletrico	Câmara Manobras	Poço Bombagem	Verificação funcionamento (manual/automático)
	Vazio	Ponta	Cheia	Totalizador	Horas	Arranques	Consumo	Horas	Arranques	Consumo				

Fig. A7.11 – Registos de exploração – monitorização IE (fonte: Águas do Norte, S.A.)

Tabela A7.1 – Infraestruturas de drenagem de águas residuais do concelho da Trofa (AdN, 2018)

Subsistema	Designação AdN	Código AdN	Fase do Ciclo de Vida
TRF-Agra (AdNorte)	ETAR ABELHEIRA	4-TR-322-402-TAB	Desativada (out 2017)
TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA 16 DE MAIO	4-TR-322-404-E16	Em exploração
TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA ANDRÉ RESENDE	4-TR-322-404-EAR	Em exploração
TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DA BOUCINHA	4-TR-322-404-EBO	Desativada
TRF-Agra (AdNorte)	EE TRAVESSA DA BELA VISTA	4-TR-322-404-EBV	Em exploração
TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DO CARVALHINHO	4-TR-322-404-ECA	Em exploração
TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA CELEIRO COSTA CAMPOS	4-TR-322-404-ECC	Em exploração
TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DO EXTREMO	4-TR-322-404-EEX	Desativada
TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DAS FERRADURAS	4-TR-322-404-EFE	Em exploração
TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA GOMES AMORIM	4-TR-322-404-EGA	Em exploração
TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DA GUINÉ	4-TR-322-404-EGU	Em exploração
TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA D. JOÃO IV	4-TR-322-404-EJ4	Em exploração
TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA JÚLIO BRANDÃO	4-TR-322-404-EJB	Em exploração
TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DA LAMEIRA-BOUGADO	4-TR-322-404-ELB	Em exploração
TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DA LIBERDADE	4-TR-322-404-ELI	Em exploração
TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA MANUEL DE ARRIAGA	4-TR-322-404-EMA	Em exploração
TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA MOINHOS DE VENTO	4-TR-322-404-EMV	Em exploração
TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA PONTE DO ESTREU	4-TR-322-404-EPE	Em exploração
TRF-Agra (AdNorte)	EE QUERELEDO 1/EE 203	4-TR-322-404-EQ1	Em fase de arranque
TRF-Agra (AdNorte)	EE QUERELEDO 2/EE 204	4-TR-322-404-EQ2	Em fase de arranque
TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DA RIBEIRA	4-TR-322-404-ERI	Em exploração
TRF-Agra (AdNorte)	EE LARGO DOS SALGUEIROS	4-TR-322-404-ESA	Em exploração
TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DE SANTA BÁRBARA	4-TR-322-404-ESB	Desativada
TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DE SANTIAGO	4-TR-322-404-EST	Em exploração
TRF-Agra (AdNorte)	EE RUA DAS TRINCHEIRAS	4-TR-322-404-ETR	Em exploração
TRF-Agra (AdNorte)	EE ZI DA CARRIÇA	4-TR-322-404-EZC	Em exploração
TRF-Agra (AdNorte)	EE ZI DO SOEIRO	4-TR-322-404-EZS	Em exploração
-	CE TRF-AGRA (ADNORTE)	4-TR-322-405-CEL	Em exploração
-	MONITORIZAÇÃO TRF-AGRA (ADNORTE)	4-TR-322-406-MAT	-
TRF-Parada da Maia	EE RUA CAMILO CASTELO BRANCO	4-TR-324-404-ECB	Em projeto
TRF-Parada da Maia	EE FONTELEITE/EE 206	4-TR-324-404-EFL	Em exploração
TRF-Parada da Maia	EE FONTIELA/EE 207	4-TR-324-404-EFO	Em exploração
TRF-Parada da Maia	EE RUA PEDRO HOMEM DE MELO	4-TR-324-404-EHM	Em exploração
TRF-Parada da Maia	EE PROFITELA/EE 208	4-TR-324-404-EPR	Em exploração
TRF-Parada da Maia	EE RUA CORGAS	4-TR-324-404-ERC	Em construção
TRF-Parada da Maia	EE RUA DOS LAMEIROS/VILAR DE LILA	4-TR-324-404-ERL	Em exploração
-	CE TRF-PARADA DA MAIA (MAIA)	4-TR-324-405-CHM	Em exploração
-	MONITORIZAÇÃO TRF-PARADA DA MAIA (MAIA)	4-TR-324-406-MAT	-
Subsistema Trofa	REDES DE DRENAGEM_TROFA	4-TR-340-407-DTR	Em exploração

Tabela A7.2 – Ramais de ligação (RL) do SAR-Trofa (ERI, 2019)

	Número Ramais de Ligação (RL)
BD Intercetor Bougado (BD 9BOU016)	96
BD Intercetor Bougado (BD BOU026)	684
BD 9TRO013	45
BD 9TRO21A	28
BD 9TRO022	1417
BD 9TRO027	77
BD 9TRO040	192
BD 9TRO60A	76
BD 9TRO074	278
BD Intercetor Trofa Prolongamento	450
BD Intercetor Covelas Poente	582

Tabela A7.3 – Coletores e Intercetores do SAR-Trofa (ERI, 2019 e TRATAVE, 2015)

	Material	**Diâmetro**	**Comprimento**	**Profundidade média**
Intercetor da Trofa	PEAD	DN 280 mm	1 520 m	-
		DN 315 mm	746 m	
		DN 450 mm	461 m	
		DN 500 mm	613 m	
BD Intercetor Bougado (BD 9BOU016)	PPC	DN 200 mm a DN 400 mm	1 734 m	2,18 m (intercetor) 1,47 m (coletores)
BD Intercetor Bougado (BD BOU026)	FF / Grés / PVC / PPC	DN 200 mm a DN 400 mm	14 850 m	2,40 m (intercetor) 1,58 m (coletores)
BD 9TRO013	PPC	DN 200 mm	1 379 m	1,47 m
BD 9TRO21A	PPC	DN 200 mm	428 m	1,56 m
BD 9TRO022	FF / Grés / PVC / PPC	DN 200 mm a DN 600 mm	26 891 m	1,76 m
BD 9TRO027	PPC	DN 200 mm	1 108 m	1,77 m
BD 9TRO040	PPC	DN 200 mm	5 385 m	1,73 m
BD 9TRO60A	PPC	DN 200 mm a DN 250 mm	1 209 m	1,66 m
BD 9TRO074	PVC / PPC	DN 200 mm a DN 250 mm	5 748 m	1,52 m
BD Intercetor Trofa Prolongamento	PVC / PPC	DN 200 mm a DN 280 mm	13 120 m	2,16 m (intercetor) 1,76 (coletores)
BD Intercetor Covelas Poente	PVC / PPC	DN 200 mm a DN 250 mm	24 059 m	2,11 m (intercetor) 1,78 (coletores)
			99 251 m	

Tabela A7.4 – Câmaras de visita do SAR-Trofa (ERI, 2019 e TRATAVE, 2015)

	Número de Câmaras de Visita	Profundidade média
Intercetor da Trofa	74	-
BD Intercetor Bougado (BD 9BOU016)	53	1,49 m
BD Intercetor Bougado (BD BOU026)	418	1,58 m
BD 9TRO013	42	1,47 m
BD 9TRO21A	13	1,56 m
BD 9TRO022	730	1,77 m
BD 9TRO027	32	1,77 m
BD 9TRO040	154	1,50 m
BD 9TRO60A	72	1,67 m
BD 9TRO074	183	1,65 m
BD Intercetor Trofa Prolongamento	361	1,81 m
BD Intercetor Covelas Poente	695	1,86 m
	2 827	1,69 m

Tabela A7.5 – Caixas de ramal de ligação (CRL) do SAR-Trofa (ERI, 2019)

	Número de Caixas de Ramal de Ligação (CRL)	Profundidade média
BD Intercetor Bougado (BD 9BOU016)	96	1,01 m
BD Intercetor Bougado (BD BOU026)	684	0,96 m
BD 9TRO013	45	-
BD 9TRO21A	28	0,86 m
BD 9TRO022	1 419	0,95 m
BD 9TRO027	80	0,91 m
BD 9TRO040	192	0,87 m
BD 9TRO60A	76	0,92 m
BD 9TRO074	278	0,92 m
BD Intercetor Trofa Prolongamento	450	0,86 m
BD Intercetor Covelas Poente	580	0,95 m
	3 928	0,94 m

Tabela A7.6 – Instalações Elevatórias (IE) do SAR-Trofa (ERI, 2019)

	Instalações Elevatórias
BD 9TRO022	IE Rua Celeiro Costa Campos; IE Rua da Liberdade
BD 9TRO027	IE Rua de Santiago
BD 9TRO074	IE Rua das Trincheiras
BD Intercetor Trofa Prolongamento	IE Rua da Ribeira

Tabela A7.7 – Número de clientes, taxa de cobertura e taxa de serviço no concelho da Trofa (AdN, 2019)

Ano	Número de clientes			Alojamentos Existentes	Alojamentos Abrangidos	Alojamentos Servidos	Taxa de cobertura	Taxa de serviço
	Domésticos	Não domésticos	Total					
Anterior	-	-	-	13 540	1 652	1 930	12%	14%
2003	-	-	-	13 540	1 828	2 111	14%	16%
2004	-	-	-	13 540	3 588	2 644	26%	20%
2005	-	-	-	13 540	6 905	3 214	51%	24%
2006	-	-	4 752	13 540	9 749	4 357	72%	32%
2007	-	-	5 712	13 540	10 003	5 519	74%	41%
2008	-	-	6 529	13 540	10 786	6 317	80%	47%
2009	-	-	6 824	13 540	11 097	6 975	82%	52%
2010	-	-	7 869	13 540	11 183	7 980	83%	59%
2011	-	-	8 942	15 617	13 089	9 034	84%	58%
2012	-	-	9 617	15 617	13 089	9 630	84%	62%
2013	-	-	10 070	15 617	13 089	10 048	84%	64%
2014	-	-	10 531	15 617	13 089	10 512	84%	67%
2015	9 284	1 124	10 408	15 617	13 089	10 636	84%	68%
2016	9 255	1 053	10 308	15 617	15 081	9 413	97%	60%
2017	9 861	1 117	10 978	15 617	15 081	9 873	97%	63%
2018	10 091	1 129	11 220	15 617	15 081	10 119	97%	65%

Tabela A7.8 – Volumes mensais faturados a clientes no concelho da Trofa pela AdN (AdN, 2019)

	2016	2017	2018
jan	100 404 m^3	78 765 m^3	69 215 m^3
fev	73 589 m^3	66 212 m^3	75 371 m^3
mar	88 141 m^3	64 819 m^3	68 647 m^3
abr	80 527 m^3	75 167 m^3	82 728 m^3
mai	86 664 m^3	65 462 m^3	66 817 m^3
jun	90 166 m^3	74 080 m^3	73 877 m^3
jul	90 208 m^3	69 736 m^3	74 895 m^3
ago	73 828 m^3	70 816 m^3	75 336 m^3
set	90 441 m^3	73 920 m^3	79 412 m^3
out	89 402 m^3	77 580 m^3	76 982 m^3
nov	74 930 m^3	75 370 m^3	-
dez	77 485 m^3	80 804 m^3	-
	1 015 785 m^3	**872 731 m^3**	**850 032 m^3**

Tabela A7.9 – Clientes do sistema de drenagem de águas residuais da Trofa em 2018 (AdN, 2019)

Freguesia	Clientes
UF de Alvarelhos e Guidões	691
UF de Bougado (São Martinho e Santiago)	5 631
UF de Coronado (São Romão e São Mamede)	2 143
Covelas	81
Muro	327
Trofa	2 379
	11 252

A8 – CASO DE ESTUDO SAR-TROFA

AVALIAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS

Infraestruturas	Estado					Desempenho		Risco (Probabilidade)		
	Coletores (PVC/PPC)	Coletores (PPC)	Coletores (Grés)	Intercetores (PPC)	Intercetores (PEAD)	Funcionamento	Adequação de Órgãos Acessórios	Obstrução	Afluências Pluviais	Colapso
Intercetor da Trofa	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
BD Intercetor Bougado (BD 9BOU016)	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
BD Intercetor Bougado (BD BOU026)	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
BD 9TRO013	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
BD 9TRO21A	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
BD 9TRO022	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
BD 9TRO027	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
BD 9TRO040	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
BD 9TRO60A	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
BD 9TRO074	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
BD Intercetor Trofa Prolongamento	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
BD Intercetor Covelas Poente	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐

Fig. A8.1 –Avaliação de Infraestruturas – Inquérito à EG (Coletores e Intercetores)

Infraestruturas	Estado	Desempenho		Risco (Probabilidade)		
	Construção Civil	Funcionamento	Acessibilidade	Obstrução	Afluências Pluviais	Ambiente e Segurança
Intercetor da Trofa	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐
BD Intercetor Bougado (BD 9BOU016)	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐
BD Intercetor Bougado (BD BOU026)	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐
BD 9TRO013	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐
BD 9TRO21A	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐
BD 9TRO022	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐
BD 9TRO027	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐
BD 9TRO040	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐
BD 9TRO60A	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐
BD 9TRO074	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐
BD Intercetor Trofa Prolongamento	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐
BD Intercetor Covelas Poente	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐	1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

Fig. A8.2 –Avaliação de Infraestruturas – Inquérito à EG (Câmaras de Visita)

Infraestruturas	Estado				Desempenho		Risco (Probabilidade)	
	Ramais (PVC)	Ramais (PPC)	Ramais (FFD)	Ramais (Grés)	Funcionamento	Adequação de Órgãos Acessórios	Obstrução	Afluências Pluviais
BD Intercetor Bougado (BD 9BOU016)	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
BD Intercetor Bougado (BD BOU026)	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
BD 9TRO013	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
BD 9TRO21A	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
BD 9TRO022	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
BD 9TRO027	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
BD 9TRO040	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
BD 9TRO60A	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
BD 9TRO074	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
BD Intercetor Trofa Prolongamento	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
BD Intercetor Covelas Poente	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐

Fig. A8.3 –Avaliação de Infraestruturas – Inquérito à EG (Ramais de Ligação)

Infraestruturas	Estado		Desempenho		Risco (Probabilidade)		
	Construção Civil	Equipamentos	Capacidade de Elevação	Eficiência Energética	Interrupção de Serviço	Afluências Pluviais	Ambiente e Segurança
Rua Celeiro Costa Campos (BD TRO022)	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
Rua da Liberdade (BD TRO022)	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
Rua de Santiago (BD TRO027)	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
Rua Ribeiro (Trofa Prolongamento)	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐
Rua das Trincheiras (BD TRO074)	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐	1☐ 2☐ 3☐ 4☐ 5☐

Fig. A8.4 –Avaliação de Infraestruturas – Inquérito à EG (Instalações Elevatórias)

Tabela A8.5 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação da EG a Coletores e Intercetores

Coletores e Intercetores	**Estado**					**Desempenho**		**Risco**		
	Coletores (PVC)	**Coletores (PPC)**	**Coletores (Grés)**	**Intercetores (PPC)**	**Intercetores (PEAD)**	**Funcionamento**	**Adequação de Acessórios**	**Obstrução**	**Afluências Pluviais**	**Colapso**
Intercetor da Trofa	-	-	-	-	3	4	3	2	4	3
BD Intercetor Bougado (BD 9BOU016)	-	2	-	3	-	2	2	2	2	2
BD Intercetor Bougado (BD BOU026)	3	2	4	3	-	4	4	4	4	4
BD 9TRO013	-	2	-	-	-	2	2	2	3	2
BD 9TRO21A	3	3	-	-	-	3	4	2	3	3
BD 9TRO022	3	3	3	-	-	3	3	3	5	3
BD 9TRO027	-	2	-	-	-	2	4	2	3	2
BD 9TRO040	-	3	-	-	-	2	2	3	4	2
BD 9TRO60A	-	2	-	-	-	2	2	3	2	2
BD 9TRO074	3	2	-	-	-	3	2	2	3	2
BD Intercetor Trofa Prolongamento	3	3	-	3	-	2	2	2	4	3
BD Intercetor Covelas Poente	-	2	-	3	-	3	2	3	4	2

Tabela A8.6 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação da EG a Câmaras de Visita

Câmaras de Visita	**Estado**	**Desempenho**		**Risco**		
	Construção Civil	**Funcionamento**	**Acessibilidade**	**Obstrução**	**Afluências Pluviais**	**Ambiente e Segurança**
Intercetor da Trofa	4	4	3	2	4	4
BD Intercetor Bougado (BD 9BOU016)	2	2	2	2	2	2
BD Intercetor Bougado (BD BOU026)	4	4	4	4	4	3
BD 9TRO013	2	2	2	2	3	2
BD 9TRO21A	3	3	4	2	3	3
BD 9TRO022	3	3	3	3	5	3
BD 9TRO027	2	2	4	2	3	2
BD 9TRO040	2	2	2	3	4	3
BD 9TRO60A	2	2	2	3	2	2
BD 9TRO074	2	3	2	2	3	2
BD Intercetor Trofa Prolongamento	2	2	2	2	4	2
BD Intercetor Covelas Poente	4	3	2	3	4	4

Tabela A8.7 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação da EG a Ramais de Ligação

Ramais de Ligação	Estado				Desempenho		Risco	
	Ramais (PVC)	Ramais (PPC)	Ramais (FFD)	Ramais (Grés)	Funcionamento	Adequação de Acessórios	Obstrução	Afluências Pluviais
BD Intercetor Bougado (BD 9BOU016)	-	2	-	-	2	2	2	2
BD Intercetor Bougado (BD BOU026)	3	2	-	4	3	3	3	4
BD 9TRO013	-	2	-	-	2	2	2	3
BD 9TRO21A	3	-	-	-	3	3	2	3
BD 9TRO022	3	2	2	4	3	3	3	5
BD 9TRO027	-	2	-	-	2	2	2	3
BD 9TRO040	-	2	-	-	2	2	3	4
BD 9TRO60A	-	2	-	-	2	2	3	2
BD 9TRO074	4	2	-	-	2	2	3	4
BD Intercetor Trofa Prolongamento	3	2	-	-	3	3	2	4
BD Intercetor Covelas Poente	-	2	-	-	2	2	2	2

Tabela A8.8 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação da EG a Instalações Elevatórias

Instalação Elevatória	Estado		Desempenho		Risco		
	Construção Civil	Equipamentos	Capacidade de Elevação	Eficiência Energética	Interrupção de Serviço	Afluências Pluviais	Ambiente e Segurança
Rua Celeiro Costa Campos (BD TRO022)	3	2	2	2	3	2	3
Rua da Liberdade (BD TRO022)	2	2	2	2	2	2	3
Rua de Santiago (BD TRO027)	2	2	2	2	3	3	3
Rua Ribeiro (Trofa Prolongamento)	2	3	2	2	2	4	3
Rua das Trincheiras (BD TRO074)	2	2	2	3	3	3	2

Tabela A8.9 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação Patrimonial de Coletores e Intercetores

Bacia de Drenagem	Coletores (PVC)							Coletores (PPC)							Coletores (Grés)							Intercetores (PPC)							Intercetores (PEAD)						
	Diâmetro (mm)	Extensão (m)	Estado	Vida Útil (anos)	Vida Residual (anos)	Custo Substituição	Valor Atual	Diâmetro (mm)	Extensão (m)	Estado	Vida Útil (anos)	Vida Residual (anos)	Custo Substituição	Valor Atual	Diâmetro (mm)	Extensão (m)	Estado	Vida Útil (anos)	Vida Residual (anos)	Custo Substituição	Valor Atual	Diâmetro (mm)	Extensão (m)	Estado	Vida Útil (anos)	Vida Residual (anos)	Custo Substituição	Valor Atual	Diâmetro (mm)	Extensão (m)	Estado	Vida Útil (anos)	Vida Residual (anos)	Custo Substituição	Valor Atual
Intercetor da Trofa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	280	1520	3	100	60	171 851 €	103 111 €
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	315	746				95 926 €	57 556 €
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	450	461				91 227 €	54 736 €
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	500	613				139 366 €	83 619 €
BD Intercetor Bougado (BD 9BOU016)	-	-	-	-	-	-	-	200	1 643	2	100	80	63 893 €	51 114 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	400	91	3	100	60	10 044 €	6 026 €	-	-	-	-	-	-	-
BD Intercetor Bougado (BD BOU026)	200	2 376	3	100	60	92 391 €	55 435 €	200	6 118				237 954 €	190 364 €	200	3 966				154 264 €	61 706 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	250	246				10 407 €	6 244 €	-	-	2	100	80	-	-	250	337	4	100	40	14 289 €	5 716 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	315	367				17 194 €	13 755 €	300	151				6 908 €	2 763 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	400	1 071				56 532 €	22 613 €	400	218	3	100	60	24 103 €	14 462 €	-	-	-	-	-	-	-
BD 9TRO013	-	-	-	-	-	-	-	200	1379	2	100	80	53 632 €	42 906 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD 9TRO21A	-	-	-	-	-	-	-	200	428	3	100	60	16 658 €	9 995 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD 9TRO022	200	2 456	3	100	60	95 508 €	57 305 €	200	23 045	3	100	60	896 272 €	537 763 €	200	1 315	3	100	60	51 136 €	30 682 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	600	76				5 045 €	3 027 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD 9TRO027	-	-	-	-	-	-	-	200	1 108	2	100	80	43 073 €	34 458 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD 9TRO040	-	-	-	-	-	-	-	200	5 385	3	100	60	209 420 €	125 652 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD 9TRO60A	-	-	-	-	-	-	-	200	1 209	2	100	80	47 006 €	37 605 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD 9TRO074	200	625	3	100	60	24 302 €	14 581 €	200	5 086	2	100	80	197 821 €	158 257 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	250	36				1 543 €	1 234 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BD Intercetor Trofa Prolongamento	200	339	3	100	60	13 194 €	7 917 €	200	10 473	3	100	60	407 324 €	244 395 €	-	-	-	-	-	-	-	200	2 241	3	100	60	149 127 €	89 476 €	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	280	66				5 569 €	3 341 €	-	-	-	-	-	-	-
BD Intercetor Covelas Poente	-	-	-	-	-	-	-	200	17 893	2	100	80	695 876 €	556 701 €	-	-	-	-	-	-	-	200	2 743	3	100	60	182 535 €	109 521 €	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	250	3 424				264 559 €	158 736 €	-	-	-	-	-	-	-

Tabela A8.10 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação Patrimonial de Câmaras de Visita

Bacia de Drenagem	Número	Estado	Vida Útil	Vida Residual	Custo Substituição	Valor Atual	Custo Substituição	Valor Atual	IVI
Intercetor da Trofa	74	4	75	30	37 000 €	14 800 €	37 000 €	14 800 €	0,40
BD Intercetor Bougado (BD 9BOU016)	53	2	75	60	26 500 €	21 200 €	26 500 €	21 200 €	0,80
BD Intercetor Bougado (BD BOU026)	418	4	75	30	209 000 €	83 600 €	209 000 €	83 600 €	0,40
BD 9TRO013	42	2	75	60	21 000 €	16 800 €	21 000 €	16 800 €	0,80
BD 9TRO21A	13	3	75	45	6 500 €	3 900 €	6 500 €	3 900 €	0,60
BD 9TRO022	730	3	75	45	365 000 €	219 000 €	365 000 €	219 000 €	0,60
BD 9TRO027	32	2	75	60	16 000 €	12 800 €	16 000 €	12 800 €	0,80
BD 9TRO040	154	2	75	60	77 000 €	61 600 €	77 000 €	61 600 €	0,80
BD 9TRO60A	72	2	75	60	36 000 €	28 800 €	36 000 €	28 800 €	0,80
BD 9TRO074	183	2	75	60	91 500 €	73 200 €	91 500 €	73 200 €	0,80
BD Intercetor Trofa Prolongamento	361	2	75	60	180 500 €	144 400 €	180 500 €	144 400 €	0,80
BD Intercetor Covelas Poente	695	4	75	30	347 500 €	139 000 €	347 500 €	139 000 €	0,40
							1 413 500 €	**819 100 €**	**0,58**

Tabela A8.11 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação Patrimonial de Ramais de Ligação

Bacia de Drenagem	Ramais (PVC)							Ramais (PPC)							Ramais (Grés)							Número de Ramais	Custo Substituição	Valor Atual	IVI
	Diâmetro (mm)	Número	Estado	Vida Útil (anos)	Vida Residual (anos)	Custo Substituição	Valor Atual	Diâmetro (mm)	Número	Estado	Vida Útil (anos)	Vida Residual (anos)	Custo Substituição	Valor Atual	Diâmetro (mm)	Número	Estado	Vida Útil (anos)	Vida Residual (anos)	Custo Substituição	Valor Atual				
BD Intercetor Bougado (BD 9BOU016)	-	-	-	-	-	-	-	125	96	2	100	80	20 412 €	16 330 €	-	-	-	-	-	-	-	96	20 412 €	16 330 €	0,80
BD Intercetor Bougado (BD BOU026)	80	2	3	100	60	300 €	180 €	80	-	2	100	80	-	-	80	-	4	100	40	-	-	684	144 947 €	103 370 €	0,71
	100	12				2 132 €	1 279 €	100	4				711 €	569 €	100	18				3 199 €	1 279 €				
	110	-				-	-	110					-	-	110	2				383 €	153 €				
	125	126				26 791 €	16 074 €	125	456				96 957 €	77 566 €	125	52				11 057 €	4 423 €				
	150	2				495 €	297 €	150					-	-	150	2				495 €	198 €				
	160	-				-	-	160	-				-	-	160	2				523 €	209 €				
	200	2				635 €	381 €	200	2				635 €	508 €	200	2				635 €	254 €				
BD 9TRO013	-	-	-	-	-	-	-	125	45	2	100	80	9 568 €	7 655 €	-	-	-	-	-	-	-	45	9 568 €	7 655 €	0,80
BD 9TRO21A	125	28	3	100	60	5 954 €	3 572 €	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	5 954 €	3 572 €	0,60
BD 9TRO022	125	17	3	100	60	3 615 €	2 169 €	125	1 023	2	100	80	217 515 €	174 012 €	125	377	4	100	40	80 160 €	32 064 €	1 417	301 290 €	208 245 €	0,69
BD 9TRO027	-	-	-	-	-	-	-	125	77	2	100	80	16 372 €	13 098 €	-	-	-	-	-	-	-	77	16 372 €	13 098 €	0,80
BD 9TRO040	-	-	-	-	-	-	-	125	192	2	100	80	40 824 €	32 659 €	-	-	-	-	-	-	-	192	40 824 €	32 659 €	0,80
BD 9TRO60A	-	-	-	-	-	-	-	125	76	2	100	80	16 160 €	12 928 €	-	-	-	-	-	-	-	76	16 160 €	12 928 €	0,80
BD 9TRO074	-	-	-	-	-	-	-	125	278	2	100	80	59 110 €	47 288 €	-	-	-	-	-	-	-	278	59 110 €	47 288 €	0,80
BD Intercetor Trofa Prolongamento	125	25	3	100	60	5 316 €	3 189 €	125	425	2	100	80	90 366 €	72 293 €	-	-	-	-	-	-	-	450	95 681 €	75 482 €	0,79
BD Intercetor Covelas Poente	-	-	-	-	-	-	-	125	582	2	100	80	123 748 €	98 998 €	-	-	-	-	-	-	-	582	123 748 €	98 998 €	0,80
																						3 925	**834 064 €**	**619 624 €**	**0,74**

Tabela A8.12 – Avaliação de Infraestruturas – Avaliação Patrimonial de Instalações Elevatórias

Reservatório	Potência	Const. Civil					Eq							IVI
		Estado	Vida Útil	Vida Residual	Custo Substituição	Valor Atual	Estado	Vida Útil	Vida Residual	Custo Substituição	Valor Atual	Custo Substituição	Valor Atual	
Rua Celeiro Costa Campos (BD TRO022)	7,4	3	75	45	19 550 €	11 730 €	2	40	32	41 830 €	33 464 €	61 380 €	45 194 €	0,74
Rua da Liberdade (BD TRO022)	1,5	2	75	60	15 339 €	12 271 €	2	40	32	37 349 €	29 879 €	52 688 €	42 150 €	0,80
Rua de Santiago (BD TRO027)	1,7	2	75	60	15 633 €	12 507 €	2	40	32	37 682 €	30 146 €	53 316 €	42 653 €	0,80
Rua da Ribeira (Trofa Prolongamento)	1,7	2	75	60	15 633 €	12 507 €	3	40	24	37 682 €	22 609 €	53 316 €	35 116 €	0,66
Rua das Trincheiras (BD TRO074)	1,2	2	75	60	14 827 €	11 862 €	2	40	32	36 762 €	29 409 €	51 589 €	41 271 €	0,80
												272 288 €	**206 384 €**	**0,76**

Tabela A8.13 – Avaliação de Custo dos Ramais de Ligação do SAR-Trofa

Bacia de Drenagem	Número de Ramais	Custo Substituição	Valor Atual	IVI
BD Intercetor Bougado (BD 9BOU016)	96	20 412 €	16 330 €	0,80
BD Intercetor Bougado (BD BOU026)	684	144 947 €	103 370 €	0,71
BD 9TRO013	45	9 568 €	7 655 €	0,80
BD 9TRO21A	28	5 954 €	3 572 €	0,60
BD 9TRO022	1 417	301 290 €	208 245 €	0,69
BD 9TRO027	77	16 372 €	13 098 €	0,80
BD 9TRO040	192	40 824 €	32 659 €	0,80
BD 9TRO60A	76	16 160 €	12 928 €	0,80
BD 9TRO074	278	59 110 €	47 288 €	0,80
BD Intercetor Trofa Prolongamento	450	95 681 €	75 482 €	0,79
BD Intercetor Covelas Poente	582	123 748 €	98 998 €	0,80
	3 925	**834 064 €**	**619 624 €**	**0,74**

Tabela A8.14 – Avaliação de Custo dos Coletores e Intercetores do SAR-Trofa

Bacia de Drenagem	Comprimento	Custo Substituição	Valor Atual	IVI
Intercetor da Trofa	3 340 m	498 371 €	299 022 €	0,60
BD Intercetor Bougado (BD 9BOU016)	1 734 m	73 936 €	57 140 €	0,77
BD Intercetor Bougado (BD BOU026)	14 850 m	614 041 €	373 056 €	0,61
BD 9TRO013	1 379 m	53 632 €	42 906 €	0,80
BD 9TRO21A	428 m	16 658 €	9 995 €	0,60
BD 9TRO022	26 891 m	1 047 961 €	628 776 €	0,60
BD 9TRO027	1 108 m	43 073 €	34 458 €	0,80
BD 9TRO040	5 385 m	209 420 €	125 652 €	0,60
BD 9TRO60A	1 209 m	47 006 €	37 605 €	0,80
BD 9TRO074	5 748 m	223 666 €	174 073 €	0,78
BD Intercetor Trofa Prolongamento	13 120 m	575 215 €	345 129 €	0,60
BD Intercetor Covelas Poente	24 059 m	1 142 970 €	824 957 €	0,72
	99 251 m	**4 545 949 €**	**2 952 769 €**	**0,65**

Tabela A8.15 – Avaliação de Custo das Câmaras de Visita do SAR-Trofa

Bacia de Drenagem	Número	Vida Útil	Vida Residual	Custo Substituição	Valor Atual	IVI
Intercetor da Trofa	74	75	30	37 000 €	14 800 €	0,40
BD Intercetor Bougado (BD 9BOU016)	53	75	60	26 500 €	21 200 €	0,80
BD Intercetor Bougado(BD BOU026)	418	75	30	209 000 €	83 600 €	0,40
BD 9TRO013	42	75	60	21 000 €	16 800 €	0,80
BD 9TRO21A	13	75	45	6 500 €	3 900 €	0,60
BD 9TRO022	730	75	45	365 000 €	219 000 €	0,60
BD 9TRO027	32	75	60	16 000 €	12 800 €	0,80
BD 9TRO040	154	75	60	77 000 €	61 600 €	0,80
BD 9TRO60A	72	75	60	36 000 €	28 800 €	0,80
BD 9TRO074	183	75	60	91 500 €	73 200 €	0,80
BD Intercetor Trofa Prolongamento	361	75	60	180 500 €	144 400 €	0,80
BD Intercetor Covelas Poente	695	75	30	347 500 €	139 000 €	0,40
	2 827			**1 413 500 €**	**819 100 €**	**0,58**

Tabela A8.16 – Avaliação de Custo das Instalações Elevatórias do SAR-Trofa

Instalação Elevatória	Potência	Const. Civil	Equipamentos	Custo Substituição	Valor Atual	IVI
		Vida Útil	Vida Residual			
Rua Celeiro Costa Campos (BD TRO022)	7,4 kW	45 anos	32 anos	61 380 €	45 194 €	0,74
Rua da Liberdade (BD TRO022)	1,5 kW	60 anos	32 anos	52 688 €	42 150 €	0,80
Rua de Santiago (BD TRO027)	1,7 kW	60 anos	32 anos	53 316 €	42 653 €	0,80
Rua da Ribeira (Trofa Prolongamento)	1,7 kW	60 anos	24 anos	53 316 €	35 116 €	0,66
Rua das Trincheiras (BD TRO074)	1,2 kW	60 anos	32 anos	51 589 €	41 271 €	0,80
				272 288 €	**206 384 €**	**0,76**

Tabela A8.17 – Avaliação de Infraestruturas do SAR-Trofa – Síntese

Bacia de Drenagem	Ramais de Ligação			Coletores e Intercetores			Câmaras de Visita			Instalações Elevatórias		
	Estado	Desempenho	Risco	Estado	Desempenho	Risco	Estado	Desempenho	Risco	Estado	Desempenho	Risco
Intercetor da Trofa	-	-	-	3,00	3,50	8,33	4,00	3,50	10,67	-	-	-
BD Intercetor Bougado (BD 9BOU016)	2,00	2,00	5,00	2,05	2,00	5,33	2,00	2,00	6,00	-	-	-
BD Intercetor Bougado (BD BOU026)	2,44	3,00	9,00	2,94	4,00	10,67	4,00	4,00	10,67	-	-	-
BD 9TRO013	2,00	2,00	6,50	2,00	2,00	6,33	2,00	2,00	7,00	-	-	-
BD 9TRO21A	3,00	3,00	6,50	3,00	3,50	7,33	3,00	3,50	8,33	-	-	-
BD 9TRO022	2,54	3,00	10,50	3,00	3,00	10,00	3,00	3,00	11,00	2,25	2,00	9,33
BD 9TRO027	2,00	2,00	6,50	2,00	3,00	6,33	2,00	3,00	7,00	2,00	2,00	11,00
BD 9TRO040	2,00	2,00	9,00	3,00	2,00	8,00	2,00	2,00	10,00	-	-	-
BD 9TRO60A	2,00	2,00	6,00	2,00	2,00	6,00	2,00	2,00	6,67	-	-	-
BD 9TRO074	2,00	2,00	9,00	2,11	2,50	6,33	2,00	2,50	7,00	2,00	2,50	9,67
BD Intercetor Trofa Prolongamento	2,06	3,00	8,00	3,00	2,00	8,33	2,00	2,00	8,00	2,50	2,00	10,67
BD Intercetor Covelas Poente	2,00	2,00	5,00	2,26	2,50	8,00	4,00	2,50	11,33	-	-	-
Média	2,19	2,36	7,36	2,49	2,59	7,52	2,55	2,59	8,45	2,19	2,13	10,17

A9 – CASO DE ESTUDO DO SAR-TROFA

EXPLORAÇÃO DE INFRAESTRUTURAS

Tabela A9.1 – Volumes Faturados a Clientes – Síntese da Informação de Faturação

Bacia de Drenagem	Clientes	Consumo total mensal	Consumo médio mensal	Água Faturada (m^3) - Ano 2018												Volume anual faturado
				jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
BD 9BOU016	219	1 324	6	1 178	1 086	1 218	1 231	1 337	1 443	1 629	1 695	1 443	1 311	1 152	1 165	15 888
BD BOU026	524	3 535	7	3 146	2 899	3 252	3 288	3 570	3 853	4 348	4 525	3 853	3 500	3 075	3 111	42 420
BD 9TRO013	12	26	2	23	21	24	24	26	28	32	33	28	26	23	23	312
BD 9TRO21A	6	26	4	23	21	24	24	26	28	32	33	28	26	23	23	312
BD 9TRO022	2 219	14 314	6	12 739	11 737	13 169	13 312	14 457	15 602	17 606	18 322	15 602	14 171	12 453	12 596	171 768
BD 9TRO027	20	136	7	121	112	125	126	137	148	167	174	148	135	118	120	1 632
BD 9TRO040	104	861	8	766	706	792	801	870	938	1 059	1 102	938	852	749	758	10 332
BD 9TRO60A	24	69	3	61	57	63	64	70	75	85	88	75	68	60	61	828
BD 9TRO074	270	1 303	5	1 160	1 068	1 199	1 212	1 316	1 420	1 603	1 668	1 420	1 290	1 134	1 147	15 636
BD Intercetor Trofa Prolongamento	449	3 581	8	3 187	2 936	3 295	3 330	3 617	3 903	4 405	4 584	3 903	3 545	3 115	3 151	42 972
BD Intercetor Covelas Poente	344	2 495	7	2 221	2 046	2 295	2 320	2 520	2 720	3 069	3 194	2 720	2 470	2 171	2 196	29 940
Total	**4 191**	**27 670**	**7**	**24 626**	**22 689**	**25 456**	**25 733**	**27 947**	**30 160**	**34 034**	**35 418**	**30 160**	**27 393**	**24 073**	**24 350**	**332 040**

Tabela A9.2 – Caraterísticas Gerais e Consumos Energéticos Anuais das IE do SAR-Trofa

	Altura Manométrica	Caudal Bombado	Potência	Consumo Energético Anual
IE Rua da Ribeira (BD-Trofa-Prolongamento)	-	-	1,7 kW	93 kWh
IE Celeiro Costa Campos (BD-TRO022)	18 m	3,8 l/s	7,4 kW	178 kWh
IE Rua de Santiago (BD-TRO027)	4 m	3,9 l/s	1,7 kW	253 kWh
IE Rua das Trincheiras (BD-TRO074)	4 m	3,9 l/s	1,2 kW	494 kWh
IE Rua da Liberdade (BD-TRO022)	5,5 m	2,85 l/s	1,5 kW	1 034 kWh
			Total Geral	**1 960 kWh**

Tabela A9.10 – Volumes Medidos nas Bacias de Drenagem BD TRO022 e BD BOU026, no ano de 2018

	BD-TRO022 (2018)			**BD-BOU026 (2018)**
	Doméstico (TRO022)	Industrial (TRO022)	Total	Doméstico (BOU026)
jan	94 092	13 428	107 520	37 227
fev	97 221	10 902	108 123	36 906
mar	139 646	14 616	154 262	73 212
abr	132 725	13 941	146 666	55 198
mai	144 138	12 766	156 904	23 253
jun	87 669	14 056	101 725	17 262
jul	83 932	13 653	97 585	17 900
ago	62 591	7 660	70 251	19 972
set	65 009	10 376	75 385	13 504
out	87 445	14 319	101 764	20 601
nov	92 342	17 142	109 484	38 007
dez	82 837	14 139	96 976	45 759
Total	1 169 647	156 998	1 326 645	398 801

Tabela A9.11 – Síntese de Dados Risco de Obstrução no SAR-Trofa no Biénio 2017-2018

Bacia de Drenagem	**Número** (Obstruções)	**Probabilidades** (Ocorrência de Obstrução)	**Consequências** (Custo Unitário)	**Risco** (Obstrução)
BD 9BOU016	0	0%	120 €	**0 €**
BD BOU026	15	15%	120 €	**18 €**
BD 9TRO013	2	2%	120 €	**2 €**
BD 9TRO21A	1	1%	120 €	**1 €**
BD 9TRO022	45	45%	120 €	**54 €**
BD 9TRO027	4	4%	120 €	**5 €**
BD 9TRO040	4	4%	120 €	**5 €**
BD 9TRO60A	3	3%	120 €	**4 €**
BD 9TRO074	4	4%	120 €	**5 €**
BD Trofa-Prolongamento	14	14%	120 €	**17 €**
BD Covelas-Poente	8	8%	120 €	**10 €**

Tabela A9.12 – Variação Anual dos Volumes Entregues em Alta (VEA), dos Volumes Faturados a Clientes (VF) e dos Volumes Não Faturados (VNF) no Concelho da Trofa (ano: 2018)

	Ano	**VEA**	**VF**	**VNF**	
Concelho da Trofa	2016	1 205 745	1 015 785	189 960	16%
	2017	1 250 546	872 731	377 815	30%
	2018	2 300 455	850 032	1 450 423	63%
SAR-Trofa	2014	655 750	*332 040**	323 710	49%
	2015	611 155	*332 040**	279 115	46%
	2016	623 525	*332 040**	291 485	47%
	2017	646 530	*332 040**	314 490	49%
	2018	1 583 050	332 040	1 251 010	79%
BD-9TRO022	2014	293 095	*171 768**	121 327	41%
	2015	293 095	*171 768**	121 327	41%
	2016	328 780	*171 768**	157 012	48%
	2017	352 590	*171 768**	180 822	51%
	2018	1 105 501	171 768	933 733	84%
BD-Intercetor Bougado	2014	294 920	*58 308**	236 612	80%
	2015	245 675	*58 308**	187 367	76%
	2016	222 162	*58 308**	163 854	74%
	2017	221 555	*58 308**	163 247	74%
	2018	405 164	58 308	346 856	86%

** Considerado o valor de VF de 2018.*

Tabela A9.13 – Volumes Entregues em Alta (VEA), Volumes Faturados a Clientes Domésticos (VF) e Volumes Não Faturados nas bacias de drenagem do SAR-Trofa, no ano de 2018

Bacia de Drenagem	**Nº Ramais**		**Nº Clientes**		**VEA (2018)**	**VF (2018)**		**VNF (2018)**	
BD 9BOU016	96	2,4%	219	5,2%	405 164	15 888	14%	346 856	**86%**
BD 9BOU026	684	17,4%	524	12,5%		42 420			
BD 9TRO013	45	1,1%	12	0,3%	2 741				
BD 9TRO21A	28	0,7%	6	0,1%	623				
BD 9TRO022	1 417	36,1%	2219	52,9%	1 105 501	171 768	16%	933 733	**84%**
BD 9TRO027	77	2,0%	20	0,5%	3 979				
BD 9TRO040	192	4,9%	104	2,5%	12 918				
BD 9TRO60A	76	1,9%	24	0,6%	3 793				
BD Trofa Prolong.	450	11,5%	449	10,7%	20 698				
BD 9TRO074	278	7,1%	270	6,4%	27 633				
BD Covelas Poente	582	14,8%	344	8,2%					
SAR-Trofa	3 925		4 191		1 583 050	332 040	**21%**	1 251 010	**79%**
Concelho Trofa	11 061		11252		2 300 455	850 032	**37%**	1 450 423	**63%**

Tabela A9.14 – Variação Mensal de Volumes Entregues em Alta (VEA) nas Bacias de Drenagem BD-9TRO022 e BD-9BOU026

	Volumes (BD-9TRO022)		**Volumes (BD-9BOU026)**	
jan/18	107 520 m^3	0,97	37 227 m^3	1,12
fev/18	108 123 m^3	0,98	36 906 m^3	1,11
mar/18	154 262 m^3	1,40	73 212 m^3	2,20
abr/18	146 666 m^3	1,33	55 198 m^3	1,66
mai/18	156 904 m^3	1,42	23 253 m^3	0,70
jun/18	101 725 m^3	0,92	17 262 m^3	0,52
jul/18	97 585 m^3	0,88	17 900 m^3	0,54
ago/18	70 251 m^3	0,64	19 972 m^3	0,60
set/18	75 385 m^3	0,68	13 504 m^3	0,41
out/18	101 764 m^3	0,92	20 601 m^3	0,62
nov/18	109 484 m^3	0,99	38 007 m^3	1,14
dez/18	96 976 m^3	0,88	45 759 m^3	1,38
	1 326 645 m^3		**398 801 m^3**	

Tabela A9.15 – Variação Mensal de Volumes Entregues em Alta (VEA) nas Bacias de Drenagem BD-9TRO022 e BD-9BOU026

	BD-9TRO022				**BD-9BOU026**			
	VEA	**VF**	**VNF**		**VEA**	**VF**	**VNF**	
jan/18	94 092 m^3	12 739 m^3	81 353 m^3	86%	37 227 m^3	3 146 m^3	34 081 m^3	92%
fev/18	97 221 m^3	11 737 m^3	85 484 m^3	88%	36 906 m^3	2 899 m^3	34 007 m^3	92%
mar/18	139 646 m^3	13 169 m^3	126 477 m^3	91%	73 212 m^3	3 252 m^3	69 960 m^3	96%
abr/18	132 725 m^3	13 312 m^3	119 413 m^3	90%	55 198 m^3	3 288 m^3	51 910 m^3	94%
mai/18	144 138 m^3	14 457 m^3	129 681 m^3	90%	23 253 m^3	3 570 m^3	19 683 m^3	85%
jun/18	87 669 m^3	15 602 m^3	72 067 m^3	82%	17 262 m^3	3 853 m^3	13 409 m^3	78%
jul/18	83 932 m^3	17 606 m^3	66 326 m^3	79%	17 900 m^3	4 348 m^3	13 552 m^3	76%
ago/18	62 591 m^3	18 322 m^3	44 269 m^3	71%	19 972 m^3	4 525 m^3	15 447 m^3	77%
set/18	65 009 m^3	15 602 m^3	49 407 m^3	76%	13 504 m^3	3 853 m^3	9 651 m^3	71%
out/18	87 445 m^3	14 171 m^3	73 274 m^3	84%	20 601 m^3	3 500 m^3	17 101 m^3	83%
nov/18	92 342 m^3	12 453 m^3	79 889 m^3	87%	38 007 m^3	3 075 m^3	34 932 m^3	92%
dez/18	82 837 m^3	12 596 m^3	70 241 m^3	85%	45 759 m^3	3 111 m^3	42 648 m^3	93%
Total	**1 169 647 m^3**	**171 768 m^3**	**997 879 m^3**	**85%**	**398 801 m^3**	**42 420 m^3**	**356 381 m^3**	**89%**

** Os valores de Volume Entregue em Alta (VEA) considerados nesta análise referem-se aos registos dos medidores de caudal instalados nos PE das bacias de drenagem BD-9TRO022 e BD-9BOU026. Estes valores são distintos dos valores faturados pela TRATAVE à Águas do Norte S.A.*

A10 – CASO DE ESTUDO SAR-TROFA

APOIO À DECISÃO

Tabela A10.1 – Estabelecimento de cenários hipotéticos de redução de VEA

Bavia de Drenagem	**2018**				**Hip 1 - Red 40% VEA** nas BD 9TRO022 e 9BOU026			**Hip 2 - Red 50% VEA** nas BD 9TRO022 e 9BOU026			**Hip 3 - Red 60% VEA** nas BD 9TRO022 e 9BOU026		
	VF	**VEA**	**VNF**		**VEA**	**VNF**		**VEA**	**VNF**		**VEA**	**VNF**	
BD 9BOU026	42 420	398 801	356 381	89%	239 281	196 861	82%	199 401	156 981	79%	159 520	117 100	73%
BD 9TRO022	171 768	1 105 501	933 733	84%	663 301	491 533	74%	552 751	380 983	69%	442 200	270 432	61%
Total SAR-Trofa	332 040	1 583 050	1 251 010	79%	981 329	649 289	66%	830 899	498 859	60%	680 469	348 429	51%
Total Trofa	850 032	2 300 455	1 450 423	63%	1 698 734	848 702	50%	1 548 304	698 272	45%	1 397 874	547 842	39%

Bavia de Drenagem	**2018**				**Hip 4 - Red 70% VEA** nas BD 9TRO022 e 9BOU026			**Hip 5 - Red 75% VEA** nas BD 9TRO022 e 9BOU026			**Hip 6 - Red 80% VEA** nas BD 9TRO022 e 9BOU026		
	VF	**VEA**	**VNF**		**VF**	**VEA**	**VNF**	**VF**	**VEA**	**VNF**	**VF**	**VEA**	**VNF**
BD 9BOU026	42 420	398 801	356 381	89%	42 420	119 640	77 220	42 420	99 700	57 280	42 420	79 760	37 340
BD 9TRO022	171 768	1 105 501	933 733	84%	171 768	331 650	159 882	171 768	276 375	104 607	171 768	221 100	49 332
Total SAR-Trofa	332 040	1 583 050	1 251 010	79%	332 040	530 039	197 999	332 040	454 824	122 784	332 040	379 608	47 568
Total Trofa	850 032	2 300 455	1 450 423	63%	850 032	1 247 444	397 412	850 032	1 172 229	322 197	850 032	1 097 013	246 981

Tabela A10.2 – Estabelecimento de cenários hipotéticos de redução de VEA – Estimativa de VNF

Estimativa de VEA	Bacia de Drenagem	*VEA Doméstico Estimado*		VEA Real	VF	*VNF Estimado*		Redução VEA	
80 m3/cliente/ano	BD-9TRO022	(+10%)	195 272	1 169 647	171 768	23 504	12%	974 375	83%
	BD-9BOU026		46 112	398 801	42 420	3 692	8%	352 689	88%
	BD-9TRO022	(+20%)	213 024	1 169 647	171 768	41 256	19%	956 623	82%
	BD-9BOU026		50 304	398 801	42 420	7 884	16%	348 497	87%
	BD-9TRO022	(+30%)	230 776	1 169 647	171 768	59 008	26%	938 871	80%
	BD-9BOU026		54 496	398 801	42 420	12 076	22%	344 305	86%
100 m3/cliente/ano	BD-9TRO022	(+00%)	221 900	1 169 647	171 768	50 132	23%	947 747	81%
	BD-9BOU026		52 400	398 801	42 420	9 980	19%	346 401	87%
	BD-9TRO022	(+10%)	244 090	1 169 647	171 768	72 322	30%	925 557	79%
	BD-9BOU026		57 640	398 801	42 420	15 220	26%	341 161	86%
	BD-9TRO022	(+20%)	266 280	1 169 647	171 768	94 512	35%	903 367	77%
	BD-9BOU026		62 880	398 801	42 420	20 460	33%	335 921	84%
	BD-9TRO022	(+30%)	288 470	1 169 647	171 768	116 702	40%	881 177	75%
	BD-9BOU026		68 120	398 801	42 420	25 700	38%	330 681	83%
120 m3/cliente/ano	BD-9TRO022	(+00%)	266 280	1 169 647	171 768	94 512	35%	903 367	77%
	BD-9BOU026		62 880	398 801	42 420	20 460	33%	335 921	84%
	BD-9TRO022	(+10%)	292 908	1 169 647	171 768	121 140	41%	876 739	75%
	BD-9BOU026		69 168	398 801	42 420	26 748	39%	329 633	83%
	BD-9TRO022	(+20%)	319 536	1 169 647	171 768	147 768	46%	850 111	73%
	BD-9BOU026		75 456	398 801	42 420	33 036	44%	323 345	81%
	BD-9TRO022	(+30%)	346 164	1 169 647	171 768	174 396	50%	823 483	70%
	BD-9BOU026		81 744	398 801	42 420	39 324	48%	317 057	80%
VF no mês maior consumo	BD-9TRO022	(+00%)	219 864	1 169 647	171 768	48 096	22%	949 783	81%
	BD-9BOU026		54 300	398 801	42 420	11 880	22%	344 501	86%
	BD-9TRO022	(+10%)	241 850	1 169 647	171 768	70 082	29%	927 797	79%
	BD-9BOU026		59 730	398 801	42 420	17 310	29%	339 071	85%
	BD-9TRO022	(+20%)	263 837	1 169 647	171 768	92 069	35%	905 810	77%
	BD-9BOU026		65 160	398 801	42 420	22 740	35%	333 641	84%
	BD-9TRO022	(+30%)	285 823	1 169 647	171 768	114 055	40%	883 824	76%
	BD-9BOU026		70 590	398 801	42 420	28 170	40%	328 211	82%
VEA no mês de maior consumo	BD-9TRO022	(+00%)	751 092	1 169 647	171 768	579 324	77%	418 555	36%
	BD-9BOU026		239 664	398 801	42 420	197 244	82%	159 137	40%
	BD-9TRO022	(+10%)	826 201	1 169 647	171 768	654 433	79%	343 446	29%
	BD-9BOU026		263 630	398 801	42 420	221 210	84%	135 171	34%
	BD-9TRO022	(+20%)	901 310	1 169 647	171 768	729 542	81%	268 337	23%
	BD-9BOU026		287 597	398 801	42 420	245 177	85%	111 204	28%
	BD-9TRO022	(+30%)	976 420	1 169 647	171 768	804 652	82%	193 227	17%
	BD-9BOU026		311 563	398 801	42 420	269 143	86%	87 238	22%

Tabela A10.3 – Síntese de Estimativas de VEA e VNF para 3 cenários Hipotéticos de Evolução

Hipótese		**Bacia de Drenagem**	**VEA**				**VNF Estimado**
			Real	Mínimo Estimado	Máximo Estimado	Redução	
Estimativa de VEA, com base no número de clientes	80 m^3/cliente/ano	BD-9TRO022	1 169 647 m^3	195 272 m^3	230 776 m^3	entre 80% e 83%	entre 12% e 26%
		BD-9BOU026	398 801 m^3	46 112 m^3	54 496 m^3	entre 86% e 88%	entre 8% e 22%
	100 m^3/cliente/ano	BD-9TRO022	1 169 647 m^3	221 900 m^3	288 470 m^3	entre 75% e 81%	entre 23% e 40%
		BD-9BOU026	398 801 m^3	52 400 m^3	68 120 m^3	entre 83% e 87%	entre 19% e 38%
	120 m^3/cliente/ano	BD-9TRO022	1 169 647 m^3	266 280 m^3	346 164 m^3	entre 70% e 77%	entre 35% e 50%
		BD-9BOU026	398 801 m^3	62 880 m^3	81 744 m^3	entre 80% e 84%	entre 33% e 48%
Estimativa de VEA, com base no VF, no mês maior consumo		BD-9TRO022	1 169 647 m^3	219 864 m^3	285 823 m^3	entre 76% e 81%	entre 22% e 40%
		BD-9BOU026	398 801 m^3	54 300 m^3	70 590 m^3	entre 82% e 86%	
Estimativa de VEA, com base no VEA, no mês maior consumo		BD-9TRO022	1 169 647 m^3	751 092 m^3	976 420 m^3	entre 17% e 36%	entre 77% e 82%
		BD-9BOU026	398 801 m^3	239 664 m^3	311 563 m^3	entre 22% e 40%	entre 82% e 86%

A11 – CASO DE ESTUDO SAR-TROFA

MATRIZ DE RISCO

Tabela A11.1 – Matriz de Risco do SAR-Trofa

Probabilidade	Consequência: Insignificante	Moderada	Significativa	Crítica	Catastrófica
Muito alta			**Ramais de Ligação (Afluências Pluviais)**: - BD-9TRO022. **Coletores (Afluências Pluviais)**: - BD-9TRO022. **Câmaras de Visita (Afluências Pluviais)**: - BD-9TRO022.		
Alta		**Coletores e Intercetores (Obstrução)**: - BD-BOU026 **Câmaras de Visita (Obstrução)**: - BD-9BOU026	**Instalações Elevatórias (Afluências Pluviais)**: - IE Rua da Ribeira **Ramais de Ligação (Afluências Pluviais)**: BD-9BOU026; BD-9TRO040; BD-9TRO074; BD-Trofa-Prolongamento. **Coletores e Intercetores (Afluências Pluviais)**: Intercetor da Trofa; BD-TRO026; BD-TRO040; BD-Intercetor-Trofa-Prolongamento; BD-Intercetor-Covelas-Poente. **Coletores e Intercetores (Colapso)**: BD-BOU026. **Câmaras de Visita (Afluências Pluviais)**: Intercetor da Trofa; BD-9BOU026; BD-9TRO040; BD-Intercetor-Trofa-Prolongamento; BD-Intercetor-Covelas-Poente.	**Câmaras de Visita (Ambiente e Segurança)**: - Intercetor da Trofa; - BD-Intercetor-Covelas-Poente.	
Média		**Ramais de Ligação (Obstrução)**: BD-9BOU026; BD-9TRO022; BD-9TRO040; BD-9TRO60A; BD-9TRO074. **Coletores e Intercetores (Obstrução)**: - BD-TRO022; - BD-TRO040; - BD-TRO60A; - BD-Intercetor-Covelas-Poente. **Câmaras de Visita (Obstrução)**: - BD-9TRO022; - BD-9TRO040; - BD-9TRO60A; - BD-Intercetor-Covelas-Poente.	**Instalações Elevatórias (Afluências Pluviais)**: - IE Rua de Santiago; - IE Rua das Trincheiras. **Ramais de Ligação (Afluências Pluviais)**: BD-9TRO013; BD-9TRO21A; BD-9TRO027. **Coletores e Intercetores (Afluências Pluviais)**: BD-TRO013; BD-TRO21A; BD-TRO027; BD-TRO074. **Coletores e Intercetores (Colapso)**: Intercetor da Trofa; BD-TRO21A; BD-TRO022; BD-Intercetor-Trofa-Prolongamento; **Câmaras de Visita (Afluências Pluviais)**: BD-9TRO013; BD-9TRO21A; BD-9TRO027; BD-9TRO074.	**Instalações Elevatórias (Interrupção de Serviço)**: - IE Rua Celeiro Costa Campos; -IE Rua de Santiago; - IE Rua das Trincheiras; **Instalações Elevatórias (Ambiente e Segurança)**: - IE Rua Celeiro Costa Campos; - IE Rua da Liberdade; - IE Rua de Santiago; - IE Rua da Ribeira **Câmaras de Visita (Ambiente e Segurança)**: - BD-9BOU026; - BD-9TRO21A; - BD-9TRO022; - BD-9TRO040.	
Baixa		**Ramais de Ligação (Obstrução)**: BD-9BOU016; BD-9TRO013; BD-9TRO21A; BD-9TRO027; BD-Intercetor-Trofa-Prolongamento; BD-Intercetor-Covelas-Poente. **Coletores e Intercetores (Obstrução)**: - Intercetor da Trofa; - BD-BOU016; - BD-TRO013; - BD-TRO21A; - BD-TRO027; - BD-TRO074; - BD-Intercetor-Trofa-Prolongamento. **Câmaras de Visita (Obstrução)**: Intercetor da Trofa; BD-9BOU016; BD-9TRO013; BD-9TRO21A; BD-9TRO027; BD-9TRO074; BD-Intercetor-Trofa-Prolongamento.	**Instalações Elevatórias (Afluências Pluviais)**: - IE Rua Celeiro Costa Campos; - IE Rua da Liberdade. **Ramais de Ligação (Afluências Pluviais)**: BD-9BOU016; BD-9TRO60A; BD-Intercetor-Covelas-Poente. **Coletores e Intercetores (Afluências Pluviais)**: BD-BOU016; BD-TRO60A. **Coletores e Intercetores (Colapso)**: BD-BOU016; BD-TRO013; BD-TRO027; BD-TRO040; BD-TRO60A; BD-TRO074; BD-Intercetor-Covelas-Poente. **Câmaras de Visita (Afluências Pluviais)**: - BD-9BOU016; - BD-9TRO60A.	**Instalações Elevatórias (Interrupção de Serviço)**: - IE Rua da Liberdade; - IE Rua da Ribeira. **Instalações Elevatórias (Ambiente e Segurança)**: - IE Rua das Trincheiras. **Câmaras de Visita (Ambiente e Segurança)**: - BD-9BOU016; - BD-9TRO013; - BD-9TRO027; - BD-9TRO60A; - BD-9TRO074; - BD-Intercetor-Trofa-Prolongamento.	
Muito baixa					

A12 – CASO DE ESTUDO SAA-AROUCA

INTERVENÇÃO EM INFRAESTRUTURAS

Tabela A12.1 – Síntese de intervenções de manutenção em Reservatórios no SP do SAA-Arouca

Subsistema	**Infraestrutura**	**Conclusão**	**Estimativa de Custos**			
			Tempo (horas)	Mão de Obra	Material	**Total**
Abelheira	Reservatório de Vista Alegre	abr/17	157	785 €	5 992 €	6 777 €
	Reservatório de Cimo da Inha	jun/17	231	1 155 €	6 615 €	7 770 €

Tabela A12.2 – Síntese de intervenções de substituição de condutas no Subsistema da Abelheira (SAA-Arouca)

Intervenção	**Freguesia**	**Extensão** (m)	**Diâmetro** (mm)	**Data**	**Custo**
Londral	Escariz	150	DN 40 (PEAD)	dez/16	1 525 €
Tapada	Fermedo	70	DN 63 (PEAD)	mai/16	** 2 800 €*
Orvida – fase 1	Fermedo	30	DN 75 (PEAD)	nov/16	** 1200 €*
Orvida – fase 2	Fermedo	50	DN 75 (PEAD)	fev/17	** 2 000 €*
Orvida – fase 3	Fermedo	310	DN 75 (PEAD)	mai/17	13 012 €
Eiras	Fermedo	900	DN 40 (PEAD)	dez/17	1 440 €
Rua do Alambique	Mansores	150	DN 50 (PEAD)	fev/17	2 850 €

**custos estimados de acordo com os valores considerados na avaliação patrimonial de infraestruturas hidráulicas.*

Tabela A12.3 – Síntese de intervenções de substituição de condutas no Sub. de Provisende (SAA-Arouca)

Intervenção	**Freguesia**	**Extensão** (m)	**Diâmetro** (mm)	**Data**	**Custo**
Areeiro	Chave	100	DN 63 (PEAD)	jul/16	** 4 000 €*
Barbeito	Chave	20	DN 25 (PEX)	mar/17	** 800 €*
Chave	Chave	60	DN 63 (PEAD)	mar/17	** 2 400 €*
Côto da Lomba	Chave	70	DN 50 (PEAD)	mar/17	** 2 800 €*

**custos estimados de acordo com os valores considerados na avaliação patrimonial de infraestruturas hidráulicas.*

Tabela A12.4 – Síntese de intervenções de substituição de condutas no Sub. de S. Redondo (SAA-Arouca)

Intervenção	**Freguesia**	**Extensão** (m)	**Diâmetro** (mm)	**Data**	**Custo**
Sub-Rego	Rossas	70	DN 50 (PEAD)	abr/17	1 230 €
Costa – fase 1	Rossas	30	DN 50 (PEAD)	mai/17	** 1 200 €*
Barrol	Tropeço	59	DN 63 (PEAD)	jan/17	1 747 €
Igreja Tropeço	Tropeço	50	DN 32 (PEAD)	fev/17	** 2 000 €*
Carvalhal – fase 1	Tropeço	100	DN 50 (PEAD)	abr/17	1 200 €
S. João – fase 1	Tropeço	80	DN 50 (PEAD)	abr/17	** 3 200 €*
Carvalhal – fase 2	Tropeço	50	DN 50 (PEAD)	jun/17	** 2 000 €*
Carvalhal – fase 3	Tropeço	120	DN 63 (PEAD)	jul/17	2 272 €
S. João – fase 3	Tropeço	50	DN 63 (PEAD)	set/17	1 115 €
Lameira	Urrô	60	DN 40 (PEAD)	nov/16	** 2 400 €*
Lomba	Urrô	50	DN 40 (PEAD)	nov/16	** 2 000 €*
Cela	Urrô	45	DN 32 (PEAD)	set/17	** 1 800 €*
Pousadouro – fase 1	Urrô / Várzea	1000	DN 90 (PEAD)	nov/16	43 910 €
Pousadouro – fase 2	Urrô / Várzea	1630	DN 90 (PEAD)	ago/17	27 671 €
Pedra Má	Várzea	20	DN 63 (PEAD)	jan/17	** 800 €*
Malafaia	Várzea	600	DN 75 (PEAD)	abr/17	2 400 €

**custos estimados de acordo com os valores considerados na avaliação patrimonial de infraestruturas hidráulicas.*

Tabela A12.5 – Síntese de intervenções de substituição de condutas no Subsistema de Ameixieira (SAA-Arouca)

Intervenção	**Freguesia**	**Extensão** (m)	**Diâmetro** (mm)	**Data**	**Custo**
Presa	Santa Eulália	40	DN 50 (PEAD)	out/16	** 1 600 €*

**custos estimados de acordo com os valores considerados na avaliação patrimonial de infraestruturas hidráulicas.*

Tabela A12.6 – Síntese de intervenções de substituição de condutas no Subsistema de Forcada (SAA-Arouca)

Intervenção	**Freguesia**	**Extensão** (m)	**Diâmetro** (mm)	**Data**	**Custo**
Valdasna	UF Arouca-Burgo	20	DN 40 (PEAD)	jun/17	** 800 €*
Milhaço	UF Arouca-Burgo	120	DN 63 (PEAD)	dez/17	** 4 800 €*

**custos estimados de acordo com os valores considerados na avaliação patrimonial de infraestruturas hidráulicas*

Tabela A12.7 – Síntese de intervenções de substituição de condutas no Subsistema de Moldes (SAA-Arouca)

Intervenção	**Freguesia**	**Extensão** (m)	**Diâmetro** (mm)	**Data**	**Custo**
Bouceguedim	Moldes	70	DN 40 (PEAD)	set/16	1 800 €
Fundo de Vila	Moldes	30	DN 110 (PEAD)	abr/17	555 €
Moldes	Moldes	150	DN 75 (PEAD)	jul/17	3 186 €
Ponte Telhe	Moldes	1100	DN 90 (PEAD)	out/17	102 200 €
Amilo – fase 1	Santa Eulália	120	DN 50 (PEAD)	fev/17	1 280 €
Amilo – fase 2	Santa Eulália	200	DN 50 (PEAD)	mai/17	2 280 €
Pimenta – fase 1	Santa Eulália	50	DN 63 (PEAD)	mai/17	956 €
Pimenta – fase 2	Santa Eulália	100	DN 63 (PEAD)	mai/17	510 €
Pimenta – fase 3	Santa Eulália	100	DN 63 (ABN)	jun/17	1 280 €
Igreja de S. Eulália	Santa Eulália	50	DN 50 (PEAD)	ago/17	** 2 000 €*
Pernouzela	UF Arouca-Burgo	100	DN 50 (PEAD)	jan/17	** 4 000 €*
Vila Nova	UF Arouca-Burgo	70	DN 75 (PEAD)	mai/17	** 2 800 €*
Pinheiro	UF Arouca-Burgo	30	DN 63 (PEAD)	jul/17	470 €

**custos estimados de acordo com os valores considerados na avaliação patrimonial de infraestruturas hidráulicas*

Tabela A12.8 – Síntese de intervenções de substituição de condutas nos Sistemas Autónomos (SAA-Arouca)

Intervenção	**Freguesia**	**Extensão** (m)	**Diâmetro** (mm)	**Data**	**Custo**
Fraguinha	Alvarenga	50	DN 63 (PEAD)	nov/16	** 2 000 €*
Pirraça – fase 1	Alvarenga	65	DN 63 (PEAD)	jul/17	1 370 €
Cabreiros – fase 1	UF Cabreiros-Alber.	300	DN 50 (PEAD)	ago/16	*** 12 000 €*
Cabreiros – fase 2	UF Cabreiros-Alber.	200	DN 63 (PEAD)	ago/16	*** 8 000 €*

**custos estimados de acordo com os valores considerados na avaliação patrimonial de infraestruturas hidráulicas*

Tabela A12.9 – Síntese de intervenções de substituição de VRP no SAA-Arouca

Intervenção	**Freguesia**	**Diâmetro** (mm)	**Data**
VRP Amilo	Santa Eulália	DN 32 (Ação Direta - Pistão)	fev/17
VRP Areeiro	Chave	DN 40 (Ação Direta - Pistão)	jul/17
VRP São Domingos	UF Arouca-Burgo	DN 65 (Hidráulica - Diafragma)	set/17
VRP Carrola	UF Arouca-Burgo	DN 50 (Hidráulica - Diafragma)	dez/17
VRP EcoCasa	UF Arouca-Burgo	DN 50 (Hidráulica - Diafragma)	out/17
VRP Forcada	UF Arouca-Burgo	DN 50 (Hidráulica - Diafragma)	set/17
VRP Orvida	Fermedo	DN 63 (Ação Direta - Pistão)	jan/17
VRP Pena	Tropeço	DN 50 (Hidráulica - Diafragma)	jul/17
VRP Quinta dos Mouros	UF Arouca-Burgo	DN 50 (Hidráulica - Diafragma)	dez/17
VRP Trigal	Rossas	DN 50 (Ação Direta - Pistão)	mar/17

Tabela A12.10 – Síntese de intervenções de reforço de condutas no SP do SAA-Arouca

Intervenção	**Freguesia**	**Extensão** (m)	**Diâmetro** (mm)	**Data**	**Custo Total**
Lar de Idosos de Chave	Chave	285	DN 63 (PEAD)	mar/17	3 111 €
Vale Quartas	Escariz	100	DN 63 (PEAD)	abr/17	** 4 000 €*
Igreja Mansores - fase 1	Mansores	150	DN 63 (PEAD)	jan/17	** 6 000 €*
Igreja Mansores - fase 2	Mansores	450	DN 75 (PEAD)	jan/17	** 18 000 €*
Rua Valverde (Agras)	Mansores	50	DN 75 (PEAD)	jan/17	709 €
Soutelo - Vista Alegre	Mansores	405	DN 75 (PEAD)	abr/17	** 16 200 €*
Vila Mansores	Mansores	40	DN 63 (PEAD)	mai/17	895 €
Friães - Santo Estevão	Moldes	150	DN 75 (PEAD)	abr/17	** 6 000 €*
Igreja Moldes	Moldes	50	DN 90 (PEAD)	mai/17	** 2 000 €*
Regadas	Rossas	314	DN 75 (PEAD)	abr/17	6 599 €
Barreiros	Santa Eulália	70	DN 40 (PEAD)	jul/17	** 2 800 €*
Chãos	Santa Eulália	55	DN 63 (PEAD)	jan/17	1 202 €
Belece	S.M. do Mato	600	DN 63 (PEAD)	ago/17	** 24 000 €*
Barrol - fase 1	Tropeço	50	DN 40 (PEAD)	mar/17	1 110 €
S. João	Tropeço	400	DN 75 (PEAD)	mar/17	4 750 €
Milhaço	UF Arouca-Burgo	86	DN 63 (PEAD)	dez/17	** 3 440 €*
Pinheiro - Cancelo	UF Arouca-Burgo	55	DN 63 (PEAD)	abr/17	2 802 €
Valdasna	UF Arouca-Burgo	300	DN 50 (PEAD)	jun/17	3 074 €
Bugiganga	Urrô	162	DN 75 (PEAD)	abr/17	4 192 €
São Lourenço	Urrô	300	DN 75 (PEAD)	nov/17	5 416 €
São Lourenço - Pinheiral	Urrô	330	DN 75 (PEAD)	jun/17	5 940 €
Malafaia/Remolha	Várzea	600	DN 75 (PEAD)	abr/17	** 24 000 €*
Pedra Má	Várzea	300	DN 75 (PEAD)	jan/17	** 12 000 €*
Sanfins – fase 1	Várzea	60	DN 63 (PEAD)	mar/17	** 2 400 €*
Sanfins – fase 2	Várzea	410	DN 75 (PEAD)	abr/17	6 650 €

**custos estimados de acordo com os valores considerados na avaliação patrimonial de infraestruturas hidráulicas*

Tabela A12.11 – Síntese de intervenções de reforço de condutas nos SA do SAA-Arouca

Intervenção	**Freguesia**	**Extensão** (m)	**Diâmetro** (mm)	**Data**	**Custo Total**
Vítego – Granja – fase 1	Alvarenga	250	DN 75 (PEAD)	jan/17	3 474 €
Fuste – Friães	Moldes	50	DN 75 (PEAD)	abr/17	** 2 000 €*

**custos estimados de acordo com os valores considerados na avaliação patrimonial de infraestruturas hidráulicas*

Tabela A12.12 – Síntese de intervenções de reforço de câmaras de manobra SAA-Arouca

Intervenção	**Freguesia**	**Data**	**Custo Total**
Câmara de Manobras - Alvarenga	Alvarenga	ago/17	550 €
Câmara de Manobras - Barreiros	Santa Eulália	ago/17	550 €
Câmara de Manobras - Cavada	Alvarenga	jan/18	1 114 €
Câmara de Manobras - Centro de Dia Urrô	Urrô	ago/18	550 €
Câmara de Manobras - Costa	Rossas	mai/17	550 €
Câmara de Manobras - Devesa Alta	UF Arouca-Burgo	jan/17	250 €
Câmara de Manobras - Friães	Moldes	jan/18	500 €
Câmara de Manobras - Melarês	UF Arouca-Burgo	mai/17	550 €
Câmara de Manobras - Orvida	Escariz	jan/17	250 €
Câmara de Manobras - Outeiro Meão (Largo)	Moldes	ago/17	550 €
Câmara de Manobras - Pinheiro	UF Arouca-Burgo	jul/17	1 100 €
Câmara de Manobras - Pinheiro	UF Arouca-Burgo	jul/17	300 €
Câmara de Manobras - Ponte Telhe	Moldes	fev/17	650 €
Câmara de Manobras - Telhe (Contentor)	UF Albergaria-Cabreiros	ago/17	550 €
Câmara de Manobras - Tropeço	Tropeço	jul/17	4 400 €
Câmara de Manobras - Vinhas	Santa Eulália	ago/17	550 €
Câmaras de Manobras - Salvador	UF Arouca-Burgo	set/17	1 100 €

Tabela A12.13 – Síntese de intervenções de instalação de VRP no Sub. da Abelheira do SAA-Arouca

Intervenção	**Freguesia**	**Diâmetro** (mm)	**Data**
VRP Vila Mansores 1	Mansores	DN 50 (Ação Direta - Pistão)	mai/17
VRP Vila Mansores 2	Mansores	DN 65 (Hidráulica - Diafragma)	jul/17

Tabela A12.14 – Síntese de intervenções de instalação de VRP no Sub. de Provisende do SAA-Arouca

Intervenção	**Freguesia**	**Diâmetro** (mm)	**Data**
VRP Chave	Chave	DN 63 (Ação Direta - Pistão)	mar/17
VRP Soutelo	Chave	DN 25 (Ação Direta - Pistão)	abr/17
VRP Tojal 1	Chave	DN 32 (Ação Direta - Pistão)	jun/17
VRP Tojal 2	Chave	DN 32 (Ação Direta - Pistão)	jun/17

Tabela A12.15 – Síntese de intervenções de instalação de VRP no Sub. de Souto Redondo do SAA-Arouca

Intervenção	**Freguesia**	**Diâmetro** (mm)	**Data**
VRP Cabo	Rossas	DN 40 (Ação Direta - Pistão)	ago/17
VRP Trigal	Rossas	DN 25 (Ação Direta - Pistão)	mar/17
VRP Aldeia	Tropeço	DN 25 (Ação Direta - Pistão)	jul/17
VRP Amieiro	Tropeço	DN 25 (Ação Direta - Pistão)	jul/17
VRP Bacelo	Tropeço	DN 32 (Ação Direta - Pistão)	jul/17
VRP Barrol	Tropeço	DN 63 (Ação Direta - Pistão)	jul/17
VRP Café Brasil	Tropeço	DN 50 (Ação Direta - Pistão)	jul/17
VRP Ferreiros	Tropeço	DN 65 (Hidráulica - Diafragma)	jan/17
VRP Lamas	Tropeço	DN 40 (Ação Direta - Pistão)	jul/17
VRP Pena	Tropeço	DN 32 (Ação Direta - Pistão)	jul/17
VRP Pousadouro	Tropeço	DN 65 (Hidráulica - Diafragma)	jul/17
VRP Santa Bárbara	Tropeço	DN 40 (Ação Direta - Pistão)	jul/17
VRP Bugiganga	Urrô	DN 63 (Ação Direta - Pistão)	mai/17
VRP Cumieira	Várzea	DN 65 (Hidráulica - Diafragma)	jan/17

Tabela A12.16 – Síntese de intervenções de instalação de VRP no Sub. da Ameixieira do SAA-Arouca

Intervenção	**Freguesia**	**Diâmetro** (mm)	**Data**
VRP Barreiros	Santa Eulália	DN 63 (Ação Direta - Pistão)	ago/17
VRP S.M. Monte	Santa Eulália	DN 32 (Ação Direta - Pistão)	mar/17

Tabela A12.17 – Síntese de intervenções de instalação de VRP no Sub. da Forcada do SAA-Arouca

Intervenção	**Freguesia**	**Diâmetro** (mm)	**Data**
VRP Melarês	UF Arouca-Burgo	DN 50 (Ação Direta - Pistão)	jun/17
VRP Soto	UF Arouca-Burgo	DN 50 (Ação Direta - Pistão)	jan/17
VRP Capela Valdasna	UF Arouca-Burgo	DN 65 (Hidráulica - Diafragma)	out/17

Tabela A12.18 – Síntese de intervenções de instalação de VRP no Subsistema de Moldes do SAA-Arouca

Intervenção	**Freguesia**	**Diâmetro** (mm)	**Data**
VRP Valdasna 2	Moldes	DN 100 (Ação Direta)	jun/17
Ponte Telhe 1	Moldes	DN 63 (Ação Direta - Pistão)	fev/17
Celadinha	Moldes	DN 32 (Ação Direta - Pistão)	mai/17
Outeiro Meão	Moldes	DN 40 (Ação Direta - Pistão)	ago/17
Ponte Telhe - fase 2	Moldes	DN 50 (Ação Direta - Pistão)	out/17
VRP - Cela	Moldes	DN 65 (Hidráulica - Diafragma)	dez/17
VRP - Bonjardim	Santa Eulália	DN 25 (Ação Direta - Pistão)	set/17
VRP - Cancelo	UF Arouca-Burgo	DN 65 (Hidráulica - Diafragma)	abr/17
VRP - Pinheiro	UF Arouca-Burgo	DN 65 (Mecânica - Pistão)	abr/17

Tabela A12.19 – Síntese de intervenções de instalação de VRP nos SA do SAA-Arouca

Intervenção	**Freguesia**	**Diâmetro** (mm)	**Data**
VRP Pirraça	Alvarenga	DN 50 (Ação Direta - Pistão)	jul/17

Tabela A12.20 – Síntese de intervenções de instalação de dispositivos de controlo de nível em reservatórios do SP do SAA-Arouca

Intervenção	**Freguesia**	**Subsistema**	**Data**
Instalação de Válvula Altimétrica no Reservatório de Santa Maria do Monte	Santa Eulália	Ameixieira	mar/17
Instalação de Válvula de Boia no Reservatório de Nogueiró (Fráguas)	Urrô	Ameixieira	abr/17
Instalação de Válvula de Boia no Reservatório de Regadas	Rossas	Souto Redondo	abr/17
Instalação de Válvula de Boia no Reservatório de Cabral	UF Arouca-Burgo	Moldes	abr/17
Instalação de Controlo de Nível na EE de Novais e Válvula de Boia no Reservatório dos Chãos	Santa Eulália	Moldes	abr/17
Instalação de Válvula de Boia e Válvula Altimétrica no Reservatório da Pernouzela	UF Arouca-Burgo	Moldes	mai/17
Instalação de Válvula de Boia no Reservatório de Vila Nova (Poços)	UF Arouca-Burgo	Moldes	mai/17

Tabela A12.21 – Síntese de futuras intervenções de substituição de condutas no SAA-Arouca

Intervenção	**Freguesia**	**Extensão** (m)	**Diâmetro** (mm)	**Inv.**	**Situação**
Fraguinha	Alvarenga	30	DN 63 (PEAD)	954 €	executado em set/18
Pirraça – fase 2	Alvarenga	150	DN 75 (PEAD)	6 000 €	não executado
Belide	Escariz	50	DN 63 (PEAD)	987 €	executado em ago/18
Mascotes	Escariz	150	DN 75 (PEAD)	6 000 €	não executado
Rua P. D. Sobrinho	Fermedo	75	DN 63 (PEAD)	1 500 €	executado em out/18
Orvida – fase 4	Fermedo	150	DN 75 (PEAD)	6 000 €	não executado
Agras	Mansores	150	DN 75 (PEAD)	4 304 €	executado em fev/18
Celadinha	Moldes	250	DN 75 (PEAD)	10 000 €	não executado
Celado	Moldes	180	DN 75 (PEAD)	7 200 €	não executado
Ponte Telhe – fase 3	Moldes	180	DN 75 (PEAD)	7 200 €	não executado
Distribuidora de Friães	Moldes	1000	DN 63 (PEAD)	20 000 €	não executado
Costa - Parte 1	Rossas	65	DN 75 (PEAD)	2 600 €	executado em fev/18
Sibanas	Rossas	65	DN 63 (PEAD)	2 156 €	executado em jun/18
Srª Campo - Parte 1	Rossas	65	DN 63 (PEAD)	1 961 €	executado em jun/18
Costa - Parte 2	Rossas	180	DN 75 (PEAD)	7 200 €	não executado
Srª Campo - Parte 2	Rossas	100	DN 90 (PEAD)	4 000 €	não executado
Boavista - Parte 1	Santa Eulália	30	DN 40 (PEAD)	1 050 €	executado em mai/18
Boavista - Parte 2	Santa Eulália	80	DN 40 (PEAD)	551 €	executado em mai/18
Mouras	Santa Eulália	50	DN 50 (PEAD)	435 €	executado em jan/18
Novais	Santa Eulália	90	DN 40 (PEAD)	1 224 €	executado em mai/18
Barreiros – fase 1	Santa Eulália	250	DN 90 (PEAD)	10 000 €	não executado
Barreiros – fase 2	Santa Eulália	400	DN 75 (PEAD)	16 000 €	não executado
Parada	Santa Eulália	150	DN 75 (PEAD)	6 000 €	não executado
Toita	Santa Eulália	320	DN 90 (PEAD)	12 800 €	não executado
Adutora Fráguas	Santa Eulália	750	DN 75 (PEAD)	26 250 €	não executado
Adutora Ameixieira	Santa Eulália	500	DN 110(PEAD)	17 500 €	não executado
Vergadelas	Tropeço	150	DN 75 (PEAD)	3 954 €	executado em fev/18
Adutora S.João	Tropeço	400	DN 90 (PEAD)	14 000 €	não executado
S. João – fase 2	Tropeço	100	DN 40 (PEAD)	4 000 €	não executado
Rua Eça de Queirós	UF A-Burgo	50	DN 50 (PEAD)	1 497 €	executado em jan/18
Rua Dr C. da Rocha	UF A-Burgo	55	DN 63 (PEAD)	3 694 €	executado em jul/18
Silvares	UF A-Burgo	200	DN 63 (PEAD)	5 955 €	executado em fev/18
Rua Salomé Martingo	UF A-Burgo	250	DN 90 (PEAD)	11 279 €	executado em nov/18
Adutora PE Moldes	UF A-Burgo	50	DN 125 (FF)	1 750 €	não executado
Adutora de Valdasna	UF A-Burgo	1700	DN 160(PEAD)	59 500 €	não executado
Rua Dr. C. da Rocha	UF A-Burgo	200	DN 90 (PEAD)	8 000 €	não executado
Rua Alfredo Vaz Pinto	UF A-Burgo	200	DN 90 (PEAD)	8 000 €	não executado
Adutora R. Pernouzela	UF A-Burgo	800	DN 110(PEAD)	28 000 €	não executado
Pernouzela	UF A-Burgo	800	DN 110(PEAD)	32 000 €	não executado
Pernouzela – Pinheiro	UF A-Burgo	478	DN 90 (PEAD)	19 120 €	não executado
Zona Poente da Vila	UF A-Burgo	1750	DN 90 (PEAD)	54 860 €	em execução
Largo D. Sancho I	UF A-Burgo	624	DN 90 (PEAD)	23 423 €	em execução
Rua Egas Moniz	UF A-Burgo	480	DN 90 (PEAD)	16 346 €	executado em out/18
Espiunca – fase 1	UF C-Espiunca	35	DN 50 (PEAD)	306 €	executado em ago/18
Canelas de Baixo	UF C-Espiunca	150	DN 63 (PEAD)	6 000 €	não executado
Espiunca – fase 2	UF C-Espiunca	500	DN 75 (PEAD)	20 000 €	não executado
Canelas (Padaria)	UF C-Espiunca	50	DN 50 (PEAD)	806 €	executado em out/18
Canelas de Baixo	UF C-Espiunca	40	DN 63 (PEAD)	1 304 €	executado em jun/18
Adutora C. de Paivó	UF C-Janarde	250	DN 63 (PEAD)	8 750 €	não executado
Escola de F. Telheiro	Urrô	70	DN 40 (PEAD)	2 800 €	executado em jan/18
Forno Telheiro	Urrô	800	DN 90 (PEAD)	32 000 €	executado em jan/18

Jugueiros	Urrô	350	DN 75 (PEAD)	14 000 €	não executado
Bacelo	Várzea	100	DN 50 (PEAD)	4 000 €	executado em out/18
		Executado em 2018		**101 663 €**	**3 032 m**
		Não executado		**463 553 €**	**13 064 m**
		Total		**565 216 €**	**16 096 m**

Tabela A12.22 – Síntese de futuras intervenções de substituição de VRP no SP do SAA-Arouca

Intervenção	**Freguesia**	**Diâmetro** (mm)	**Investimento Estimado**	**Situação**
VRP Areeiro	Chave	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	substituída *em out/18*
VRP Farrapa	Chave	DN 50 (Hidráulica)	5 000 €	não executado
VRP Quintela 2	Chave	DN 80 (Hidráulica)	8 000 €	não executado
VRP Abelheira 1	Escariz	DN 100 (Hidráulica)	8 000 €	não executado
VRP Lar Escariz	Escariz	DN 65 (Hidráulica)	3 000 €	não executado
VRP Orvida 2	Escariz	DN 50 (Hidráulica)	3 000 €	-
VRP C. Redondo 2	Fermedo	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	substituída *em out/18*
VRP Cabeçais 2	Fermedo	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	substituída em mai/18
VRP Vila Mansores 2	Mansores	DN 65 (Hidráulica)	3 000 €	não executado
VRP Vila Mansores 3	Mansores	DN 50 (Hidráulica)	3 000 €	não executado
VRP Outeiro 1	Moldes	DN 65 (Hidráulica)	3 000 €	não executado
VRP Outeiro 2	Moldes	DN 65 (Hidráulica)	3 000 €	não executado
VRP Ponte Telhe 4	Moldes	DN 80 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Casa Zé António	Rossas	DN 32 (Ação Direta)	1 500 €	substituída *em jun/18*
VRP Outeiro-Rossas	Rossas	DN 32 (Ação Direta)	1 500€	substituída *em nov/18*
VRP Barreiros 3	Santa Eulália	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	substituída *em out/18*
VRP Minhãos 1	Santa Eulália	DN 50 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Ronde	Santa Eulália	DN 32 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP SM Monte 3	Santa Eulália	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	substituída *em out/18*
VRP Cimo de Vila 2	Tropeço	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Ferreiros 2	Tropeço	DN 50 (Ação Direta)	1 500 €	substituída em jul/18
VRP Santa Bárbara	Tropeço	DN 50 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP São João 1	Tropeço	DN 65 (Ação Direta)	1 500 €	substituída em jul/18
VRP Trigal 2	Tropeço	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	substituída em out/18
VRP Eiras	UF A-Burgo	DN 25 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Granja	UF A-Burgo	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	substituída em jan/18
VRP Eng. P. Santos	UF A-Burgo	DN 32 (Ação Direta)	1 500 €	-
VRP Melarês	UF A-Burgo	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Canelas 2	UF C-Espiunca	DN 50 (Hidráulica)	1 250 €	substituída em jul/18
VRP Canelas 1	UF C-Espiunca	DN 50 (Hidráulica)	3 000 €	não executado
VRP Canelas 3	UF C-Espiunca	DN 50 (Hidráulica)	3 000 €	não executado
VRP L. de Matos 1	Urrô	DN 50 (Ação Direta)	1 500 €	-
VRP Malafaia 3	Várzea	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	substituída nov/18
		Executado em 2018	**25 250 €**	**16 VRP**
		Não executado	**52 500 €**	**17 VRP**
		Total	**77 750 €**	**33 VRP**

Tabela A12.23 – Síntese de futuras intervenções de reforço de condutas no SAA-Arouca

Intervenção	**Freguesia**	**Extensão** (m)	**Diâmetro** (mm)	**Investimento**	**Situação**
Casais	Alvarenga	250	DN 90 (PEAD)	10 000 €	não executado
Traves	Alvarenga	320	DN 75 (PEAD)	12 800 €	não executado
Vale Fróias	Alvarenga	100	DN 75 (PEAD)	4 000 €	não executado
Vítego – Fase 2	Alvarenga	350	DN 75 (PEAD)	14 000 €	não executado
Abelheira	Escariz	320	DN 75 (PEAD)	12 800 €	não executado
Abast. ao lugar da Mata	Mansores	600	DN 63 / DN 50	18 761 €	executado em mar/18
Agras - Mata	Mansores	120	DN 40 (PEAD)	850 €	executado em mar/18
Calvário - Igreja	Mansores	350	DN 75 (PEAD)	14 000 €	não executado
Acesso a Moldes	Moldes	500	DN 75 (PEAD)	20 000 €	não executado
Prechã	Moldes	200	DN 63 (PEAD)	8 000 €	não executado
Friães – Fuste	Moldes	3300	DN 90 (PEAD)	132 000 €	não executado
Bustelo – Fuste	Moldes	7000	DN 90 (PEAD)	280 000 €	não executado
Adutora de Miraves	Rossas	2600	DN 90 (PEAD)	91 000 €	não executado
Adutora do Vizo	S.M. do Mato	2800	DN 90 (PEAD)	98 000 €	não executado
Carvalhal Redondo	S.M. do Mato	700	DN 63 (PEAD)	28 000 €	executado em jan/18
Adutora de Chãos e rede de distribuição	Santa Eulália	2500	DN 75 / DN 90 / DN 63 (PEAD)	51 148 €	executado em dez/18
Adutora de S.M. Monte	Santa Eulália	200	DN 90 (PEAD)	7 000 €	não executado
Abast. Santa Eulália	Santa Eulália	4000	DN 90 (PEAD)	160 000 €	não executado
São João	Tropeço	20	DN 63 (PEAD)	800 €	executado em mar/18
Adutora do Pousadouro	Tropeço	200	DN 90 (PEAD)	7 000 €	não executado
S.João – Aldeia	Tropeço	550	DN 75 (PEAD)	22 000 €	não executado
Cancelo	UF A-Burgo	150	DN 63 (PEAD)	3 554 €	executado em jan/18
Lourosa de Campos	UF A-Burgo	70	DN 63 (PEAD)	1 638 €	executado em jan/18
Salvador	UF A-Burgo	40	DN 75 (PEAD)	2 710 €	executado em fev/18
Santo Aleixo	UF A-Burgo	100	DN 63 (PEAD)	2 136 €	executado em jan/18
Adutora Vila Nova	UF A-Burgo	725	DN 90 (PEAD)	15 831 €	em execução
Forcada – Fase 1	UF A-Burgo	480	DN 250 (FF)	104 254 €	não executado
Forcada - Fase 2	UF A-Burgo	4500	DN 110 (PEAD)	180 000 €	não executado

Cancelo – Picoto	UF A-Burgo	2500	DN 90 (PEAD)	100 000 €	não executado
Canelas	UF C-Espiunca	470	DN 90 (PEAD)	18 800 €	não executado
Vale dos Fetos	UF C-Espiunca	400	DN 63 (PEAD)	16 000 €	não executado
Abast. a Telhe	UF C-Janarde	3100	DN 90 (PEAD)	169 016 €	em execução
F. Telheiro – Fase 2	Urrô	400	DN 90 (PEAD)	16 000 €	não executado
Sanfins	Várzea	250	DN 50 (PEAD)	10 000 €	não executado
		Executado em 2018		**109 597 €**	**4 302 m**
		Não executado		**1 522 501 €**	**35 866 m**
		Total		**1 632 099 €**	**40 168 m**

Tabela A12.24 – Síntese de futuras intervenções de instalação de VRP no SP do SAA-Arouca

Intervenção	**Freguesia**	**Diâmetro** (mm)	**Investimento**	**Situação**
VRP Abelheira 3	Escariz	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Juntas 3	Escariz	DN 50 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Vér 1	Escariz	DN 50 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Vér 2	Escariz	DN 50 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Vila Chã 2	Escariz	DN 50 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Mosteirô	Fermêdo	DN 63 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Resumil	Fermêdo	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Romão	Fermêdo	DN 50 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Mata	Mansores	DN 50 (Ação Direta)	3 000 €	instalada em mar/18
VRP Agras 1	Mansores	DN 50 (Hidráulica)	8 000 €	não executado
VRP Agras 2 (Reservatório)	Mansores	DN 50 (Ação Direta)	1 500 €	instalada em nov/18
VRP Agras 3 (Calvário)	Mansores	DN 50 (Hidráulica)	5 000 €	não executado
VRP Avitureira	Mansores	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Mansores Calvário	Mansores	DN 65 (Hidráulica)	8 000 €	não executado
VRP Aldeia-Moldes	Moldes	DN 50 (Hidráulica)	8 000 €	não executado
VRP Bairro	Moldes	DN 50 (Hidráulica)	5 000 €	não executado
VRP Celado	Moldes	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Cimal	Moldes	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Covelas	Moldes	DN 50 (Hidráulica)	8 000 €	não executado
VRP Estrada da P. Telhe 5	Moldes	DN 80 (Hidráulica)	5 000 €	*instalada em XXX*
VRP CPC Cavada	Rossas	DN 80 (Hidráulica)	3 000 €	*instalada em jan/18*
VRP Fontela	Rossas	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	*instalada em mar/18*
VRP Costa	Rossas	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Póvoa e Telarda	Rossas	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Regadas 1	Rossas	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Regadas 2	Rossas	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Regadas 3	Rossas	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Sra do Campo 1 (Paço)	Rossas	DN 50 (Hidráulica)	5 000 €	*instalada em mar/18*
VRP Sra do Campo 2	Rossas	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	*instalada em nov/18*
VRP Belece 2	S.M. Mato	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Belece 3	S.M. Mato	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	não executado

VRP Borralhoso	S.M. Mato	DN 50 (Hidráulica)	8 000 €	não executado
VRP Carvalhal Redondo 3	S.M. Mato	DN 63 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Ameixieira	Santa Eulália	DN 50 (Hidráulica)	5 000 €	não executado
VRP Sá	Santa Eulália	DN 50 (Hidráulica)	5 000 €	não executado
VRP Santa Maria do Monte 1	Santa Eulália	DN 50 (Hidráulica)	5 000 €	não executado
VRP Toita 1	Santa Eulália	DN 50 (Ação Direta)	1 500 €	instalada em fev/18
VRP Toita 2	Santa Eulália	DN 50 (Ação Direta)	1 500 €	instalada em fev/18
VRP Mouras 2	Santa Eulália	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	*instalada em mai/18*
VRP Mouras 1	Santa Eulália	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	instalada em nov/18
VRP Parada 1	Santa Eulália	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	instalada em nov/18
VRP Parada 2	Santa Eulália	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	instalada em nov/18
VRP Parada 3	Santa Eulália	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	instalada em nov/18
VRP Aldeia-Tropeço	Tropeço	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	*instalada em jul/18*
VRP Trigal 3	Tropeço	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	*instalada em XXX*
VRP Cabreiros	UF A-Cabreiros	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Porto Escuro	UF A-Burgo	DN 50 (Hidráulica)	3 000 €	instalada em dez/18
VRP Romariz	UF A-Burgo	DN 50 (Hidráulica)	5 000 €	instalada em jan/18
VRP Costeiras 2	UF A-Burgo	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	*instalada em out/18*
VRP Pinofil	UF A-Burgo	DN 80 (Hidráulica)	5 000 €	não executado
VRP Rua Santo António	UF A-Burgo	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	instalada em mar/18
VRP Valdasna 3	UF A-Burgo	DN 50 (Hidráulica)	5 000 €	não executado
VRP Vila Cova	UF C-Espiunca	DN 32 (Ação Direta)	1 500 €	instalada em jun/18
VRP Nogueiró 2	Urrô	DN 40 (Ação Direta)	1 500 €	*instalada em out/18*
VRP Cancelos	Urrô	DN 50 (Hidráulica)	5 000 €	não executado
VRP Centro de Dia	Urrô	DN 80 (Hidráulica)	5 000 €	*instalada em jul/18*
VRP CPC L. de Matos 2	Urrô	DN 80 (Hidráulica)	1 500 €	*instalada em jun/18*
VRP Lourosa de Matos 3	Urrô	DN 63 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Toneco	Urrô	DN 63 (Ação Direta)	1 500 €	instalada em jan/18
VRP São Lourenço	Urrô	DN 20 (Ação Direta)	1 500 €	instalada em fev/18
VRP Urrô	Urrô	DN 65 (Hidráulica)	5 000 €	não executado
VRP Jugueiros	Várzea	DN 50 (Ação Direta)	1 500 €	não executado
VRP Pereira	Várzea	DN 50 (Hidráulica)	5 000 €	não executado
		Executado em 2018	**57 500 €**	**26 VRP**

Não executado	**123 000 €**	**37 VRP**
Total	**180 500 €**	**63 VRP**

Tabela A12.25 – Síntese de intervenções efetuadas no SAA-Arouca no biénio 2016-2017

Subsistema	Ano	Reabilitação		Reforço		Total	
		Condutas	VRP	Condutas	VRP		
Abelheira	2016	5 525 €	-	-	-	5 525 €	7%
	2017	19 302 €	1 500 €	69 804 €	4 500 €	95 106 €	20%
	2018	6 791 €	6 000 €	47 611 €	4 500 €	64 902 €	22%
	seguinte	12 000 €	17 000 €	124 800 €	47 000 €	200 800 €	9%
Provisende	2016	4 000 €	-	-	-	4 000 €	5%
	2017	6 000 €	500 €	3 111 €	6 000 €	15 611 €	3%
	2018	-	1 500 €	-	-	1 500 €	1%
	seguinte	-	13 000 €	-	-	13 000 €	1%
S. Redondo	2016	48 310 €	-	-	-	48 310 €	58%
	2017	48 636 €	3 500 €	73 057 €	29 500 €	154 693 €	32%
	2018	49 471 €	10 500 €	800 €	31 000 €	91 771 €	31%
	seguinte	43 200 €	3 000 €	146 000 €	25 500 €	217 700 €	10%
Ameixieira	2016	1 600 €	-	-	-	1 600 €	2%
	2017	-	-	2 800 €	3 000 €	5 800 €	1%
	2018	1 601 €	3 000 €	-	1 500 €	6 101 €	2%
	seguinte	69 750 €	-	167 000 €	15 000 €	251 750 €	12%
Forcada	2016	-	-	-	-	-	-
	2017	5 600 €	15 000 €	6 514 €	6 000 €	33 114 €	7%
	2018	-	-	6 484 €	8 000 €	14 484 €	5%
	seguinte	-	1 500 €	300 085 €	-	301 585 €	14%
Moldes	2016	1 800 €	-	-	-	1 800 €	2%
	2017	121 517 €	500 €	12 004 €	30 500 €	164 521 €	34%
	2018	40 431 €	3 000 €	54 702 €	11 000 €	109 133 €	37%
	seguinte	297 853 €	12 000 €	540 000 €	34 000 €	883 853 €	41%
SA	2016	22 000 €	-	-	-	**22 000 €**	26%
	2017	1 370 €	-	5 474 €	1 500 €	8 344 €	2%
	2018	3 369 €	1 250 €	-	1 500 €	6 119 €	2%
	seguinte	40 750 €	6 000 €	244 616 €	1 500 €	292 866 €	14%
SP	2016	61 235 €	-	-	-	61 235 €	74%
	2017	201 055 €	21 000 €	167 290 €	79 500 €	468 845 €	98%

	2018	98 294 €	24 000 €	109 597 €	56 000 €	287 891 €	98%
	seguinte	422 803 €	46 500 €	1 277 885 €	121 500 €	1 868 688 €	86%
Total	2016	83 235 €	-	-	-	**83 235 €**	
	2017	202 425 €	21 000 €	172 764 €	81 000 €	**477 189 €**	
	2018	101 663 €	25 250 €	109 597 €	57 500 €	**294 010 €**	
	seguinte	463 553 €	52 500 €	1 522 501 €	123 000 €	**2 161 554 €**	
	total	850 876 €	98 750 €	1 804 862 €	261 500 €	**3 015 988 €**	

A13 – CASO DE ESTUDO SAR-TROFA

INTERVENÇÃO EM INFRAESTRUTURAS

Tabela A13.1 – Síntese de Intervenções de Manutenção em IE do SAR-Trofa (2015)

Bacia de Drenagem	Instalação Elevatória	Intervenções
BD-9TRO022	IE Rua Celeiro Costa Campos	- Manutenção de poço de bombagem e câmara de manobras; - Manutenção de grupos eletrobomba; - Manutenção de boias de nível; - Manutenção de equipamentos elétricos.
	IE Rua da Liberdade	- Manutenção de poço de bombagem e câmara de manobras; - Manutenção de grupos eletrobomba; - Manutenção de equipamentos elétricos.
BD-9TRO027	IE Rua de Santiago	- Manutenção de poço de bombagem e câmara de manobras; - Manutenção de boias de nível; - Manutenção de equipamentos elétricos.
BD Intercetor Trofa Prolongamento	IE Rua da Ribeira	- Manutenção de poço de bombagem e câmara de manobras; - Manutenção de equipamentos elétricos.
BD-9TRO074	IE Rua das Trincheiras	- Manutenção de poço de bombagem e câmara de manobras; - Manutenção de boias de nível; - Manutenção de equipamentos elétricos.

Tabela A13.2 – Síntese de Intervenções de Substituição de Coletores no Concelho da Trofa

Intervenção	Freguesia	Extensão (m)	Diâmetro (mm)	Data	Custo Total
Rua 16 de Maio	Bougado	50	DN 200 (PPC)	abr/17	8 658 €
Zona Industrial do Soeiro	S. Mamede Coronado	30	DN 200 (PPC)	ago/17	3 750 €
Rua da Várzea	Muro	48	DN 200 (PPC)	jul/18	3 235 €
Rua das Corgas	Coronado (S. Romão)	160	DN 200 (PPC)	out/18	28 063 €

Tabela A13.3 – Síntese de Intervenções de Reforço de Coletores no Concelho da Trofa

Intervenção	Freguesia	Extensão (m)	Ramais	Diâmetro (mm)	Data	Custo Total
Rua do Sanguinhal	Alvarelhos	342	4	DN 200 (PPC)	jun/17	20 179 €
Rua da Boucinha	Bougado	56	-	DN 200 (PPC)	ago/17	2 527 €
Rua de Timor - parte 2	Bougado	-	-	DN 200 (PPC)	set/17	3 450 €
Rua de Timor - parte 1	Bougado	480	26	DN 200 (PPC)	set/17	35 915 €
Rua de Regatães	Bougado	160	-	DN 200 (PPC)	nov/17	11 396 €
Rua Camilo Castelo Branco	Coronado	81	1	DN 200 (PPC)	dez/17	16 495 €
Rua da Ponte	Muro	48	6	DN 200 (PPC)	fev/18	4 530 €

Tabela A13.4 – Síntese de Futuras Intervenções de Reabilitação de Coletores no Concelho da Trofa

Intervenção	**Freguesia**	**Extensão** (m)	**Diâmetro** (mm)
Rua Luis de Camões	Bougado	100	DN 200 (PPC)
Rua da Costa e Loteamento Seixal	Coronado	100	DN 200 (PPC)
Avenida da Estação	Coronado	260	DN 200 (PPC)
Rua Infante D. Henrique	Bougado	200	DN 200 (PPC)
Rua Manuel da Silva Pinheiro	Bougado	150	DN 200 (PPC)
Rua Alexandre Herculano	Bougado	110	DN 200 (PPC)
Rua Dr. Avelino Padrão (descarregador de emergência)	Bougado	100	DN 315 (PPC)
Rua das Industrias	Bougado	400	DN 200 (PPC)
Rua Moinhos da Lagoa	Bougado	-	DN 200 (PPC)
Reabiltação de coletor na rua Costa Ferreira.	Bougado	100	DN 315 (PPC)
Urbanização S Gonçalo/desativação ETAR	Covelas	100	DN 200 (PPC)
Ligações dos edifícios das ruas Inácio Pimentel, Costa Ferreira, Avenida de Paradela e outras	Bougado	-	DN 200 (PPC)
Terreno junto à Estação Nova da Trofa	Bougado	100	DN 200 (PPC)

Sobre as intervenções propostas, apresentam-se algumas notas sobre a importância da sua execução, baseadas nas informações que foram facultadas pela EG (Águas do Norte, S.A.):

- *Rua da Costa e Loteamento Seixal – Ocorrência frequente de obstruções, coletor colapsado e elevada quantidade de inertes depositados;*
- *Avenida da Estação – Rede de drenagem de águas residuais colapsada e com graves problemas estruturais, verificando-se, frequentemente, a necessidade de ações de desobstrução e limpeza;*
- *Rua Dr. Avelino Padrão (descarregador de emergência) – Rede com elevada afluência indevida de caudais pluviais, com histórico de inundações em arruamentos e habitações;*
- *Rua das Indústrias – Rede de drenagem de águas residuais com bacias de retenção e exfiltração de águas residuais industriais para uma linha de água, onde se efetuou uma reparação provisória;*
- *Ligações dos edifícios das ruas Inácio Pimentel, Costa Ferreira, Avenida de Paradela e outras – Correção de ligações para combate às afluências pluviais indevidas;*
- *Terreno junto à Estação Nova da Trofa.*

Tabela A13.5 – Síntese de Futuras Intervenções de Reabilitação de IE no Concelho da Trofa

Intervenção	**Observações**
Reabilitação da EE Rua 16 de Maio (Trofa)	Reparar infiltrações
Desativação da EE Rua Gomes Amorim (Trofa)	Avaliar desativação mediante pequena extensão por terrenos particulares
Desativação da EE Rua Manuel de Arriaga (Trofa)	Avaliar desativação mediante pequena extensão por terrenos particulares
Desativação da EE Rua de Santiago (Trofa)	Avaliar desativação mediante pequena extensão/travessia de linha de água
Reabilitação da EE Rua Pedro Homem de Melo (Trofa)	Renovar

Tabela A13.6 – Síntese de Futuras Intervenções de Reforço de Coletores no Concelho da Trofa

Intervenção	**Freguesia**	**Extensão** (m)	**Diâmetro** (mm)
Rua de Campos	Bougado (S. Martinho)	130	DN 200 (PPC)
Rua Central de Cedões	Bougado (Santiago)	140	DN 200 (PPC)
Tv Aquilino Ribeiro	Guidões	40	DN 200 (PPC)
Tv da Liberdade	Guidões	50	DN 200 (PPC)
Tv do Pedregoso	Alvarelhos	210	DN 200 (PPC)
Rua das Chãos	Coronado (S. Mamede)	118	DN 200 (PPC)
Rua dos Castanheiros	Coronado (S. Mamede)	120	DN 200 (PPC)
Rua de Cambito	Muro	130	DN 200 (PPC)
Rua da Costa	Alvarelhos	800	DN 200 (PPC)

Tabela A13.7 – Síntese de Futuras Intervenções em IE do SAR-Trofa

IE	Intervenção
IE Rua Celeiro Costa Campos (BD-9TRO022)	Reparação/substituição de interruptor geral; Instalação de amperímetro; Instalação de sistema de telegestão; Identificação de grupos eletrobomba; Instalação de placa de identificação da EG e de contactos em caso de emergência/avaria; Instalação de correntes em aço inox, para elevação de bombas; Instalação de manilha em aço inox, para correntes; Instalação de cesto de gradagem em aço inox; Reabilitação de tubagem de ligação; Reparação/reinstalação do grupo eletrobomba;
IE Rua da Liberdade (BD-9TRO022)	Instalação de tomada monofásica; Instalação de amperímetro; Reparação de quadro elétrico; Instalação de sistema de telegestão; Identificação de grupos eletrobomba; Instalação de placa de identificação da EG e de contactos em caso de emergência/avaria; Elevação/fixação de correntes na gola interior da câmara de visita; Elevação/fixação de boias de nível na gola interior da câmara de visita;
IE Rua da Ribeira (BD Intercetor Trofa Prolongamento)	Instalação de amperímetro; Reabilitação de armário para quadro elétrico; Instalação de sistema de telegestão; Identificação de grupos eletrobomba; Instalação de placa de identificação da EG e de contactos em caso de emergência/avaria; Elevação/fixação de boias de nível na gola interior da câmara de visita; Instalação de correntes em aço inox, para elevação de bombas; Instalação de manilha em aço inox, para correntes; Fixação de guia da bomba;
IE Rua das Trincheiras (BD-9TRO074)	Instalação de amperímetro; Instalação de sistema de telegestão; Identificação de grupos eletrobomba; Instalação de placa de identificação da EG e de contactos em caso de emergência/avaria; Instalação de “negativo” para cabos elétricos de alimentação das bombas; Reabilitação de golas interiores de acesso ao poço de bombagem/câmara de manobras
IE Rua de Santiago (BD-9TRO027)	Instalação de amperímetro; Instalação de sistema de telegestão; Identificação de grupos eletrobomba; Instalação de placa de identificação da EG e de contactos em caso de emergência/avaria; Elevação/fixação de boias de nível na gola interior da câmara de visita; Instalação de corrente em aço inox, para o cesto de gradagem; Instalação de manilha em aço inox, para correntes