

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2016/2017

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Submedição dos Contadores e Consumos Ilícitos

JOAQUIN ALEXANDER DA SILVA UZCATEGUI

Dissertação submetida para obtenção do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Presidente do Júri: Professora Doutora Cidália Maria de Sousa Botelho
(Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de
Engenharia da Universidade do Porto)

Orientador académico: Professor Doutor Joaquim Manuel Veloso Poças Martins
(Professor Associado com agregação da Faculdade de Engenharia da Universidade do
Porto)

Orientador na empresa: Engenheiro José António Soares Martins
(Diretor do departamento de águas de abastecimento da Águas de Gaia)

Junho, 2017

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2016/2017

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

E-mail. miiec@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 do Ambiente - 2016/2017 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2017.*

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 país e às minhas irmãs.

“Quando podemos medir aquilo de que falamos e o podemos exprimir em números, sabemos do que falamos; mas, se não conseguimos medi-lo, então o nosso conhecimento será necessariamente escasso e insatisfatório”.

Lord Kelvin

AGRADECIMENTOS

A realização da presente dissertação não seria possível sem a ajuda e presença de algumas pessoas, deste modo merece um enorme e especial agradecimento:

Os meus pais e as minhas irmãs que sempre me apoiaram incondicionalmente para que conseguisse concluir esta etapa da minha vida com sucesso e estiveram sempre presentes nos momentos, mais ou menos, difíceis.

O Professor Joaquim Poças Martins pelo desafio proposto e por proporcionar esta oportunidade de realizar a dissertação em ambiente empresarial, permitindo-me assim uma aproximação real ao mundo do trabalho.

A direção da empresa Águas de Gaia por me ter recebido simpaticamente e ter proporcionado todas as condições necessárias para a realização da presente dissertação.

O Engenheiro José António Martins pela sua disponibilidade e apoio prestado na empresa Águas de Gaia, ajudando-me tanto com o seu conhecimento assim como com a sua experiência, nas dificuldades que surgiram.

Os Engenheiros Carlos Ranginha, João Paulo, Paulo Salazar pelo apoio prestado na empresa ao longo da realização da presente dissertação.

Os técnicos Cláudio e Cristina Valadares por estarem sempre disponíveis, de maneira simpática, para me disponibilizarem os dados necessários.

Os restantes técnicos e operários da Águas de Gaia que de uma ou outra maneira me ajudaram no que eu precisava.

Os meus amigos da FEUP, nomeadamente, Francisca Braga, Mariana Pinto, Frederico Moreira, Patrícia Lopes, que ao longo destes cinco anos estiveram sempre presentes e tornaram esta caminhada muito mais agradável e divertida.

Os meus amigos Pedro Lopes, Cláudio Rodrigues Matos, Catarina Pereira, Mariana Silva Cunha que sempre estiveram presentes e nunca deixaram de acreditar nas minhas capacidades.

Um eterno OBRIGADO a todos os mencionados anteriormente.

RESUMO

A presente dissertação foi desenvolvida na empresa Águas de Gaia e tem como objetivo a redução das perdas aparentes na entidade gestora em causa através do controlo da submedição dos contadores e dos consumos ilícitos.

Relativamente ao estudo desenvolvido, começou-se por calcular e apresentar um possível balanço hídrico em percentagem em relação a água que entra no sistema, em volume e em função do custo, em milhões de euros, para a empresa em estudo.

Relativamente à submedição dos contadores, em primeiro lugar realizou-se um estudo económico, para os dados de 2016, sobre a viabilidade de uma campanha de substituição de 15000 contadores com 12 anos de idade aproximadamente.

De seguida, estudou-se a influência, nas perdas aparentes, do diâmetro do contador de um grande cliente. Escolheu-se um cliente com um consumo médio de 28164 m^3 no ano de 2015.

Relativamente aos consumos ilícitos, começou-se por estudar a evolução das ligações diretas entre o ano 2012 e 2016 e também a distribuição de ligações diretas, em 2016, pelas freguesias do município. Posto isto, optou-se por analisar uma Zona de Monitorização e Controlo (ZMC) da zona urbana. A ZMC que se estudou esta localizada na Afurada e denomina-se R19Z2.

O objetivo da análise da ZMC é estudar o volume que foi faturado e o volume que foi aduzido à mesma, no entanto, a telegestão na ZMC da EG só começou a ser introduzida no dia 23 de fevereiro de 2016 e esteve em fase de implementação até outubro de 2016 pelo que só se obtiveram dados reais para os meses de novembro e dezembro.

Por último, visto que a EG não possui telemetria domiciliária, analisou-se um conjunto de habitações pertencentes à ZMC R19Z2 com ajuda do Google Earth. Depois de saber o código-prédio, os consumos dos clientes, a tipologia do habitação e o número de pessoas que a habitam é possível comparar os consumos e perceber se há suspeita da existência de consumos anómalos por parte dos clientes analisados.

PALAVRAS-CHAVE: Perdas aparentes, Balanço hídrico, Consumos ilícitos, Submedição dos contadores, Telemetria, Zona de Monitorização e Controlo.

ABSTRACT

The present dissertation was developed at the company "Águas de Gaia" and aims at the reduction of the apparent water losses in the respective management entity by controlling the under-metering of the water meters and illicit consumption.

Regarding the study, it started by being calculated and presented a possible water balance, in percentage according to the water input in the system, in both volume and cost, in millions of euros, for the company under study.

Regarding the under-metering of the water meters, an economic preliminary study was carried out, for the data of the year of 2016 considering the possibility of a replacement campaign of 15000 meters with approximately 12 years of age.

Secondly, the influence of the diameter of the water meter in the apparent water loss of a large customer was analysed. It was chosen a customer with a consumption of 28164 m³ in the year 2015.

About the illicit consumption, the study began by considering the evolution of direct connections between 2012 and 2016 and also the distribution of direct connections in 2016 by the parishes of the municipality. That said, the choice was to analyse a District Metered Area (DMA) of the urban zone. The DMA studied is located in Afurada and is called R19Z2.

The goal of the DMA analysis is to study the volume invoiced and the volume adduced to it. However, the real-time monitoring in the DMA of the management entity was only introduced on February 23, 2016 and was in a phase of implementation until October 2016. Therefore, the only real data recorded was obtained for November and December of the same year.

Finally, since the management entity does not have home telemetry, a set of houses belonging to the DMA R19Z2 were analysed through the use of Google Earth. Once the building code, the customer consumption, the type of housing and the number of inhabitants were obtained, it was possible to compare the consumption and evaluate the suspicions of anomalous consumption by the customer.

KEYWORDS: Apparent losses, Water Balance, Illicit consumption, Under-metering of the water meters, Telemetry, District Metered Area.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA	1
1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	2
2. ESTADO DA ARTE	5
2.1 ENQUADRAMENTO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	5
2.2 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM PORTUGAL	9
2.2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA	9
2.2.2 PAPEL DO ESTADO NO SETOR DA ÁGUA	11
2.2.3 PLANOS ESTRATEGICOS	12
2.2.3.1 PEAASAR I	12
2.2.3.2 PEAASAR II	13
2.2.3.3 PENSAAR 2020	15
2.2.4 MODELOS DE GESTÃO	16
2.2.5 GESTÃO EM “ALTA” E EM “BAIXA”	19
2.3 INDICADORES DE DESEMPENHO	22
2.4 BALANÇO HIDRICO	23
2.4.1 MÉTODOS DE CÁLCULO	26
2.5 PERDAS DE ÁGUA	27
2.5.1 ESTRATEGIA DE REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA	28
2.5.2 PERDAS REAIS	29
2.5.3 PERDAS APARENTES	31
2.5.3.1 COMPONENTES DAS PERDAS APARENTES	32
2.5.3.1.1 ERROS DE MEDIÇÃO	32
2.5.3.1.2 ERROS HUMANOS	34
2.5.3.1.3 ERROS INFORMATICOS	35
2.5.3.1.4 CONSUMO NÃO AUTORIZADO	35

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
Submedição dos contadores e Consumos ilícitos

2.5.4 INDICADORES DE DESEMPENHO DAS PERDAS DE ÁGUA.....	39
2.6 CONTADORES DE ÁGUA	41
2.6.1 TIPOS DE CONTADORES DE ÁGUA.....	41
2.6.1.1 CONTADORES VELOCIMÉTRICOS.....	42
2.6.1.2 CONTADORES VOLUMÉTRICOS	43
2.6.3 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL	43
2.6.3.1 DIRECTIVA 75/33/CE.....	43
2.6.3.2 DIRECTIVA MID	44
2.6.5 CURVAS DE ERRO	45
2.7 TELEGESTÃO E TELEMETRIA	46
2.7.1 TELEGESTÃO	46
2.7.2 TELEMETRIA	47
2.8 REDUÇÃO DE ENERGIA NUM SAA	49
2.8.1 MEDIDAS DE REDUÇÃO DE ENERGIA NO SETOR DA ÁGUA.....	51
2.8.1.1 MELHORIAS DA EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS DE BOMBAGEM	52
2.8.1.2 REDUÇÃO DAS PERDAS REAIS	52
2.8.1.3 MONITORIZAÇÃO EM TEMPO REAL E AUTOMATIZAÇÃO	53
2.8.1.4 IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO	53
2.9 CONCLUSÃO DO ESTADO DA ARTE	53
3. ÂMBITO E OBJETIVOS	55
3.1 ÂMBITO	55
3.2 OBJETIVOS	56
4. REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES NA EMPRESA ÁGUAS DE GAIA	57
4.1 ÁGUAS DE GAIA.....	57
4.1.1 ANTECEDENTES	57
4.1.2 DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA.....	58
4.1.2.1 SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	59
4.1.2.2 QUALIDADE DA ÁGUA DISTRIBUIDA	60
4.1.3 CONSUMO DE ÁGUA	61
4.2 ESTUDO DESENVOLVIDO.....	62
4.2.1 ESTUDO DOS FATORES QUE INFLUENCIAM A ANF NA EMPRESA ÁGUAS DE GAIA ...	65
4.2.2 ESTUDO ECONÓMICO DA VIABILIDADE DE UMA CAMPANHA DE SUBSTITUIÇÃO DE 15000 CONTADORES DOMÉSTICOS COM APROXIMADAMENTE 12 ANOS DE IDADE	72

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
Submedição dos contadores e Consumos ilícitos

4.2.3 ESTUDO DA INFLUÊNCIA, NAS PERDAS APARENTES, DO DIÂMETRO DO CONTADOR NUM GRANDE CLIENTE	77
4.2.4 OBSERVAÇÃO E ESTUDO DE ILÍCITOS NO MUNICÍPIO DE GAIA.....	84
4.2.4.1 LIGAÇÕES DIRETAS NA ÁGUAS DE GAIA.....	84
5. CONCLUSÃO	103
6. RECOMENDAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS	107
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
ANEXOS	115
ANEXO A- MÉTODO DE CÁLCULO DOS CUSTOS DOS COMPONENTES DO BALANÇO HÍDRICO	117
ANEXO B- MÉTODO DE CÁLCULO DAS COMPONENTES DO ESTUDO ECONÓMICO.....	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Esquema conceptual das principais partes de um sistema de abastecimento de água	6
Figura 2.2: Número de óbitos por doenças relacionadas com água / higiene (Pato, 2011)	9
Figura 2.3: Carro de distribuição de água – Vila Real de Santo António – 1935 (Pato, 2011)	10
Figura 2.4: Influência do estado nas entidades públicas (Klynveld Peat Marwick Goerdeler, 2014)	12
Figura 2.5: Preço da água que deveria ser cobrado (PEAASAR II, 2007)	15
Figura 2.6: Objetivos operacionais definidos no PENSAAR 2020 (ERSAR, 2016)	16
Figura 2.7: Distribuição geográfica das entidades gestoras de serviços de abastecimento de água em “alta” em 2015 (ERSAR, 2016)	19
Figura 2.8: Distribuição geográfica das entidades gestoras de serviços de abastecimento de água em “baixa” em 2015 (ERSAR, 2016)	20
Figura 2.9: fluxograma das principais influências das perdas num sistema de abastecimento (EPAL, 2015)	24
Figura 2.10: Abordagens TOP-DOWN e BOTTOM-UP (EPAL, 2015)	27
Figura 2.11: Estratégia para redução de perdas (Poças Martins, 2016)	28
Figura 2.12: Tipologia das fugas: (a) fuga invisível, (b) fuga não comunicada, (c) fuga comunicada (Poças Martins, 2016)	29
Figura 2.13: Vertentes principais da redução das perdas reais (International Water Association)	30
Figura 2.14: Constituintes das perdas aparentes	32
Figura 2.15: Principais causas dos erros de medição	33
Figura 2.16: Redução dos erros de medição (Poças Martins, 2016)	34
Figura 2.17: Causas do consumo não autorizado	35
Figura 2.18: Ligação direta (Lédo, 1999)	36
Figura 2.19: By-pass (Lédo, 1999)	37

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
Submedição dos contadores e Consumos ilícitos

Figura 2.20: Ligação por derivação de ramal (Lédo, 1999)	37
Figura 2.21: Violação do selo do contador e quebra do vidro (Pereira, 2007)	38
Figura 2.22: Indicadores técnicos recomendados para as perdas reais (Poças Martins, 2016).....	39
Figura 2.23: Critérios de seleção dos indicadores recomendados (Farley et al., 2008)..	40
Figura 2.24: Mostrador de um contador (dwylr.com.br)	41
Figura 2.25: Tipos de contadores velocimétricos.....	42
Figura 2.26: Contador volumétrico (zeben.pt)	43
Figura 2.27: Exemplo de uma curva de erros de um contador (Coralejo, 2013)	46
Figura 2.28: Sistema de telegestão (aquaporservicos.pt)	47
Figura 2.29: Sistema de telemetria (http://www.smartinstec.com.br/como-funciona-sistema-de-telemetria-de-dados).....	48
Figura 2.30: Água para energia e energia para água (Water, Energy and Climate Change, 2009).....	50
Figura 2.31: Medidas de redução de consumo de energia num SSA (Poças Martins, 2016).....	52
Figura 4.1: Rede de distribuição da Águas de Gaia (Águasgaia.pt, 2016)	60
Figura 4.2: Contador antigo.....	62
Figura 4.3: Contador novo.....	62
Figura 4.4: Escavação do terreno.	63
Figura 4.5: Preparação da conduta a inserir.	63
Figura 4.6: Colocação da conduta	63
Figura 4.7: Conduta inserida.....	63
Figura 4.8: Escavação do terreno	64
Figura 4.9: Gradagem dos sedimentos	64
Figura 4.10: Conduta a inserir.	64
Figura 4.11: Conduta inserida.....	64
Figura 4.12: Variação da ANF, AF e AES entre o ano 2012 e 2016.....	65
Figura 4.13: Componentes associadas a ANF, da Águas de Gaia, em 2016.....	70
Figura 4.14: Evolução dos índices de subcontagem em função do tempo e do consumo (Taborda, 1998)	73
Figura 4.15: Consumo de dois clientes antes e depois da substituição do contador	76

Figura 4.16: Consumo do cliente em estudo ao longo do ano 2015.....	79
Figura 4.17: Consumo do cliente em estudo ao longo do mês de agosto de 2015.	80
Figura 4.18: Velocidades do contador de 80 mm durante o mês de agosto de 2015.	81
Figura 4.19: Velocidades do contador de 50 mm durante o mês de agosto de 2015.	82
Figura 4.20: Velocidades de um contador de 60 mm durante o mês de agosto de 2015	82
Figura 4.21: Velocidades de um contador de 40 mm durante o mês de Agosto de 2015	83
Figura 4.22: Ligação direta nº 1 detetada no município de Vila Nova de Gaia.....	85
Figura 4.23: Ligação direta nº 2 detetada no município de Vila Nova de Gaia	85
Figura 4.24: Ligação direta nº 3 detetada no município de Vila Nova de Gaia.....	86
Figura 4.25: Ligação direta nº 4 detetada no município de Vila Nova de Gaia.....	86
Figura 4.26: Evolução das ligações diretas em Vila Nova de Gaia entre os anos 2012 e 2016	87
Figura 4.27: Ligações diretas, por freguesias, no Município de Vila Nova de Gaia, no ano 2016.	87
Figura 4.28: Ligações diretas, por mês, no Município de Vila Nova de Gaia, no ano 2017	88
Figura 4.29: Tipos de clientes da ZMC R19Z2	89
Figura 4.30: ZMC R19Z2 – rua Capelo Ivens	89
Figura 4.31: Caudal instantâneo da ZMC em estudo entre o dia 01/12/2016 e 31/12/2016.....	90
Figura 4.32: Pressão da ZMC em estudo entre o dia 16/05/2017 e 08/06/2017	91
Figura 4.33: Consumo faturado, em 2016, aos clientes pertencentes à ZMC	92
Figura 4.34: Volume de água aduzido (totalizado) à ZMC no ano 2016	92
Figura 4.35: Consumo faturado aos clientes, totalizado da ZMC e ANF no ano 2016.....	93
Figura 4.36: Comparação entre o consumo faturado aos clientes e totalizado da ZMC no mês de novembro e dezembro de 2016	94
Figura 4.37: Exemplo do funcionamento da telemetria domiciliária (Teixeira, 2014) ...	96
Figura 4.38: Conjunto de habitações analisadas pertencentes à ZMC R19Z2	98
Figura 4.39: Conjunto de habitações da ZMC R19Z2 e respetivo código-prédio.....	98

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
Submedição dos contadores e Consumos ilícitos

Figura 4.40: Consumo, durante o ano 2016, dos clientes com código-prédio 39022, 39023, 39024 e 39025	99
Figura 4.41: Consumo, durante o ano 2015, dos clientes com código-prédio 39022, 39023, 39024 e 39025	100
Figura 4.42: Consumo, durante o ano 2015, dos clientes com código-prédio 39022, 39023, 39024 e 39025	101

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1: Constituição dos SAA	6
Tabela 2.2: Exemplo do consumo doméstico médio	8
Tabela 2.3: Exemplo do consumo comercial	8
Tabela 2.4: Investimento (em milhões de euros) estimado no PEAASAR I	13
Tabela 2.5: Modelos de Gestão e entidades gestoras (Mesquita, 2012)	17
Tabela 2.6: Modelo do balanço hídrico	25
Tabela 2.7: Classes de contadores de água (norma NP2468 ou ISO 4064) (Tavares, 2011)	44
Tabela 4.1: Investimento (em milhares de euros) da Águas de Gaia entre o ano 2014 e 2016 (Águas de Gaia, 2016)	58
Tabela 4.2: Evolução da rede de distribuição da água (Águas de Gaia, 2016)	59
Tabela 4.3: Número de ramais executados entre o ano 2014 e 2016 (Águas de Gaia, 2016)	59
Tabela 4.4: Consumo de água (m ³) entre 2012 e 2016 (Águas de Gaia, 2016)	61
Tabela 4.5: Consumo médio de água adquirido por cliente/ano (Águas de Gaia, 2016)	61
Tabela 4.6: Consumo médio de água adquirido por cliente doméstico (Águas de Gaia, 2016)	61
Tabela 4.7: Variação de alguns índices entre o ano 2012 e 2016 (Águas de Gaia, 2015)	65
Tabela 4.8: Balanço hídrico entre o ano 2012 e 2016 (Águas de Gaia, 2016)	67
Tabela 4.9: Balanço hídrico detalhado da empresa Águas de Gaia para o ano 2016	69
Tabela 4.10: Participações/reclamações entre o ano 2012 e 2016. (Águas de Gaia, 2016)	71
Tabela 4.11: Resultados obtidos no estudo económico	74
Tabela 4.12: Quadro resumo dos resultados do estudo económico	75
Tabela 4.13: Consumos superiores a 5000 m ³ no ano 2015	78
Tabela 4.14: Características dos contadores instalados no grande cliente em estudo ..	80

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
Submedição dos contadores e Consumos ilícitos

Tabela 4.15: Custo associado a ANF, nos meses de novembro e dezembro de 2016, na ZMC R19Z2.....	94
Tabela 4.16: Características do conjunto de habitações em estudo	99

ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

m³ – metros cúbicos

mm – milímetros

Q₁ – Caudal mínimo [m³/h]

Q₂ – caudal de transição [m³/h]

Q₃ = Caudal permanente [m³/h]

Q₄ = Caudal de sobrecarga [m³/h]

Q_{min} – Caudal mínimo [m³/h]

Q_n – Caudal nominal [m³/h]

Q_t – Caudal de transição [m³/h]

R – Intervalo de medição [m³/h]

AdP – Águas de Portugal

AES – Água entrada no sistema

AF – Água faturada

ANF – Água Não Faturada

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

APDA – Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas

CEE – Comunidade Económica Europeia

CI – Controlo de Inspeção

CF – Cash-Flow

CR – Controlo de Rotina

EG – Entidade(s) Gestora(s)

EMA – Erros Máximos Admissíveis

ENEAPAI – Estratégia Nacional para os Efluentes Agro-Pecuários e Agro-Industriais

EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres

ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

ETA – Estação de Tratamento de Água

ILI – Infrastructure Leakage Index

IPQ – Instituto Português da Qualidade

IWA – International Water Association

MID – Measurement Instruments Directive

PCQA – Plano de Controlo de Qualidade da Água

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

PENSAAR – Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais (2014-2020).

PERSU 2020 – Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos

PNA – Plano Nacional da Água

PNUEA – Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

PPPs – Parcerias Público-Privadas

QCA – Quadro Comunitário de Apoio

RASARP - Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal

SAA – Sistema(s) de Abastecimento de Água

SEPNA – Serviço de Proteção de Natureza e do Ambiente

SIG – Sistema de Informação Geográfica

STD – Sistema de Telemetria Domiciliária

ZMC – Zona(s) de Monitorização e Controlo

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

A água é um dos principais recursos naturais indispensáveis à vida na terra. Este recurso possui um enorme valor económico, ambiental e social fundamental à subsistência humana e à sobrevivência dos ecossistemas.

A água é considerada um recurso fundamental já que é um recurso único, natural, escasso e essencial à vida dos seres vivos. Devido à aparente abundância da água no planeta, durante milhares de anos pensou-se que esta era um recurso infinito, no entanto, com o passar dos anos verifica-se que tal pensamento não estava correto.

Atualmente, as perdas de água, aliadas ao aumento da procura deste recurso, tornaram-se um problema que exige a atenção necessária de todos devido à diminuição da disponibilidade de água doce no nosso planeta.

Os sistemas de abastecimentos de água (SAA) deparam-se com alguns problemas, sendo a água não faturada (ANF) um dos grandes problemas das entidades gestoras (EG) uma vez que a água não faturada contribui para a ineficiência das mesmas. A ANF divide-se em três grandes componentes, sendo estas, o consumo autorizado não faturado, as perdas reais e as perdas aparentes. O consumo autorizado não faturado consiste no consumo não faturado medido e no consumo não faturado não medido (estimado). As perdas reais estão relacionadas com as fugas nas condutas de adução e distribuição, fugas nos ramais de distribuição e fugas e extravasamentos nos reservatórios. As perdas aparentes estão relacionadas com o consumo não autorizado (principalmente manipulação de instrumentos de medição e consumos ilícitos), erros de medição, erros informáticos e erros humanos.

No ano de 2015 verificou-se que as EG (estudo feito em 91% das EG em “baixa”) apresentaram uma média nacional de ANF de 29.8% (ERSAR, 2016) o que indica que ainda é necessário um estudo avançado nas formas de monitorizar e diminuir a ANF de modo a reduzir ao máximo o consumo autorizado não faturado e as perdas reais, já

que é praticamente impossível elimina-las na sua totalidade, e passar a faturar o máximo do volume de água correspondente às perdas aparentes.

A redução das perdas aparentes constitui o tema principal da presente dissertação. Ao longo da mesma vão ser estudados os fatores que mais influenciam as perdas aparentes, assim como sugestões de práticas de monitorização e redução que permitam combater os erros de submedição dos contadores e o consumo não autorizado com o objetivo de reduzir as perdas aparentes e melhorar o nível de eficiência da entidade gestora em causa. A dissertação tem como objeto de estudo a situação real da empresa Águas de Gaia.

É importante realizar este estudo já que a Águas de Gaia no ano 2016, apresentou uma percentagem de ANF de 28,7% sendo que 7,3% corresponde ao consumo autorizado não faturado, 15,8% às perdas reais e 5.6% às perdas aparentes.

O estudo das perdas aparentes é de extrema importância já que, embora apresente a menor percentagem das componentes da água não faturada, em termos económicos são as mais significativas, uma vez que a sua valorização é feita ao preço de venda da água. No caso da Águas de Gaia o custo por metro cúbico das perdas aparentes é cerca de seis vezes superior ao custo por metro cúbico das perdas reais.

1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

De modo a facilitar a compreensão dos conteúdos, a presente dissertação está dividida em vários capítulos. Em primeiro lugar, encontra-se a apresentação do tema em estudo e a divisão da dissertação. De seguida encontra-se um enquadramento teórico, denominado por Estado da Arte, relativo à informação já existente do tema. A seguir apresenta-se o âmbito e os objetivos da dissertação e realiza-se o estudo da situação real da empresa Águas de Gaia com especial ênfase nas perdas aparentes, apresentando-se algumas sugestões de práticas de monitorização e redução desta componente das perdas de água. Depois de realizado o estudo da situação real da empresa retiram-se as devidas conclusões e realizam-se algumas sugestões de trabalhos futuros de modo a contribuir com o aumento da eficiência da empresa Águas de Gaia.

De seguida apresenta-se de modo mais detalhado a divisão da dissertação por capítulos.

Capítulo 1 - Introdução

O primeiro capítulo consiste na apresentação do tema, com o objetivo do leitor perceber qual será o assunto tratado ao longo da dissertação, os objetivos gerais da mesma e a importância do tema. No presente capítulo também se encontra referenciada a organização e a divisão da dissertação por capítulos.

Capítulo 2 - Estado da Arte

Neste capítulo é possível encontrar a informação já existente sobre o tema em estudo, ou seja, é realizada uma pesquisa bibliográfica dos conteúdos relacionados com os SAA, com maior ênfase nas perdas de água.

Primeiramente começa-se por realizar uma abordagem geral dos SAA assim como se apresenta a situação real dos SAA em Portugal na qual é referenciada, entre outras, os planos estratégicos, a gestão em “alta” e em “baixa”, a privatização e os indicadores de desempenho. De seguida explica-se o que é e para que serve o balanço hídrico, tal como todas as suas componentes. Posteriormente faz-se uma análise às perdas de água numa situação geral e apresentam-se estratégias de redução das mesmas. De seguida faz-se uma recolha de informação dos instrumentos de medição e dos métodos de monitorização e controlo que já existem no combate às perdas de água, com maior incidência nas perdas aparentes já que é o tema principal da presente dissertação.

Capítulo 3 – Âmbito e Objetivos

Este capítulo faz a separação entre o estado da arte e a aplicação dos conteúdos ao caso de estudo. No presente capítulo encontram-se referenciados os objetivos mais específicos da dissertação, sendo o objetivo principal a monitorização e redução das perdas aparentes na empresa Águas de Gaia.

Capítulo 4 – Redução de perdas aparentes e de energia na empresa Águas de Gaia

Primeiramente é possível encontrar a informação geral sobre a empresa em estudo, Águas de Gaia. De seguida especifica-se a situação da empresa em relação às perdas de água. Posteriormente são analisados alguns casos relacionados com erros de submedição dos contadores e consumos ilícitos de modo a perceber como os mesmos contribuem para o aumento das perdas aparentes e deste modo encontrar soluções que permitam reduzir essas perdas.

Capítulo 5 – Conclusão

Neste capítulo é possível encontrar as conclusões obtidas depois da análise dos resultados do estudo desenvolvido na empresa.

Capítulo 6 – Recomendações futuras

Por ultimo, neste capítulo encontram-se observações e recomendações futuras com o objetivo de otimizar os trabalhos futuros no que diz respeito à redução de perdas aparentes.

2

ESTADO DA ARTE

2.1 ENQUADRAMENTO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A necessidade do uso da água está em constante crescimento, mais que o dobro da taxa populacional no último século, disse a Reuters Kirsty Jenkinson, do Instituto de Recursos Mundiais, em Washington. Prevê-se que o uso da água aumente 50% entre 2007 e 2025 nos países em desenvolvimento, e 18% nos desenvolvidos – grande parte do aumento virá dos países mais pobres, com o número crescente de pessoas migrando do campo para as cidades.

Acrescentando ao anteriormente referido, os esperados impactos da mudança do clima neste século deverão afetar os mais pobres mais cedo e de maneira mais severa. Será que vai haver água suficiente para todos, quando a população chegar a 9 bilhões de habitantes em meados do século? Uma resposta muito frequente a essa pergunta é a seguinte: “Há muita água na Terra, e provavelmente não vai acabar”, como disse Rob Renner, diretor executivo da Water Research Foundation, Colorado, EUA (Pereira, 2011). O problema é que 97.5% dela é salgada e dos 2.5% de água doce, dois terços estão congelados. Assim, em termos de água doce, não há muita no mundo como a grande maioria das pessoas julga.

O sistema de abastecimento de água representa o conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável de uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos.

Um sistema de abastecimento de água é constituído por um conjunto de partes (Figura 2.1). A cada uma destas partes correspondem-lhe órgãos, constituídos por obras de construção civil, equipamentos elétricos e eletromecânicos, acessórios, instrumentação e equipamentos de automação e controlo (Sousa, 2001).

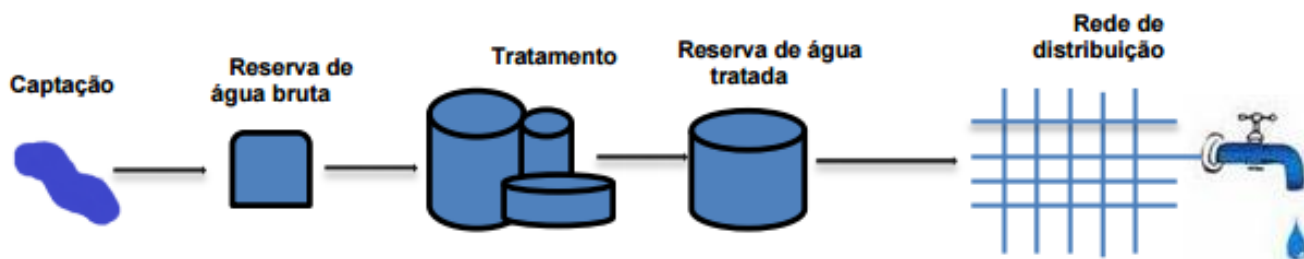


Figura 2.1: Esquema conceitual das principais partes de um sistema de abastecimento de água.

Na tabela seguinte, Tabela 2.1, encontram-se referenciadas todas as partes constituintes de um sistema de abastecimento de água, assim como, os órgãos associados e a respetiva função.

Tabela 2.1: Constituição dos SAA

Parte	Órgãos	Função
Captação	Obras de captação	Captar água bruta nas origens (superficiais e subterrâneas), de acordo com as disponibilidades e as necessidades.
Elevação	Estações elevatórias e sobressororas	Bombar água (bruta ou tratada) entre um ponto de cota mais baixa e um ou mais pontos de cota mais elevada.
Transporte ou Adução	Adutores, Aquedutos e canais	Conjunto de obras destinadas a transportar a água desde a origem à distribuição. O transporte pode ser: - Em pressão (por gravidade e por bombagem); - Com superfície livre (aquedutos e canais).
Tratamento	Estações de Tratamento de Águas (ETA)	Produzir água potável a partir de água bruta, obedecendo às normas de qualidade.
Armazenamento	Reservatórios	- Servir de volante de regularização, compensando as flutuações de consumo face à adução. - Constituir reservas de emergência (combate a incêndios ou em casos de interrupção voluntária ou accidental do sistema de montante). - Equilibrar as pressões na rede de

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
Submedição dos contadores e Consumos ilícitos

		distribuição. - Regularizar o funcionamento das bombagens.
Distribuição	Rede geral pública de distribuição de água	Conjunto de tubagens e elementos acessórios, como sejam juntas, válvulas de seccionamento e de descarga, redutores de pressão, ventosas, bocas de rega e lavagem, hidrantes e instrumentação (medição de caudal, por exemplo), destinado a transportar água para distribuição
Ligação domiciliária	Ramais de ligação	Asseguram o abastecimento predial de água, desde a rede pública até ao limite da propriedade a servir, em boas condições de caudal e pressão
Distribuição interior	Redes interiores de edifícios	Conjunto de tubagens e elementos acessórios para distribuição de água no interior dos edifícios

De um modo geral, os SAA são muito semelhantes em todos os países, isto é, a constituição das partes é semelhante, sendo que o que mais varia são os materiais utilizados, dependendo principalmente da disponibilidade financeira de cada país.

Para que seja elaborado criteriosamente um sistema de abastecimento de água, é preciso determinar a vazão necessária a cada parte que o constitui. Por isso, é necessário saber o número de habitantes a ser atendido e a quantidade de água necessária a cada pessoa.

Existem 4 classes de consumo ou destino da água, sendo elas:

- **Uso Doméstico:** Corresponde a água consumida nas habitações e compreende as parcelas destinadas a fins higiénicos, potáveis e alimentares, bem como à lavagem em geral. Estes caudais variam com o nível de vida da população, sendo tanto maiores, quanto mais elevado esse padrão (Menezes, 2012)

Na tabela 2.2 encontra-se um exemplo de um consumo doméstico médio.

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
Submedição dos contadores e Consumos ilícitos

Tabela 2.2: Exemplo do consumo doméstico médio

Tipo	Consumo
Bebida e cozinha	10 – 20 l/hab.dia
Lavagem de roupa	10 – 20 l/hab.dia
Banhos e lavagens de mãos	25 – 55 l/hab.dia
Instalações sanitárias	15 – 25 l/hab.dia
Outros usos	15 – 30 l/hab.dia
Perdas e desperdícios	25 – 50 l/hab.dia
Total	100-200 l/hab.dia

- **Uso público:** Corresponde a água utilizada para a irrigação dos espaços públicos, lavagem de ruas e passeios, limpeza de esgotos, edifícios e sanitários de uso público, etc.
- **Uso comercial:** Corresponde a água utilizada pelos restaurantes, bares, hotéis, postos de gasolina, escritórios, etc. É caracterizado por manifestar um consumo muito superior ao das residências.

Na tabela 2.3 encontra-se alguns exemplos de consumo comercial.

Tabela 2.3: Exemplos de consumo comercial

Tipo	Consumo
Escritórios comerciais	50 l/hab.dia
Restaurantes	25 l/refeição

- **Uso industrial:** Corresponde à água utilizada como matéria-prima, usada em processamento, remoção de resíduos, etc.

2.2 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM PORTUGAL

2.2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA

As atividades de abastecimento de água às populações e de saneamento de águas residuais urbanas constituem serviços de interesse geral, que visam a prossecução do interesse público, essenciais ao bem-estar dos cidadãos, à saúde pública e à segurança coletiva das populações, às atividades económicas e à proteção do ambiente, e devem pautar-se por princípios de universalidade no acesso, de continuidade e qualidade de serviços, de eficiência e equidade dos preços. O sector da água em Portugal, materializado através dos serviços de abastecimento de água às populações e de saneamento das águas residuais urbanas, tem naturalmente uma importância fundamental na sociedade portuguesa.

Os contornos essenciais das políticas públicas de abastecimento e saneamento de águas começam a definir-se em Portugal em finais do século XIX. O reconhecimento científico da correlação entre diversas doenças infecciosas e a inexistência de sistemas de abastecimento e saneamento de águas capazes de garantir o acesso a água potável e condições mínimas de higiene à população, a par da observação de elevadas taxas de mortalidade (Figura 2.2), apresentavam-se como argumentos para justificar uma reforma desejavelmente capaz de redefinir as orientações fundamentais das políticas de saúde pública e de garantir as condições técnicas, administrativas e materiais necessárias à sua implementação à escala de todo o território nacional (Pato, 2011).

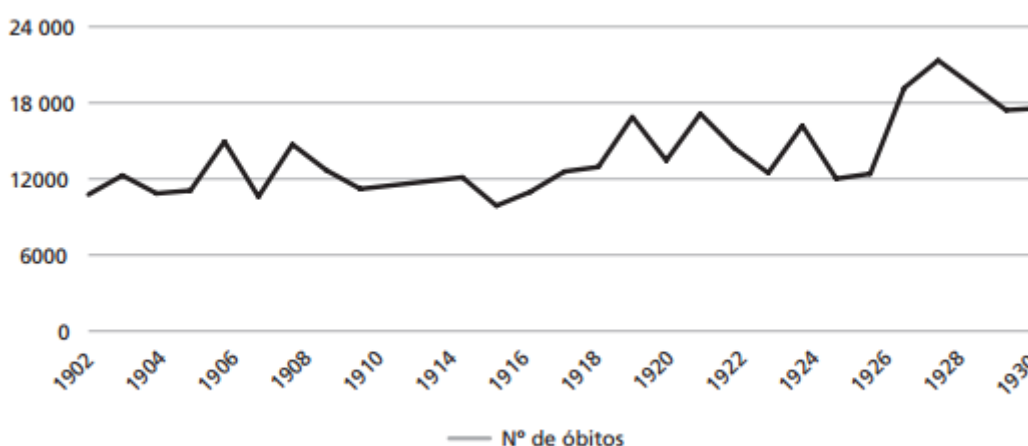


Figura 2.2: Número de óbitos por doenças relacionadas com água/higiene (Pato, 2011)

O primeiro inquérito às condições sanitárias das “principais povoações portuguesas”, realizado em 1903 pelo Conselho de Melhoramentos Sanitários, abrangia menos de um quarto da população e não teria sequência: novos inquéritos seriam realizados apenas na década de 1930. O curso de formação avançada em saúde pública, idealizado inicialmente como programa transdisciplinar capaz de integrar medicina e

engenharia sanitária num único curriculum, ficou limitado à vertente de medicina por falta de alunos, situação explicada na época pela falta de possibilidades de colocação profissional, sendo igualmente muito criticado do ponto de vista do seu funcionamento pedagógico. Por fim, a inoperância da administração sanitária e das autarquias no desenvolvimento das suas atribuições, bem como o adiamento sucessivo do reforço de meios laboratoriais, eram reconhecidos e recorrentemente justificados pela falta de meios técnicos e financeiros (Pato, 2011).

A década de 1930 assinala um esforço de diagnóstico – realizando-se três inquéritos às condições sanitárias do país – que parecia indiciar um renovado interesse político neste domínio de governação. No entanto, as décadas que se seguiram não contrariam de forma significativa as tendências que se vinham observando desde o início do século.

Na Figura 2.3 é possível observar o modo como era realizado o abastecimento de água em Vila Real de Santo António no ano 1935.



Figura 2.3: Carro de distribuição de água – Vila Real de Santo António – 1935 (Pato, 2011)

Dos três inquéritos realizados, nenhum abrangia a totalidade da população, persistindo a visão urbana sobre o problema, reforçada em 1944 com a apresentação do Plano de Abastecimento de Águas às Sedes dos Concelhos: seria necessário esperar até 1960 para que fosse apresentado um Plano de Abastecimento de Água às Populações Rurais. O programa de formação avançada em saúde pública continuava a denotar problemas pedagógicos, e resumia-se à vertente de medicina (Pato, 2011).

O país chega assim ao início da década de 1970 numa situação de enorme atraso sanitário consubstanciado na persistência de elevadas taxas de mortalidade e morbidade por doenças infecciosas relacionadas com a falta de condições de higiene e na evolução das percentagens de população servida com redes de água e esgotos: se em 1941 se determinara que apenas 26% da população tinha acesso a sistemas de distribuição domiciliária de águas (não existiam dados nacionais acerca das redes de esgotos), em 1972 esta percentagem seria de 40%, e de 17% para as redes de esgotos. A partir de Abril de 1974 assiste-se a um investimento político muito significativo na resolução dos problemas sanitários, entre 1975 e 1990 os níveis de atendimento da população com serviços de águas e esgotos passam de 40% e 17%, respetivamente, para 80% e 62% (Pato, 2011).

Antes de 1993, a situação global dos serviços de abastecimento público de água e saneamento de águas residuais em Portugal era bastante deficiente e apresentava dificuldades em responder aos novos desafios impostos pela União Europeia. Nesse ano, o Governo Português legislou no sentido de permitir o acesso de capitais privados às atividades de exploração e gestão dos serviços de água. Comprometeu-se ainda com a reorganização do sector de forma a garantir um acesso universal e contínuo da população aos serviços, elevados níveis de qualidade de serviço, nomeadamente em termos de qualidade de água, acessibilidade económica aos serviços e a promover a sustentabilidade ambiental.

Em 2015, 96% dos alojamentos são servidos pelos SAA (ERSAR, 2016). Atualmente, Portugal possui serviços de abastecimento de água e de drenagem e tratamento de águas residuais, em geral, modernos, fiáveis e com garantia de qualidade de serviço aceitável.

2.2.2 PAPEL DO ESTADO NO SETOR DA ÁGUA

No atual quadro de funcionamento, o Estado Português assume seis papéis distintos:

- Decisor Político;
- Regulador
- Autoridade Nacional da Água;
- Fiscalizador;
- Concedente;
- Concessionário.

Na Figura 2.4 é possível observar o papel do estado, as entidades públicas e as respetivas funções.

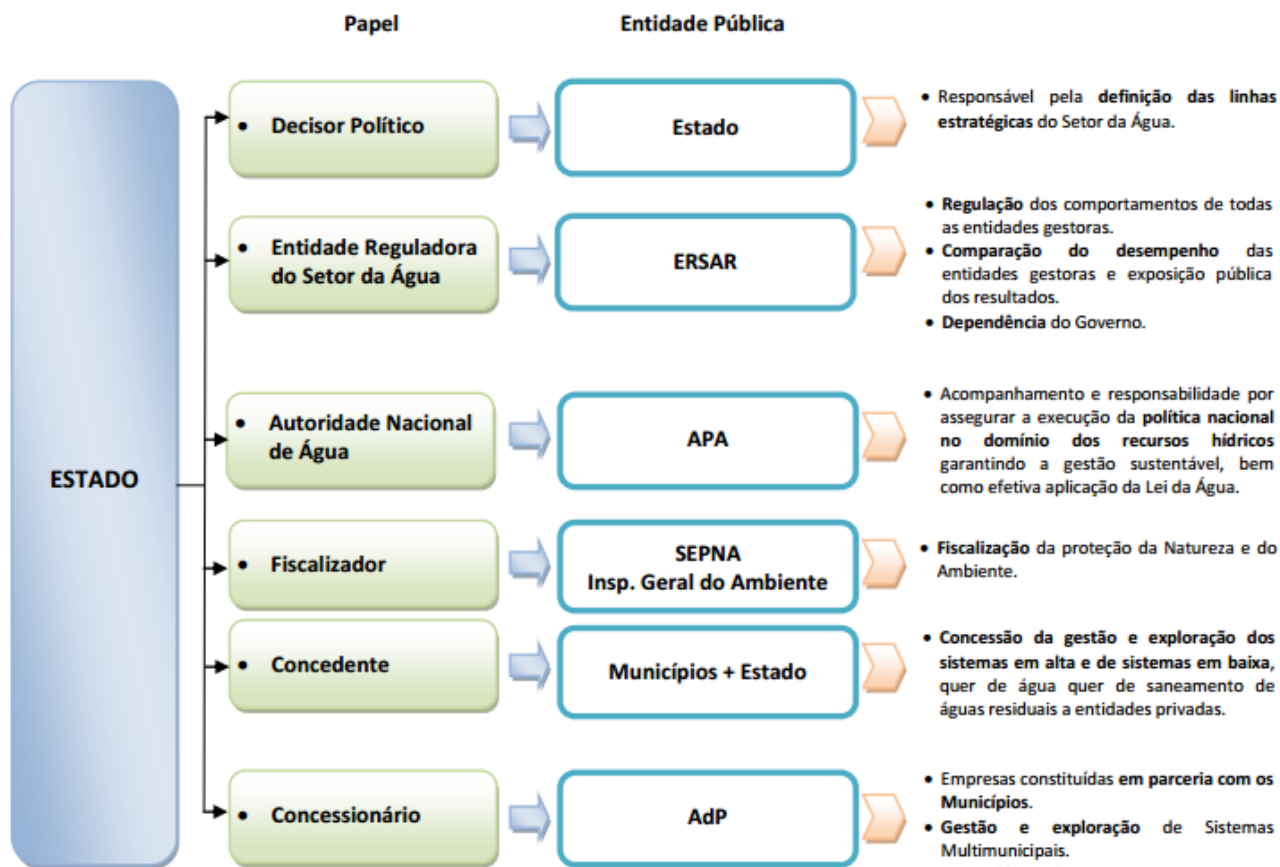


Figura 2.4: Influência do estado nas entidades públicas (Klynveld Peat Marwick Goerdeler, 2014)

2.2.3 PLANOS ESTRATEGICOS

2.2.3.1 PEAASAR I

O Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR I) estabeleceu as grandes linhas de orientação estratégica, os pressupostos de base, os objetivos e as prioridades operacionais para o período 2000-2006, no sentido de assegurar a adequada utilização dos fundos comunitários disponíveis no Quadro Comunitário de Apoio (QCA) III (2000-2006) para o sector na resposta a esses desafios (PEAASAR II, 2007).

O PEAASAR I definiu quatro grandes linhas de orientação estratégica:

- Requalificação ambiental;
- Soluções integradas;
- Alta qualidade do serviço;
- Garantia de sustentabilidade.

Estabeleceu ainda um conjunto de pressupostos de base, considerados de grande relevância para o seu êxito, designadamente:

- Obrigatoriedade de se cumprir a legislação nacional e comunitária relativa quer à conceção, ao dimensionamento, à construção e à exploração dos sistemas de abastecimento de água e saneamento de águas residuais, quer à qualidade da água;
- Necessidade de se promover a melhoria da qualidade do serviço prestado às populações;
- Necessidade de se adotarem soluções integradas;
- Vantagem de se promoverem soluções empresariais de gestão dos sistemas;
- Obrigatoriedade de se estabelecerem tarifas justas para os utentes destes serviços públicos.

O PEAASAR I colocou o enfoque na solução dos problemas existentes na chamada vertente em “alta” através da implementação em todo o espaço continental de soluções integradas de carácter plurimunicipal, que podiam assumir a forma de sistema multimunicipal, mediante uma parceria entre o Estado – através da Águas de Portugal – e os municípios envolvidos, ou de sistema intermunicipal (designado também por sistema municipal integrado) com a participação exclusiva dos municípios envolvidos, concessionado ou não. No que se refere à vertente em “baixa”, o PEAASAR I deixou em aberto um leque variado de soluções previstas na lei, mas admitindo, contudo, para os sistemas multimunicipais, a possibilidade da integração das “baixas” (PEAASAR II, 2007).

Os investimentos globais estimados no PEAASAR I como necessários para se atingirem os níveis de atendimento da população, de 95% em abastecimento de água e de 90% em saneamento de águas residuais, eram da ordem dos 4 230 milhões de euros, como se pode verificar na Tabela 2.4.

Tabela 2.4: Investimento (em milhões de euros) estimado no PEAASAR I

Vertentes	Alta	Baixa	Total
Abastecimento de água	1100	680	1780
Saneamento de águas residuais	1270	1180	2450
Total	2370	1660	4230

2.2.3.2 PEAASAR II

O Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais definido para o período de 2007-2013 é denominado de PEAASAR II. Este Plano é desenvolvido com base nos critérios ambientais de qualidade e aprovado pelo Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional.

A Estratégia para o período 2007-2013 assume como princípio incontornável a criação de condições para a cobertura integral dos custos do serviço, como forma de garantir a sustentabilidade do sector enquanto obrigação imperiosa perante as gerações futuras. Define objetivos e propõe medidas de otimização de gestão nas vertentes em “alta” e em “baixa” e de otimização do desempenho ambiental do sector, e clarifica o papel da iniciativa privada, criando espaços de afirmação e consolidação de um tecido empresarial sustentável concorrencial e ajustado à realidade portuguesa. Visa assim a minimização das ineficiências do processo numa perspetiva de racionalização dos custos a suportar pelas populações, estabelece os modelos de financiamento e as linhas de orientação da política tarifária e define a reformulação do enquadramento legal e do modelo regulatório necessária à sua maior eficácia (PEAASAR II, 2007).

São definidos três grandes objetivos estratégicos e as respetivas orientações que devem enquadrar os objetivos operacionais e as medidas a desenvolver no período 2007-2013, designadamente:

- A **universalidade**, a **continuidade** e a **qualidade do serviço**, que devem materializar-se através da solidariedade nacional e regional nas soluções adotadas, contribuindo para o pagamento do serviço a um preço justo e adaptado ao poder de compra dos utilizadores e da lógica de serviço com elevada qualidade e fiabilidade, no respeito pela autonomia legalmente conferida às autarquias locais, privilegiando a adequada cobertura da população em detrimento da rentabilidade imediata dos investimentos (PEAASAR II, 2007).
- A **sustentabilidade do sector**, implicando a melhoria da produtividade e da eficiência em concordância com o Programa Nacional de Ação para o Crescimento e o Emprego (Estratégia de Lisboa) e com o Plano Tecnológico, a coordenação com as políticas de desenvolvimento regional, nomeadamente como forma de consolidar a integração de cada entidade gestora no tecido social e empresarial da respetiva área de atuação, e a credibilidade, a eficácia, o equilíbrio e a transparência dos modelos de gestão do sector (PEAASAR II, 2007).
- A **proteção dos valores ambientais**, através da atribuição de uma elevada prioridade ao cumprimento do normativo nacional e comunitário e da incorporação dos princípios subjacentes à estratégia nacional e comunitária para o desenvolvimento sustentável, da afirmação das boas práticas ambientais, ajudando pelo exemplo à evolução, no mesmo sentido, do tecido empresarial envolvente, com o reforço dos mecanismos de regulação, controlo e penalização (PEEASAR II, 2007).

A Figura 2.5 demonstra de maneira eficaz o objetivo do PEAASAR II em contribuir para o pagamento do serviço de água a um preço justo.

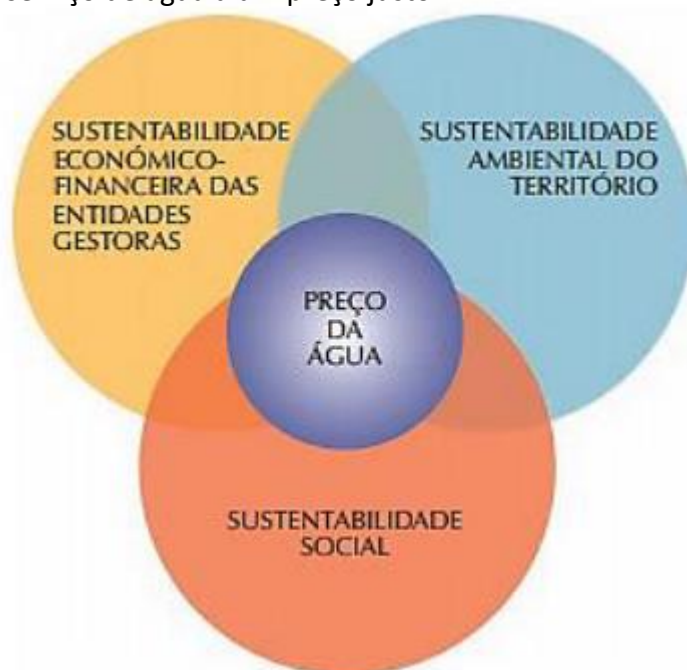


Figura 2.5: Preço da água que deveria ser cobrado (PEAASAR II, 2007)

2.2.3.3 PENSAAR 2020

Devido aos bons resultados obtidos com o PEAASAR II foi realizado outro plano estratégico para o período de 2014-2020 denominado PENSAAR 2020. O Plano Estratégico Nacional para o Sector de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais (PENSAAR 2020) tem como grande objetivo promover a gestão eficiente e sustentável do serviço da água no país (PENSAAR 2020, 2015).

O PENSAAR 2020 foi assim elaborado com base nas seguintes fases (PENSAAR 2020, 2015):

- Fase 1: Balanço do PEAASAR II e diagnóstico da situação atual (Situação de Referência).
- Fase 2: Visão, objetivos, indicadores, metas e cenários (Quadro Estratégico).
- Fase 3: Medidas, ações, investimentos, recursos financeiros, humanos e legais (Plano de Ação).
- Fase 4: Gestão, monitorização, atualização do plano e avaliação do seu desempenho (Plano de Gestão).

A estratégia para 2014-2020 teve em conta os problemas, resultados e propostas feitas noutros planos nacionais relevantes para o sector, caso do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) e da Estratégia Nacional para os Efluentes Agro-Pecuários e Agro-Industriais (ENEAPAI), mas o atraso na implementação destes planos

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Submedição dos contadores e Consumos ilícitos

não permitiu ainda coordenar e criar abordagens comuns. Por isso, incluiu-se na análise e definição da estratégia o estado atual de conhecimento na definição de objetivos referentes ao uso eficiente da água para consumo doméstico no quadro do PENSAAR 2020, bem como da gestão de efluentes não-domésticos, nomeadamente agropecuários e agroindustriais. Ainda relativamente aos documentos estratégicos com relevância para o sector é de referir o Plano Nacional da Água (PNA), atualmente em fase avançada de formulação. Foi feita também a articulação com o PERSU 2020, tendo sido decidido que o tema das lamas, não obstante ser um resíduo, seria tratado no PENSAAR 2020 (PENSAAR 2020, 2015).

A partir do balanço do PEAASAR II foram definidos cinco objetivos estratégicos para o sector – também designados por Eixos – e 19 objetivos operacionais (OP), conforme representado na Figura 2.6.

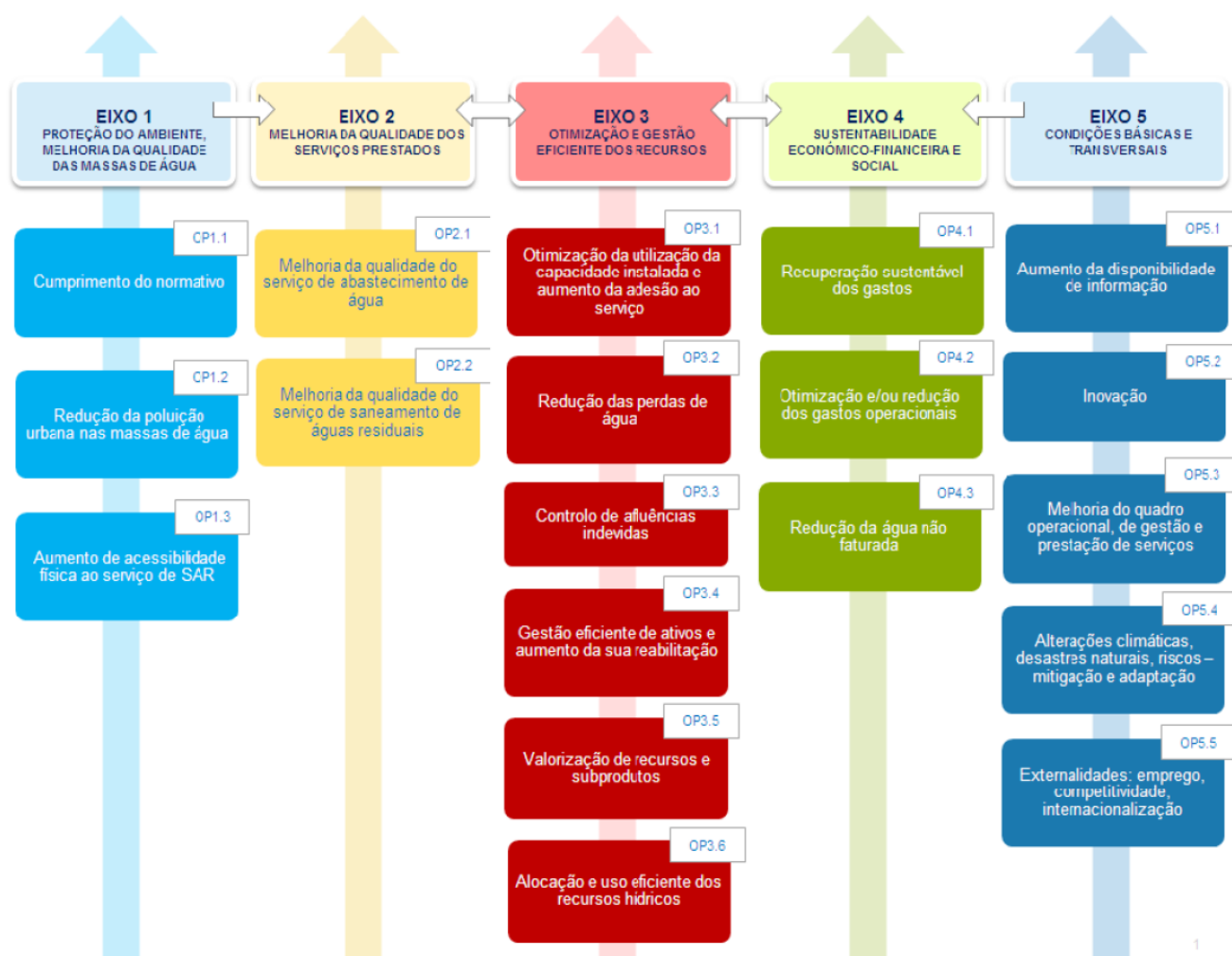


Figura 2.6: Objetivos operacionais definidos no PENSAAR 2020 (ERSAR, 2016).

2.2.4 MODELOS DE GESTÃO

Atualmente existem diversos modelos de gestão para os SAA.

Na Tabela 2.5 é possível encontrar a entidade titular, os modelos de gestão e as respectivas entidades gestoras.

Tabela 2.5: Modelos de Gestão e entidades gestoras (Mesquita, 2012)

Entidade titular	Modelo de Gestão	Entidade Gestora
Estado	Gestão Direta	Estado
	Gestão Delegada	Empresa do setor empresarial do Estado
	Gestão Concessionada	Empresa de capitais maioritariamente públicos (do estado ou dos municípios)
Município	Gestão Direta	Serviços municipais ou municipalizados. Associações de municípios (serviços intermunicipalizados)
	Gestão Delegada	Empresa do setor empresarial local
		Empresa de capitais estatais e municipais, criada no âmbito de uma parceria entre os municípios e o Estado
	Gestão Concessionada	Empresa Privada

O mesmo gerenciamento básico de mudanças aplicam-se tanto à gestão pública como à gestão privada, mas, neste último caso, há geralmente uma definição de objetivos.

A privatização é ainda uma questão controversa e ideologicamente sensível, com discussões longas e inconclusivas sobre potenciais vantagens e desvantagens. No entanto, os estudos comparativos de serviços públicos e privados demonstram pouca diferença no desempenho entre eles: São muitos bons e maus exemplos de ambos os modelos (Poças Martins, 2014).

De um modo geral é expectável que as empresas privadas obtenham um balanço de contas mais positivo do que uma empresa pública. As empresas privadas são destinadas a ser rentáveis como uma questão de sobrevivência. No entanto, algumas empresas públicas, incluindo os serviços de água, podem sistematicamente fechar as suas contas anuais com resultados negativos ou receber subsídios para evitar esta situação. Em muitos casos, as empresas de serviços públicos cobram tarifas que não

atendem ao princípio de recuperação de custos; consequentemente, os custos são parcialmente suportados pelos contribuintes e não pelos clientes. Sempre que os custos essenciais não sejam cobertos, além da falta de sustentabilidade do serviço de água, haverá implicações em termos do serviço e da qualidade com impacto para os clientes (Poças Martins, 2014).

Para tornar rentável uma empresa de água monopolista, seria suficiente aumentar as tarifas. Contudo, o aumento das tarifas para cobrir a ineficiência não é eticamente correto e pode gerar reações públicas adversas. É importante trabalhar tanto no lado dos custos, na procura de ganhos de eficiência em todas as áreas da empresa, e no lado dos lucros, cobrança em todos os serviços prestados (Poças Martins, 2014)).

A privatização parcial do capital de uma empresa de água mantém o controlo público, mas traz ao conselho representantes dos acionistas privados que tendem a apoiar uma gestão profissional. Nos anos 90, as Parcerias Público-Privadas (PPPs) foram vistas como uma solução importante para os serviços de água, através de uma melhor gestão e recursos financeiros para o investimento e a infraestrutura. Algumas experiências passaram no teste do tempo, mas outras falharam. Certamente, o privado não correspondeu às expectativas iniciais e é mais realista esperar que, no futuro, as PPPs concentrem-se mais na melhoria da eficiência operacional e na qualidade do serviço, através de contratos de prestação de serviços e subcontratação (Poças Martins, 2014).

Existem fatores críticos para o sucesso das PPPs, sendo alguns deles:

- Aumento das tarifas de água (inacessíveis para os mais pobres);
- Ritmo da expansão dos serviços abaixo das expectativas;
- Falta de investimento na renovação das infraestruturas;
- Qualidade da água comprometida e crises de saúde pública;
- Deterioração da qualidade de serviço (interrupções de abastecimento, perdas de água elevadas);
- Fraca regulação;

Todas as entidades gestoras eficientes, públicas ou privadas, têm em comum:

- Universalidade no acesso aos serviços;
- Boa qualidade de serviço (água de qualidade, redes reabilitadas, n.º reduzido de avarias, poucas interrupções do abastecimento)
- Eficiência operacional (baixo nível de perdas, capacidade de cobrança das faturas, boa produtividade dos trabalhadores);
- Orientação para o cliente;

- Tarifas sustentáveis;

2.2.5 GESTÃO EM “ALTA” E EM “BAIXA”

De um modo geral os sistemas em alta constituem a parte da captação, tratamento, adução e armazenamento da água em reservatórios de entrega enquanto que os sistemas em “baixa” são constituídos pela distribuição da água e os ramais de ligação.

Na Figura 2.7 é possível verificar a distribuição geográfica das entidades gestoras de serviços de abastecimento de água em “alta” em 2015.

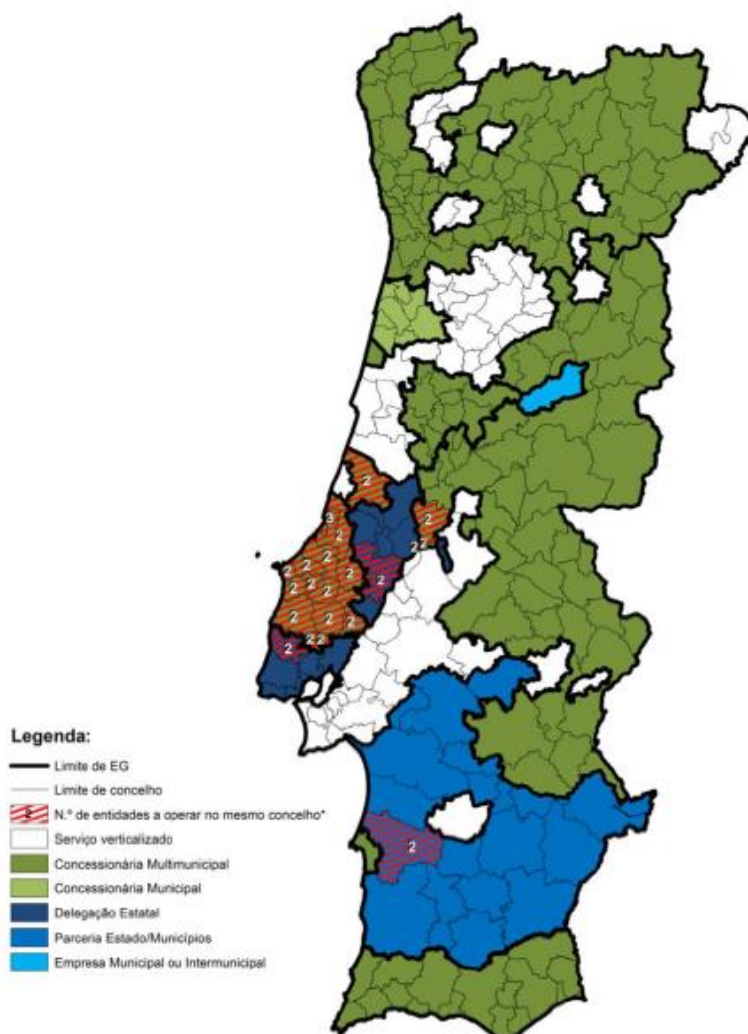


Figura 2.7: Distribuição geográfica das entidades gestoras de serviços de abastecimento de água em “alta” em 2015 (ERSAR, 2016)

Em Portugal continental, a maior parte deste serviço é executada por entidades concessionárias (a verde no mapa da Figura 2.7). Estas entidades abrangem cerca de 72 % da população e 79 % do número de municípios abrangidos por entidades gestoras que prestam o serviço de abastecimento público de água em alta, com especial enfoque para o submodelo das concessionárias multimunicipais.

A análise do mapa da Figura 2.7 permite, também, verificar a existência de municípios em que o serviço de abastecimento é verticalizado, ou seja, as entidades que realizam o abastecimento público de água têm toda a cadeia de valor incorporada nas suas operações, realizando a captação e o tratamento de água assim como a sua distribuição ao utilizador final (consumidor). Em Portugal continental a verticalização do serviço abrange um universo de 120 municípios e um total de 3 milhões de habitantes, concentrando-se sobretudo no Centro e Norte do País (ERSAR, 2016).

Na figura 2.8 é possível verificar a distribuição geográfica das entidades gestoras de serviços de abastecimento de água em “baixa” em 2015.

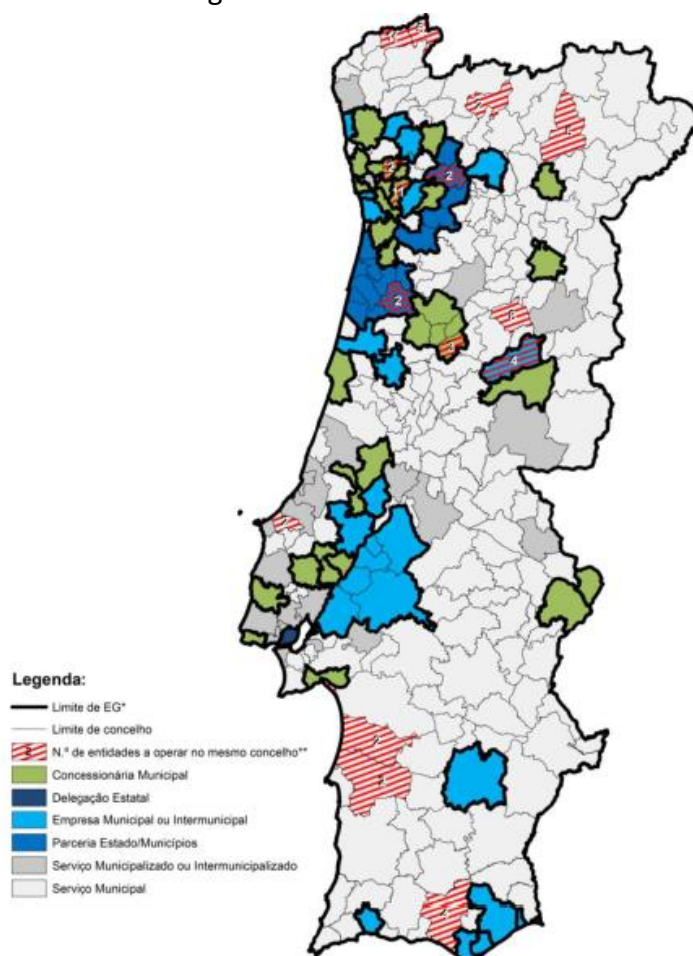


Figura 2.8: Distribuição geográfica das entidades gestoras de serviços de abastecimento de água em “baixa” em 2015 (ERSAR,2016).

O abastecimento de água em baixa é marcado pelo elevado número de entidades gestoras, 301, na sua maioria com uma área de intervenção igual ou menor do que a municipal. O modelo de gestão direta é aquele que mais se destaca (a cinzento no mapa da Figura 12), abrangendo 70 % do total de municípios e aproximadamente 52 % da população de Portugal continental. Os restantes modelos de gestão localizam-se predominantemente no litoral ou nos grandes centros urbanos (ERSAR, 2016).

Nas medidas do PEAASAR II umas das soluções sugeridas para os problemas e as necessidades são a conclusão e expansão dos sistemas em “alta”, a continuação da infraestruturação das redes em “baixa” e a promoção de sistemas integrados na vertente em baixa.

O que diz respeito ao PEAASAR I, na vertente em “alta”, este contribuiu de forma significativa, particularmente no caso dos sistemas multimunicipais, para o estabelecimento de tarifas dos serviços que asseguram uma política de recuperação de custos. Os preços praticados sustentam financeiramente as respetivas concessionárias e internalizam as diferentes componentes que concorrem para os custos finais dos serviços prestados. Na vertente em “baixa”, a problemática da determinação do preço ao consumidor nas entidades gestoras destes serviços é particularmente delicada, uma vez que há que conciliar a incorporação dos custos incorridos na prestação do serviço com a natureza do bem água, que exige que na fixação da tarifa a entidade gestora tenha em linha de conta a capacidade económica das populações e a maior ou menor escassez do recurso (PEAASAR II, 2007).

Nem sempre se verifica a necessária articulação entre ambas as vertentes (“alta” e “baixa”), condição essencial para o efetivo aproveitamento pelas populações da capacidade de serviço instalada na vertente em “alta”. Existem ainda disfunções significativas em dois domínios essenciais: na execução das interligações entre ambas as vertentes e na conclusão das redes de distribuição de água, das reservas municipais e das redes de drenagem de águas residuais na vertente em “baixa”. A questão tarifária é um dos grandes problemas que se levanta na articulação entre as vertentes em “alta” e em “baixa”. Com efeito, os níveis tarifários praticados por muitos municípios são de tal ordem baixos que dificilmente são suficientes para suportar os custos de operação e manutenção da vertente em “baixa”, e consequentemente insuficientes para que esses possam pagar os serviços prestados pelos sistemas em “alta” (PEAASAR II, 2007).

Alguns dos principais constrangimentos que se verificam atualmente nos sistemas em “baixa” e que devem ser resolvidos na política tarifária a implementar no país são os seguintes:

- Na grande generalidade dos municípios, os tarifários praticados não obedecem a um equilíbrio entre princípios de sustentabilidade, equidade social e proteção ambiental;
- Nos serviços de saneamento de águas residuais, as tarifas em vigor num elevado número de situações são manifestamente insustentáveis. Este facto é tanto mais marcante quanto é certo que os custos destes serviços são, regra geral, superiores aos custos dos serviços de abastecimento de água;

- As assimetrias entre tarifas e poder de compra verificadas não obedecem a um critério lógico, pois tanto os municípios mais ricos como os mais pobres abrangem leques tarifários que vão dos mais elevados até valores que não garantem a sustentabilidade mínima do serviço prestado;

Estas situações devem ser corrigidas através da intervenção do Estado, seja criando condições para uma regulamentação e uma regulação mais abrangente e independente, seja através de incentivos e medidas corretivas das atuais assimetrias, por forma a introduzir alguma equidade no sector e a promover a sustentabilidade futura dos serviços de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais.

2.3 INDICADORES DE DESEMPENHO

Entende-se por indicador de desempenho uma medida de avaliação quantitativa da eficiência ou da eficácia de um elemento do serviço prestado pela entidade gestora. A eficiência mede a capacidade que os recursos disponíveis têm em ser utilizados de modo otimizado para a produção do serviço. A eficácia mede se os objetivos de gestão, definidos específica e realisticamente, são cumpridos. Cada indicador, ao contribuir para a quantificação do desempenho sob um dado ponto de vista, numa dada área e durante um dado período de tempo, facilita a avaliação do cumprimento de objetivos e a análise da evolução ao longo do tempo. Desta forma, simplifica-se uma análise que por natureza é complexa (ERSAR, 2013).

Com o objetivo de dispor instrumentos de avaliação da qualidade do serviço foram definidos três grupos de indicadores de qualidade do serviço:

- **Adequação da interface com o utilizador:** com este grupo de indicadores pretende-se avaliar se o serviço prestado aos utilizadores no ano a que se refere a avaliação foi adequado, nomeadamente ao nível da maior ou menor acessibilidade física e económica que têm ao serviço e da qualidade com que o mesmo lhes é fornecido; subdivide-se este grupo nos dois aspetos referidos: acessibilidade do serviço aos utilizadores e qualidade do serviço prestado aos utilizadores (ERSAR, 2013).
- **Sustentabilidade da gestão do serviço:** com este grupo de indicadores pretende-se avaliar se estão a ser tomadas as medidas básicas para que a prestação do serviço seja sustentável; subdivide-se este grupo nos aspetos de sustentabilidade económica do serviço, de sustentabilidade infraestrutural do serviço e de produtividade física dos recursos humanos (ERSAR, 2013).
- **Sustentabilidade ambiental:** com este grupo de indicadores pretende-se avaliar o nível de salvaguarda dos aspetos ambientais associados às atividades

da entidade gestora; subdivide-se este grupo em aspetos de eficiência na utilização de recursos ambientais e na prevenção da poluição (ERSAR, 2013).

2.4 BALANÇO HÍDRICO

As perdas de água no sistema de abastecimento podem ser determinadas através do balanço hídrico. O cálculo do balanço hídrico é baseado em medições ou estimativas da água produzida, importada, exportada, consumida ou perdida.

Devido à grande diversidade de formatos e definições usadas internacionalmente para o cálculo do balanço hídrico, houve uma urgente necessidade em se padronizar uma terminologia que fosse conhecida e empregada pelas companhias de saneamento do mundo todo. Com esse propósito, a International Water Association (IWA) elaborou recentemente uma abordagem padrão das melhores práticas internacionais para o cálculo do balanço hídrico, com a definição de todos os termos envolvidos (Vicentini, 2012).

O balanço hídrico de acordo com a IWA é atualmente o método mais utilizado na análise de todas as componentes de um sistema de abastecimento de água (consumo e perdas de água). O objetivo do balanço hídrico é controlar e conhecer os volumes de água aduzidos, distribuídos e perdidos no sistema de distribuição.

Recomenda-se que o balanço hídrico seja calculado para um período de 12 meses, de modo a minimizar os efeitos de inevitavelmente haver desfasamentos entre os intervalos de leituras dos diversos medidores de caudal.

O balanço hídrico é constituído pelos seguintes componentes:

- **Água entrada no sistema (AES):** Volume anual introduzido na parte do sistema de abastecimento de água que é objeto do cálculo do balanço hídrico.
- **Consumo autorizado:** “Volume anual de água medido ou não medido mas que foi efetivamente consumido pelos clientes, pelo próprio fornecedor ou por aqueles que estão autorizados implícita ou explicitamente a consumir tais como compromissos sociais assumidos e a utilização legítima do serviço de incêndios. Inclui-se ainda o volume de água que é exportada e as fugas existentes após o ponto de medição dos clientes” (EPAL, 2015);
- **Água não faturada:** “É a diferença entre o volume de água introduzido no sistema e o consumo autorizado que é efetivamente faturado. Assim, a ANF

representa as perdas de água acrescidas de uma fatia que traduz o consumo autorizado não faturado” (EPAL, 2015);

- **Perdas de água:** “É a diferença entre o volume de água introduzido no sistema e o consumo autorizado, representando o conjunto das perdas reais e aparentes” (EPAL, 2015);
- **Perdas aparentes:** “Corresponde a consumos ilícitos e furtos. Pode ser estimado verificando o número de ligações ilícitas, o número de contadores avariados e utilizando estimativas de consumo per-capita para calcular o volume usado” (EPAL, 2015).
- **Perdas reais:** “Volume que anualmente se perde através de todo o tipo de fugas, roturas e extravasamentos das condutas, reservatórios e ramais, até ao ponto de medição do cliente” (EPAL, 2015).

Na Figura 2.9 encontra-se o fluxograma das principais influências das perdas num sistema de abastecimento.

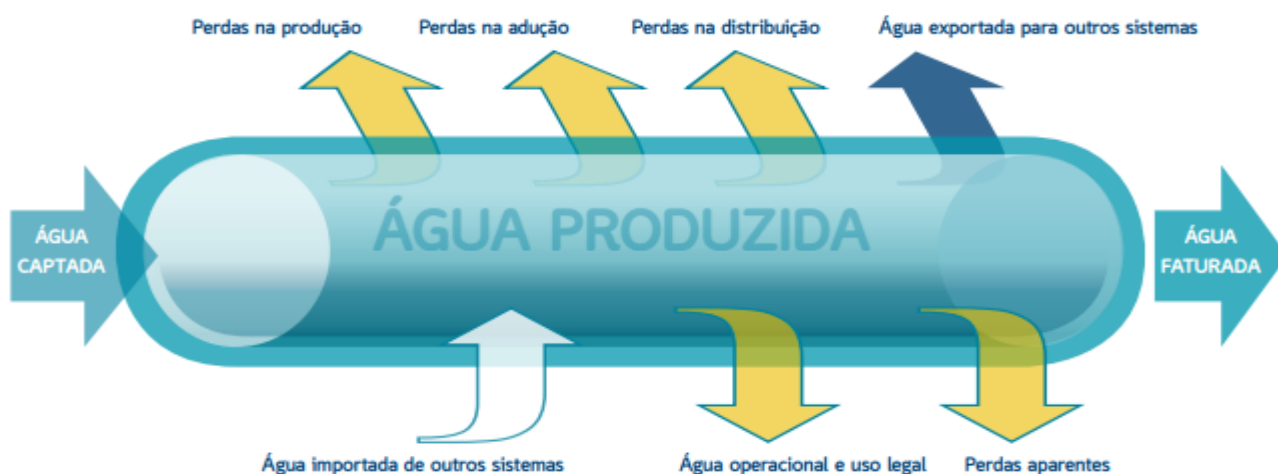


Figura 2.9: fluxograma das principais influências das perdas num sistema de abastecimento (EPAL, 2015)

Na Tabela 2.6 encontra-se o modelo do balanço hídrico.

Tabela 2.6: Modelo do balanço hídrico

Água Entrada no Sistema (m ³ /ano)	Consumo autorizado (m ³ /ano)	Consumo autorizado faturado (m ³ /ano)	Consumo faturado medido (m ³ /ano)	Água faturada (m ³ /ano)
			Consumo faturado não Medido (m ³ /ano)	
		Consumo autorizado não faturado (m ³ /ano)	Consumo não faturado medido (m ³ /ano)	Água não faturada (m ³ /ano)
			Consumo não faturado não medido (m ³ /ano)	
	Perdas de Água (m ³ /ano)	Perdas aparentes (m ³ /ano)	Consumo não autorizado (m ³ /ano)	
			Erros de Medição (m ³ /ano)	
		Perdas reais (m ³ /ano)	Fugas nas condutas de adução e distribuição (m ³ /ano)	
			Fugas e extravazamentos nos reservatórios (m ³ /ano)	
			Fugas nas ligações (m ³ /ano)	

Normalmente os valores das componentes do balanço hídrico são expressos em m³/ano, no entanto de modo a atribuir maior expressividade ao balanço hídrico é interessante exprimir os resultados em percentagem (em relação a água que entra no sistema) e em função do custo associado a cada componente.

Para um sistema poder ser considerado eficiente, de acordo com a IWA, os intervalos de referência para a percentagem de perdas de água relativamente à água produzida ou fornecida variam entre 8 e 14%, nos países desenvolvidos, de 15 a 24%, nos recém-industrializados, e de 25 a 45%, para países em vias de desenvolvimento

2.4.1 MÉTODOS DE CÁLCULO

O balanço hídrico deverá basear-se, preferencialmente, na medição efetiva de volumes. No entanto, sempre que não exista uma medição fiável, devidamente verificada metrologicamente, devem ser feitos todos os esforços para se avaliar de uma forma tão rigorosa quanto possível cada componente dos volumes e consumos de água, estimando, de forma realista, as componentes do balanço hídrico (EPAL, 2015).

Os métodos utilizados para determinação das componentes estimadas deverão ser definidos e registados, bem como ser objeto de melhoria contínua. Estes volumes, calculados ou estimados, são passíveis de erro e incertezas que podem ter uma maior ou menor extensão e que vão ser considerados na componente do volume relativo à água não faturada. Para a valorização das componentes das perdas, nomeadamente as perdas reais e aparentes, devem ser utilizadas abordagens complementares para que o cálculo e os resultados apurados possam ser credíveis.

São consensualmente aceites as seguintes abordagens para determinação das perdas:

- **Abordagem Top-Down:** efetuada com base na informação existente, é suportada essencialmente por trabalho de gabinete, a partir de uma série de estimativas, não existindo praticamente trabalho de campo. Esta abordagem inicia-se por uma macro análise das perdas que avalia a necessidade de intervenção para a globalidade da rede. Para tal são analisados os volumes entrados no sistema através de medição, os consumos autorizados faturados e não faturados e as perdas aparentes devidas a ligações ilegais e potenciais erros de medição. A análise evolui, assim, da globalidade do sistema para áreas menores, o que implica a determinação gradual das perdas aos vários níveis de discretização. Nesta abordagem as perdas são calculadas a partir da medição das diversas entradas do sistema, deduzidos os valores obtidos pelos sistemas de faturação de clientes (EPAL, 2015).
- **Abordagem Bottom-Up:** aplicada em casos de sistemas sectorizados e dotados de medição em contínuo, onde é possível calcular o volume das perdas reais a partir dos valores de caudais noturnos. Esta abordagem servirá como contraponto ao valor de perdas reais que foram calculadas pela abordagem Top-Down e baseia-se na análise do Caudal Mínimo Noturno obtido do terreno com um elevado valor de certeza. No entanto, esta abordagem implica um elevado conhecimento da rede e um nível de gestão mais sofisticado em termos do controlo da rede (EPAL, 2015).

Na Figura 2.10 apresentam-se, esquematicamente, as duas abordagens anteriormente mencionadas.



Figura 2.10: Abordagens TOP-DOWN e BOTTOM-UP (EPAL, 2015)

2.5 PERDAS DE ÁGUA

A ANF é um indicador significativo da eficiência global de uma empresa de água. Quanto mais elevado for o valor desta componente, maior é o potencial de poupança, mas também maior é a complexidade do processo de mudança. As economias obtidas com a redução da ANF podem ser suficientes não só para cobrir os custos de um processo de gestão da mudança, mas também para financiar parcialmente a expansão sem aumentar as tarifas ou aumentá-las menos do que seria necessário de outra forma (Poças Martins, 2014).

As principais causas da ANF são (Poças Martins, 2016):

- Não envolvimento da gestão de topo e fraca liderança;
- Falta de motivação e incentivo;

- Falta de formação e de pessoal qualificado;
- Práticas de construção e instalação desajustadas;
- Sectorização e monitorização da rede inexistente ou incompleta;
- Inexistência do controlo ativo de perdas;
- Falta de uma estratégia de redução de ANF.

As perdas de água estão incluídas na ANF, é de extrema importância estudá-las já que estas constituem a grande maioria da ANF.

2.5.1 ESTRATEGIA DE REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA

De modo a diminuir as perdas num SAA é importante seguir, numa fase inicial, um conjunto de passos para perceber a origem das perdas e assim encontrar a solução mais eficaz na redução das mesmas.

A figura 2.11 explicita uma estratégia geral de redução de perdas.

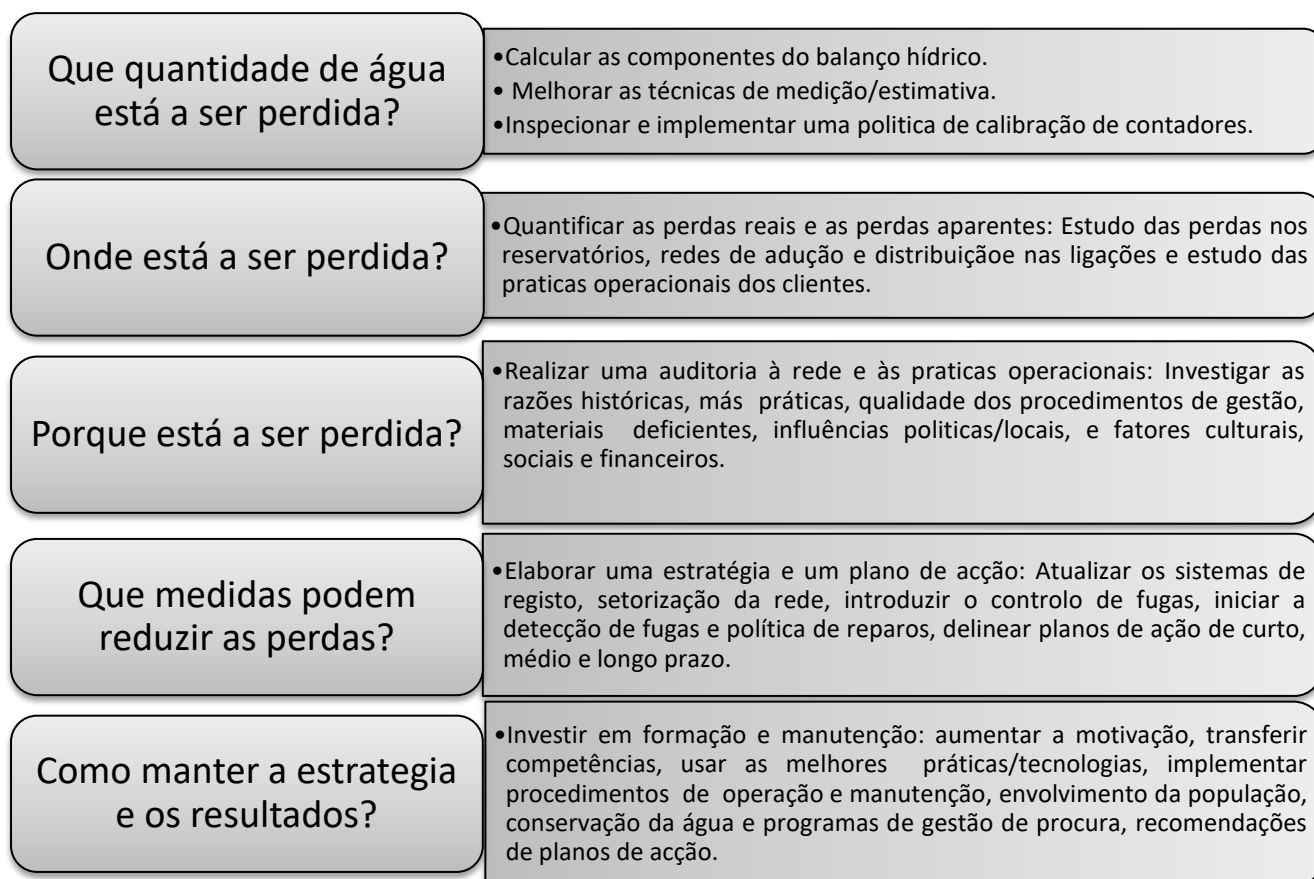


Figura 2.11: Estratégia para redução de perdas (Poças Martins, 2016).

As perdas de água dividem-se em duas componentes: perdas reais e perdas aparentes.

2.5.2 PERDAS REAIS

Como já foi referido anteriormente as perdas reais, ou perdas físicas, correspondem às fugas nas condutas de adução e distribuição, às fugas e extravazamentos nos reservatórios e às fugas nas ligações. Este tipo de perdas é inevitável em qualquer tipo de SAA, o volume anual das perdas reais depende das características da rede de distribuição e da política de deteção e reparação de fugas praticada pela EG.

Existem diversos tipos de fugas sendo que estas podem ser invisíveis, comunicadas ou não comunicadas. As fugas invisíveis não podem ser detetadas e comunicadas através da utilização dos equipamentos acústicos tradicionais, normalmente são caracterizadas por caudais baixos e de longa duração o que resulta num grande volume de água perdido. As fugas comunicadas são as que aparecem, por norma, na superfície e podem ser comunicadas a EG pelos clientes e/ou funcionários, costumam caracterizar-se por caudais elevados, de curta duração e são frequentemente visíveis o que resulta num volume de água perdido moderado. As fugas não comunicadas normalmente não aparecem na superfície mas são detetáveis através dos equipamentos acústicos, são caracterizadas por caudais médios e a duração e o volume depende da metodologia de controlo ativo de perdas que a EG pratica.

As fugas invisíveis são, como era de esperar, as mais complicadas já que estas podem ocorrer durante um grande intervalo de tempo o que significa que a EG está esse tempo todo sem faturar a água que se está a perder (Poças Martins, 2016; EPAL, 2015).

Na Figura 2.12 encontra-se representado um exemplo da tipologia das fugas.

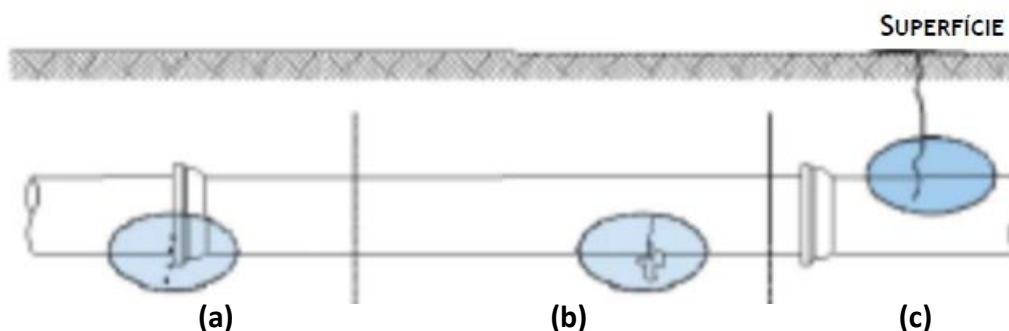


Figura 2.12: Tipologia das fugas: (a) fuga invisível, (b) fuga não comunicada, (c) fuga comunicada (Poças Martins, 2016).

Os fatores mais relevantes que influenciam as perdas reais são:

- Idade, estado e material das condutas;
- Frequência das ruturas;
- Pressão média nas condutas e flutuações da pressão ao longo do dia;

- Intervalo de tempo em que o sistema é pressurizado.
- Extensão da rede;
- Número e qualidade das de ligações de serviços ou ramais;
- Número e estado dos órgãos acessórios como ventosas, válvulas e hidratantes;
- Tipo de solo que influencia a visibilidade das fugas;
- Estado dos órgãos de proteção contra os regimes transitórios hidráulicos;
- Condições geotécnicas e instabilização do solo;
- Cargas de tráfego automóvel e outros veículos.

De todos os fatores mencionados anteriormente o que apresenta mais relevância é a influência da pressão nas condutas já que a pressão influencia fortemente as perdas no sistema. Pressões elevadas implicam uma maior quantidade de água consumida quer pelos clientes quer pelas roturas e estão associadas a uma maior taxa de roturas em condutas e acessórios aumentando a probabilidade de ocorrência de regimes transitórios hidráulicos, nomeadamente no arranque e paragem de grupos elevatórios e na manobra de válvulas de seccionamento (EPAL, 2015). Durante a noite a importância do controlo da pressão aumenta pois, por norma, durante a noite o caudal nas condutas diminui o que significa que a velocidade também diminui e consequentemente a pressão aumenta.

As perdas reais, a semelhança das perdas aparentes, podem ser minimizadas mas não podem ser eliminadas na sua totalidade, por isso, o trabalho da EG deverá focar-se em diminuir as perdas no máximo possível.

Na Figura 2.13 é possível encontrar as principais vertentes da redução de perdas reais segundo a IWA.

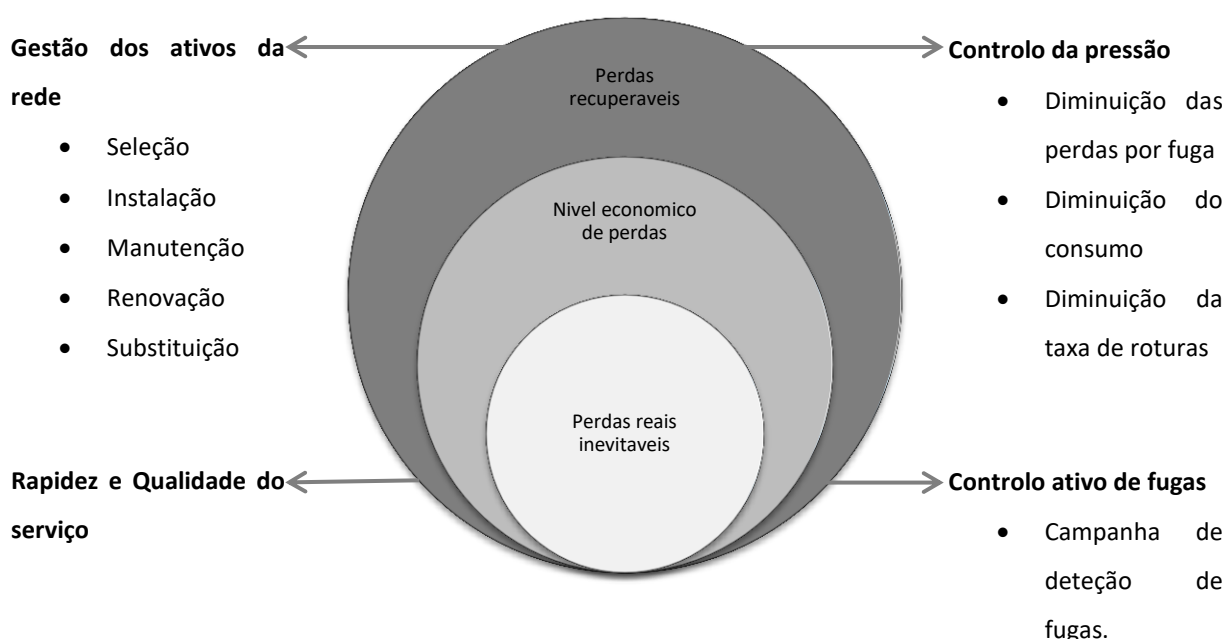


Figura 2.13: Vertentes principais da redução das perdas reais (International Water Association)

A implementação de um sistema de gestão integrado dos ativos da rede por parte da EG contribui para assegurar o equilíbrio entre o desempenho, o custo e o risco dos ativos, podendo assumir um papel decisivo para adoção de políticas de substituição, manutenção ou renovação sustentáveis e efetivas (EPAL, 2015). Da gestão da rede resultam as zonas de monitorização e controlo (ZMC) que simplificam a análise das zonas críticas na rede de abastecimento de água. As ZMC são muito importantes já que permitem o cálculo das perdas de água por zonas específicas sem haver necessidade de generalizar as mesmas ao longo de toda a rede.

A correta gestão da pressão num SAA, mantendo os níveis de pressão na rede tão baixo quanto possível e assegurando a estabilização das pressões, é uma forma muito eficaz de combater às perdas de água já que a pressão está diretamente relacionada com a taxa de fugas e ruturas no sistema.

A rapidez e a qualidade das reparações efetuadas sobre as fugas detetadas na rede permitem a diminuição do volume de perdas e garante que este se mantém num nível estável e controlado.

A última vertente é sobre o controlo ativo de fugas, para o qual se preconiza uma estratégia pró-ativa com o objetivo de reduzir as perdas através da deteção das fugas invisíveis, este controlo é possível através da ação de equipas especializadas e através da monitorização contínua do SAA (EPAL, 2015). Dentro das técnicas de deteção de fugas encontram-se as técnicas não acústicas (observação direta, inspeção vídeo, sensores térmicos, fotografia de infravermelhos e injeção de gás) e as técnicas acústicas (Data Loggers, correlação acústica, geofones, radar de penetração no solo, sensores acústicos) (Poças Martins, 2016).

2.5.3 PERDAS APARENTES

Segundo o balanço hídrico as perdas aparentes são constituídas pelos erros de medição e pelo consumo não autorizado.

A fatura da água geralmente inclui o serviço de águas residuais e, às vezes, também inclui o custo relativo ao tratamento dos resíduos sólidos, por isso, o estudo das perdas aparentes é de extrema importância uma vez que estas têm um impacto financeiro significativo já que lhes é atribuído o valor do custo correspondente ao preço de venda da água, em oposição às perdas reais que lhes é atribuído o custo correspondente ao preço de produção, o que leva a concluir que financeiramente é muito mais interessante reduzir um metro cubico de perdas aparentes do que um meto cubico de perdas reais.

As perdas aparentes são influenciadas por fatores económicos, sociais, culturais e políticos o que exige a necessidade de planos de ação de médio e longo prazo e podem requerer mudanças organizacionais (EPAL, 2015).

2.5.3.1 COMPONENTES DAS PERDAS APARENTES

De um modo mais geral, as perdas aparentes são constituídas por quatro componentes como se pode observar na Figura 2.14.

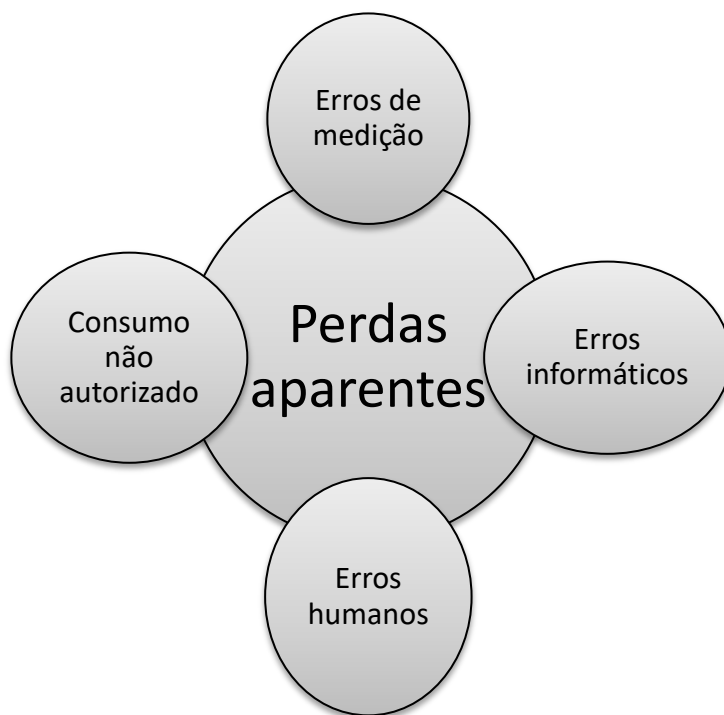


Figura 2.14: Constituintes das perdas aparentes

2.5.3.1.1 ERROS DE MEDIÇÃO

Os erros de medição estão relacionados na sua grande maioria com a submedição dos medidores utilizados. Esta submedição pode ter origem natural (resultante do desgaste do contador pela sua idade, esforço de funcionamento ou até mesmo pela obstrução do contador com sólidos presentes na água) ou devido ao facto dos contadores terem sido alvo de alteração/vandalismo.

De um modo geral as perdas por submedição resultam da incapacidade que os medidores têm em medir convenientemente o volume, ou caudal, de água que passa num contador, resultando perdas de faturação (Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas, 2014).

Na Figura 2.15 encontram-se as principais causas dos erros de medição.

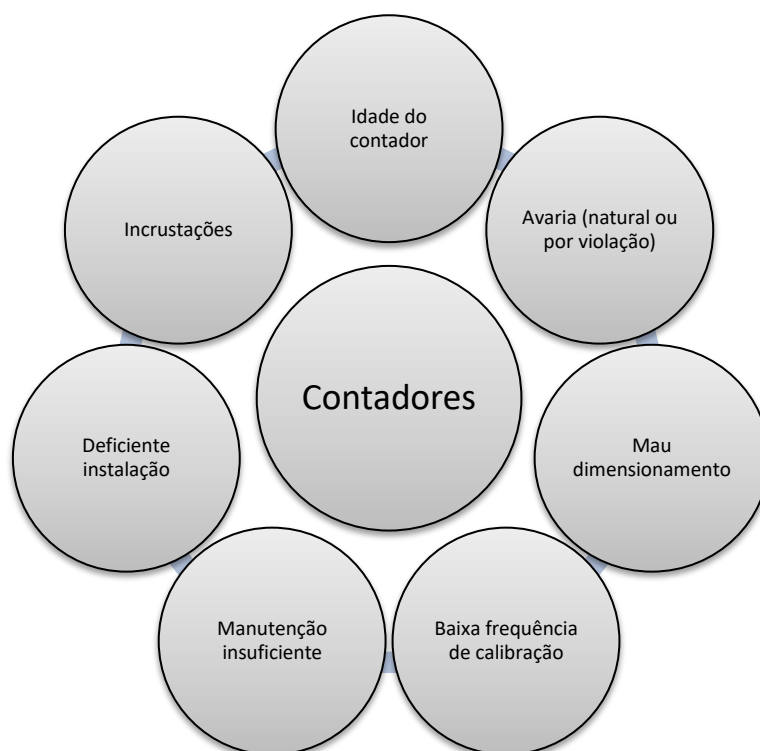


Figura 2.15: Principais causas dos erros de medição

Com o passar do tempo o contador vai aumentando a sua capacidade de subcontagem devido, principalmente, ao desgaste da utilização.

Quanto mais antigos forem os contadores, maiores serão os erros de submedição, que podem exceder facilmente os 10% quando têm uma idade de aproximadamente 10 a 12 anos. Nestas circunstâncias, o melhor é substituir os contadores quando eles têm entre 5 a 6 anos de idade (Poças Martins, 2014).

Para além da idade dos contadores, não se pode ignorar o facto de existir alguns agentes em suspensão na água que podem ser agressivos para os contadores, como é o caso da areia e do calcário por exemplo, estes agentes ao entrarem em contacto com o contador podem originar a sua paragem imediata.

Por um lado, o sobredimensionamento do contador contribui de forma significativa para a submedição já que, por exemplo, se se instalar um contador com um diâmetro muito grande num local onde passe um caudal muito baixo, o contador não vai ter a capacidade de registar esse caudal e deste modo a EG não vai conseguir faturar o volume de água correspondente a esse caudal.

Por outro lado, o subdimensionamento também não é vantajoso porque apresenta uma enorme tendência a rutura das peças devido à pressão exercida pela água.

De modo a diminuir as perdas de água resultante dos erros de medição é necessário ter em atenção os aspetos apresentados na Figura 2.16.

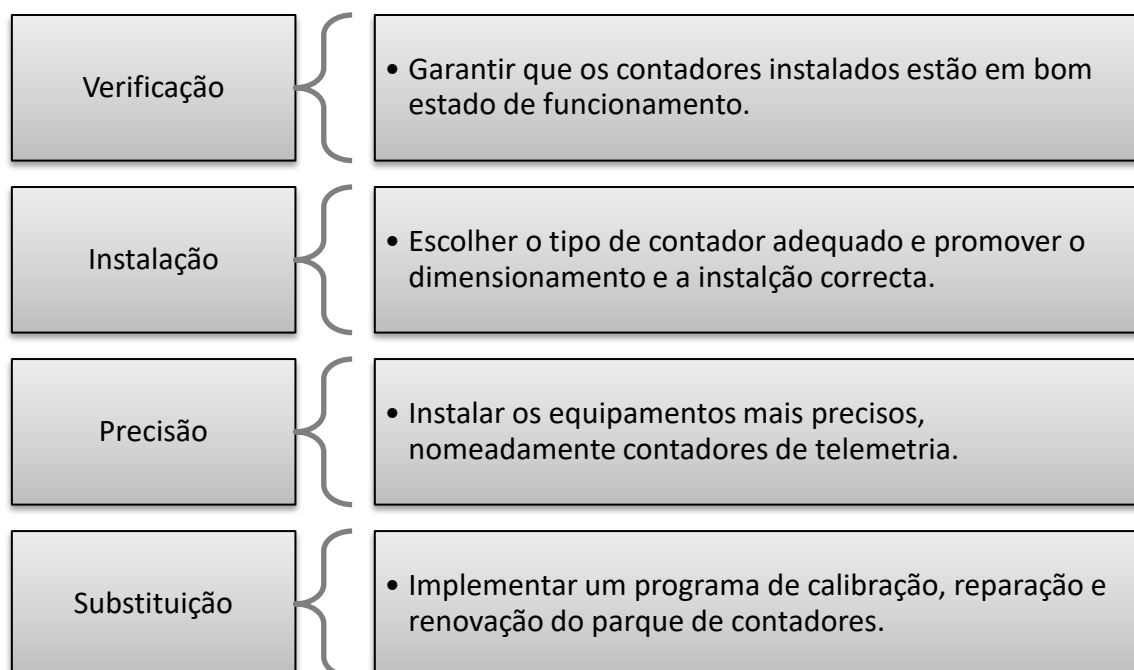


Figura 2.16: Redução dos erros de medição (Poças Martins, 2016)

2.5.3.1.2 ERROS HUMANOS

Os erros humanos ocorrem principalmente no momento da leitura dos contadores. Estes erros podem surgir devido ao visor dos contadores não estar visível, à sujidade, contadores defeituosos, locais de acesso restrito ou até mesmo por negligência por parte do operário (Farley et al., 2008).

Para reduzir os erros de medição é necessário aplicar as seguintes medidas:

- Substituição das tabelas de leituras por aparelhos coletores (ex. *Personal Digital Assistant* (PDA));
- Auditoria aos relatórios de campo de leituras para evitar as estimativas;
- Auditoria ao número de leituras estimadas;
- Campanha de recuperação de leituras em atraso e aumento das leituras reais;
- Maior supervisão dos leitores, implementação de rotas de leitura e controlo frequente dos locais;
- Instalação de contadores de telemetria.

Na redução dos erros humanos a telemetria pode desempenhar um papel importante, pela simples razão de eliminação do elemento humano.

2.5.3.1.3 ERROS INFORMATICOS

Os erros de manipulação de dados e de contabilidade ocorrem essencialmente no processamento de dados de faturação, na maioria dos casos devidos à necessidade de estimar o consumo relativos à ausência de medições reais. Estas estimativas são feitas com base no registo histórico do cliente e os correspondentes erros de estimativa são corrigidos na leitura real seguinte (Poças Martins, 2014).

De modo a diminuir os erros informáticos, as EG utilizam ferramentas com softwares baseados predominantemente em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) ou em Bussines Intelligence Tools que facilitam a gestão dos dados, no entanto, as falhas do software por erros de programação podem ser as maiores causas dos erros informáticos pelo que a EG deve ter um bom filtro de dados de modo a eliminar a propagação destes erros.

De modo a diminuir os erros informáticos é possível adotar as seguintes medidas:

- Sistema de gestão comercial adequado;
- Utilizar ferramentas de software baseadas em SIG ou em Bussines Intelligence Tools.

2.5.3.1.4 CONSUMO NÃO AUTORIZADO

Na Figura 2.17 encontram-se representados os tipos e as principais causas do consumo não autorizado.

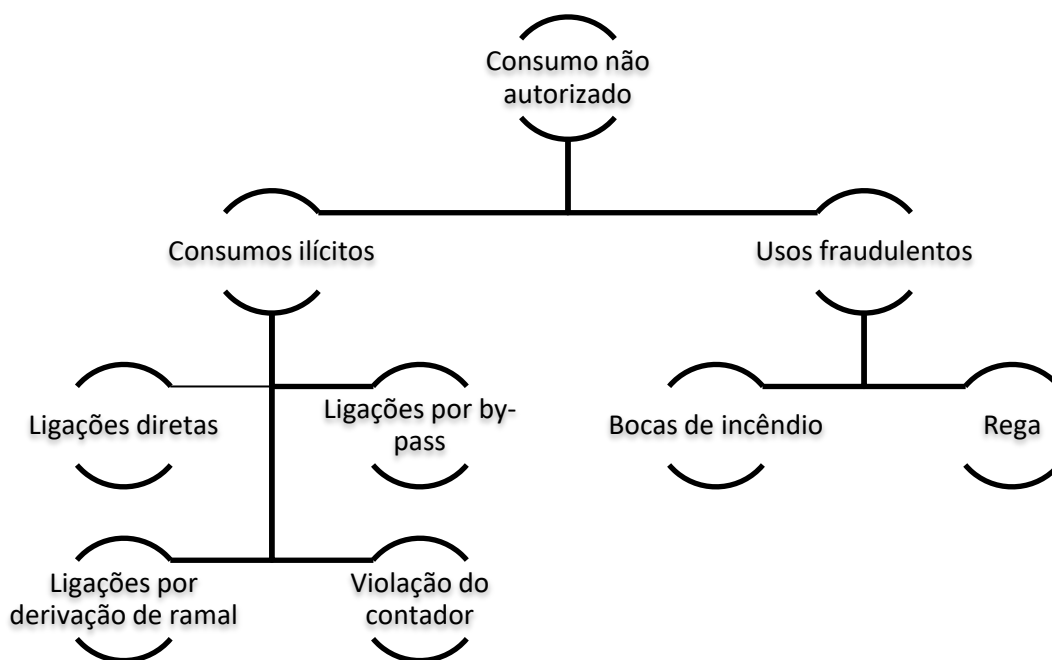


Figura 2.17: Causas do consumo não autorizado

O consumo ilícito consiste nas várias metodologias adotadas de modo a que a água não passe pelo contador. O uso fraudulento consiste na utilização indevida das bocas de incêndio e de rega.

O consumo ilícito é constituído principalmente por:

- **Ligações diretas**

A ligação direta consiste na remoção do contador implicando que a água passe diretamente das condutas da rede para as condutas da habitação.

Na Figura 2.18 é possível observar uma representação deste tipo de ilícito.

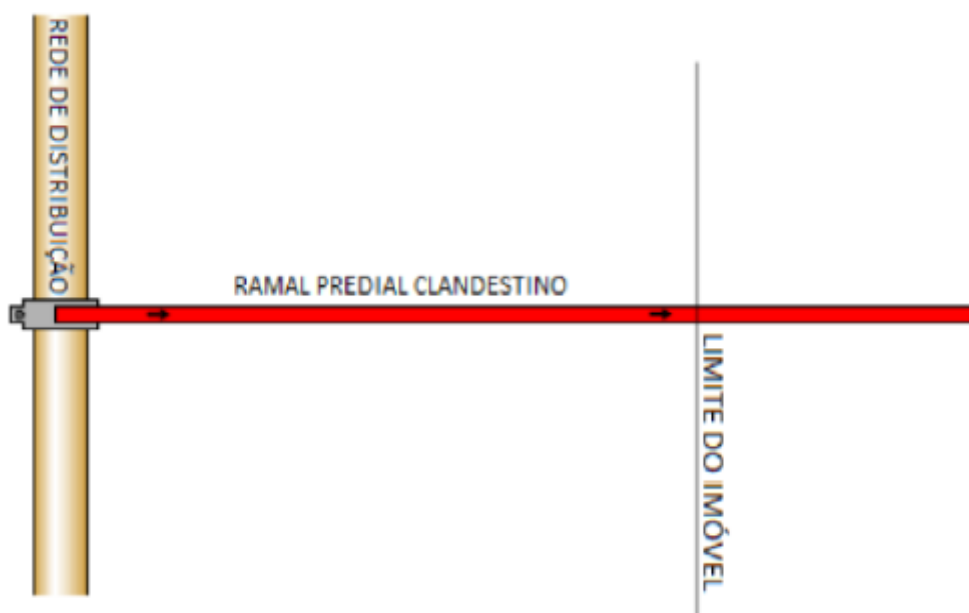


Figura 2.18: Ligação direta (Lédo, 1999)

- **By-pass**

O by-pass consiste na instalação de um ramal clandestino à volta do contador, o que implica a distribuição do volume de água entre esse ramal clandestino e o ramal predial que liga ao contador.

O sistema baseia-se no desvio de uma parte da água que contorna o contador de água, fazendo com que apenas uma pequena quantidade de água seja faturada pelo contador (Farley et al., 2008).

Na Figura 2.19 é possível observar uma representação deste tipo de ilícito.

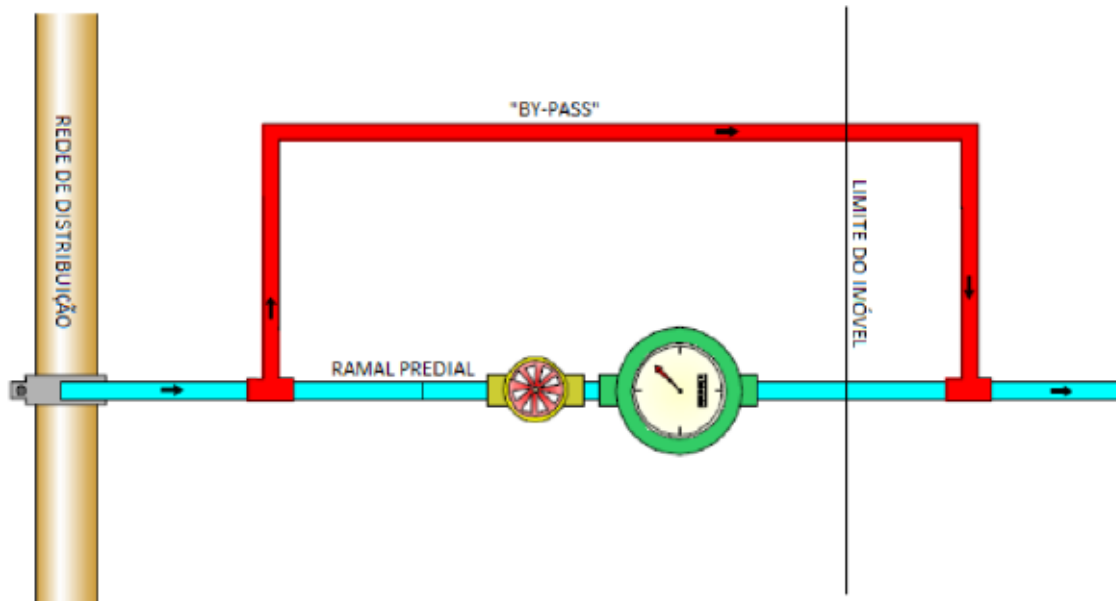


Figura 2.19: By-pass (Lédo, 1999)

- **Ligação por derivação de ramal**

A derivação do ramal é outro tipo de ilícito semelhante ao anteriormente referido. Neste caso o infrator faz um desvio semelhante ao do “*by-pass*”, com a diferença de que neste caso não volta a ligar a derivação ao ramal predial.

Na Figura 2.20 é possível observar uma representação deste tipo de ilícito.

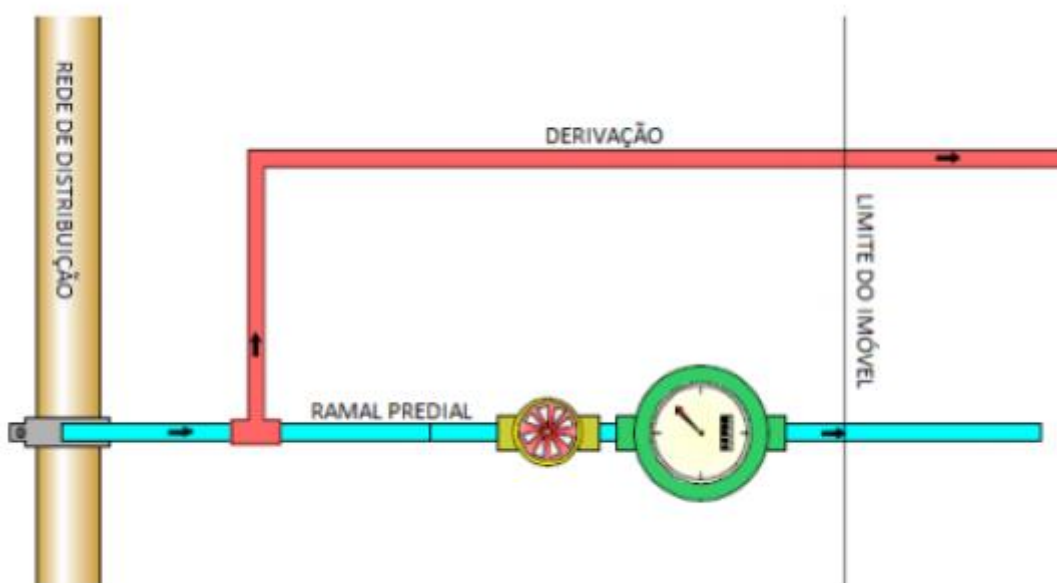


Figura 2.20: Ligação por derivação de ramal (Lédo, 1999)

- **Violação do contador**

A Violação do contador consiste em manipular o contador com o objetivo deste funcionar deficientemente e assim contar menos água da que realmente passa pelo contador.

Existem imensas formas de violar o contador, as mais frequentes costumam ser a quebra do selo do contador, o furo da cúpula, a inversão do sentido do escoamento e a introdução de objetos (agulha, íman) de modo a paralisar o movimento da relojoaria do contador.

Na Figura 2.21 é possível observar uma representação deste tipo de ilícito.



Figura 2.21: Violação do selo do contador e quebra do vidro (Pereira, 2007)

Dentro do uso fraudulento encontra-se:

- **Utilização indevida das bocas de incêndio e de rega**

Na via pública encontram-se bocas de incêndio para que os bombeiros possam abastecer numa situação de emergência, assim como também existem bocas de rega que permite regar os jardins e limpar o pavimento, por exemplo. Acontece que nem sempre estas bocas são usadas pelo pessoal autorizado, muitas pessoas aproveitam-se destes recursos e utilizam a água para fins indevidos o que resulta num aumento das perdas aparentes da EG em causa.

Idealmente toda a água que é consumida deve ser faturada; caso contrário, será indiretamente cobrada aos consumidores através das suas tarifas, e é um incentivo para o desperdício e consumo desnecessário (Poças Martins, 2014).

De modo a reduzir as perdas resultantes do consumo não autorizado devem aplicar-se as seguintes medidas:

- Criação de um gabinete de gestão de anomalias;
- Inspeção e controlo de todas as ligações ilegais à rede;
- Instauração de processos de contraordenação no caso dos consumos ilícitos;
- Corte do fornecimento da água e cobrança das faturas em dívida;
- Implementação da telemedição: emissão de alertas na ocorrência de anomalias como por exemplo o desmonte, paragem ou remoção do contador;
- Uso de videoscopia.

2.5.4 INDICADORES DE DESEMPENHO DAS PERDAS DE ÁGUA

As perdas de água são, na maioria das vezes, expressas como percentagem em relação a AES. Apesar de ser simples e prático para alertar à população para números muitas vezes surpreendentemente altos em vários setores da água, este indicador de desempenho pode ser errôneo, uma vez que favorece os serviços públicos devido ao alto consumo, baixa pressão, assim como não distingue as perdas reais das aparentes (Poças Martins, 2014).

A IWA recomenda indicadores separados para perdas reais e perdas aparentes.

- Perdas reais: Foram definidos indicadores técnicos recomendados e avançado.

Na Figura 2.22 encontram-se os indicadores técnicos recomendados.

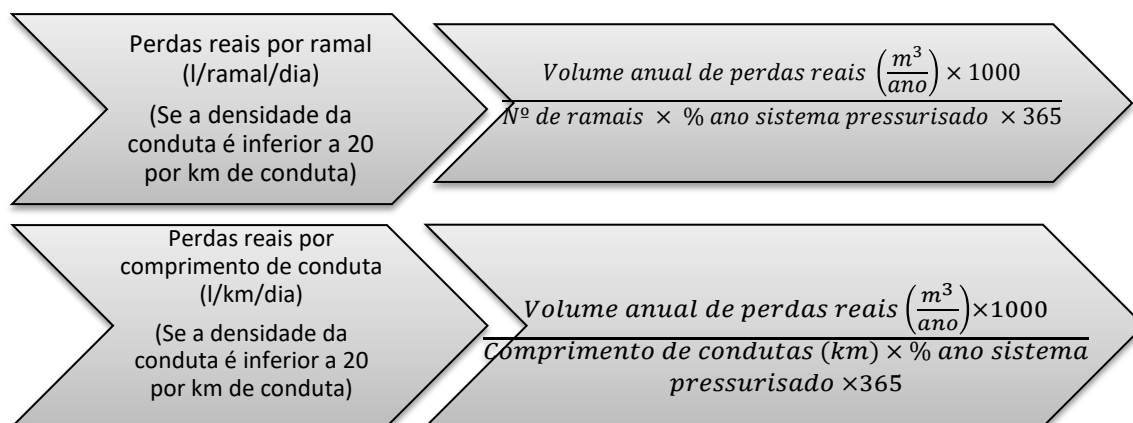


Figura 2.22: Indicadores técnicos recomendados para as perdas reais (Poças Martins, 2016)

Na Figura 2.23 encontram-se representados os critérios a seguir de modo a selecionar o indicador que melhor se aplica em cada situação específica.

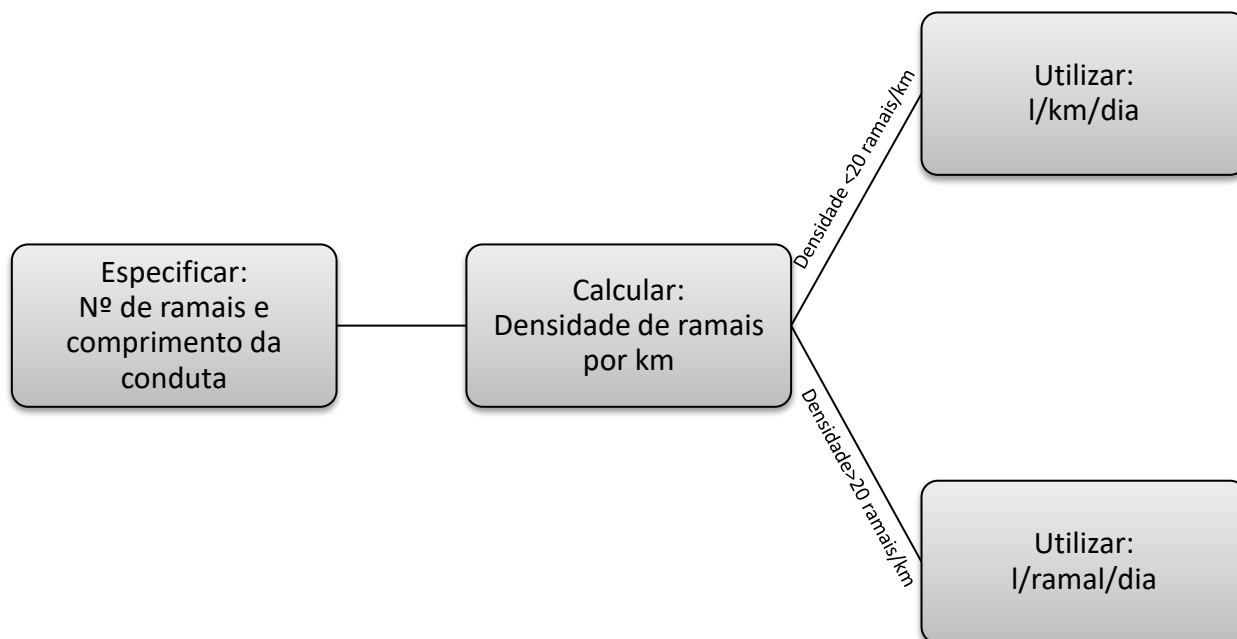


Figura 2.23: Critérios de seleção dos indicadores recomendados (Farley et al., 2008)

Relativamente ao indicador técnico avançado, este é denominado de Infrastructure Leakage Index (ILI) (equação 1) que traduzido corresponde ao índice infraestrutural de perdas.

$$ILI = \frac{CARL}{UARL} \quad (1)$$

Onde:

CARL= Perdas reais anuais atuais.

UARL = Perdas reais anuais inevitáveis (equação 2).

$$UARL = (l/dia) = (18 \times L_m + 0,8 \times N_c + 25 \times L_p) \times P_{med} \quad (2)$$

Sendo:

L_m – Comprimento da rede (km)

N_c – Numero de ramais

L_p – Comprimento médio dos ramais (km)

P_{med} – Pressão média de operação na zona em estudo (m)

O ILI é o indicador mais rigoroso para as perdas reais uma vez que tem em consideração a pressão na rede permitindo uma comparação significativa entre os serviços públicos (Poças Martins, 2014).

Um sistema extremamente bem gerido apresenta um ILI próximo de 1 (CARL=UARL). Um ILI na gama de 1-1,5 representa um excelente nível técnico de gestão de perdas reais. Um ILI superior a 2 já apresenta perdas médias elevadas (Poças Martin 2014).

- Perdas aparentes: O indicador recomendado para a quantificação das perdas aparentes é a percentagem do consumo autorizado.

2.6 CONTADORES DE ÁGUA

Um contador de água é um instrumento concebido para medir, totalizar e indicar o volume, nas condições da medição, da água que passa através do transdutor de medição (EPAL, 2008).

Na Figura 2.24 encontra-se representado o mostrador de um contador.



Figura 2.24: Mostrador de um contador (dwylar.com.br)

2.6.1 TIPOS DE CONTADORES DE ÁGUA

Existem diversos tipos de contadores de água. No momento de escolher um contador de água é necessário ter em atenção a funcionalidade, o custo e o modo de instalação que esse contador tem. O ideal será escolher um contador que apresente uma excelente amplitude de medição, dentro da função pretendida, um custo de aquisição baixo e que se seja de fácil instalação. Para isto a EG deve realizar um estudo dos consumos dos clientes de modo a saber qual o contador mais indicado para instalar.

Existem dois grandes grupos de contadores, sendo eles:

2.6.1.1 CONTADORES VELOCIMÉTRICOS

O contador velocimétrico mede o volume da água de forma indireta, isto é, neste tipo de contador é acionado um elemento móvel, pela passagem da água, e cujo movimento é transmitido ao dispositivo indicador.

Na Figura 2.25 é possível observar os diferentes tipos de contadores velocimétricos.

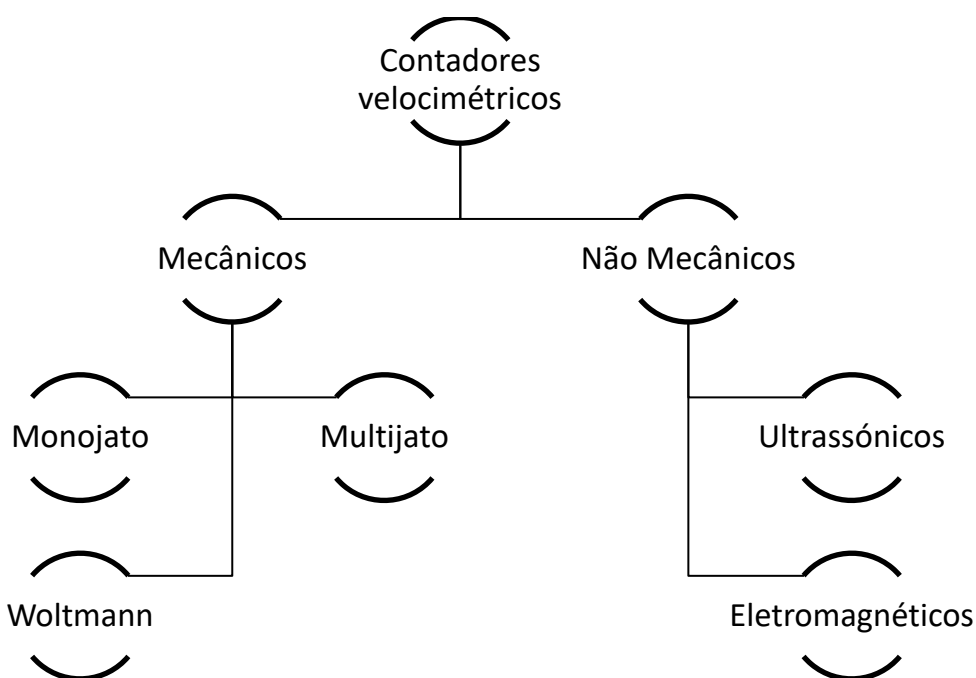


Figura 2.25: Tipos de contadores velocimétricos

Relativamente aos contadores velocimétricos mecânicos, os do tipo monojato têm a turbina acionada por um só jato de líquido. Neste tipo de contador o jato de água incide diretamente na turbina, podendo os contadores de água ser afetados pelas impurezas retidas no filtro. Uma obstrução do mesmo pode provocar o aumento da velocidade da incidência do jato sobre a turbina alterando a precisão do aparelho. Nos contadores do tipo multijato o mecanismo interno é acionado por vários jatos de água que incidem tangencialmente na turbina. Os jatos formam pares de forças – um incide pela direita, outro pela esquerda mas ambos em sentidos contrários – proporcionando perfeito equilíbrio à turbina, quando em rotação. Os contadores do tipo Woltmann são mais complexos no que diz respeito sistema de medição. O escoamento da água ocorre de forma axial no interior do contador, devido à existência de um rotor com pás helicoidais. Este tipo de contadores apresenta maior calibre e são usados em instalações onde o consumo de água é bastante elevado.

Relativamente aos contadores velocimétricos não mecânicos, nos do tipo ultrassônico o mecanismo de medição baseia-se na detecção da velocidade das ondas acústicas emitidas pelo movimento do fluido, no qual apresentam uma relação de

proporcionalidade. Este tipo de contador é uma solução discreta e versátil para medições em diferentes tubagens e diferentes líquidos, utilizando para todos eles um mesmo sensor (MRA instrumentação, 2017). Por fim, o contador eletromagnético é um dispositivo utilizado para a medição de caudais em condutas fechadas, que utiliza o princípio físico de que num condutor em movimento num campo magnético se desenvolve uma tensão elétrica aos seus terminais.

2.6.1.2 CONTADORES VOLUMÉTRICOS

O contador volumétrico baseia-se na passagem contínua da água por uma câmara de medição em que, no interior desta, se encontra um êmbolo rotativo. O movimento do êmbolo transmite ao dispositivo indicador o transporte de um determinado volume de água, obtendo-se assim a contagem.

Os contadores volumétricos são mais precisos que os contadores de velocidade mas são menos eficientes quando há a passagem de baixos caudais. Relativamente à sua forma construtiva, os contadores volumétricos são mais propensos a defeitos de funcionamento devido à existência de impurezas existentes na água que podem causar o bloqueio do contador e, consequentemente, a falta de água para os consumidores (Tavares, 2011).

Na Figura 2.26 encontra-se um exemplo de um contador volumétrico.



Figura 2.26: Contador volumétrico (zeben.pt)

2.6.3 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

2.6.3.1 DIRETIVA 75/33/CE

A diretiva 75/33/CE de 17 de Dezembro de 1974 corresponde à aproximação das legislações dos Estados-membros respeitantes aos contadores de água fria. A água é considerada fria quando a sua temperatura está compreendida entre 0 ° C e 30 ° C.

Os Estados-membros não podem recusar, proibir ou restringir a colocação no mercado e a entrada em serviço dos contadores de água fria munidos do sinal de aprovação da Comunidade Económica Europeia (CEE) e da marca de primeira verificação CEE por motivos relacionados com as suas qualidades metrológicas.

Nesta diretiva também se encontram as diferentes classes metrológicas dos contadores em função do caudal nominal (Q_n) e os respetivos caudais mínimos (Q_{min}) e de transição (Q_t), como se pode verificar na tabela 2.7.

Tabela 2.7: Classes de contadores de água (Norma NP 2468 ou ISO 4064) (Tavares, 2011)

Classes	Qn dos contadores	
	$< 15 \text{ m}^3/\text{h}$	$\geq 15 \text{ m}^3/\text{h}$
Classes A		
Q_{min}	$0,04Q_n$	$0,08Q_n$
Q_t	$0,10Q_n$	$0,30Q_n$
Classes B		
Q_{min}	$0,02Q_n$	$0,03Q_n$
Q_t	$0,08Q_n$	$0,20Q_n$
Classe C		
Q_{min}	$0,01Q_n$	$0,08Q_n$
Q_t	$0,015Q_n$	$0,015Q_n$
Classe D		
Q_{min}	$0,0075Q_n$	
Q_t	$0,0115Q_n$	

2.6.3.2 DIRECTIVA MID

A Measurement Instruments Directive (MID) é uma Diretiva da União Europeia aplicável aos instrumentos de medição. A Primeira diretiva MID, Diretiva 2004/22/CE, de 31 de Março, foi aprovada em 2004, para entrar em vigor em 30 de Outubro de 2006, em todo o espaço europeu que, de acordo com os princípios da nova abordagem, define os requisitos essenciais de determinadas categorias de instrumentos de medição (Instituto Português da Qualidade, 2017).

O Decreto-Lei n.º 192/2006, de 26 de setembro, transpõe a Diretiva 2004/22/CE para o ordenamento jurídico nacional.

A Portaria n.º 21/2007, de 5 de janeiro, revoga a Portaria n.º 331/87, de 23 de abril, referente à antiga abordagem do regulamento do controlo metrológico.

A Diretiva 2009/137/CE, de 10 de novembro, alterou a Diretiva 2004/22/CE no que diz respeito aos erros máximos admissíveis em instrumentos específicos, pertencentes aos anexos MI-001 a MI-005.

A Diretiva 2014/32/EU, de 26 de fevereiro, substituiu a Diretiva 2009/137/CE, de 10 de novembro, esta diretiva estabelece normas de fiscalização do mercado e requisitos de acreditação em conformidade com os ensaios tipo realizados.

Com esta nova abordagem passou a adotar-se as seguintes definições:

- Caudal mínimo (Q_1) - o menor caudal ao qual o contador de água fornece indicações que satisfazem os requisitos relativos aos valores dos erros máximos admissíveis.
- Caudal de transição (Q_2) - caudal que se situa entre os caudais permanente e mínimo e no qual a gama de caudais é dividida em duas zonas - a zona superior e a zona inferior -, cada uma com valores de erros máximos admissíveis característicos.
- Caudal permanente (Q_3) - caudal máximo ao qual o contador funciona satisfatoriamente nas condições normais de utilização, isto é, com caudal estável ou intermitente.
- Caudal de sobrecarga (Q_4) - caudal máximo ao qual o contador funciona satisfatoriamente durante um curto período de tempo sem se deteriorar.

Os valores da gama de caudais devem seguir as seguintes condições:

$$Q_3/Q_1 \geq 10$$

$$Q_4/Q_3 = 1,25$$

Durante um período de cinco anos a contar da data de entrada em vigor da presente Diretiva, o quociente Q_2/Q_1 pode ser igual a 1,5, a 2,5, a 4 ou a 6,3.

Da Relação do Q_3/Q_1 resulta o intervalo de medição (R), isto é, $Q_3/Q_1=R$.

2.6.5 CURVAS DE ERRO

A curva de erro pode ser definida como a curva que une o valor do erro em vários caudais distintos.

É importante salientar que as curvas de erros não são as mesmas para todos os contadores. Existe uma curva de erro para um contador de um determinado tipo, marca e modelo.

Na Figura 2.27 é possível observar um exemplo de uma curva de erros de um contador.

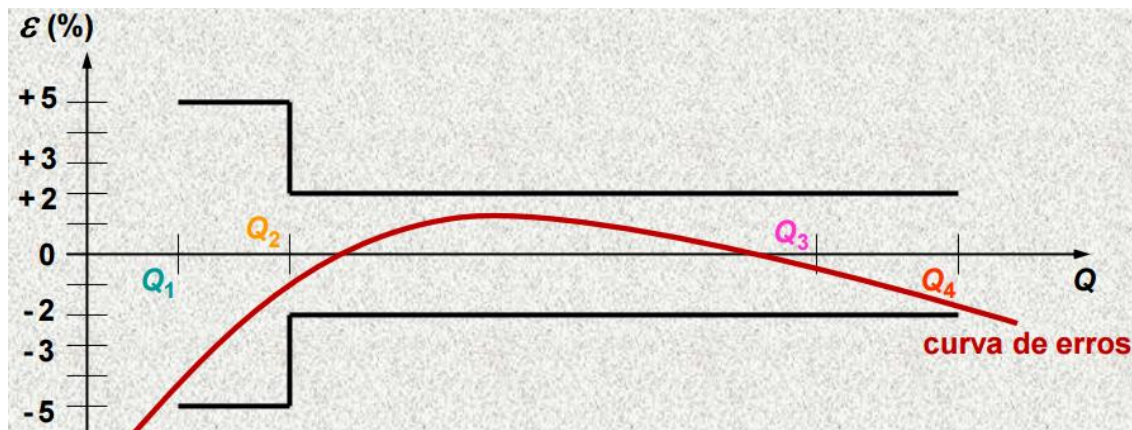


Figura 2.27: Exemplo de uma curva de erros de um contador (Coralejo, 2013)

Analisando a Figura 2.27 verifica-se a presença de erros máximos admissíveis (EMA). Estes assumem valores compreendidos entre $\pm 5\%$ na zona inferior (para água a qualquer temperatura) e de $\pm 2\%$ na zona superior (para água até 30°C), definindo uma zona na qual o desempenho do contador se deve manter sempre dentro desta zona para que o mesmo funcione com normalidade.

Se a temperatura da água for superior a 30°C o erro assume valores compreendidos entre $\pm 2\%$.

2.7 TELEGESTÃO E TELEMETRIA

Os sistemas de telegestão e telemetria permitem a monitorização e o controlo em tempo real do sistema, permitindo o conhecimento das reais condições do escoamento, bem como a pronta atuação perante as solicitações e as ocorrências diárias.

2.7.1 TELEGESTÃO

Através de tecnologias de informação e de comunicação, o sistema de telegestão baseia-se na recolha de dados no local, para interligação remota com a Sala de comando, apresentando estes dados num layout simples e intuitivo para facilitar a visualização dos mesmos e a tomada de decisões decorrentes. Estes dados podem ser apresentados na forma ilustrativa, bem como numericamente, na forma gráfica e com apresentação de relatórios (Águas do Porto, 2014).

Este sistema deve incluir o sistema de alarme predefinido e necessário: níveis de água nas várias células dos reservatórios, estado de funcionamento dos grupos eletrobomba, caudais instantâneos, estado das válvulas, bem como os alarmes de segurança e sistema de videovigilância integrado (Águas do Porto, 2014).

Através da visualização em tempo real das várias variáveis de operação do sistema e o armazenamento de registos históricos, a telegestão permite a gestão remota dos equipamentos, nomeadamente nas situações de anomalia, de forma a garantir a segurança e a continuidade do serviço de fornecimento de água.

Na Figura 2.28 é possível observar um exemplo de um sistema de telegestão.

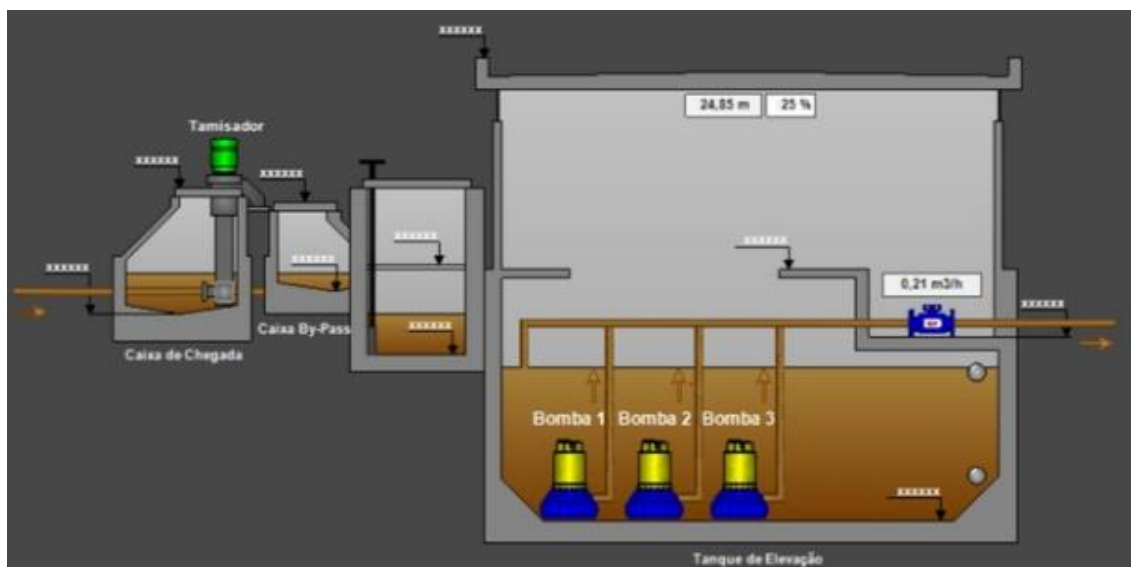


Figura 2.28: Sistema de telegestão (aquaporsservicos.pt)

Relativamente aos aspetos negativos da telegestão, o mais preocupante é o custo associado a aquisição e instalação deste sistema, no entanto, se for instalado um sistema de alta qualidade vai se refletir na redução de ANF o que permitirá reaver o retorno do investimento.

2.7.2 TELEMETRIA

O sistema de telemetria permite conhecer, em tempo real do escoamento, o nível dos caudais de entrada e saída nas zonas de abastecimento e das pressões em diversos pontos de monitorização e controlo distribuídos pela rede através de data loggers que medem, registam e enviam os dados para a sede em intervalos de tempo pré-definidos, ajustáveis de acordo com o grau de tratamento dos dados (Águas do Porto, 2014).

Na Figura 2.29 é possível observar os constituintes base de um sistema de telemetria.

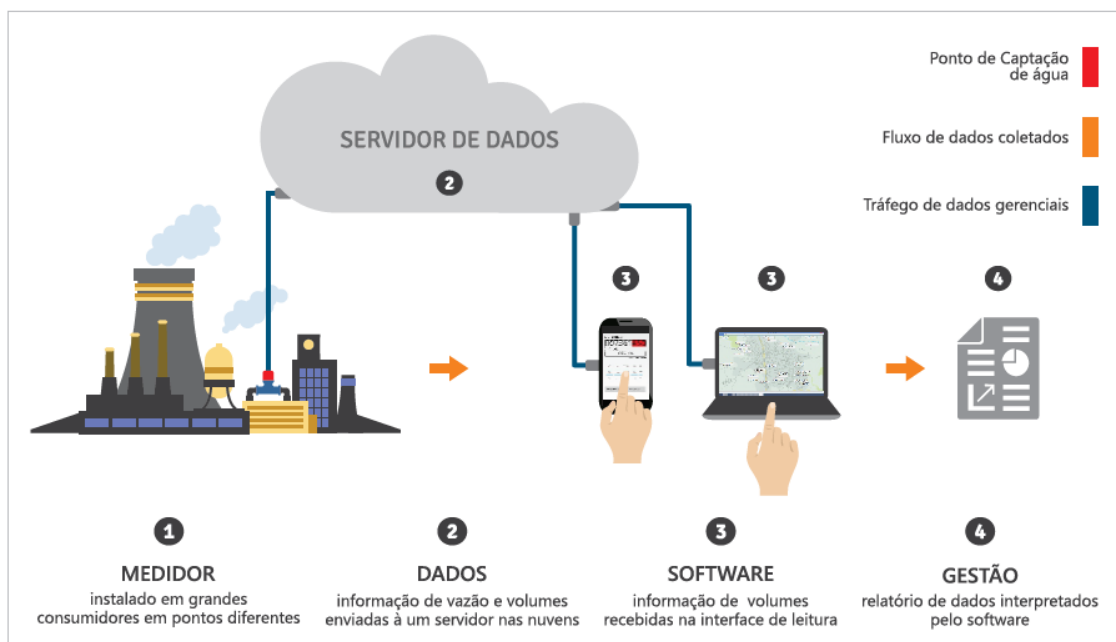


Figura 2.29: Sistema de telemetria (<http://www.smartinstec.com.br/como-funciona-sistema-de-telemetria-de-dados>)

As principais vantagens da telemetria nos SAA são:

- Informação do caudal e volume em intervalos de tempo previamente definidos;
- Alerta de vandalismo;
- Alerta de irregularidades;
- Alerta de possibilidade de fuga de água;
- Permite traçar o perfil de consumo de cada cliente;
- Possibilidade de monitorização da pressão.
- Reduzir a possibilidade de perdas de água;
- Alarmes inteligentes;
- Acesso fácil e rápido a dados históricos;
- Percepção de falhas no sistema de abastecimento.

Uma EG pode ter telemetria nos seguintes níveis (Medeiros, et al., 2007):

- Nível I – Na adução e transporte;
- Nível II – Nas áreas de influência de reservatórios e zonas de monitorização e controlo (ZMC);
- Nível III – Em grandes consumidores e contadores totalizadores em edifícios;
- Nível IV – Sistema de telemetria domiciliária (STD).

Antigamente a telemetria só era aplicada a grandes consumidores mas com o avanço dos fatores tecnológicos, como por exemplo o aumento da fiabilidade da tecnologia de

telemetria envolvida, para a qual foi determinante o desenvolvimento na área dos sistemas de comunicação sem fios (rádio, Sistema Global para Comunicações Móveis, Serviços Gerais de Pacote por Rádio), o aumento significativo do tempo de vida das baterias, o desenvolvimento tecnológico ao nível dos equipamentos de medição e controlo (contadores, medidores de caudal, válvulas de controlo, etc), contribuíram de forma determinante para a aplicação do Sistema de Telemetria Domiciliária (STD) (Medeiros et al., 2007).

Um STD é basicamente composto pelas seguintes unidades essenciais (Medeiros et al., 2007):

- Unidade local, dedicada à leitura, registo e transmissão de dados, que é composta pelo contador – totalizador, pelo emissor de impulsos e pelo módulo de comunicação remota;
- Unidade intermédia, designada por concentrador, destinada a receber as leituras de um conjunto de contadores, armazená-las e a transmiti-las para a unidade remota de recolha e processamento de dados;
- Sistema de comunicações, subdividido em duas partes: a primeira parte faz a comunicação entre a unidade local e o concentrador; a segunda parte faz a comunicação entre o concentrador e a unidade remota de recolha e processamento de dados e pode utilizar múltiplas redes de comunicação;
- Unidade remota para recolha e processamento de dados de consumo, que pode estar integrada no sistema de faturação e de gestão de clientes da EG.

A recolha dos dados de consumo utilizando STD pode ser feita através de dispositivos portáteis ou móveis (walk-by ou Drive-by, respetivamente), que implica que o leitor tenha que se deslocar ao local (ou próximo deste) para fazer a recolha da informação, ou através de um sistema de comunicações fixo, em que não há qualquer intervenção do leitor (por exemplo através de fibra ótica). Em todos os casos, elimina-se a necessidade de entrar na casa do cliente para fazer a leitura (Medeiros et al., 2007).

2.8 REDUÇÃO DE ENERGIA NUM SAA

A água é necessária para a produção de energia e a energia é indispensável para a produção de água para consumo humano (captação de água, processamento, distribuição e utilização final, requerem eletricidade).

A seguir são apresentados alguns exemplos de conexão entre água e energia (Gregório e Martins, 2011):

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Submedição dos contadores e Consumos ilícitos

- Entre 6 a 18% da procura energética das cidades é consumida no transporte e tratamento de água;
- Tecnologias mais sofisticadas para tratamento de águas requerem consumos energéticos mais elevados;
- Decréscimos nos níveis de água dos reservatórios diminuem a capacidade de produção de energia hidroelétrica e de arrefecimento das centrais termoelétricas;
- Os decréscimos nos níveis dos aquíferos aumentam os consumos energéticos necessários para bombeamento de água, o que nalguns casos poderá conduzir a outros problemas de subsidência dos solos;
- A produção de eletricidade requer grandes quantidades de água;
- A exploração e produção de energia desperdiçam elevadas quantidades de água.

Na Figura 2.30 é possível observar a relação de dependência da água e da energia

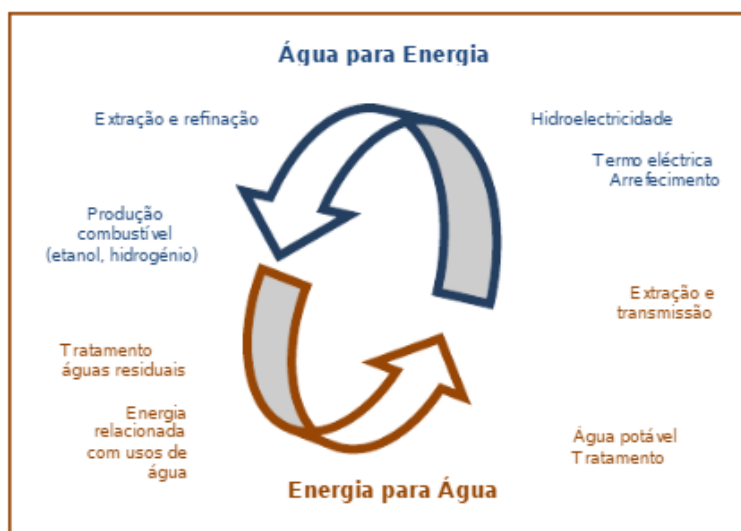


Figura 2.30: Água para energia e energia para água (Water, Energy and Climate Change, 2009)

Devido à elevada presença de motores em todo o sistema de abastecimento de água, as empresas deste setor revelam-se como grandes consumidores de energia elétrica.

Dentro das etapas que constituem todo o processo de distribuição da água, a elevação da água para os reservatórios representa uma grande parte do consumo total de energia.

Nos últimos anos tem-se verificado que 2 a 3% do consumo de energia no mundo são usados no bombeamento e tratamento de água. Este consumo poderia ser reduzido em pelo menos 25% através de ações de melhoria da eficiência com melhor desempenho (De Marchis et al., 2014)

A maneira mais rápida de economizar custos de energia é simplesmente evitar o consumo durante os períodos de pico, quando as tarifas são muito mais elevadas. Esta medida permitiu economias de 10% nos custos da energia, para o mesmo volume de água consumido (Poças Martins, 2014).

Outra medida para economizar energia nos SAA é realizar uma auditoria as estações de bombagem, substituindo as bombas que mostram uma redução da eficiência. Considerando que os custos energéticos anuais do bombeamento de água pode ser da mesma ordem de grandeza que o custo das próprias bombas e tendo em conta que o custo de reparação das bombas é muito inferior, se a eficiência medida de uma única bomba diminuir, por muito pouco que seja, digamos que 5%, faz sentido econômico reparar-la imediatamente. Existem, naturalmente, outros custos de energia que podem ser reduzidos através de uma auditoria ao consumo total de energia. Esta auditoria é suscetível de ser muito rentável e, uma vez que requer conhecimentos especializados e equipamentos, pode ser contratado externamente. (Poças Martins, 2014).

2.8.1 MEDIDAS DE REDUÇÃO DE ENERGIA NO SETOR DA ÁGUA

De um modo geral, as medidas a adotar para reduzir energia num SAA são (Poças Martins, 2016):

- Estabelecer programas que incentivem a implementação progressiva de auditorias água-energia e benchmarking;
- Melhorar a eficiência das atividades operacionais: reduzir os consumos energéticos pela introdução de novas tecnologias, procedimentos e conceitos de gestão processual (*design-to-energy*);
- *Smart-to-energy*: sistemas de monitorização e gestão da energia, vigilância e alerta, com integração de smart-systems;
- Transformar as instalações de locais de consumo para locais de produção de energia (*energy neutral design*)
- Utilizar mais energia renovável como substituto de energias fósseis no ciclo urbano da água sem alterar a fiabilidade e eficiência dos processos;
- Integração operacional com outros sectores, visando uma redução/produção global e integrada de energia.

De modo a ser mais específicos na redução de consumo de energia, apresenta-se na Figura 2.31 um conjunto de medidas por áreas de intervenção.

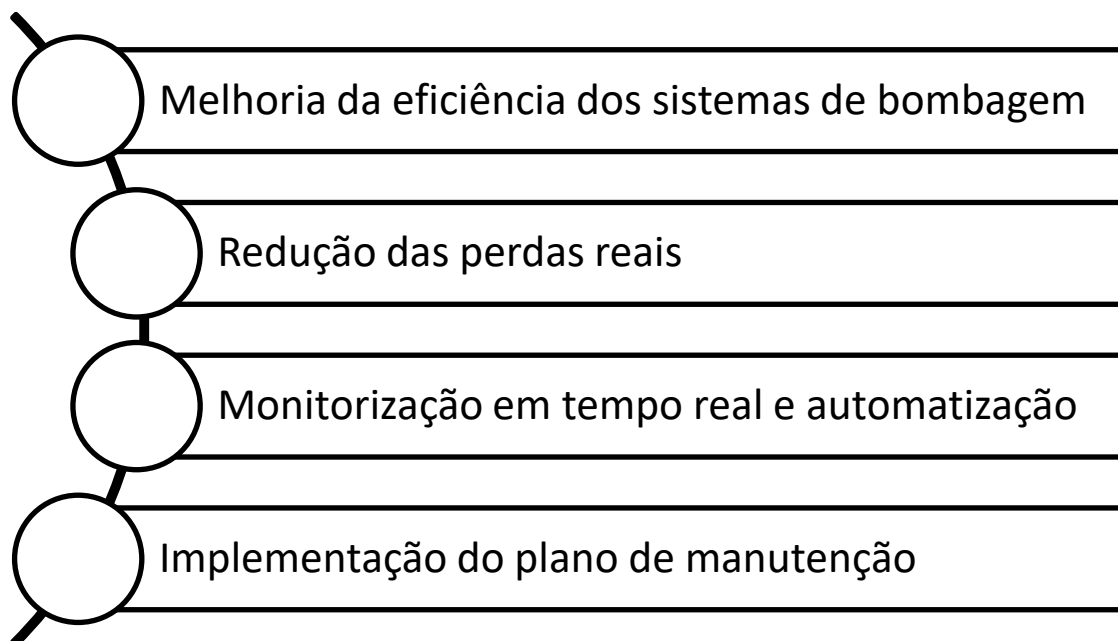


Figura 2.31: Medidas de redução de consumo de energia num SSA.

2.8.1.1 MELHORIAS DA EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS DE BOMBAGEM

De seguida apresentam-se um conjunto de medidas para reduzir o consumo de energia dos sistemas de bombagens (Poças Martins, 2014)

- Substituir as bombas ineficientes (muitas vezes de grandes dimensões) por outras eficientes e de tamanho adequado;
- Instalar bombas hidráulicas de velocidade variável que consomem menos energia;
- Inspeção regular e manutenção preventiva das bombas, incluindo a limpeza ou substituição de rodas e a verificação da lubrificação dos rolamentos.

2.8.1.2 REDUÇÃO DAS PERDAS REAIS

Este assunto já foi devidamente abordado anteriormente neste capítulo, no entanto, de seguida apresentam-se um conjunto de medidas gerais para reduzir as perdas reais (Poças Martins, 2014).

- Gestão de pressão na rede;
- Controlo ativo de perdas;
- Reparação rápida e eficaz;
- Substituição de condutas.

Reduzir as perdas de água é de extrema importância para o ambiente já que ao reduzir as perdas de água, reduz-se o consumo de energia o que implica uma menor emissão de carbono para o meio ambiente (APA, 2014).

2.8.1.3 MONITORIZAÇÃO EM TEMPO REAL E AUTOMATIZAÇÃO

De seguida apresentam-se um conjunto de medidas para a monitorização em tempo real e a automatização (Poças Martins, 2014).

- Instalação de dispositivos automáticos: executam ações apenas quando são necessárias;
- Telemetria: transmite informações a partir de dispositivos de controlo remoto para uma estação central;
- Sistema SCADA: controla remotamente os componentes e fornece informações operacionais em tempo real.

2.8.1.4 IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO

Realizar um plano de manutenção e implementar constantemente esse plano de modo a ter as máquinas e os restantes equipamentos do sistema a funcionar com a melhor eficiência possível.

2.9 CONCLUSÃO DO ESTADO DA ARTE

O levantamento da pesquisa bibliográfica existente, referente às perdas de água, é de extrema importância, pois esta ajuda ao leitor a perceber a origem e a realidade atual dos SAA.

Primeiramente, verificou-se que os contornos essenciais das políticas públicas de abastecimento e saneamento de águas começaram a definir-se em Portugal em finais do século XIX. Com o aparecimento de doenças e óbitos resultantes da água contaminada, os SAA começaram a evoluir no sentido de garantir condições mínimas de higiene e de acesso a água potável.

Desde o início e até agora, os SAA têm sido alvo de uma evolução constante, no entanto, em 2015 as EG em baixa apresentaram, segundo o RASARP de 2016, uma média nacional geral ponderada da ANF de 29.8%, o que significa que ainda existe muito trabalho a realizar no sentido de diminuir a ANF, e com isto aumentar a eficiência da EG.

A ANF é composta pelo consumo autorizado não faturado e pelas perdas de água.

As perdas de água dividem-se em duas componentes: as perdas reais e as perdas aparentes. As perdas reais dizem respeito as perdas resultante das fugas nos reservatórios/adutoras, fugas na rede, fugas nas ligações e ruturas. As perdas aparentes referem-se aos erros de medição e ao consumo não autorizado. As perdas aparentes têm um custo associado, normalmente, entre 5 e 6 vezes superior ao custo das perdas reais.

Um dos métodos mais frequentes para a diminuição das perdas aparentes é a telemetria. Existem 4 níveis de telemetria:

- Nível I – Na adução e transporte;
- Nível II – Nas áreas de influência de reservatórios e zonas de medição e controlo (ZMC);
- Nível III – Em grandes consumidores e contadores totalizadores em edifícios;
- Nível IV – Sistema de telemetria domiciliária.

A telemetria é muito importante e útil na redução dos erros de medição, dos erros humanos e na deteção dos consumos não autorizados, no entanto, é importante ressaltar que não é suficiente e que devem ser tomadas outras medidas de deteção e redução das perdas aparentes.

De um modo geral, atualmente, o trabalho realizado no combate às perdas não é tão elevado como deveria ser, e por isso, é muito importante definir metodologias para enfrentar este problema, que, de um modo geral, tem vindo a crescer nos últimos anos.

Depois do estudo da pesquisa bibliográfica referente às perdas de água, e mais propriamente às perdas aparentes, realiza-se então o estudo de um caso real, nomeadamente o estudo da empresa Águas de Gaia, no qual se pretende estudar a situação real das perdas aparentes nesta EG.

3

ÂMBITO E OBJETIVOS

3.1 ÂMBITO

O enquadramento realizado ao longo do capítulo dois foi muito importante uma vez que ajuda a perceber, de um modo geral, o funcionamento dos SAA e também permite conhecer a realidade do setor da água em Portugal. Verificou-se que existe informação que permite perceber melhor o funcionamento dos SAA e as perdas de água, no entanto ainda há muitos aspetos a melhorar nas EG.

Depois de realizado o enquadramento anteriormente referido, chega o momento de tratar em pormenor uma componente das perdas de água, as perdas aparentes, e de sugerir algumas medidas para a redução dessa componente das perdas num SAA.

Relativamente às perdas aparentes num SAA, embora exista já alguma informação considerável disponível, este assunto continua a ser dos que mais preocupam às EG, e por isso, algumas alternativas para reduzir este tipo de perdas serão discutidas com muita atenção no capítulo seguinte da presente dissertação.

O desenvolvimento da presente dissertação foi realizado na empresa Águas de Gaia. A possibilidade de realizar esta dissertação em ambiente empresarial foi extremamente vantajoso porque permitiu o contato direto com as equipas de trabalho, desde os engenheiros até aos operários, já existentes na empresa o que proporciona uma melhor adaptação ao mundo dos SAA e também uma maior troca de ideias, refletindo-se numa maior aquisição de conhecimento.

Outra vantagem de realizar a presente dissertação em ambiente empresarial é ter o benefício de trabalhar com dados reais o que permite adquirir alguma sensibilidade para a resolução dos problemas reais.

3.2 OBJETIVOS

A presente dissertação tem como principal objetivo a monitorização e redução das perdas aparentes utilizando como caso de estudo a situação real da empresa Águas de Gaia.

Depois de analisar a situação real da EG em causa, determinaram-se os seguintes objetivos específicos:

- Estudo dos fatores que influenciam a ANF na empresa Águas de Gaia.
- Realizar um balanço hídrico da Águas de Gaia no qual estejam expressos os resultados em volume, em função do custo associado a cada componente do balanço e em percentagem em relação à AES.
- Estudo económico da viabilidade de uma campanha de substituição de 15000 contadores, do parque de contadores, com 12 anos de idade, aproximadamente.
- Estudo da influência, nas perdas aparentes, do diâmetro do contador num grande cliente da empresa.
- Observação e estudo de alguns ilícitos no município de Gaia.
- Identificar as freguesias do município de Vila Nova de Gaia na qual ocorreram mais ilícitos nos últimos anos.
- Analisar uma ZMC, dentro da freguesia que registou mais ilícitos, para posteriormente verificar se existe, ou não, perdas de água nessa zona.

4

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES NA EMPRESA ÁGUAS DE GAIA

4.1 ÁGUAS DE GAIA

Águas de Gaia tem como missão assegurar de maneira frequente, contínua, e com um elevado nível de eficiência, a distribuição de água de qualidade e a drenagem e tratamento de águas residuais produzidas no concelho, a um preço justo e de acordo com uma perspetiva ambiental sustentável, bem como a gestão e exploração da rede de águas pluviais, gestão de resíduos sólidos urbanos e limpeza pública (Águas de Gaia, 2016).

4.1.1 ANTECEDENTES

Até 1998 os Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Vila Nova de Gaia, em funcionamento desde 1948, asseguravam razoavelmente o abastecimento de água no território municipal, embora registando elevadas perdas. O serviço de saneamento era incipiente, não existindo tratamento de águas residuais (Águas de Gaia, 2007).

A organização dos Serviços Municipalizados de Gaia revelava-se então manifestamente desajustada face às crescentes exigências de qualidade do serviço de abastecimento de água e incapaz de criar um sistema de saneamento que desse resposta às necessidades do concelho (Águas de Gaia, 2007).

Dentro das mudanças urgentes e prioritárias encontravam-se a modernização dos serviços, o controlo das obras em curso, projetar, construir e pôr em funcionamento o sistema de saneamento (Águas de Gaia, 2007).

Para gerir esse indispensável processo de mudança, a Câmara Municipal nomeou em 1998 uma Administração residente para os Serviços Municipalizados de Gaia transformando, posteriormente, em Abril de 1999, na Empresa Municipal Águas de Gaia, ao abrigo da Lei n.º 58/98, de 18 de Agosto (Águas de Gaia, 2007).

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Submedição dos contadores e Consumos ilícitos

Definida a missão, os objetivos e as prioridades da nova Empresa, simplificado o organigrama apenas com um nível de Direção abaixo da Administração, assegurada a mudança num ambiente de paz social, reforçadas as equipas técnicas, melhorada a qualidade de serviço e profundamente modernizado o seu funcionamento, foram desde logo conseguidos importantes ganhos de produtividade e melhorias no atendimento (Águas de Gaia, 2007).

Em 2016 a Empresa investiu 3 024 milhares de euros. A repartição desse investimento pelos diferentes setores de atividade encontra-se na tabela 4.1

Tabela 4.1: Investimento (em milhares de euros) da Águas de Gaia entre o ano 2014 e 2016 (Águas de Gaia, 2016)

Investimento	2014	2015	2016
Água	1310	1745	1280
Saneamento	700	560	546
Parque biológico	149	2	0
Estação Litoral da Aguda	0	0	0
Águas pluviais	807	851	972
Ribeiras e atividades acessórias	66	18	0
Setor Administrativo	136	210	92
Transporte	14	219	13
Setores complementares	37	29	110
Intangível	1	10	9
Financeiro	1	9	2
Total	3221	3653	3024

4.1.2 DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

A Empresa tem por missão a resolução dos problemas de abastecimento de água a nível municipal, num quadro de sustentabilidade económica, financeira e ambiental, observando elevados padrões de qualidade.

A Águas de Gaia abastece a população do concelho com água de qualidade, em quantidade e praticamente sem ruturas, exerce uma ação vigilante sobre as perdas no sistema, as quais representam elevados custos, promove a contenção dos consumos domésticos procurando sensibilizar os clientes para a redução dos desperdícios e

contribui para a qualidade ambiental do concelho, situação que tem merecido o reconhecimento dos munícipes pela qualidade do serviço de abastecimento prestado (Águas de Gaia, 2016).

4.1.2.1 SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

A águas de Gaia garante em todo o território de Vila Nova de Gaia, o acesso da população ao sistema de abastecimento de água, através de uma rede pública de condutas de abastecimento com uma extensão de 1 494 Km.

Na Tabela 4.2 encontra-se as alterações que a EG tem feito na rede de distribuição de água nos últimos 3 anos.

Tabela 4.2: Evolução da rede de distribuição da água (Águas de Gaia, 2016)

Ano	Rede da Água (km)		
	Existente	Antiga substituída	Nova
2014	1492,3	3,7	1,8
2015	1493,4	1,4	1,1
2016	1494,2	0,7	0,8

Como se pode observar na Tabela 4.2, a EG aumentou a rede de distribuição tendo em conta as necessidades e o aumento da população do concelho, assim como, substituiu parte da rede que estava em piores condições com o objetivo de evitar as ruturas e fugas de água.

Nos últimos 3 anos, o número de ramais executados evoluiu conforme discriminado na Tabela 4.3

Tabela 4.3: Número de ramais executados entre o ano 2014 e 2016 (Águas de Gaia, 2016)

Ano	2014	2015	2016
Ramais executados	194	208	210

A execução de ramais novos continuou em valores baixos, ainda reflexo da crise económica instalada e da falta de investimentos em novos empreendimentos imobiliários (Águas de Gaia, 2016).

Na Figura 4.1 encontra-se representada a rede de distribuição de água da EG.



Figura 4.1: Rede de distribuição da Águas de Gaia (Águasgaia.pt, 2016)

4.1.2.2 QUALIDADE DA ÁGUA DISTRIBUIDA

A EG tem garantido o padrão máximo de qualidade da água distribuída e o cumprimento dos requisitos legais. Desde o ano 2009, o grau de avaliação é de 100% do cumprimento legal, traduzido pelo cumprimento na frequência de amostragem (100% de análises obrigatórias) e na qualidade da água (100% de análises em conformidade com o valor paramétrico), sendo por isso considerada uma água 100% segura.

No ano de 2016, de acordo com o Decreto-Lei nº 306/2007 de 27 de agosto, a EG Águas de Gaia e mediante o cumprimento do Plano de Controlo de Qualidade da Água (PCQA), aprovado pela ERSAR, realizou 4 812 análises a diferentes parâmetros microbiológicos, físico-químicos e radioativos (732 CR1 - Controlo de rotina 1, 157 CR2 - Controlo de rotina 2 e 9 CI - Controlo de inspeção) em 732 pontos de amostragem nas redes prediais, distribuídos geograficamente por todo o concelho e correspondentes às torneiras dos consumidores no interior das instalações ou estabelecimentos (Águas de Gaia, 2016).

Paralelamente ao PCQA, Águas de Gaia desenvolveu um Plano Operacional de Controlo de Qualidade de avaliação da água na rede pública, tendo realizado 177 recolhas de amostras de água, incluindo o parâmetro *legionella pneumophilla* e

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
Submedição dos contadores e Consumos ilícitos

glifosato em 83 caixas de controlo de qualidade, distribuídas pelas freguesias do concelho, representativas da água armazenada nos 32 reservatórios constituintes do sistema e da água distribuída nas condutas de distribuição (Águas de Gaia, 2016).

4.1.3 CONSUMO DE ÁGUA

Na Tabela 4.4 é possível observar o consumo de água nos últimos cinco anos.

Tabela 4.4: Consumo de água (m³) entre 2012 e 2016 (Águas de Gaia, 2016)

	2012		2013		2014		2015		2016	
Consumos do concelho	m³	%	m³	%	m³	%	m³	%	m³	%
Domésticos	10148205	76,9	9897980	75,7	9649981	77,1	9893285	75,1	10068603	76,4
Comércio e Indústria	1953856	14,8	1927542	14,7	1907617	15,3	2045957	15,5	2093523	15,9
Serviços Públicos	199817	1,5	205547	1,6	186747	1,5	207551	1,6	205517	1,6
Municípios e J. de Freg.	555372	4,2	513075	3,9	492875	3,9	522079	4,0	557337	4,2
Benef. e desporto	169396	1,3	180042	1,6	173882	1,4	187815	1,4	177188	1,3
TOTAL	13026646	98,7	12724186	97,5	12411102	99,2	12856687	97,6	13102168	98,4
Consumo Próprio	165950	1,3	357883	2,5	97544	0,8	320264	2,4	213213	1,6
Total Geral	13192596	100	13082069	100	12508646	100	13176951	100	13315381	100

Relativamente ao volume de água adquirido, por cliente, verifica-se, através da Tabela 4.5 que, entre 2012 e 2016, foi no ano de 2016 que houve um consumo mais elevado de água. Relativamente aos clientes domésticos, unicamente, foi no ano de 2012 que se verificou um maior consumo, como se pode observar na Tabela 4.6.

Tabela 4.5: Consumo médio de água adquirido por cliente/ano (Águas de Gaia, 2016)

Ano	Consumo medio por cliente (m³)
2012	98
2013	96
2014	94
2015	97
2016	98

Tabela 4.6: Consumo médio de água adquirido por cliente doméstico (Águas de Gaia, 2016).

Ano	Consumo cliente doméstico (m³)
2012	84,16
2013	82,32
2014	80,16
2015	81,69
2016	81,48

4.2 ESTUDO DESENVOLVIDO

- TIPIFICAÇÃO DO ESTUDO DESENVOLVIDO

O estudo desenvolvido consiste em apresentar algumas medidas de redução e monitorização das perdas aparentes em função da situação real da Águas de Gaia.

O presente estudo foi desenvolvido durante cinco meses, desde fevereiro até junho de 2017.

A EG tem inserido no seu método de trabalho a sensibilidade e a preocupação para a redução das perdas de água e isso foi possível verificar com as visitas efetuadas ao longo da realização da dissertação na empresa.

Nas Figuras 4.2 e 4.3 é possível observar a substituição de contadores antigos na freguesia de Santa Marinha e São Pedro da Afurada.



Figura 4.2: Contador antigo.



Figura 4.3: Contador novo

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
Submedição dos contadores e Consumos ilícitos

Nas Figuras 4.4, 4.5, 4.6 e 4.7 é possível observar a criação de uma rede de distribuição de água na Freguesia de Canelas.



Figura 4.4: Escavação do terreno.



Figura 4.5: Preparação da conduta a inserir.



Figura 4.6: Colocação da conduta.



Figura 4.7: Conduta inserida.

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Submedição dos contadores e Consumos ilícitos

Nas Figuras 4.8, 4.9, 4.10 e 4.11 é possível observar prolongamento da rede de distribuição de água na Freguesia de Oliveira do Douro.



Figura 4.8: Escavação do terreno.

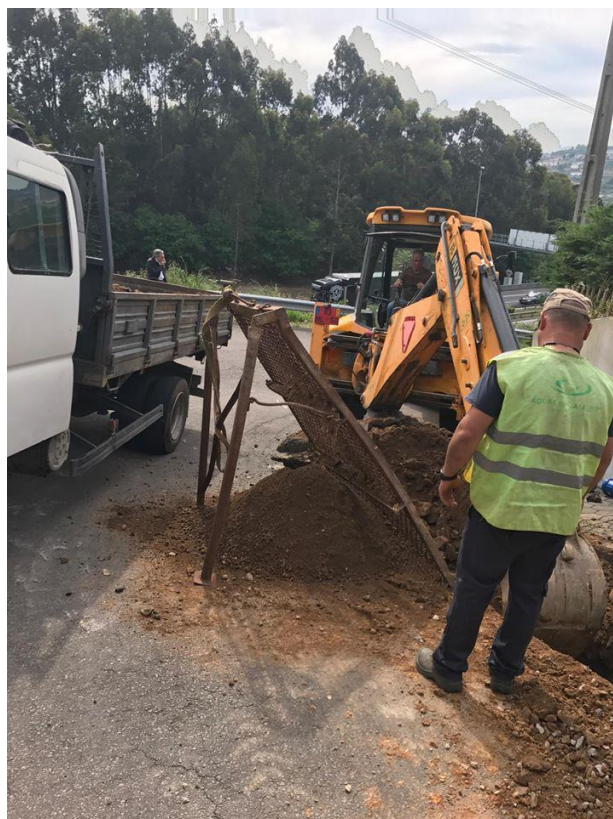


Figura 4.9: Gradagem dos sedimentos.

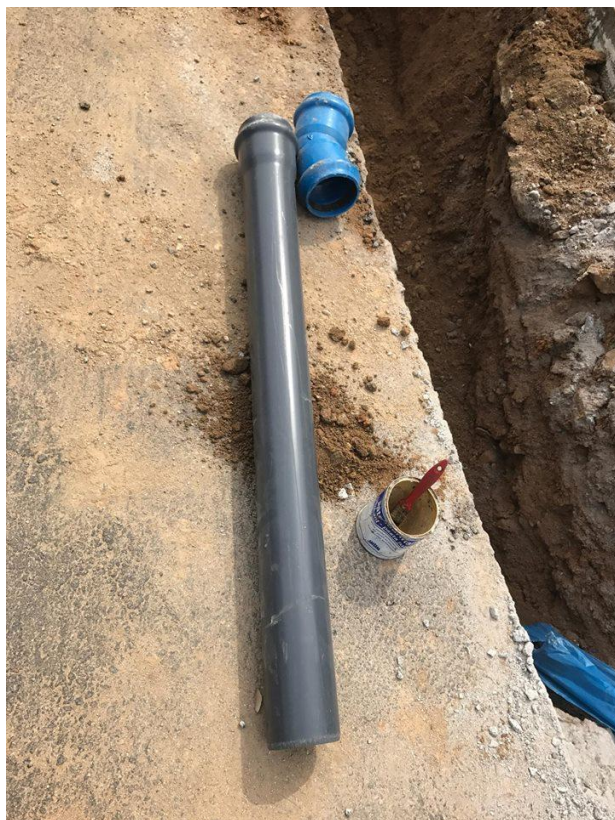


Figura 4.10: Conduta a inserir.



Figura 4.11: Conduta inserida.

4.2.1 ESTUDO DOS FATORES QUE INFLUENCIAM A ANF NA EMPRESA ÁGUAS DE GAIA.

No ano de 2016 o volume da ANF atingiu os 5361798 m³, verificando-se, assim, uma diminuição de 46433 m³ em relação ao ano 2015, o que é muito positivo uma vez que como a AES aumentou era espectável que a ANF também aumentasse ligeiramente.

Na Tabela 4.7 é possível verificar a variação de alguns índices entre o ano 2012 e 2016.

Tabela 4.7: Variação de alguns índices entre o ano 2012 e 2016 (Águas de Gaia, 2016)

%	2012	2013	2014	2015	2016
Perdas reais	15,1	15,2	15,9	15,9	15,8
Perdas aparentes	3,3	5,0	6,4	5,5	5,6
Consumos autorizados não faturados	8,9	8,7	9,3	7,6	7,3
Água não faturada	27,2	28,9	31,6	29,1	28,7

De modo a ter uma melhor perceção da variação da ANF, AF e AES entre 2012 e 2016 apresenta-se a Figura 4.12.

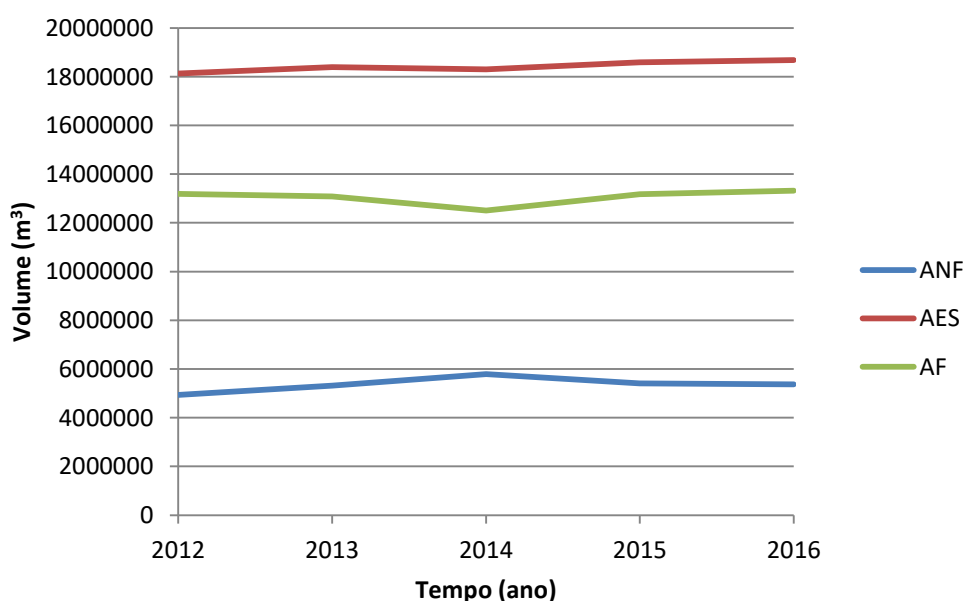


Figura 4.12: Variação da ANF, AF e AES entre o ano 2012 e 2016

Analisando a tabela 4.7 e a figura 4.12 é possível verificar que a quantidade de ANF tem diminuído nos últimos dois anos. A diminuição ocorrida neste período de tempo, para além de resultar do fruto do esforço das equipas de trabalho e da utilização dos meios tecnológicos mais recentes, deveu-se ao início das campanhas de substituição dos contadores mais antigos, o que permitiu a redução das perdas aparentes por erros de medição em 114 863 m³ no ano 2015 e 33122 m³ no ano 2016, e à substituição das condutas antigas de arruamentos na zona do Bairro de Quebrantões, na freguesia de Oliveira do Douro.

Na Tabela 4.8 encontra-se representado o balanço hídrico desde o ano 2012 até 2016.

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
Submedição dos contadores e Consumos ilícitos

Tabela 4.8: Balanço hídrico entre o ano 2012 e 2016 (Águas de Gaia, 2016)

Balanço hídrico	2012		2013		2014		2015		2016	
	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%
AES	18126786	100	18396207	100	1827752	100	18585181	100	18677179	100
Consumo autorizado	14796835	81,6	14688318	79,8	14225165	77,7	14593202	78,5	14674131	78,6
Faturado	13192595	72,8	13082068	71,1	12508664	68,4	13176952	70,9	13315381	71,2
Medido	7063793	39,0	7487399	40,7	7141784	39,0	7740110	58,7	7825969	58,8
Não Medido	5962852	32,9	5594669	30,4	5366880	29,4	5436842	41,3	5489412	41,2
Consumo próprio	165950	0,9	357883	1,9	97544	0,5	320264	1,7	213213	
Não Faturado	1604240	8,9	1606250	8,7	1716501	9,3	1416250	7,6	1358750	7,3
Perdas de água	3329951	18,4	3707889	20,2	4072587	22,3	3991979	21,5	4003048	21,4
Perdas Aparentes	598072	3,3	921766	5,0	1165351	6,4	1029180	5,5	1043548	5,6
Consumo não autorizados	135810	0,7	138840	0,8	195570	1,1	174262	0,9	221752	1,2
Erros de medição	462262	2,6	782926	4,3	969781	5,3	854918	4,6	821796	4,4
Perdas reais	2731879	15,1	2786123	15,2	2907236	15,9	2962799	15,9	2959500	15,8
Fugas nos reservatórios e adutoras	160242	0,9	176266	1,0	175385	1,0	184154	1,0	193362	1,0
Fugas na Rede	754601	4,2	609178	3,3	613375	3,3	607710	3,3	596902	3,2
Fugas nas ligações	2181432	12,0	1779756	9,7	1792018	9,8	1775467	9,6	1743889	9,4
Rupturas	92522	0,5	220923	1,2	326485	1,8	395468	2,1	425348	2,3
ANF	4934191	27,2	5314139	28,9	5789088	31,6	5408231	29,1	5361798	28,7

Analisando a Tabela 4.8 é possível verificar que, em termos de volume, as componentes que mais influenciam a ANF são as perdas reais, seguidas do consumo autorizado não faturado e por último as perdas aparentes, correspondendo no ano de 2016 a uma percentagem de 15,8%, 7,3% e 5,6 % respetivamente.

Embora as perdas aparentes sejam as que apresentam o menor volume da ANF, é de extrema importância o estudo desta componente pois o prejuízo económico que se obtém com este tipo de perdas é de cerca de 5 ou 6 vezes mais elevado, por metro cubico de água, do que o que se obtém com as perdas reais. Esta diferença de preço deve-se ao facto de que às perdas aparentes é-lhe atribuído o custo relativo à venda da água (que inclui os serviços de águas residuais e por vezes o custo associado ao tratamento dos resíduos sólidos urbanos, e por isso, tem um custo mais elevado) enquanto que às perdas reais é-lhe atribuído apenas o custo relativo a captação da água.

Mas será que o volume de água perdido é diretamente proporcional ao custo associado? Para responder a essa pergunta calculou-se é possível um possível balanço hídrico detalhado para a Águas de Gaia.

Na Tabela 4.9 é possível observar o balanço hídrico calculado.

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
Submedição dos contadores e Consumos ilícitos

Tabela 4.9: Balanço hídrico detalhado da empresa Águas de Gaia para o ano 2016

Água entrada no sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido	Água faturada
V= 18677179 m ³ /ano %= 100% Custo ⁽¹⁾ = 8,41 M €/ano	V= 14674131 m ³ /ano %= 78,5 Custo ⁽⁷⁾ = 37,3 M €/ano	V=13315381 m ³ /ano %= 71,2 Custo ⁽⁶⁾ = 36,6 M €/ano	V=7825969 m ³ /ano %=58,8 Custo ⁽⁸⁾ =21,5 M €/ano	V=13315381 m ³ /ano %= 71,2 Custo ⁽²⁾ =36,6 M €/ano
			Consumo faturado não medido	
		V= 1358750 m ³ /ano %=7,3% Custo ⁽⁵⁾ = 0,611 M €/ano	V= 5436842 m ³ /ano %= 41,2 Custo ⁽⁹⁾ =15,1 M €/ano	Água não Faturada V=5361798 m ³ /ano %= 28,7 Custo ⁽³⁾ =4,81 M €/ano
			Consumo não faturado medido	
	Perdas de água V= 4003048 m ³ /ano %= 21,4 Custo ⁽¹⁷⁾ = 4,20 M€/ano	Consumo autorizado não faturado	V= 0 m ³ /ano %=0 Custo=0	
			Consumo não faturado não medido	
		Perdas aparentes	V= 1358750 m ³ /ano %= 7,3 Custo ⁽⁴⁾ = 0,611 M €/ano	
			Consumo não autorizado	
		Perdas reais	V=221752 m ³ /ano %=1,20 Custo ⁽¹¹⁾ = 0,609 M €/ano	
			Erros de Medição	
			V=821796 m ³ /ano %=4,4 Custo ⁽¹²⁾ = 2,26 M €/ano	
			Fugas nas condutas de adução e distribuição	
			V= 1022250 m ³ /ano %= 5,5 Custo ⁽¹³⁾ =0,460 M €/ano	
			Fugas e extravazamentos nos reservatórios	
			V=193362 m ³ /ano %=1,0 Custo ⁽¹⁴⁾ =0,0870 M €/ano	
			Fugas nas ligações	
			V=1743889 m ³ /ano %=9,4 Custo ⁽¹⁵⁾ =0,785 M €/ano	

O modo como foi calculado o custo associado a cada componente encontra-se explicado no anexo A.

Na Tabela 4.9 está representado um possível balanço hídrico do ano 2016 para a empresa Águas de Gaia. De modo a dar uma elevada expressividade ao balanço hídrico, os resultados foram expressos em volume de água, em percentagem relativamente a AES e em função do custo, em milhões de euros, associado a cada componente.

Analisando a Tabela 4.9 verifica-se que o balanço hídrico é uma ferramenta fundamental porque demonstra de maneira clara e eficaz a situação real da AF e da ANF da EG. Permite observar o volume de água que a empresa consegue faturar, e o que não consegue, e expressa os custos associados a cada uma das componentes das perdas de água. A EG em causa tem enorme prejuízo com a água não faturada, sendo que no ano 2016 a ANF teve um custo de 4,81 M€/ano. Este balanço hídrico permite verificar que as perdas aparentes, embora apresentem baixa percentagem em relação a AES, têm associado um custo muito superior às perdas reais e ao consumo autorizado não faturado.

Segundo o RASARP de 2016 a média nacional geral ponderada da ANF, para os sistemas de abastecimento em baixa, é de 29.8%. No ano de 2016 a empresa Águas de Gaia, apresentou um valor de ANF correspondente a 28,7% da AES, embora seja um valor relativamente elevado, a EG apresenta um valor abaixo da média geral ponderada. O objetivo da empresa é reduzir esse valor a pelo menos 20,0% da AES, para isso é necessário estudar em pormenor as componentes da ANF de modo a perceber quais as que causam maior impacte negativo de modo a serem tratadas com prioridade.

A Figura 4.13 representa, em percentagem relativa ao volume de ANF, as diferentes componentes associadas à ANF para o ano 2016.

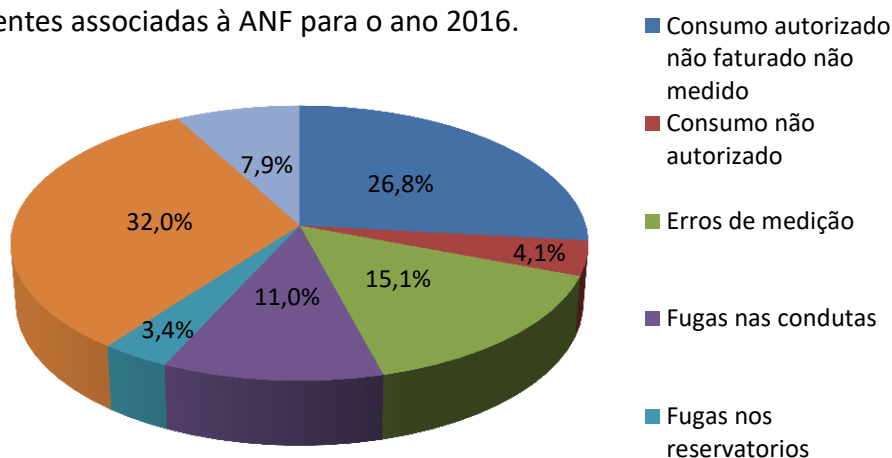


Figura 4.13: Componentes associadas a ANF, da Águas de Gaia, em 2016

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
Submedição dos contadores e Consumos ilícitos

Analisando a Figura 4.13 verifica-se que dentro da ANF, as componentes que apresentam maior percentagem, em termos de volume, são as fugas nas ligações (32,0%) seguidas do consumo autorizado não faturado (26,8%) e os erros de medição (15,1%). O valor relativo às fugas nas ligações é o resultado obtido utilizando a forma de cálculo da International Water Association (IWA) que considera toda e qualquer ligação – tubo a tubo, tubo a acessório, etc. – existente na total extensão da rede. Já era esperado que as fugas nas ligações constituíssem a maior percentagem da ANF pois, devida a enorme extensão da rede, aproximadamente 1500 km, existem centenas de milhares de ligações passíveis de fuga.

Outra fonte de ajuda para a EG conseguir perceber as perdas de água que a empresa está a ter são as participações/reclamações que recebem, pois através destas a EG é informada de possíveis fugas que possam estar a ocorrer assim como do mau funcionamento dos contadores, por exemplo.

Na Tabela 4.10 é possível observar o número de participações/reclamações entre o ano 2012 e 2016.

Tabela 4.10: Participações/reclamações entre o ano 2012 e 2016 (Águas de Gaia, 2016)

PARTICIPAÇÕES	2012	%	2013	%	2014	%	2015	%	2016	%
Fuga de água em boca-de-incêndio	172	5,0	157	5,4	171	5,3	152	4,8	199	5,7
Fuga de água na via pública	952	29,0	982	33,5	1007	31,0	952	29,8	954	57,4
Sub-Total	1124	34,0	1139	38,8	1178	36,3	1104	34,6	1153	33,1
RECLAMAÇÕES										
Fuga de água no contador	857	26,0	819	27,9	1080	33,2	1157	36,6	1237	35,5
Falta de água	293	9,0	333	11,4	359	11,0	340	10,7	341	9,8
Pavimento abatido	57	2,0	5	0,2	3	0,1	1	0	2	0,1
Falhas de pressão	325	10,0	299	10,2	324	10,0	275	8,6	333	9,5
Contador encravado	112	3,0	98	3,3	92	2,8	100	3,1	108	3,1
Outras	555	17,0	240	8,2	213	6,6	214	6,7	313	9,0
Sub-Total	2199	66,0	1794	61,2	2071	63,7	2087	65,4	2334	66,9
Total	3323	100	2933	100	3249	100	3191	100	3487	100

Analisando a Tabela 4.10 verifica-se que o número de reclamações tem apresentado tendência a aumentar com o passar do tempo. Em termos de participações a que apresenta maior percentagem, em todos os anos analisados, são as fugas de água na via pública. No que diz respeito as reclamações, a que apresenta a maior percentagem, em todos os anos analisados, são as fugas de água nos contadores.

De acordo com informações da empresa, uma percentagem da ANF corresponde ao consumo da câmara municipal. Em tempos passados, este tipo de consumo já foi alvo de estudo nesta EG, no entanto, a situação real deste consumo é muito controversa porque nem sempre é possível relacionar o volume dos consumos com a situação financeira, por exemplo, o que torna o processo complicado e pouco eficiente. O que realmente interessa é saber se o consumo é contabilizado ou não, e de facto é contabilizado, isto levou a concluir que a melhor opção era dar prioridade a outros tipos de perdas que apresentam maior impacto na água não faturada, quer em termos de volume quer em termos económicos, de modo a evitar desde já a propagação destas perdas.

Após discussão dos resultados, e tendo em conta o âmbito e objetivo desta dissertação, é possível concluir que os fatores mais interessantes para estudar, pelo custo a eles associados, são os erros de medição (submedição dos contadores) e os consumos não autorizados (existência de ilícitos). Deste modo ao longo da presente dissertação vão ser abordados alguns métodos de monitorização e de redução deste tipo de componentes da ANF.

4.2.2 ESTUDO ECONÓMICO DA VIABILIDADE DE UMA CAMPANHA DE SUBSTITUIÇÃO DE 15000 CONTADORES DOMÉSTICOS COM APROXIMADAMENTE 12 ANOS DE IDADE.

Como já foi referido no capítulo 2, o erro de submedição dos contadores tende a aumentar ao longo do tempo. Uma das maneiras mais eficazes de diminuir a submedição dos contadores é a substituição dos mesmos.

Mas até que ponto é vantajosa essa substituição para a EG? Para responder a esta questão foi realizado um estudo económico da possível substituição de 15000 contadores domésticos com aproximadamente 12 anos de idade.

No estudo está incluído o investimento inicial, a redução teórica de perdas, o custo associado a essa redução, o acumulado do cash-flow e o payback do investimento.

Um contador tem um custo para a EG de aproximadamente 16€. O custo relacionado ao serviço de instalação de cada contador ronda os 8€/contador. Assim, o custo

associado a substituição de um contador corresponde a soma do custo do contador e do custo de instalação (equação 3).

$$Custo = 8 \text{ €/contador} + 16 \text{ €/contador} = 24\text{€/contador} \quad (3)$$

Como o custo dos contadores varia em função do número de contadores adquiridos, em vez de utilizar os 24€/contador anteriormente calculado, admitiu-se um custo de 22€/contador que é o valor mais esperado para o número de contadores em causa.

Assim, o investimento associado à campanha de substituição de 15000 contadores é feito de acordo com a equação 4

$$Investimento = 22 \text{ €/contador} \times 15000 \text{ contadores} = 330000 \text{ €} \quad (4)$$

De acordo com a Tabela 4.6, para o ano 2016, o consumo médio anual por cliente doméstico foi 81,48 m³ o que significa que por mês um cliente doméstico consome em média 7 m³ aproximadamente.

Taborda, em 1998, realizou um estudo com contadores volumétricos domésticos e não-domésticos, no qual estudou o desgaste dos mesmos em função do tempo de utilização e do caudal que atravessava os contadores com o objetivo de criar uma curva de erros ponderados de medição.

Visto que a EG não possui uma curva de erros ponderados dos seus contadores e que uma das curvas do estudo de Taborda se adequa as características dos contadores e ao consumo dos clientes domésticos do município de Vila Nova de Gaia, para determinar a redução teórica das perdas recorreu-se a Figura 4.14 que indica a evolução dos índices de subcontagem considerando a combinação entre o tempo de instalação dos contadores (domésticos em preto e não domésticos em vermelho) e o consumo mensal.

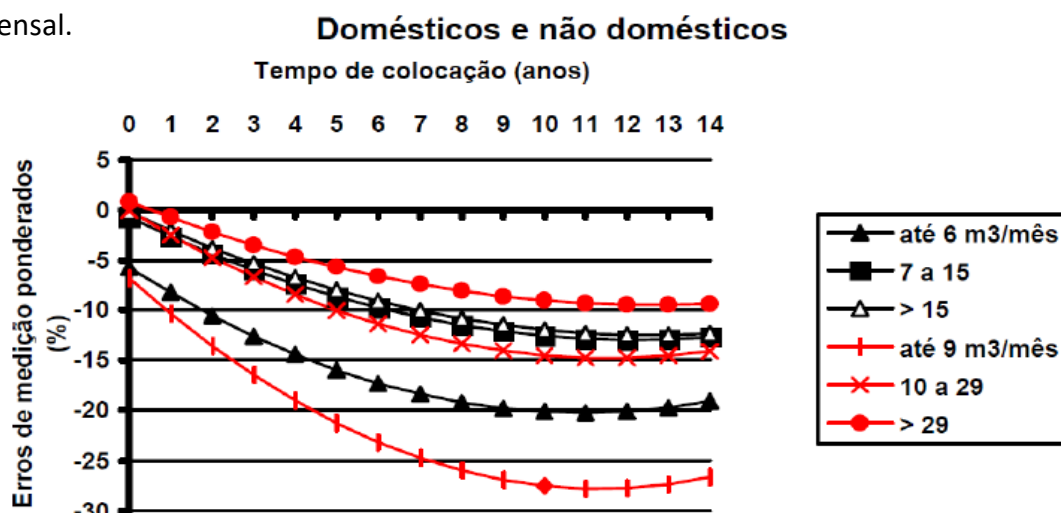


Figura 4.14: Evolução dos índices de subcontagem em função do tempo e do consumo (Taborda, 1998)

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Submedição dos contadores e Consumos ilícitos

Analisando a Figura 4.14 verifica-se que um contador doméstico com consumo de 7 m³/mês e com 12 anos de idade apresenta um erro de submedição de aproximadamente 14% e que um contador recém-instalado apresenta um erro de submedição praticamente nulo, no entanto é sabido que existe sempre erros de submedição associados aos contadores.

Também é possível observar que a partir dos 11 anos o erro de submedição não varia significativamente, por isso, o tempo de vida útil do projeto será de 10 anos.

É importante realçar que só foi utilizado a curva de erros ponderados do estudo de Taborda uma vez que a EG em causa não possui nenhuma curva de erros ponderados realizado com os contadores desta EG, e porque as características dos contadores utilizados nesse estudo se enquadram com os cotadores presentes na EG, no entanto o ideal seria utilizar uma curva de erros ponderados dos contadores da empresa.

Admitiu-se que os erros de submedição por contadores domésticos correspondem a 80% dos erros de medição. Sabendo isto é possível calcular o volume teórico de redução de perdas.

Na Tabela 4.11 é possível observar a redução de perdas esperada, o custo associado a redução de perdas, o cash-flow acumulado e o payback do investimento.

Tabela 4.11: Resultados obtidos no estudo económico

Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Redução de perdas^[1] (%)	12	11	8	7	5	4	3	2	1	0,5
Redução de perdas^[2] (m³)	78892	72318	52595	46021	32872	26297	19723	13149	6574	3287
Custo da redução de perdas^[3] (€)	216954	198875	144636	126557	90398	72318	54239	36159	18080	9040
Custo acumulado da redução de perdas^[4] (€)	216954	415829	560465	687021	777419	849737	903976	940135	958214	967254
Acumulado Cash-Flow^[5]	-113046	85829	230465	357021	447419	519737	573976	610135	658214	637254

No anexo B é possível encontrar a metodologia de cálculo das componentes da tabela 4.11.

Com a informação da tabela 4.11 é possível calcular o payback do investimento através da equação 5.

$$Payback = \frac{|\text{último valor negativo do CF}|}{(|\text{último valor negativo do CF}| + \text{primeiro valor positivo do CF}) + \text{ano do ultimo valor negativo}} \quad (5)$$

$$Payback = \frac{|-113046|}{(|-113046| + 85829) + 1} = 1,6 \text{ anos}$$

Assim, é possível concluir que, tendo em conta as condições anteriormente apresentadas, a substituição de 15000 contadores do parque de contadores é muito vantajosa para a EG já que consegue obter o retorno do investimento em menos de 2 anos, em aproximadamente 1 ano e 7 meses.

Analisando a Tabela 4.11 também é possível concluir que com a substituição dos 15000 contadores, ao fim dos 10 anos a EG vai ter uma redução de perdas de 351729 m³ e um lucro de aproximadamente 637254 euros.

Na Tabela 4.12 é possível observar um quadro resumo do estudo anteriormente realizado.

Tabela 4.12: Quadro resumo dos resultados do estudo económico

Investimento inicial	330000 €
Redução de perdas (ao fim dos 10 anos)	351729 m ³
Custo acumulado da redução de perdas (ao fim dos 10 anos)	967254 €
Lucro para a EG	637254 €
Payback do investimento	1,6 anos

Como exemplo da importância, da substituição de contadores antigos, na redução das perdas de água por submedição dos contadores, na Figura 4.15 encontra-se representado o consumo de dois clientes localizados na rua dos oleiros, na Freguesia de Santa Marinha, antes e depois da substituição do contador antigo.

Os dois clientes pertencem ao mesmo edifício sendo que um mora no 2º andar direito e o outro no 2º andar esquerdo. Por uma questão de confidencialidade os clientes vão ser designados por “cliente” 1 e “cliente 2”.

A substituição do contador foi realizada no início de Junho de 2015.

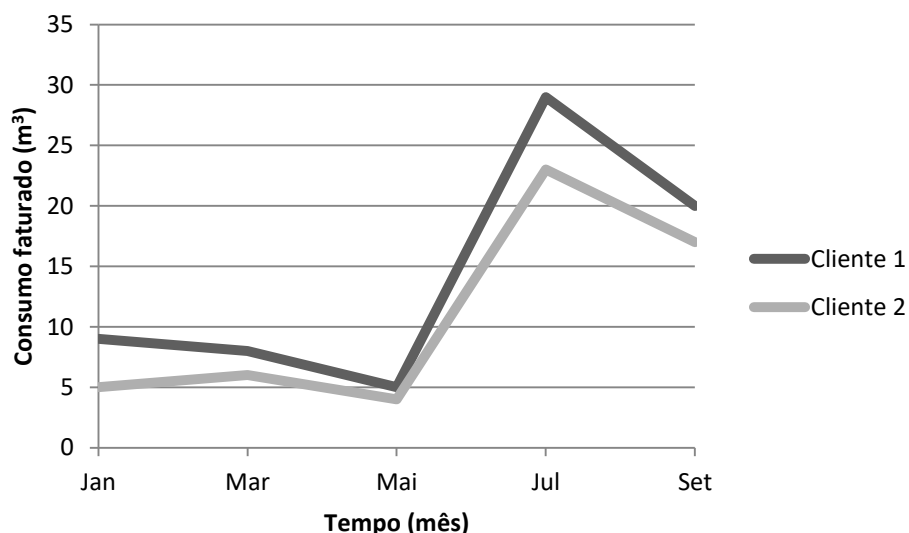


Figura 4.15: Consumo de dois clientes antes e depois da substituição do contador

Analisando a Figura 4.15 é possível observar que, após a substituição dos contadores dos dois clientes, o consumo faturado aumenta consideravelmente. Por exemplo antes da substituição do contador o consumo faturado pela EG, ao cliente 1, foi de 5 m³ no mês de maio e após a substituição do contador a EG já conseguiu faturar um consumo de 29 m³ no mês de julho. Para o cliente 2, antes da substituição do contador o consumo faturado pela EG foi de 4 m³ em maio e após a substituição do contador a EG já conseguiu faturar um consumo de 23 m³ em julho do mesmo ano.

Assim verifica-se que foi extremamente vantajoso a substituição destes contadores uma vez que a EG passou a faturar um volume de água muito superior ao que faturava antes da substituição dos contadores dos respectivos clientes e deste modo consegue reduzir o volume de perdas aparentes e consequentemente aumenta o lucro na faturação da água.

4.2.3 ESTUDO DA INFLUÊNCIA, NAS PERDAS APARENTES, DO DIÂMETRO DO CONTADOR NUM GRANDE CLIENTE

É importante estudar os fatores que influenciam as perdas aparentes em todos os clientes da EG. No entanto de modo a obter resultados mais imediatos o mais aconselhável é começar por estudar os grandes clientes já que estes consomem uma maior quantidade de água o que se reflete numa maior tendência para apresentarem maiores perdas de água.

No presente estudo optou-se por identificar os clientes, pertencentes à Rasa, freguesia de Mafamude, que no ano de 2015 apresentaram consumos médios anuais superiores a 5000 m³ e posteriormente analisou-se um deles.

O principal objetivo deste estudo é analisar a influência, nas perdas aparentes, do diâmetro do contador existente de modo a ser realizada uma futura substituição do contador atual por um contador com um diâmetro mais favorável para a redução das perdas de água, caso o contador do cliente em estudo esteja mal dimensionado.

É importante estudar o diâmetro dos contadores porque em muitos casos os contadores estão sobredimensionados o que implica que ocorra uma subcontagem da água que passa pelo mesmo, resultando em prejuízo para a EG.

Analisando os dados fornecidos pela EG verifica-se que na Rasa existem 38 clientes com consumos médios anuais superiores a 5000 m³ como se pode verificar na Tabela 4.13.

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
Submedição dos contadores e Consumos ilícitos

Tabela 4.13: Consumos superiores a 5000 m³ no ano 2015

Código Prédio	Consumo (m ³ /ano)
57319	5029
65991	5145
63747	5191
61387	5398
59994	5454
57307	5523
65705	5651
39504	5724
57960	5757
67999	5776
63171	5942
11724	6079
63177	6552
39474	6711
60528	6895
55751	6935
39503	7869
61610	7978
59995	8181
39471	8364
58010	8891
39417	9175
68032	9241
39475	9666
66205	9749
69067	11324
73790	14245
62468	14657
72602	15587
57839	16018
56686	17554
61187	20742
39472	22067
70818	28164
55313	35405
56688	61750
60488	64313
55813	67400

Dentro dos clientes apresentados na Tabela 4.13 escolheu-se o cliente com o código prédio número 70818 e com um volume de água consumido, no ano de 2015, de 28164 m³.

O cliente supracitado corresponde a um cliente do tipo “ Comércio, Industria e Agricultura”, o que já era de esperar devido ao elevado consumo de água.

Na Figura 4.16 encontra-se representado a variação do consumo de água desse cliente ao longo do ano 2015.

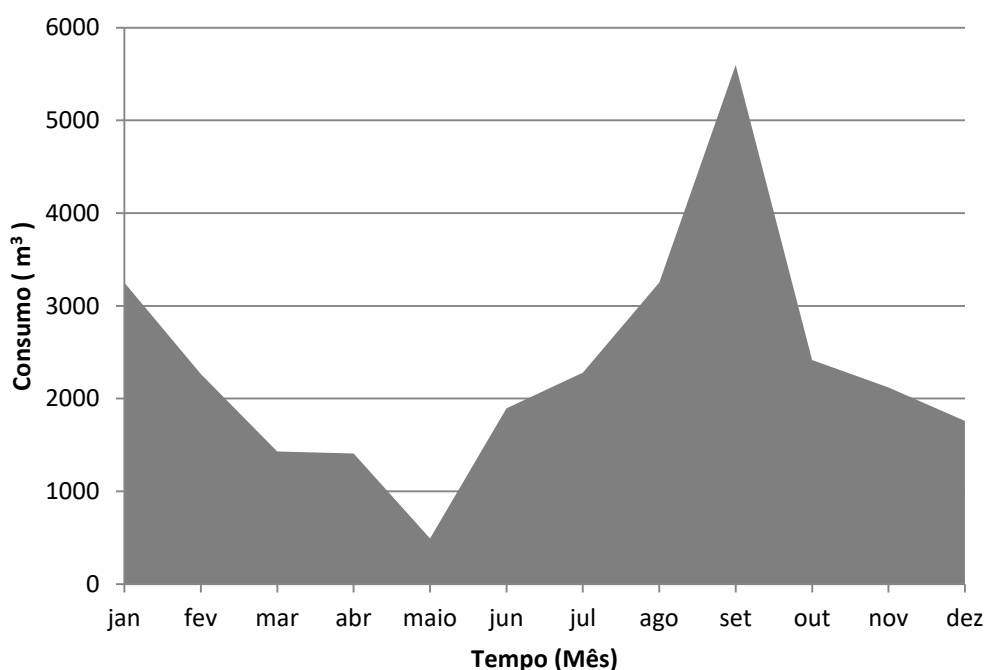


Figura 4.16: Consumo do cliente em estudo ao longo do ano 2015

Analisando a Figura 4.16 verifica-se que o cliente em causa apresenta os maiores consumos nos meses de verão, nomeadamente em agosto e setembro, verificando-se que atinge o maior pico no mês de Setembro, com um consumo mensal de aproximadamente 5500 m³. Sendo este cliente do tipo comercial, já era previsível que apresentasse os maiores consumos de água nestes meses uma vez que é nessa altura do ano que o município recebe mais turistas o que vai obrigar ao cliente a consumir mais água para conseguir responder à procura das pessoas. O cliente em causa também é do tipo “agricultura” o que também ajuda a perceber o facto do maior pico de consumo seja nos meses de verão, pois nesta altura do ano é necessário regar os cultivos com uma maior frequência, comparativamente ao resto do ano.

Na Figura 4.17, é possível observar a variação do consumo diário, do cliente em causa, durante o mês de Agosto de 2015.

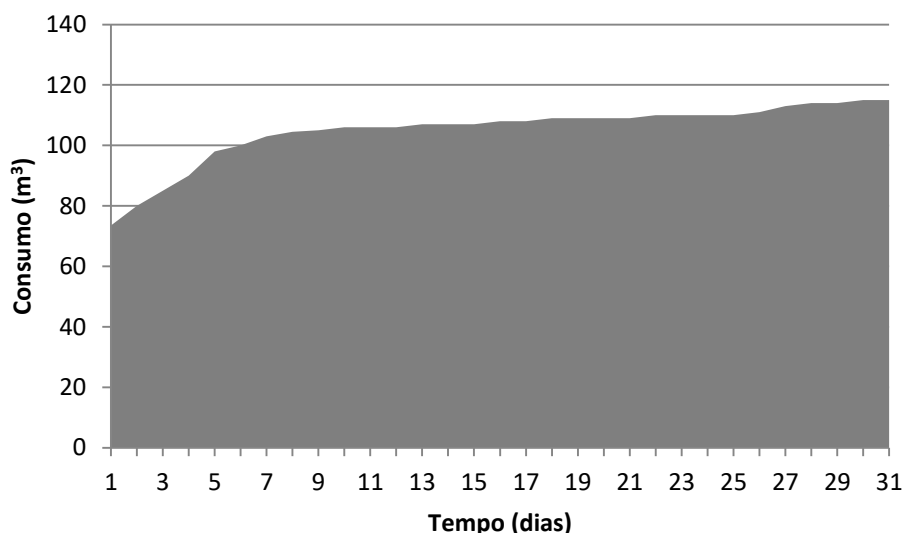


Figura 4.17: Consumo do cliente em estudo ao longo do mês de agosto de 2015

Analisando a Figura 4.17 é possível verificar que, como era de esperar de acordo com a Figura 4.16, o consumo aumentou com o passar dos dias do mês de Agosto.

O cliente em estudo tem instalado dois contadores, um de 80 mm e outro de 50 mm com o objetivo de diminuir ao máximo a possibilidade de submedição e também para posteriormente comparar os registos obtidos pelos dois contadores, aumentando assim a fiabilidade da faturação. Mas será que estes diâmetros estão bem dimensionados para os consumos anteriormente apresentados ou é necessário substituir por contadores de menor diâmetro?

Na Tabela 4.14 é possível observar as características dos contadores instalados.

Tabela 4.14: Características dos contadores instalados no grande cliente em estudo

Contador	Marca	Modelo	Calibre	Estado
BAC2225BCB2533	91-EUROMAGE	MC608/50/5	50	Colocado com Ligação
05xh114306	75-WOLTEX	WOL/80/6	80	Colocado com Ligação

Uma das maneiras mais imediatas de verificar se os contadores estão bem dimensionados é através da curva de erros dos contadores. Segundo esta curva, por norma, quanto maior o diâmetro maior o erro de submedição. Mas não se deve concluir se um contador esta bem dimensionado ou não apenas pela curva de erros dos contadores já que esta estuda a situação de uma maneira muito geral.

De modo a realizar um estudo mais particularizado, realizar-se-á um estudo das velocidades do fluido que atravessa os contadores. Devem existir velocidades médias de escoamento nas condutas para que a distribuição da água se faça em boas condições quer hidráulicas quer sanitárias sendo que a velocidade não deve ser inferior a 0,3 m/s (Paixão e Faria, 1999). Assim, os contadores devem ser dimensionados de modo a que a velocidade da água que atravessa o mesmo não seja inferior a 0,3 m/s para que a possibilidade de submedição seja reduzida. Muitos dos fabricantes dos contadores alertam para esta situação da velocidade mínima recomendada alertando que isto é uma das principais causas da submedição dos contadores. O contador deve atender à flutuação diária do consumo da rede.

A análise das velocidades vai ser realizada com a variação do valor do caudal diário ao longo do mês de agosto de 2015, no entanto, esta não é a precisão temporal mais indicada. O mais indicado seria usar o valor da variação do caudal ao longo de um dia, contudo, tal não é possível porque a EG em causa ainda não possui telemetria que permita o acesso a esse tipo de informação.

Deste modo, com o consumo diário ao longo do mês de agosto de 2015, a Figura 4.18 apresenta a variação da velocidade do contador com diâmetro de 80 mm para o mês de agosto de 2015.

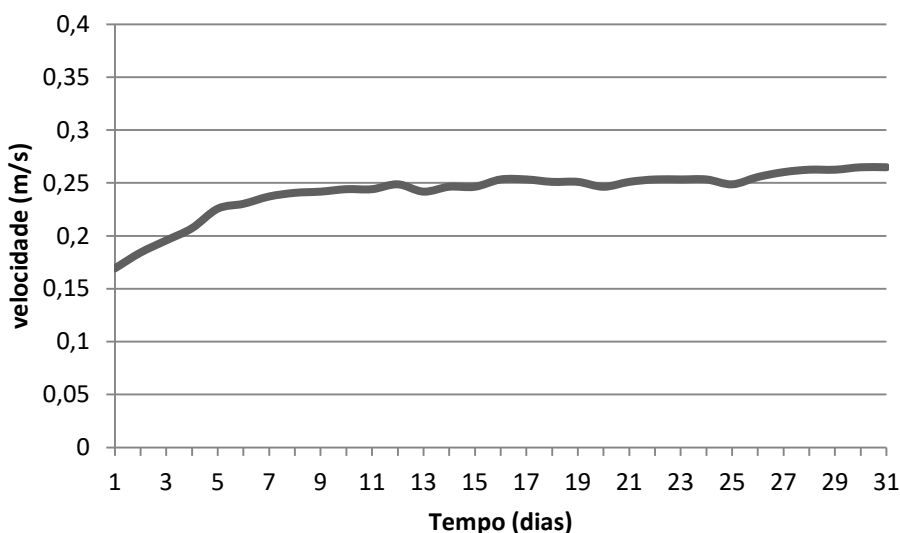


Figura 4.18: Velocidades do contador de 80 mm durante o mês de agosto de 2015

A Figura 4.19 apresenta a variação da velocidade para contador com diâmetro de 50 mm durante o mês de agosto de 2015.

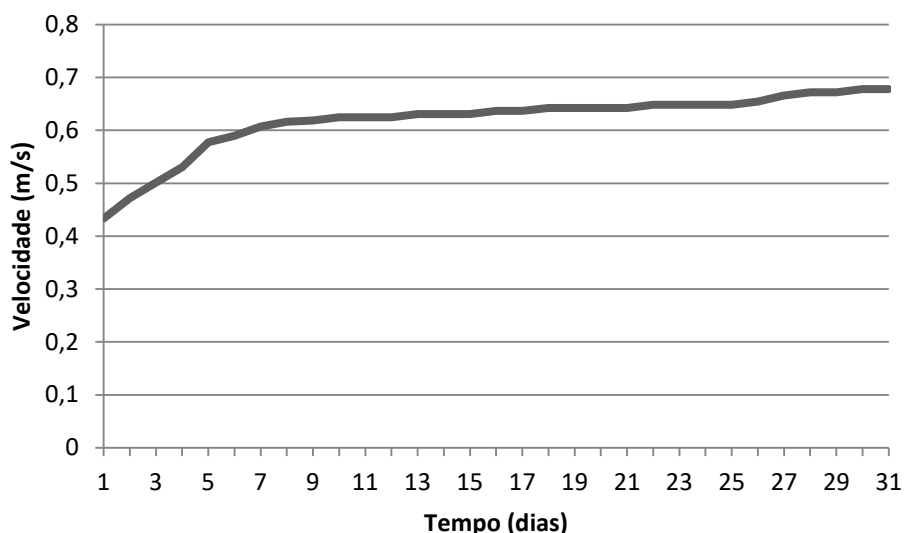


Figura 4.19: Velocidades do contador de 50 mm durante o mês de agosto de 2015

Analisando a Figura 4.18 verifica-se que durante o mês de agosto o contador com diâmetro de 80 mm apresentou sempre uma velocidade inferior à velocidade mínima recomendada (0,3 m/s), o que significa que o contador está sobredimensionado e está a ocorrer submedição da água, refletindo-se em perdas económicas para a EG.

Analisando a Figura 4.19 é possível observar que o contador apresentou sempre velocidades superiores a velocidade mínima recomendada o que permite concluir que este contador está melhor dimensionado e por isso é menos prejudicial à EG.

De seguida apresentam-se as velocidades de possíveis contadores de menor diâmetro, para os caudais reais ao longo do mês de agosto de 2015, para o cliente em causa.

A Figura 4.20 apresenta a variação da velocidade para um contador com diâmetro de 60 mm durante o mês de agosto de 2015.

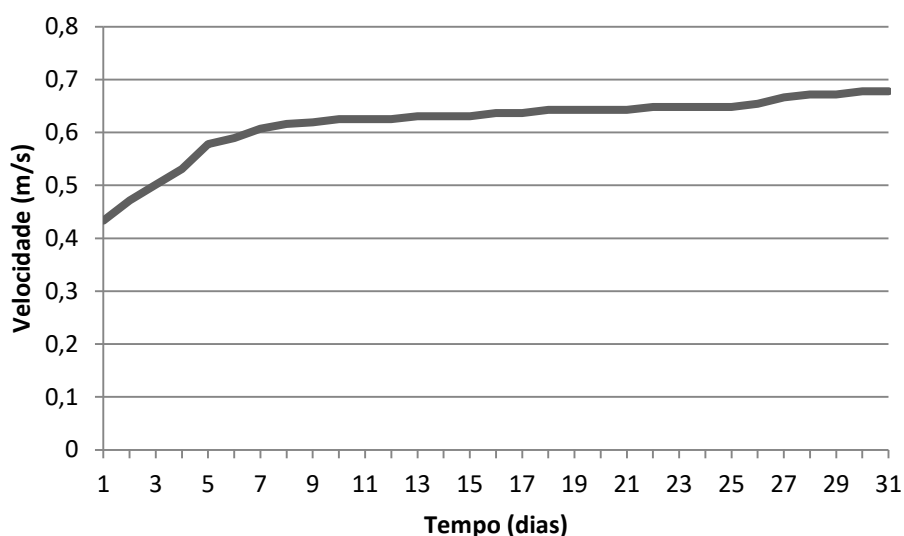


Figura 4.20: Velocidades de um contador de 60 mm durante o mês de agosto de 2015

A Figura 4.21 apresenta a variação da velocidade para um contador com diâmetro de 40 mm durante o mês de agosto de 2015.

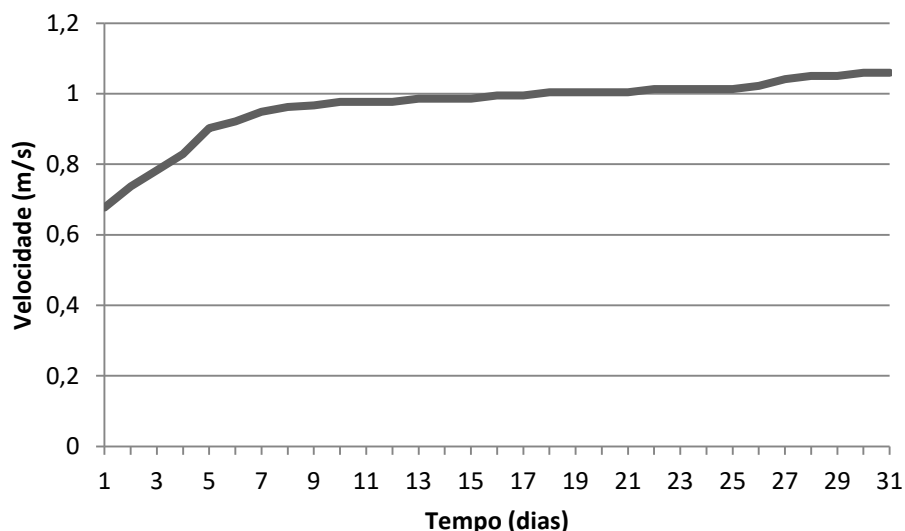


Figura 4.21: Velocidades de um contador de 40 mm durante o mês de agosto de 2015

Analisando as Figuras 4.20 e 4.21 é possível observar que com um contador com diâmetro de 60 mm a velocidade ao longo do mês é sempre igual ou superior aos 0,3 m/s recomendados. Um Contador com um diâmetro de 40 mm apresenta também velocidades superiores a 0,3 m/s, como já era de esperar uma vez que o de 50 mm já apresentava velocidades superiores aos 0,3 m/s.

Analisando as figuras anteriormente representadas é possível concluir que, para os consumos do cliente em causa e tendo em conta a condição da velocidade mínima recomendada, a melhor solução é substituir o contador de 80 mm por um contador de 60 mm já que com este contador é possível conseguir umas condições mais favoráveis para a EG relativamente as perdas de água e a subcontagem da mesma. Relativamente ao contador de 50 mm, de acordo com a curva de erros dos contadores é preferível optar por contadores com menor diâmetro, o que significaria que o mais eficiente seria substituir o contador de 50 mm por um contador de 40 mm, no entanto, a substituição do contador acarreta custos para a EG, e como o de 50 mm já apresenta uma velocidade mínima superior à velocidade mínima recomendada não se justifica a mudança deste contador já que não se espera uma diferença muito significativa na redução das perdas.

Realizou-se também uma simulação das velocidades tendo como base o valor dos caudais médios mensais ao longo do ano de 2015 e verificou-se que, com a substituição do contador de 80mm por um contador com diâmetro de 60 mm, é possível atingir a velocidade mínima recomendada na grande maioria das vezes enquanto que com o contador instalado de 80 mm isso nunca se verifica.

4.2.4 OBSERVAÇÃO E ESTUDO DE ILÍCITOS NO MUNICÍPIO DE GAIA

O Decreto-Lei n.º 194/2009, de 20 de Agosto estabelece o regime jurídico dos serviços municipais de abastecimento público de água, de saneamento de águas residuais e de gestão de resíduos urbanos.

Segundo o artigo 60º, do Decreto-Lei anteriormente referido, o abastecimento de água aos utilizadores deve ser assegurado de forma contínua, sendo que pode ser interrompido, entre outras, nos seguintes casos:

- Casos fortuitos ou de força maior;
- Detecção de ligações clandestinas ao sistema público, com anomalias ou irregularidades no sistema predial detetadas pela entidade gestora no âmbito de inspeções ao mesmo.

Segundo o artigo 72º do Decreto-Lei supracitado, constitui contraordenação, punível com coima de 1500 a 3740 euros, no caso de pessoas singulares, e de 7500,00 a 44890 euros, no caso de pessoas coletivas, a prática dos seguintes atos ou omissões por parte dos proprietários de edifícios abrangidos por sistemas públicos ou dos utilizadores dos serviços:

- Uso indevido ou dano a qualquer obra ou equipamento dos sistemas públicos;
- Execução de ligações aos sistemas públicos ou alteração das existentes sem a respetiva autorização da entidade gestora.

A identificação de uma ligação ilícita origina uma participação, por parte da EG, que por sua vez origina uma sentença do tribunal caso o infrator em causa se recuse a pagar a coima aplicada ou quando é do interesse dele apresentar alguma defesa.

4.2.4.1 LIGAÇÕES DIRETAS NA ÁGUAS DE GAIA

É de extrema importância estudar a existência do consumo não autorizado por parte da população. Embora no ano 2016 este tipo de perdas apresentou apenas 1,19 % da AES, o estudo da mesma é uma maneira de evitar a propagação deste tipo de perdas.

Na presente dissertação, dentro dos consumos ilícitos, vai ser estudada a situação das ligações diretas no Município de Vila Nova de Gaia.

Nas Figuras 4.22, 4.23, 4.24 e 4.25 é possível observar algumas ligações diretas detetadas no município de Vila Nova de Gaia.

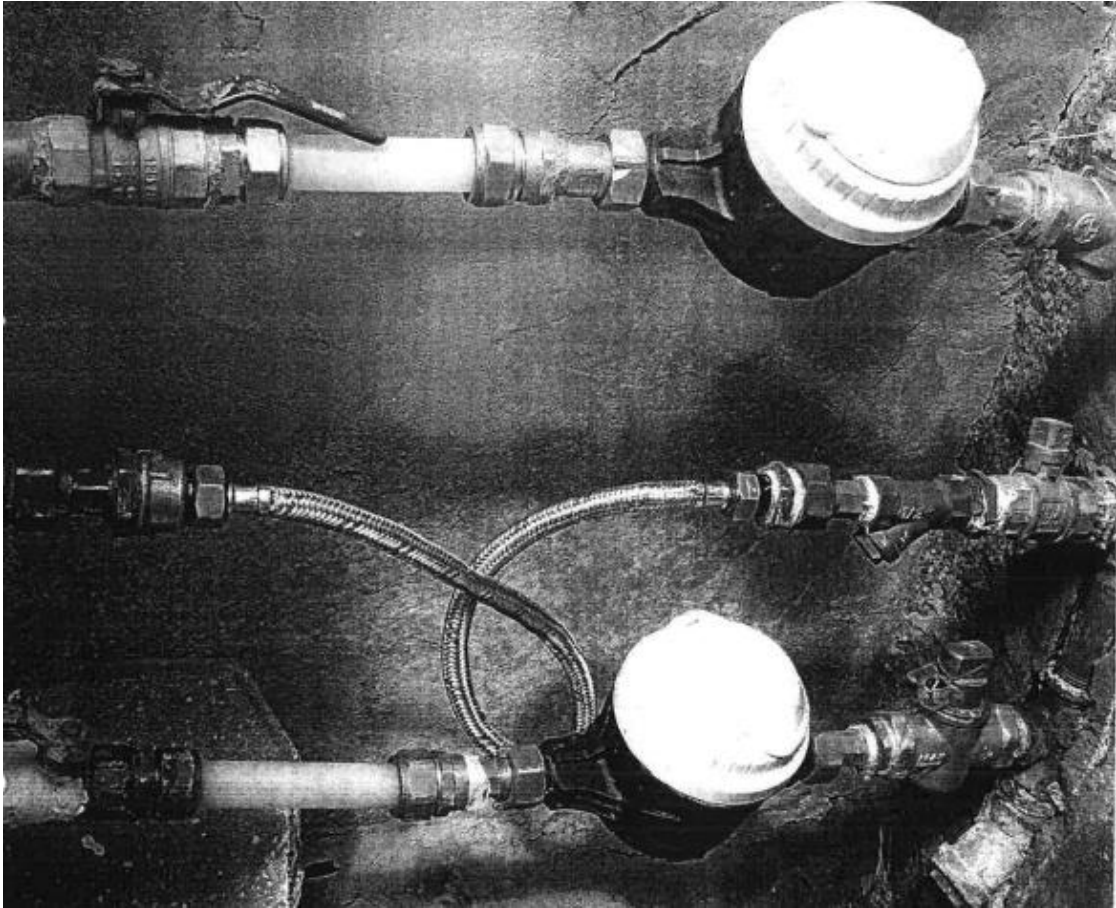


Figura 4.22: Ligação direta nº 1 detetada no município de Vila Nova de Gaia



Figura 4.23: Ligação direta nº 2 detetada no município de Vila Nova de Gaia

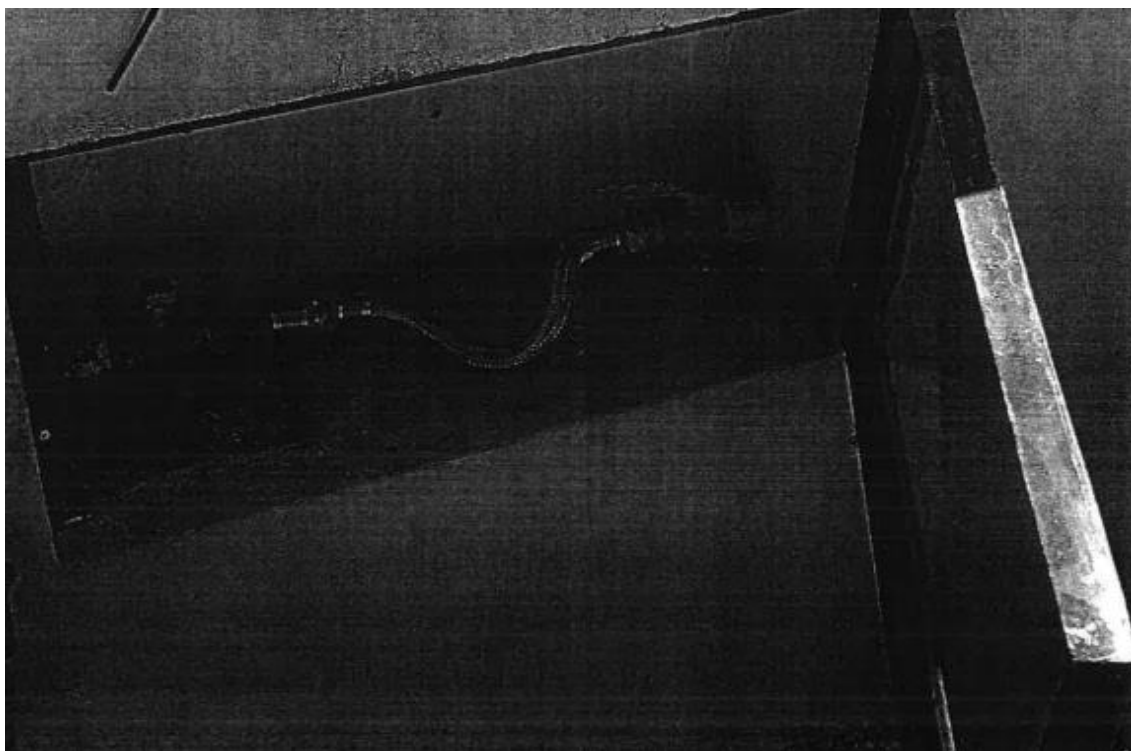


Figura 4.24: Ligação direta nº 3 detetada no município de Vila Nova de Gaia.

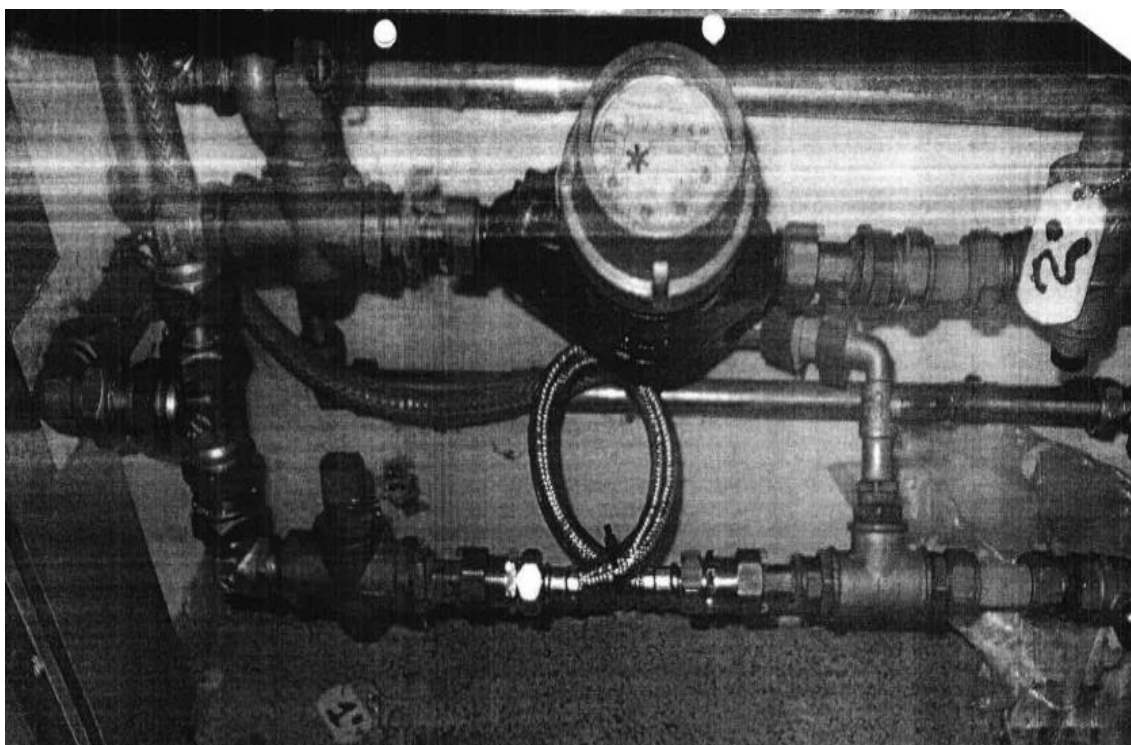


Figura 4.25: Ligação direta nº 4 detetada no município de Vila Nova de Gaia.

Na Figura 4.26 é possível observar a variação das ligações diretas no município de Vila Nova de Gaia entre o ano 2012 e 2016.

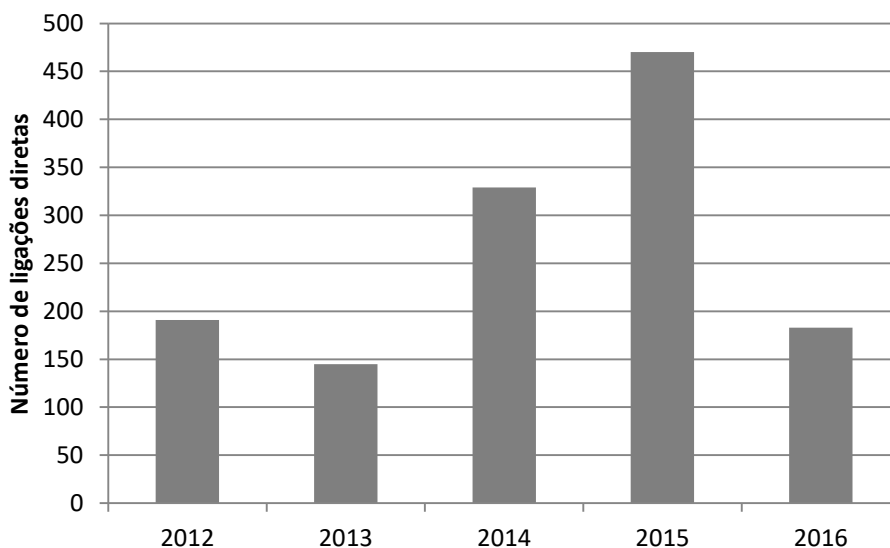


Figura 4.26: Evolução das ligações diretas em Vila Nova de Gaia entre os anos 2012 e 2016

Analisando a Figura 4.26 verifica-se que, entre o ano 2012 e 2016, foi no ano de 2015 que se verificou um maior número de ligações diretas no município de Vila Nova de Gaia, registando-se 470 ligações diretas. Analisando a figura 4.26 verifica-se também que o número de ligações diretas não segue um padrão com o passar do tempo, sendo que no último ano se registou já uma diminuição significativa no número de ligações diretas, registaram-se menos 287 ligações diretas do que no ano 2015.

Na Figura 4.27 encontra-se representado o número de ligações diretas, por freguesias, no município de Vila nova de Gaia para o ano 2016.

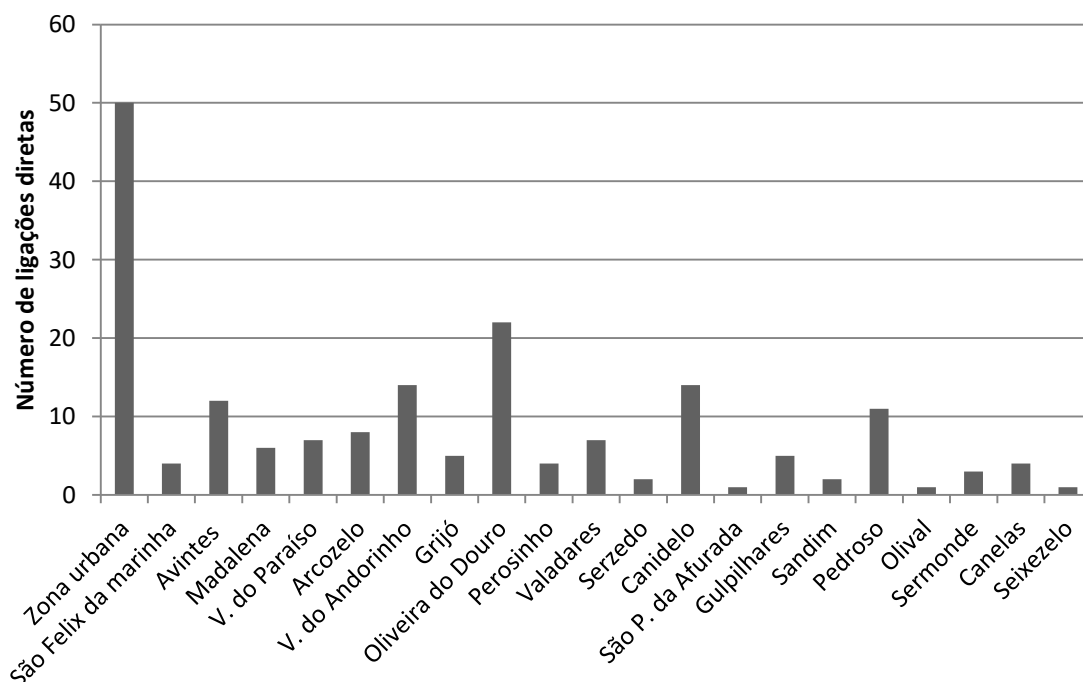


Figura 4.27: Ligações diretas, por freguesias, no Município de Vila Nova de Gaia, no ano 2016

Analisando a Figura 4.27 verifica-se que a freguesia com maior número de ligações diretas detetadas em 2016 foi a zona denominada como “zona urbana” que corresponde a freguesia de Mafamude e Santa Marinha, registando-se 50 ligações diretas. De seguida encontra-se a freguesia de Oliveira do Douro com 22 ligações diretas e as freguesias de Vilar do Andorinho e Canidelo com 14 ligações diretas cada freguesia.

Relativamente ao ano 2017, é possível observar na Figura 4.28 o número de ligações diretas entre o mês de janeiro e o mês de maio.

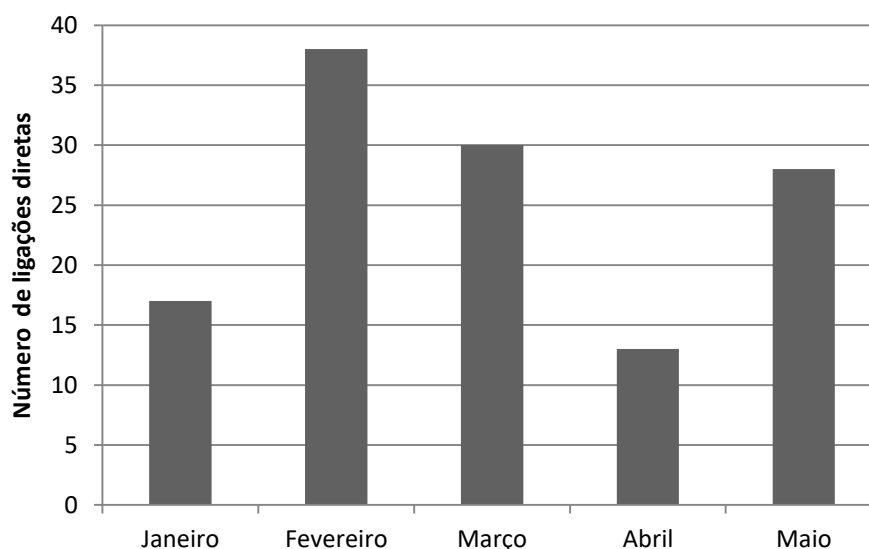


Figura 4.28: Ligações diretas, por mês, no Município de Vila Nova de Gaia, no ano 2017

Analisando a Figura 4.28 é possível verificar que até maio do ano 2017, o mês que apresentou mais registos de ligações diretas foi o mês de Fevereiro, apresentando um total de 38 ligações diretas. Nos primeiros cinco meses do ano 2017, no município de Vila Nova de Gaia já se registaram 126 ligações diretas.

Depois de analisar a Figura 4.27, que é a que apresenta uma visão mais completa das ligações ilícitas no município de Vila Nova de Gaia, verifica-se que o mais interessante será estudar uma ZMC pertencente à zona urbana, uma vez que é nesta zona que se encontrou a maior identificação de ligações diretas no ano de 2016, de modo a perceber se existe, e em que proporções, ANF nessa ZMC.

A ZMC que será alvo de estudo é denominada como R19Z2 e encontra-se localizada na Afurada, rua Capelo Ivens, próxima à ponte da Arrábida e é abastecida pelo reservatório 19, reservatório de General Torres.

Existe 1 contador totalizador que regista o volume de água que é aduzido à ZMC a partir do reservatório de General Torres.

A ZMC R19Z2 abrange um total de 452 clientes. Na Figura 4.29 é possível observar a distribuição do tipo de clientes que pertencem à mesma.

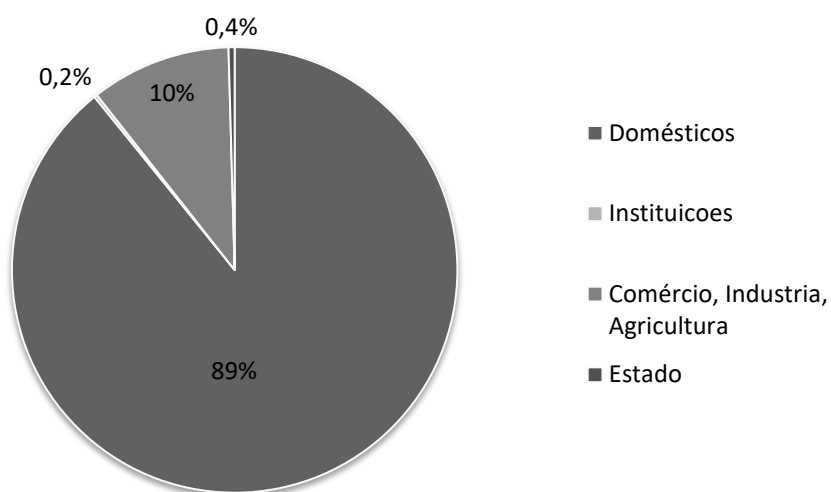


Figura 4.29: Tipos de clientes da ZMC R19Z2

Analisando a Figura 4.29 verifica-se que os clientes domésticos representam 89% dos clientes abrangidos pela ZMC em estudo, seguidos dos clientes “comércio, indústria e agricultura” que representam 10% dos clientes totais. Por último, e numa quantidade muito inferior, encontram-se as “Instituições” e o “Estado”, representando 0,2% e 0,4% respetivamente.

Na Figura 4.30 é possível observar, a sombreado, a localização da ZMC em estudo.

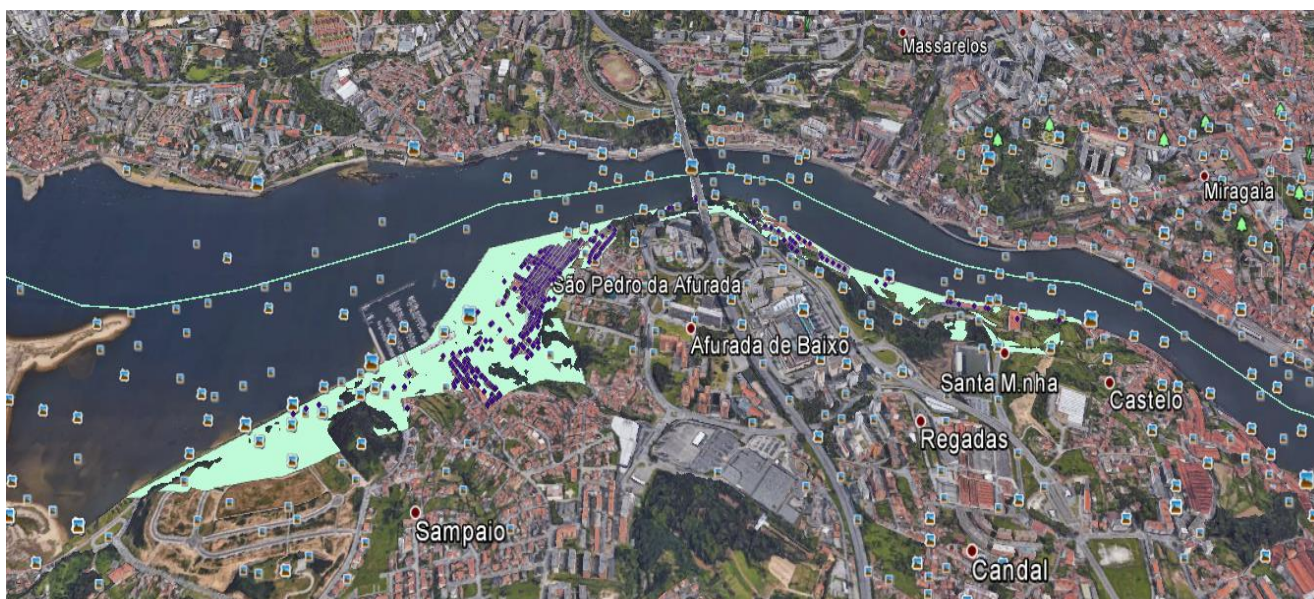


Figura 4.30: ZMC R19Z2 – rua Capelo Ivens

De modo a perceber melhor o funcionamento dos parâmetros, realizou-se a análise dos valores do caudal instantâneo e da pressão na ZMC. Estes valores foram registados, através da telegestão, em intervalos sucessivos de 15 min.

Em primeiro lugar analisaram-se os valores do caudal instantâneo da ZMC durante o mês de dezembro de 2016.

Na Figura 4.31 encontra-se representado o caudal instantâneo entre a 00:00 min do dia 1 de dezembro de 2016 e às 23:45 min do dia 31 de dezembro de 2016.

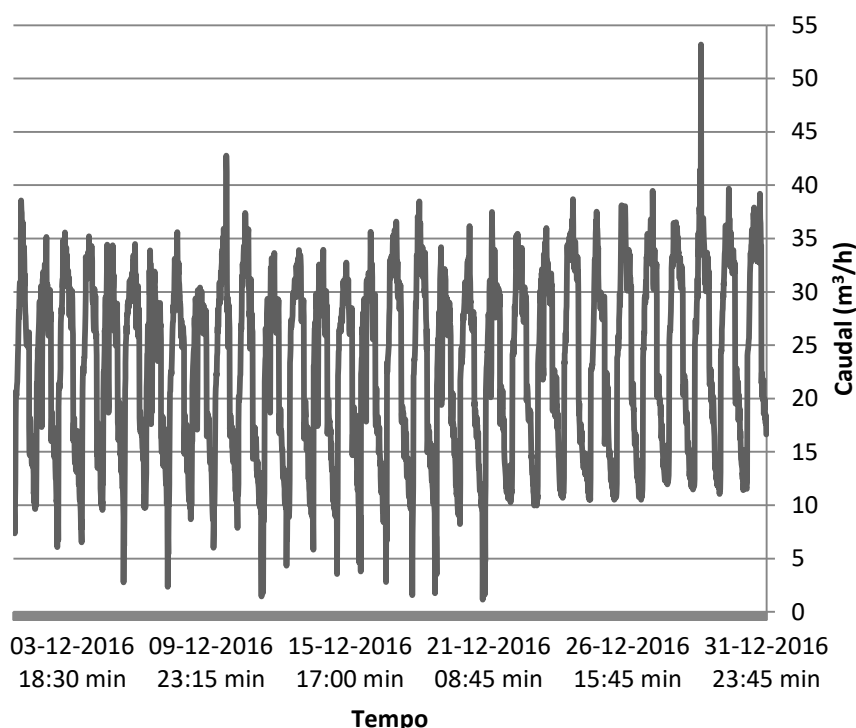


Figura 4.31: Caudal instantâneo da ZMC em estudo entre o dia 01/12/2016 e 31/12/2016

Analisando a Figura 4.31 verifica-se que o caudal instantâneo segue um padrão ao longo do tempo. Optou-se por representar só o caudal entre o dia 01 de dezembro de 2016 e 31 de dezembro de 2016 já que foi a partir de Novembro de 2016 que o caudalímetro começou a funcionar corretamente e deste modo apresentam-se resultados mais próximos da realidade.

A semelhança do que foi feito com o caudal instantâneo da ZMC, realizou-se a análise da pressão, no entanto o medidor de pressão só foi instalado em maio 2017 pelo que a análise da pressão foi feita entre o dia 16 de maio de 2017 e o dia 08 de Junho de 2017.

Na Figura 4.32 encontra-se representada a variação da pressão entre a 00:00 min do dia 16 de Maio de 2017 até às 23:45 min do dia 8 de Junho de 2017.

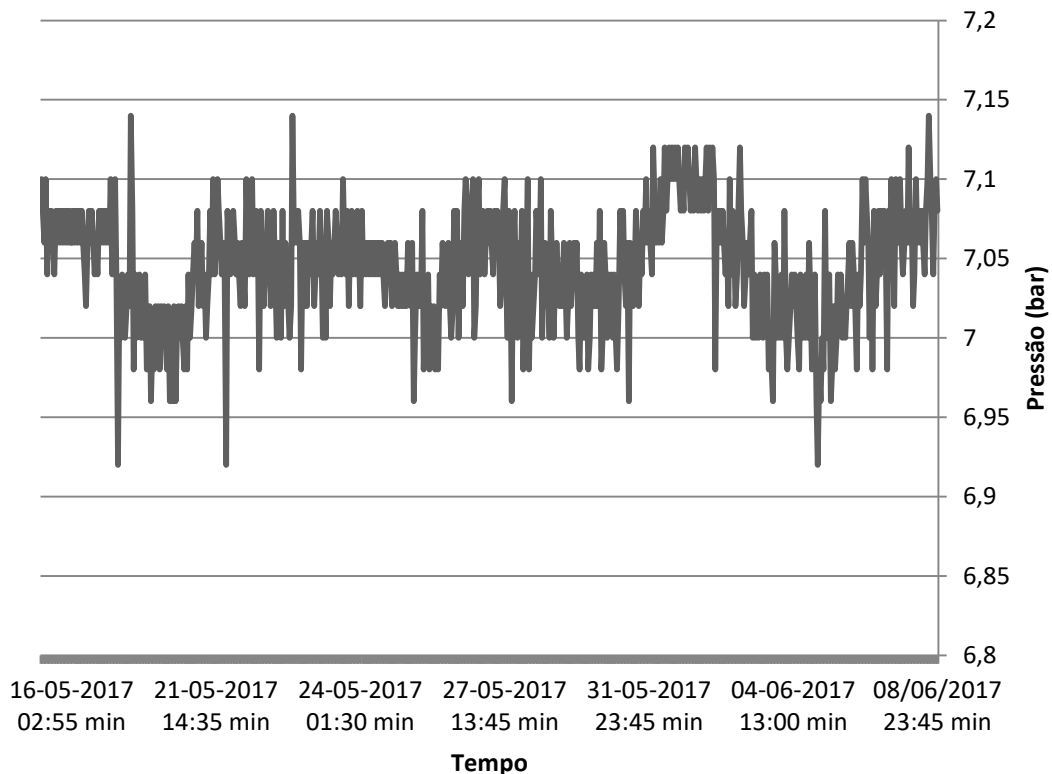


Figura 4.32: Pressão da ZMC em estudo entre o dia 16/05/2017 e 08/06/2017

Analisando a Figura 4.32 verifica-se que as pressões estiveram sempre muito próximas dos 7,00 bar. Registou-se um valor mínimo de 6,92 bar e um valor máximo de 7,14 bar.

Depois de verificar que o caudal e a pressão da ZMC estão a funcionar dentro do esperado, chega o momento de estudar o consumo dos clientes presentes na ZMC e o volume de água que é aduzido à mesma.

De modo a saber o valor que a EG cobra aos clientes, começou-se por analisar o consumo dos 452 clientes durante o ano de 2016.

Na Figura 4.33 encontra-se representado o consumo mensal faturado aos clientes pertencentes a ZMC em estudo.

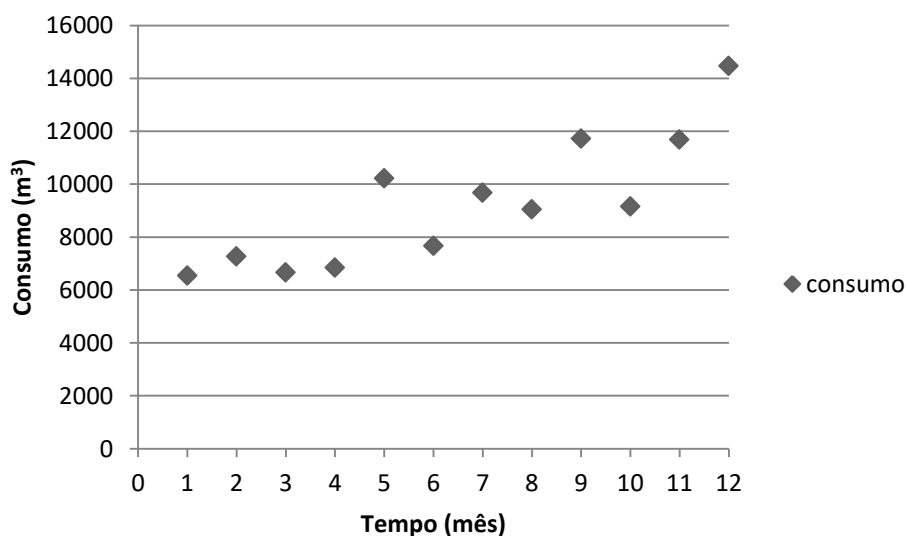


Figura 4.33: Consumo faturado, em 2016, aos clientes pertencentes à ZMC

Analisando a Figura 4.33 é possível observar que no ano 2016 o mês que apresentou um menor consumo de água faturado na ZMC R19Z2 foi o mês de janeiro (com um consumo de 6543 m³ de água), por outro lado, o mês em que se verificou um maior consumo faturado foi em dezembro (com um consumo de 14471 m³ de água).

Depois de saber o consumo que a EG fatura aos clientes pertencentes a ZMC, analisou-se, com ajuda dos dados da telegestão, o volume de água que é aduzido (totalizado) à ZMC ao longo do ano 2016.

Na Figura 4.34 é possível observar o volume de água que é aduzido à ZMC.

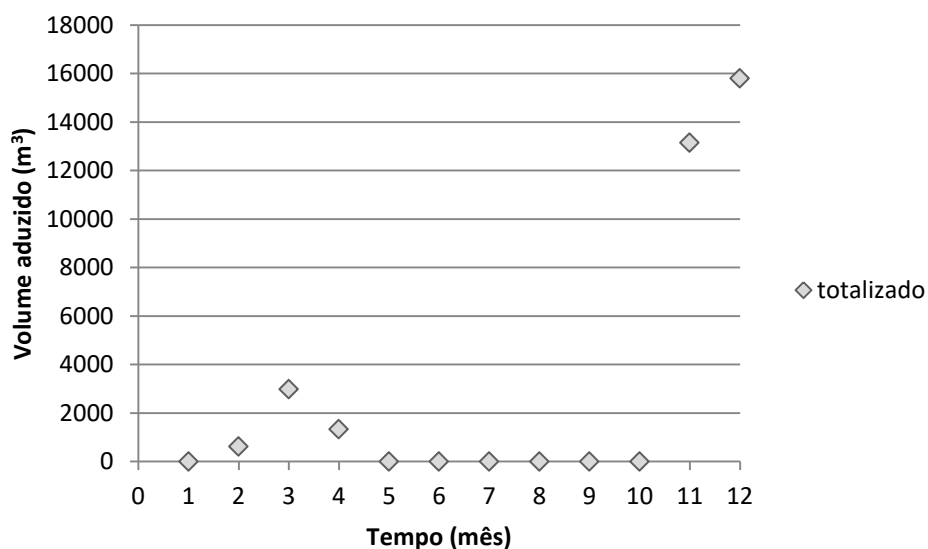


Figura 4.34: Volume de água aduzido (totalizado) à ZMC no ano 2016

Analisando a Figura 4.34 é possível verificar que o volume aduzido (totalizado) à ZMC não evolui de acordo com o esperado. O esperado seria uma evolução cumulativa, ou seja, que o volume aduzido aumentasse com o passar do tempo. Isto não acontece porque a telegestão na EG só começou a ser introduzida no final de 2015, e na ZMC em estudo a partir do dia 23 de fevereiro de 2016, razão pela qual no mês de janeiro aparece um valor nulo e no mês de fevereiro aparece um valor muito reduzido de volume aduzido. Entre março e outubro de 2016 a telegestão da ZMC esteve em fase de implementação e de testes pelo que nesses meses os registos que se têm no sistema não correspondem à realidade, pois ainda não estava a funcionar corretamente. O sistema de telegestão na ZMC R19Z2 só começou a funcionar corretamente em novembro de 2016 pelo que só a partir desse mês é que se consegue observar uma leitura real do totalizado.

Deste modo, no ano 2016 só é possível estudar a diferença da água faturada e da ANF apenas nos meses de novembro e dezembro.

Na Figura 4.35 é possível observar, na mesma representação, o consumo faturado ao cliente, o volume aduzido (totalizado) à ZMC e a ANF.

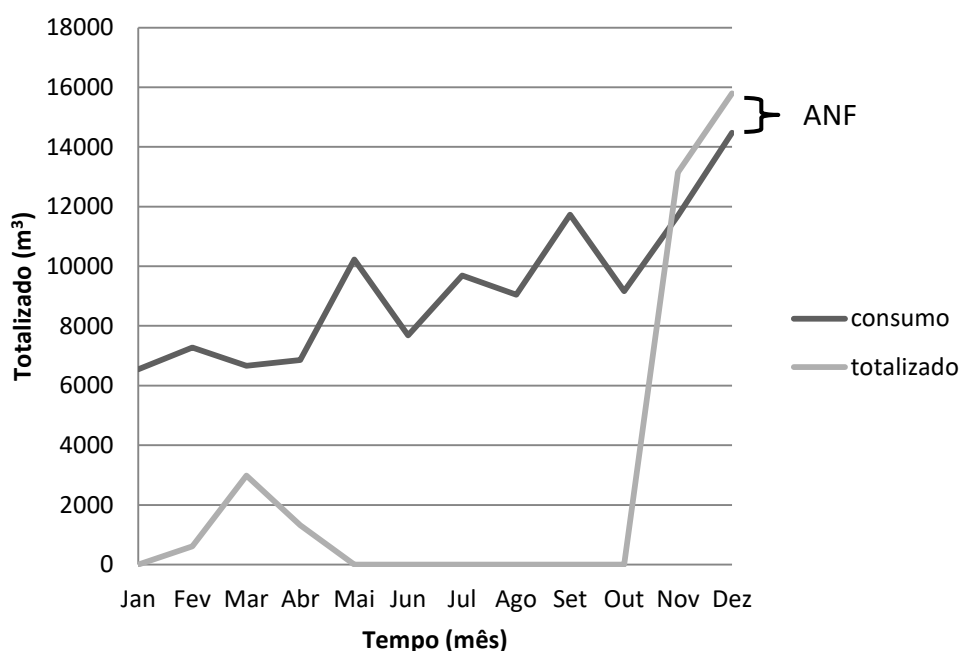


Figura 4.35: Consumo faturado aos clientes, totalizado da ZMC e ANF no ano 2016

Observando a Figura 4.35 verifica-se que no período de tempo que é possível analisar, novembro e dezembro, o volume do totalizado foi superior ao volume cobrado aos clientes o que significa que está a introduzir-se mais água na ZMC do que aquela que a EG está a faturar.

Na Figura 4.36 encontra-se representado, de uma maneira mais perceptível, essa diferença de volume entre o que foi faturado e o que foi aduzido à ZMC ao longo do mês de novembro e dezembro do ano 2016.

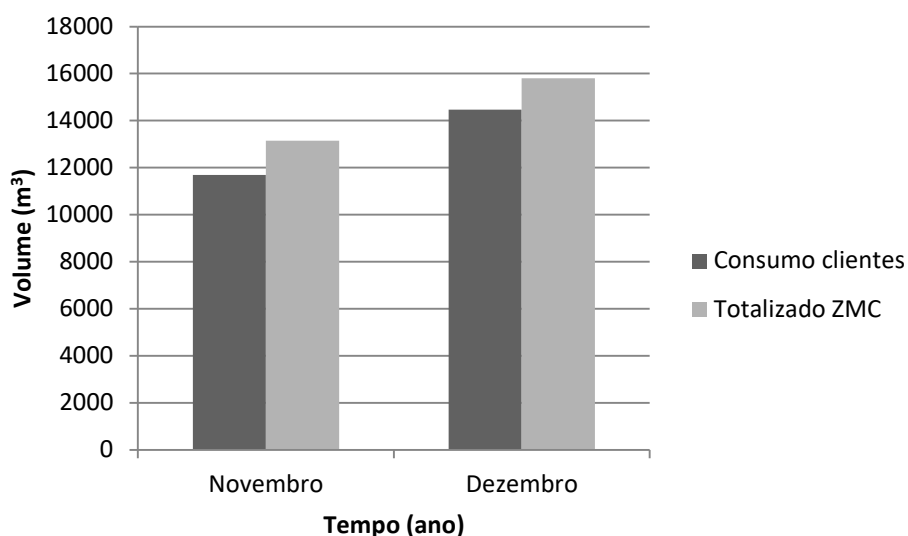


Figura 4.36: Comparação entre o consumo faturado aos clientes e totalizado da ZMC no mês de novembro e dezembro de 2016

Em novembro de 2016 registou-se um volume de água aduzida à ZMC de 13144 m³ e um volume de água faturada aos clientes de 11691 m³ o que significa que há 1453 m³ de água que não está a ser faturada pela EG.

Em dezembro de 2016 registou-se um volume de água aduzida à ZMC de 15795 m³ e um volume de água faturada aos clientes de 14471 m³ o que significa que há 1324 m³ de água que não está a ser faturada pela EG.

Em termos económicos, esse volume de ANF reflete-se como prejuízo para EG. O valor deste volume de ANF pode ser calculado através da equação 6

$$\text{Custo da ANF (€)} = \text{preço ANF (€/m}^3\text{)} \times \text{Volume ANF (m}^3\text{)} \quad (6)$$

Assim, na tabela 4.15 é possível observar o custo associado a ANF nos meses de novembro e dezembro de 2016 na ZMC R19Z2.

Tabela 4.15: Custo associado à ANF, nos meses de novembro e dezembro de 2016, na ZMC R19Z2

Mês	Volume de ANF (m ³)	Custo associado a ANF (€)
Novembro	1453	1308
Dezembro	1324	1192
Total	2777	2500

Analisando a Tabela 4.15 verifica-se que só nos meses de novembro e dezembro de 2016 a EG deixou de faturar 2777 m³ de água, o que corresponde a um valor médio de 2500 €. Para o cálculo de custo da ANF utilizou-se o valor de 0,9 €/m³ que é o valor médio da ANF segundo o balanço hídrico de 2016 calculado no presente capítulo.

A diferença de volume entre o totalizado e o faturado pode dever-se:

- Às perdas reais através de fugas nas condutas e/ou ramais, principalmente;
- Às perdas aparentes através dos erros de medição e/ou dos consumos não autorizados;
- Ao consumo autorizado não faturado.

É importante saber a percentagem de ANF que corresponde a cada tipo de perdas porque perdas reais e as perdas aparentes não se combatem do mesmo modo. De modo a perceber a influencia destas componentes na ANF desta ZMC, e devido ao facto da EG em causa não ter telemetria domiciliária, a maneira mais rápida e eficaz de estudar a situação do consumo não autorizado será enviar uma equipa de trabalho à zona abrangida pela ZMC de modo a realizar uma inspeção nas redes prediais e assim analisar os contadores dos clientes com o objetivo de perceber se estão a ocorrer ilícitos ou não.

No entanto existem outras alternativas que se poderiam implementar na ZMC em causa de modo a facilitar o estudo do consumo não autorizado.

Uma alternativa seria implementar a telemetria domiciliária nos clientes.

A telemetria domiciliária é uma maneira muito eficaz de reduzir os erros de medição, os erros humanos e o consumo não autorizado. Permite realizar uma leitura mensal dos contadores favorecidos com esta tecnologia, evitando estimativas ou necessidade de comunicação de leituras por parte do cliente. Permite o acesso à leitura de contadores instalados em locais de difícil, ou até sem nenhum, acesso, sem necessidade de qualquer incómodo por parte do cliente ou transtorno provocado pela necessidade da presença do cliente aquando das visitas dos operários da EG.

A telemetria permite também a emissão de alertas na ocorrência de uma anomalia. Com esta tecnologia a ocorrência de desmonte de contador, paragem, remoção ou inversão do sentido do escoamento são detetadas rapidamente.

Normalmente, na mesma prumada os apartamentos costumam ter a mesma tipologia o que significa que em média os clientes deveriam ter consumos semelhantes. Com a telemetria é possível observar os consumos de cada cliente e deste modo torna-se

possível comparar os consumos. Se no mesmo prédio e na mesma prumada se verificar um cliente com um consumo muito diferente dos outros clientes torna-se necessário estudar o porque dessa diferença. Por um lado, se o valor do consumo for muito inferior, esse mesmo cliente deve ser alvo de estudo, pois é possível que esteja a consumir água sem ser faturada. Por outro lado, se o valor do consumo for muito superior, o cliente deve também ser alvo de estudo uma vez que pode estar a furtar água, isto acontece mais frequentemente em clientes que têm o serviço de água suspenso por falta de pagamento. Outra hipótese para um consumo elevado de água é a existência de uma fuga dentro das habitações, no entanto, se isto acontecesse era espectável que o cliente contactasse a EG no sentido de verificar o porque de estar a ser faturado um volume de água que ele não está a consumir.

Visto que, economicamente, não foi possível implementar a telemetria domiciliária em alguns clientes da Águas de Gaia, no tempo em que se realizou o presente estudo, na Figura 4.37 é possível observar um exemplo de uma aplicação real e da importância da telemetria domiciliária.



Figura 4.37: Exemplo do funcionamento da telemetria domiciliária (Teixeira, 2014)

Analisando a Figura 4.37 é possível observar uma aplicação real da telemetria domiciliária. Dentro do círculo vermelho encontram-se habitações que levantam algumas dúvidas quanto ao consumo. Nessa prumada existem três habitações dentro das quais duas apresentam consumos semelhantes (bola laranja e bola verde) e há uma que apresenta consumo nulo (bola vermelha). Isto facilita desde logo a deteção de um possível ilícito já que depois de se verificar a existência dessa ocorrência anormal é necessário mandar uma equipa de trabalho para fazer uma inspeção só a

aquele cliente sem ter que estar a fazer inspeções a todos os clientes para detetar esta anomalia. Isto torna-se vantajoso, por um lado, já que a deteção do consumo nulo é realizada mais rapidamente o que diminui o tempo que a EG está sem faturar a água que o cliente esta a consumir (caso seja um ilícito), por outro lado, é vantajoso na medida que a equipa de trabalho acarreta custos para a EG e quanto menos tempo estiverem na rua a fazer inspeções, menores serão os custos suportados pela mesma.

Nem sempre consumos muito baixos, ou até mesmo nulos, correspondem a existência de ilícitos, às vezes pode corresponder ao facto das habitações estarem desabitadas ou até mesmo devido a clientes que estão com o serviço de abastecimento de águas suspenso, por falta de pagamento das faturas em atraso.

Consumos muito elevados também nem sempre correspondem a comportamentos anómalos, muitas vezes esse consumo excessivo deve-se ao número de pessoas que vivem nessa habitação. Por exemplo, existem famílias numerosas e isto faz com que num T2, que deveriam viver 3 pessoas, vivam 5 ou 6 pessoas o que vai proporcionar um consumo de água maior do que o esperado.

Assim, a telemetria domiciliária é muito útil e eficaz na determinação de consumos suspeitos que possam indicar que esta a ocorrer furto de água por parte dos clientes, no entanto, depois de identificar esta suspeita é necessário enviar a equipa de trabalho ao local para verificar a verdadeira razão para esse consumo fora do esperado.

A principal desvantagem associada à implementação da telemetria domiciliária é o seu elevado custo, e por isso, ainda não está implementada esta tecnologia na EG em estudo.

Uma alternativa, mais morosa mas muito mais vantajosa em termos económicos, é analisar a ZMC R19Z2 utilizando o Google Earth como ferramenta auxiliar de trabalho, uma vez que a ZMC em estudo encontra-se delimitada no Google Earth. Através desta ferramenta é possível identificar uma sequência de habitações e posteriormente saber o código-prédio (que vai permitir consultar o consumo dos clientes em questão) e a morada das mesmas.

Depois de saber o código-prédio, os consumos dos clientes, a tipologia do habitação e o número de pessoas que a habitam é possível comparar os consumos e perceber se há suspeita de existir consumos ilícitos por parte dos clientes.

Posto isto, analisou-se algumas habitações pertencentes à ZMC em estudo.

Analisaram-se um conjunto de habitações pertencentes à Praceta 27 de Fevereiro.

Na Figura 4.38 é possível observar o conjunto de habitações em estudo na ZMC R1922.



Figura 4.38: Conjunto de habitações analisadas pertencentes à ZMC R1922

Depois de escolhidas as habitações, é necessário saber qual o código-prédio correspondente a cada uma de modo a consultar o registo do consumo das mesmas.

Para saber o código-prédio de cada habitação basta carregar nas bolas azuis do Google Earth, representadas na Figura 4.38. Ao carregar aparece uma série de informação, entre elas o código-prédio.

Na Figura 4.39 é possível observar qual é o código prédio associado a cada habitação.



Figura 4.39: Conjunto de habitações da ZMC R1922 e respetivo código-prédio

De modo ao estudo ser mais rigoroso, fez-se um levantamento da tipologia das habitações, o número e a idade dos habitantes. Esta informação encontra-se registada na Tabela 4.16.

Tabela 4.16: Características do conjunto de habitações em estudo

Código-prédio	Tipologia	Número de habitantes	Idade dos habitantes
39022	T2+1	3/4	12-36
39023	T2	2	66/72
39024	T2	3	10-52
39025	T2	3	20-56

Analisando a Tabela 4.16 verifica-se que a tipologia das habitações em estudo é semelhante em todas as habitações. Relativamente ao número de habitantes, a habitação com o código-prédio 39022 é a que apresenta o maior número de habitantes, habitam permanentemente 3 pessoas e ainda existe uma pessoa que estuda fora de Vila Nova de Gaia e só vem a esta habitação na altura das férias escolares e alguns fins de semana.

É importante mencionar que os moradores da habitação com o código-prédio número 39025 não estavam na habitação no momento do levantamento desta informação, no entanto a informação foi prestada por uma vizinha. Existiam mais três habitações mas os moradores também não se encontravam na habitação e os vizinhos não sabiam dar a informação necessária pelo que se optou por não analisar esses clientes.

Recorrendo aos dados de faturação dos clientes supracitados é possível observar na Figura 4.40 o consumo dos mesmos clientes no ano de 2016.

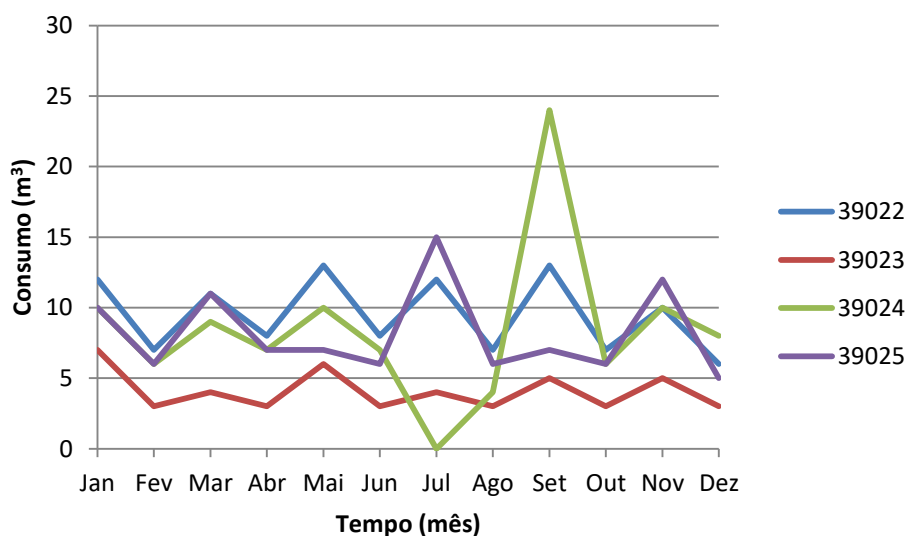


Figura 4.40: Consumo, durante o ano 2016, dos clientes com código-prédio 39022, 39023, 39024 e 39025

Analisando a Figura 4.40 verifica-se que, em 2016, os clientes em causa apresentaram um padrão de consumo semelhante entre si, com exceção do cliente com o código-prédio 39023 que poderia levantar alguma suspeita, no entanto, se se observar com atenção a Tabela 4.16 verifica-se que essa habitação só é habitada por duas pessoas já de idade avançada o que pode justificar este pouco consumo de água.

Relativamente ao cliente com o código-prédio 39024 no mês de Julho apresentou um consumo nulo e isto deve-se provavelmente ao facto de os habitantes terem ido de férias durante esse mês visto que nos restantes meses do ano já apresenta um consumo semelhante ao dos clientes das restantes habitações.

A título de comparação, é possível observar na Figura 4.41 o consumo dos mesmos clientes no ano de 2015.

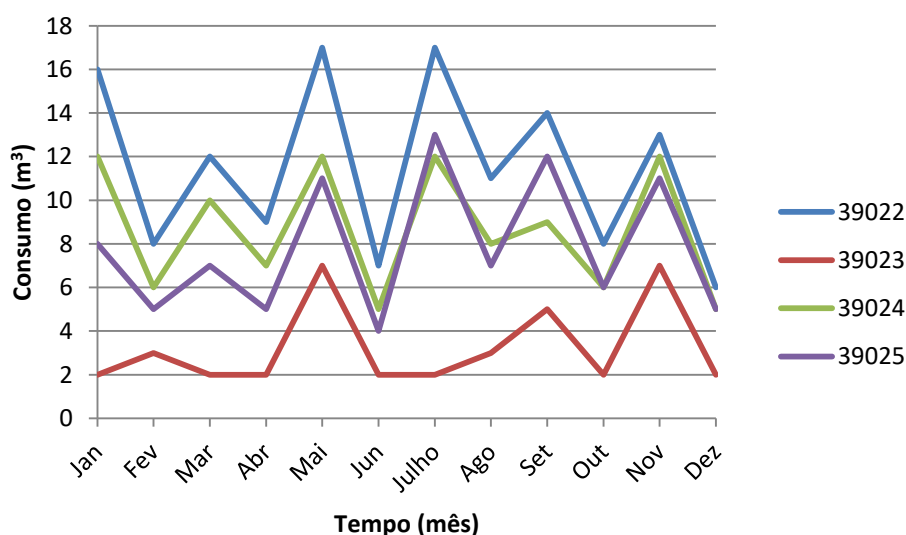


Figura 4.41: Consumo, durante o ano 2015, dos clientes com código-prédio 39022, 39023, 39024 e 39025

Analisando a Figura 4.41 verifica-se que em 2015, a semelhança do que aconteceu em 2016, os clientes com o código-prédio 39022, 39024 e 39025 apresentaram um padrão de consumo semelhante enquanto o que apresentou o menor volume de água consumida continua a ser o casal de idosos que habitam na habitação com o código-prédio 39023.

Na Figura 4.42 é possível observar o consumo médio anual, em 2015 e 2016, dos clientes em estudo.

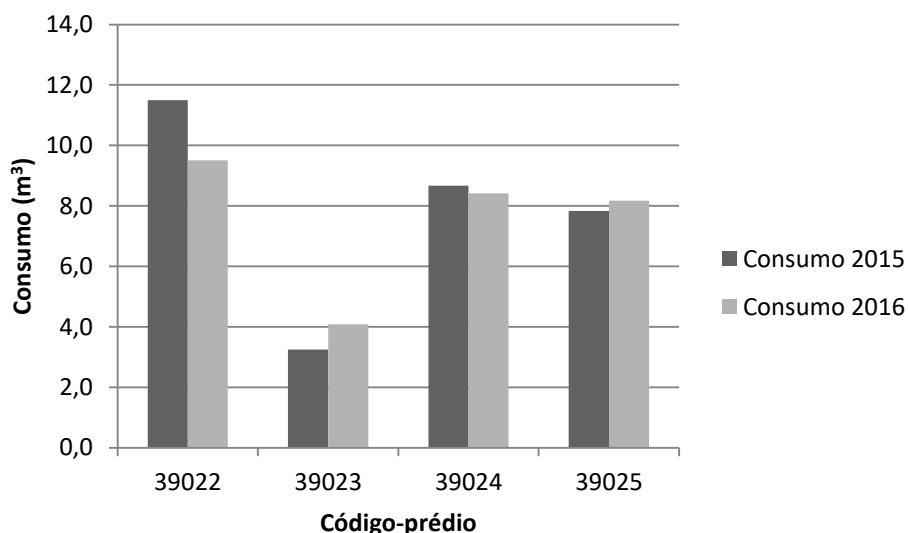


Figura 4.42: Consumo médio anual do ano 2015 e 2016, dos clientes com código-prédio 39022, 39023, 39024 e 39025

Através da Figura 4.42 é possível observar que por um lado, o cliente que apresentou um maior consumo foi o cliente com o código prédio 39022, o que já era de esperar uma vez que este cliente é o que apresenta maior número de habitantes em casa. Por outro lado, o cliente que apresentou um menor consumo foi o cliente com o código-prédio 39023 o que também já era de esperar devido ao facto dessa habitação só ter dois habitantes de elevada idade.

Por último, é possível observar que o consumo médio em 2015 e em 2016 foi muito semelhante o que permite concluir que os clientes em questão não estão a usufruir de água que a EG não lhe esteja a faturar.

5 CONCLUSÃO

Depois de ter sido realizado um levantamento da bibliografia existente sobre sistemas de abastecimento de água, principalmente da água não faturada e das perdas de água, e ter sido realizado um estudo particular da água não faturada, com maior incidência nas perdas aparentes, na empresa Águas de Gaia, é necessário sintetizar todos os resultados obtidos e retirar o máximo de conclusões possíveis.

Relativamente ao estudo desenvolvido na empresa, este baseou-se na análise de algumas alternativas que permitam monitorizar e reduzir o volume de água que está a ser perdido através das perdas aparentes, nomeadamente por erros de submedição dos contadores e pelos consumos ilícitos.

Começou-se por analisar a evolução da água não faturada, e das perdas de água, na Águas de Gaia nos últimos 5 anos e conclui-se que neste período de tempo a EG tem tido valores relativamente semelhantes, no entanto, são valores ainda elevados e que precisam de uma especial atenção no sentido de serem minimizados o máximo possível.

Relativamente às perdas aparentes, que é o tema central da presente dissertação, calculou-se um possível balanço hídrico, em percentagem em relação a água que entra no sistema, em volume e em função do custo, em milhões de euros, para a empresa em estudo e verificou-se que em 2016 esta EG teve um prejuízo de aproximadamente 2,87 M€ nas perdas aparentes.

Por um lado, no que diz respeito à submedição dos contadores, começou-se por realizar um estudo económico sobre a viabilidade, ou não, de uma campanha de substituição de 15000 contadores com 12 anos de idade, aproximadamente, tendo como base dos erros de medição os dados reais, da EG em estudo, do ano 2016. Depois de realizar este estudo foi possível concluir, com as condições definidas, que com essa substituição a EG conseguiria reduzir, nos 10 anos de tempo de vida útil do projeto, as perdas aparentes em 351729 m^3 tendo um lucro de 637254 € e um payback do investimento inicial em 1,6 anos.

De seguida, e ainda dentro da submedição dos contadores, estudou-se a influência nas perdas aparentes do diâmetro do contador de um grande cliente. Escolheu-se um cliente, que possuía dois contadores instalados (um de 80 mm e um de 50 mm de diâmetro), com um consumo de 28164 m³ no ano de 2015 e verificou-se que para os consumos do cliente em causa, a melhor solução é substituir o contador de 80 mm por um contador de 60 mm já que com este contador é possível conseguir umas condições mais favoráveis para a EG relativamente às perdas de água e à submedição da mesma. Relativamente ao contador de 50 mm, de acordo com a curva de erros dos contadores é preferível optar por contadores com menor diâmetro, o que significaria que o mais eficiente seria substituir o contador de 50 mm por um contador de 40 mm, no entanto, a substituição do contador acarreta custos para a EG, e como o de 50 mm já apresenta uma velocidade mínima superior à velocidade mínima recomendada não se justifica a mudança deste contador já que não se espera uma diferença muito significativa.

Por outro lado, relativamente aos consumos ilícitos, começou-se por estudar a evolução das ligações diretas entre o ano 2012 e 2016 e verificou-se que o ano em que se registaram mais ligações diretas no município de Vila Nova de Gaia foi em 2015, com 470 ligações diretas, sendo que no ano de 2016 só se registaram 183 ligações diretas. Analisou-se também a distribuição de ligações diretas em 2016, pelas freguesias do município, e verificou-se que a freguesia na qual se registaram mais ligações diretas foi na denominada “zona urbana” que corresponde às freguesias de Santa Marinha e Mafamude.

Posto isto, optou-se por analisar uma ZMC da zona urbana de modo a perceber se estava a ocorrer muitas perdas de água nessa zona. A ZMC que se estudou localiza-se na Afurada e denomina-se R19Z2. Esta ZMC é aduzida pelo reservatório de General Torres e abrange um total de 452 clientes, sendo 89% dos clientes são domésticos.

O objetivo da análise da ZMC é estudar o volume que foi faturado aos clientes e o volume que foi aduzido à mesma e com estes dados representar os divisionários e o totalizado, no entanto, a telegestão na ZMC da EG só começou a ser introduzida dia 23 de fevereiro de 2016 e esteve em fase de testes e de implementação até outubro de 2016, pelo que só se obtiveram dados reais para os meses de novembro e dezembro. Analisando o consumo dos clientes e volume de água aduzido, nestes meses, concluiu-se que a EG não faturou 2777 m³ de água o que corresponde a um prejuízo médio de 2500 €.

É importante saber a percentagem de ANF que correspondem a cada tipo de perdas porque perdas reais, as perdas aparentes não se combatem do mesmo modo. De modo a perceber a influencia destas componentes na ANF desta ZMC, e devido ao facto da EG em causa não ter telemetria domiciliária, concluiu-se que a maneira mais

rápida e eficaz de estudar a situação do consumo não autorizado seria enviar uma equipa de trabalho à zona abrangida pela ZMC de modo a realizar uma inspeção nas redes prediais e assim analisar os contadores dos clientes com o objetivo de perceber se estão a ocorrer ilícitos ou não.

Visto que a EG não tem telemetria domiciliária, analisou-se um conjunto de habitações pertencentes à ZMC R19Z2 com ajuda do Google Earth. Depois de saber o código-prédio, os consumos dos clientes, a tipologia do habitação e o número de pessoas que a habitam é possível comparar os consumos e perceber se há suspeita de existir consumos ilícitos por parte dos clientes.

Analisou-se os consumos de um conjunto de clientes durante o ano 2015 e 2016 e verificou-se que os clientes obtiveram um padrão de consumo muito semelhante ao longo do tempo, e muito semelhante entre si, o que não levanta suspeitas de que esteja a ocorrer nenhum ilícito nas habitações estudadas.

Por último, relacionando as três metodologias de redução e monitorização das perdas aparentes sugeridas ao longo do estudo desenvolvido, é possível concluir que a EG tem capacidade para implementar estas metodologias no combate às perdas aparentes. Em primeiro lugar começar-se-ia por analisar os diâmetros dos contadores dos grandes clientes para perceber quais são os que estão a contribuir para a submedição da água faturada. De seguida, tendo em conta às verbas reservadas para as perdas aparentes, o mais interessante seria substituir parte dos contadores mais antigos do município (tanto os dos grandes clientes como os domésticos) e colocar contadores de telemetria domiciliária nas zonas mais tendenciosas a apresentarem consumos ilícitos.

6

RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Ao longo da realização da presente dissertação surgiram algumas oportunidades de melhoria e de desenvolvimento no que diz respeito a redução das perdas aparentes por submedição dos contadores e consumos ilícitos. Depois de concluir o estudo desenvolvido na empresa Águas de Gaia algumas recomendações para trabalhos futuros podem ser tidas em conta. De seguida apresentam-se as recomendações para desenvolvimentos futuros:

- Realizar, no laboratório certificado, a análise do funcionamento de um conjunto de contadores antigos com o objetivo de criar uma curva de erro ponderado que possa auxiliar o estudo económico da viabilidade de uma campanha de substituição de contadores de modo a obter resultados mais reais para a EG.
- Estudar a influência do diâmetro, nas perdas aparentes, dos contadores de todos os grandes clientes da empresa.
- Implementar a telemetria domiciliária pelo menos nos clientes que residem em zonas mais propensas de ocorrência de ilícitos, por exemplo nos bairros da zona urbana.
- Se não for possível instalar os contadores com telemetria nos bairros do município seria interessante incluir totalizadores para depois comparar o que entra no bairro com o que realmente é faturado.
- Realizar, quando possível, a análise dos divisionários e do totalizado das ZMC de modo a tentar identificar as perdas que ocorrem no SAA.

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
Submedição dos contadores e Consumos ilícitos

- Realizar campanhas de sensibilização na comunidade que incentive o consumo racional da água e de uma maneira honesta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

Agência Portuguesa do Ambiente. (2014). *Programa nacional para o uso eficiente da água: Implementação 2012-2020*. Lisboa. Disponível em:

https://www.apambiente.pt/zdata/CONSULTA_PUBLICA/2012/PNUEA/Implementacao-PNUEA_2012-2020_JUNHO.pdf

[Consultado a 29/03/2017]

Águas de Gaia. (2007). *A Empresa – Antecedentes. Vila Nova de Gaia*. Disponível em:
<http://www.aguasgaia.pt/pt/dados.php?ref=empresa>

[Consultado a 30/03/2017]

Águas de Gaia. (2016). *Relatório e contas 2015*. Vila Nova de Gaia. Disponível em:
<http://www.aguasgaia.pt/download/institucionais/relatoriocontas2016.pdf>

[Consultado a 02/06/2017]

Águas do Porto. (2014). *Telegestão e telemetria. Porto*. Disponível em:

<http://www.aguasdoporto.pt/distribuicao-de-agua/telegestao-e-telemetria>

[Consultado a 26/03/2017]

Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas. (2014). *Ficha de boas práticas: perdas por sub-medição*. Lisboa. Disponível em:

http://www.apda.pt/site/ficheiros_eventos/201412051709-fichaperdasporsubmedicao.pdf

[Consultado a 20/03/2017]

Coralejo, José. (2013). *Comissão Técnica de Normalização (Medição de escoamento de água em condutas fechadas)*. Lisboa: IPQ. Disponível em:

http://www1.ipq.pt/PT/IPQ/historico_eventos/Documents/Dia%20Mundial%20Metro_2013/Contadores%20de%20agua%20na%20vida%20quotidiana_Jose%20Colarejo.pdf

[Consultado a 26/03/2017]

De Marchis, M et al. (2014). *Energy recovery in water distribution networks. Implementation of pumps as turbine in a dynamic numerical model*. Itália: 12th International Conference on Computing and Control for the Water Industry, CCWI2013. Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814000514>

[Consultado a 28/03/2017]

EPAL, E.P. (2008). *Regulamento para o Serviço de Abastecimento de Água pela EPAL - Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A. e Legislação Diversa*. Lisboa. Disponível em: <http://www.epal.pt/EPAL/docs/default-source/clientes/regulamento-serv-abast-%C3%A1qua-pela-epal.pdf>

EPAL, E.P. (2015). *Active Water Loss Control*. Lisboa: EPAL Technical Editions.
[Consultado a 14/03/2017].

ERSAR. (2013). *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores – 2.ª geração do sistema de avaliação*. Lisboa: ERSAR.
[Consultado a 21/03/2017]

ERSAR. (2016). *Relatório anual dos serviços de águas e dos resíduos em Portugal - Caracterização do sector de águas e resíduos*. Lisboa: ERSAR. Vol 1. Disponível em: <http://www.ersar.pt/pt/site-publicacoes/Paginas/edicoes-anuais-do-RASARP.aspx>.
[Consultado a 21/02/2017].

Farley, M. et al. (2008). *The Manager's Non-Revenue Water Handbook: A Guide to Understanding Water Losses*. United States: Niels van Dijk, Vivian Raksakulthai, Elizabeth Kirkwood

Gregório Veloso, Vera e Martins Quintela, Margarida. (2011). *Água e Energia Conexões para uma nova sustentabilidade*. Lisboa: VIII Congresso Português de Geografia. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/298011419_Aqua_e_Energia_Conexoes_para_uma_nova_sustentabilidade_Water_and_Energy_Connections_for_a_new_sustainability
[Consultado a 28/03/2017]

Instituto Português da Qualidade. (2017). *O que é a MID?*. Lisboa. Disponível em: <http://www1.ipq.pt/PT/Metrologia/sControloMetrologico/Pages/MID00.aspx>
[Consultado a 25/03/2017]

Lédo, P. (1999). *Combate ao Roubo de Água – Uma Experiência no Sistema de Guanambí*. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, BA, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/brasil20/ix-003.pdf>
[Consultado em 20/03/2017]

Medeiros, Nuno et al. (2007). *Concepção, instalação e exploração de sistemas de telemetria domiciliária para apoio à gestão técnica de sistemas de distribuição de água*. Barcelos: Conferência INSSAA. Disponível em; https://www.researchgate.net/publication/228822810_Concepcao_instalacao_e_exploracao_de_sistemas_de_telemetria_domiciliaria_para_apoio_a_gestao_tecnica_de_sistemas_de_distribuicao_de_agua [Consultado em 27/03/2017].

Menezes, Raimunda. (2012). *Sistemas de Abastecimento de Águas*. Disponível em: <http://www.ebah.pt/content/ABAAAxAoAD/sistemas-abastecimento-aqua>. [Consultado a 01/03/2017]

Mesquita, Amélia et al. (2012). *Relação das entidades gestoras com os utilizadores dos serviços de águas e resíduos*. Lisboa: ERSAR. Disponível em: <http://www.ersar.pt/pt/publicacoes/publicacoes-tecnicas/quias> [Consultado a 09/02/2017]

MRA instrumentação. (2017). *Caudalímetros ultra-sónicos*. Portugal. Disponível em: <http://www.mra.pt/industria/produtos/sensores-aquisicao-de-dados-e-calibracao/sensores-e-condicionadores-de-sinal/caudal/caudalimetros-ultra-sonicos/> [Consultado a 24/03/2017]

Paixão, Mário e Faria, António. (1999). *Águas e Esgotos em Urbanizações e Instalações Prediais*. Amadora: Edições Orion. [Consultado a 18/05/2017]

Pato, João. (2011). *O ponto de Partida: A questão sanitária*. In Pato, J. *História das Políticas Públicas de Abastecimento e Saneamento de Águas em Portugal*. Lisboa: ERSAR. Cap I, p.71. [Consultado a 02/03/2017]

PEAASAR II. (2007). *Plano Estratégico de Abastecimento de Águas e de Saneamento*. Lisboa: Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Disponível em: https://www.apambiente.pt/_zdata/Planeamento/PEAASAR.pdf. [Consultado a 02/03/2017]

PENSAAR 2020. (2015). *Uma Estratégia ao Serviço da População: Serviços de Qualidade a um Preço Sustentável*. Vol. 1. Disponível em: https://www.apambiente.pt/_zdata/Politicas/Aqua/PlaneamentoGestao/PENSAAR2020/PENSAAR2020_Relatorio_Vol1.pdf. [Consultado a 04/03/2017]

Pereira, Carolina. (2011). *Consumo de água X aumento da população urbana*. Brasil: Rio de Janeiro.

[Consultado a 23/02/2017]

Pereira, Leonel. (2007). *Avaliação da Submedição de Água em Edificações Residenciais Unifamiliares: o Caso das Unidades de Interesse Social Localizadas em Campinas*. Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Brasil.

[Consultado a 21/03/2017]

Poças Martins, Joaquim. (2014). *Management of Change in Water Companies in Search of Sustainability and Excellence*. Londres: Publicação IWA.

Poças Martins, Joaquim. (2016). *Gestão de Perdas de Água*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

[Consultado em 16/03/2017]

Sousa, Eduardo. (2001). *Sistemas de abastecimento de água: constituição e bases quantitativas de dimensionamento*. Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura. Lisboa: Instituto Superior Técnico. Disponível em:

https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779572218614/AG_Constituicao_sistemas.pdf.

[Consultado a 23/02/2017]

Taborda, Carlos. (1998). *Melhorar a Qualidade de Medição*. Lisboa: 4º Congresso da Água. Disponível em:

<http://www.aprh.pt/congressoagua98/files/com/145.pdf>.

[Consulta a 05/04/2017]

Tavares, Ana. (2011). *Avaliação de Erros de Sub-Contagem em Contadores de Água Domésticos*. Departamento de Engenharia Civil. Coimbra: Instituto Superior de Engenharia Civil. Disponível em:

http://files.isec.pt/DOCUMENTOS/SERVICOS/BIBLIO/teses/Tese_Mest_Ana-Sousa.pdf

[Consultado a 24/04/2017]

Teixeira, Joana. (2014). *Redução das perdas aparentes em sistemas de abastecimento de água através da deteção e controlo de consumos ilícitos*. Departamento de Engenharia Civil: Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

[Consultado a 18/06/2017]

Vicentini, Liliana. (2012). *Componente do balanço hídrico para avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de águas*. Brasil: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

[Consultado em: 13/03/2017]

ANEXOS

ANEXO A- MÉTODO DE CÁLCULO DOS CUSTOS DAS COMPONENTES DO BALANÇO HÍDRICO

Depois do estudo da situação real da empresa admitiu-se os seguintes valores:

- Água tratada: 0,45 €/ m³
- Água vendida: 2,75 €/ m³

Assim, o modo de cálculo dos componentes do balanço hídrico são os seguintes:

- (1) $18677179 \text{ m}^3/\text{ano} \times 0,45 \text{ €/ m}^3 = 8404730 \text{ €/ano} = 8,41 \text{ M€/ano}$
- (2) $13315381 \text{ m}^3/\text{ano} \times 2,75 \text{ €/ m}^3 = 36617298 \text{ €/ano} = 36,6 \text{ M€/ano}$
- (3) $0,611 \text{ M€/ano} + 2,87 \text{ M€/ano} + 1,33 \text{ M€/ano} = 4,81 \text{ M€/ano}$
- (4) $1358750 \text{ m}^3/\text{ano} \times 0,45 \text{ €/ m}^3 = 611438 \text{ €/ano} = 0,611 \text{ M€/ano}$
- (5) $1358750 \text{ m}^3/\text{ano} \times 0,45 \text{ €/ m}^3 = 611438 \text{ €/ano} = 0,611 \text{ M€/ano}$
- (6) $13315381 \text{ m}^3/\text{ano} \times 2,75 \text{ €/ m}^3 = 36617297 \text{ €/ano} = 36,6 \text{ M€/ano}$
- (7) $36,6 \text{ M€/ano} + 0,656 \text{ M€/ano} = 37,3 \text{ M€/ano}$
- (8) $7825969 \text{ m}^3/\text{ano} \times 2,75 \text{ €/ m}^3 = 21521415 \text{ €/ano} = 21,5 \text{ M€/ano}$
- (9) $36,6 \text{ M€/ano} - 21,5 \text{ M€/ano} = 15,1 \text{ M€/ano}$
- (10) $1043548 \text{ m}^3/\text{ano} \times 2,75 \text{ €/ m}^3 = 2869757 \text{ €/ano} = 2,87 \text{ M€/ano}$
- (11) $221752 \text{ m}^3/\text{ano} \times 2,75 \text{ €/ m}^3 = 609818 \text{ €/ano} = 0,609 \text{ M€/ano}$
- (12) $2,87 \text{ M€/ano} - 0,609 \text{ M€/ano} = 2,26 \text{ M€/ano}$
- (13) $1022250 \text{ m}^3/\text{ano} \times 0,45 \text{ €/ m}^3 = 460012 \text{ €/ano} = 0,460 \text{ M€/ano}$
- (14) $193362 \text{ m}^3/\text{ano} \times 0,45 \text{ €/ m}^3 = 87014 \text{ €/ano} = 0,0870 \text{ M€/ano}$
- (15) $1743889 \text{ m}^3/\text{ano} \times 0,45 \text{ €/ m}^3 = 784750 \text{ €/ano} = 0,785 \text{ M€/ano}$
- (16) $0,460 \text{ M€/ano} + 0,0870 \text{ M€/ano} + 0,779 \text{ M€/ano} = 1,33 \text{ M€/ano}$
- (17) $2,87 \text{ M€/ano} + 1,33 \text{ M€/ano} = 4,20 \text{ M€/ano}$

ANEXO B- MÉTODO DE CÁLCULO DAS COMPONENTES DO ESTUDO ECONÓMICO

[1] Através da Figura 4.10 verifica-se que a partir do 10º ano a percentagem de erros mantém-se mais ou menos constante nos 14%.

Para saber qual a percentagem de perdas reduzidas com a substituição dos contadores basta consultar a Figura 4.10 e ver qual a percentagem de perdas em cada ano:

- Ano 1: $14\% - 2\% = 12\%$ de redução de perdas
- Ano 2: $14\% - 3\% = 11\%$ de redução de perdas
- Ano 3: $14\% - 6\% = 8\%$ de redução de perdas
- Ano 4: $14\% - 7\% = 7\%$ de redução de perdas
- Ano 5: $14\% - 9\% = 5\%$ de redução de perdas
- Ano 6: $14\% - 10\% = 4\%$ de redução de perdas
- Ano 7: $14\% - 11\% = 3\%$ de redução de perdas
- Ano 8: $14\% - 12\% = 2\%$ de redução de perdas
- Ano 9: $14\% - 13\% = 1\%$ de redução de perdas
- Ano 10: $14\% - 13,5\% = 0,5\%$ de redução de perdas

[2] Utilizou-se o volume dos erros de medição do ano 2016 (821796 m^3). Admitiu-se que os erros por submedição dos contadores correspondem a 80% dos erros de medição, logo a redução do volume de água perdida após a substituição é o seguinte:

- Ano 1: $0,8 \times 821796 \text{ m}^3 \times 0,12 = 78892 \text{ m}^3$
- Ano 2: $0,8 \times 821796 \text{ m}^3 \times 0,11 = 72318 \text{ m}^3$
- Ano 3: $0,8 \times 821796 \text{ m}^3 \times 0,08 = 52595 \text{ m}^3$
- Ano 4: $0,8 \times 821796 \text{ m}^3 \times 0,07 = 46021 \text{ m}^3$
- Ano 5: $0,8 \times 821796 \text{ m}^3 \times 0,05 = 32872 \text{ m}^3$
- Ano 6: $0,8 \times 821796 \text{ m}^3 \times 0,04 = 26297 \text{ m}^3$
- Ano 7: $0,8 \times 821796 \text{ m}^3 \times 0,03 = 19723 \text{ m}^3$
- Ano 8: $0,8 \times 821796 \text{ m}^3 \times 0,02 = 13149 \text{ m}^3$
- Ano 9: $0,8 \times 821796 \text{ m}^3 \times 0,01 = 6574 \text{ m}^3$
- Ano 10: $0,8 \times 821796 \text{ m}^3 \times 0,005 = 3287 \text{ m}^3$

[3]

- Ano 1: $78892 \text{ m}^3 \times 2,75 \text{ €/m}^3 = 216954 \text{ €}$
- Ano 2: $72318 \text{ m}^3 \times 2,75 \text{ €/m}^3 = 198875 \text{ €}$
- Ano 3: $52595 \text{ m}^3 \times 2,75 \text{ €/m}^3 = 144636 \text{ €}$
- Ano 4: $46021 \text{ m}^3 \times 2,75 \text{ €/m}^3 = 126557 \text{ €}$
- Ano 5: $32872 \text{ m}^3 \times 2,75 \text{ €/m}^3 = 90398 \text{ €}$
- Ano 6: $26297 \text{ m}^3 \times 2,75 \text{ €/m}^3 = 72318 \text{ €}$
- Ano 7: $19723 \text{ m}^3 \times 2,75 \text{ €/m}^3 = 54239 \text{ €}$
- Ano 8: $13149 \text{ m}^3 \times 2,75 \text{ €/m}^3 = 36159 \text{ €}$
- Ano 9: $6574 \text{ m}^3 \times 2,75 \text{ €/m}^3 = 18080 \text{ €}$
- Ano 10: $3287 \text{ m}^3 \times 2,75 \text{ €/m}^3 = 9040 \text{ €}$

[4]

- Ano 1: 216954 €
- Ano 2: $216954 \text{ €} + 198875 \text{ €} = 415829 \text{ €}$
- Ano 3: $415829 \text{ €} + 144636 \text{ €} = 560465 \text{ €}$
- Ano 4: $560465 \text{ €} + 126557 \text{ €} = 687021 \text{ €}$
- Ano 5: $687021 \text{ €} + 90398 \text{ €} = 777419 \text{ €}$
- Ano 6: $777419 \text{ €} + 72318 \text{ €} = 849737 \text{ €}$
- Ano 7: $849737 \text{ €} + 54239 \text{ €} = 903976 \text{ €}$
- Ano 8: $903976 \text{ €} + 36159 \text{ €} = 940135 \text{ €}$
- Ano 9: $940135 \text{ €} + 18080 \text{ €} = 958214 \text{ €}$
- Ano 10: $958214 \text{ €} + 9040 \text{ €} = 967254 \text{ €}$

[5]

- Ano 1: $216954 \text{ €} - 330000 \text{ €} = -113046 \text{ €}$
- Ano 2: $415829 \text{ €} - 330000 \text{ €} = 85829 \text{ €}$
- Ano 3: $560465 \text{ €} - 330000 \text{ €} = 230465 \text{ €}$
- Ano 4: $687021 \text{ €} - 330000 \text{ €} = 357021 \text{ €}$
- Ano 5: $777419 \text{ €} - 330000 \text{ €} = 447419 \text{ €}$

REDUÇÃO DE PERDAS APARENTES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
Submedição dos contadores e Consumos ilícitos

- Ano 6: 849737 € - 330000 € = 519737 €
- Ano 7: 903976 € - 330000 € = 573976 €
- Ano 8: 940135 € - 330000 € = 610135 €
- Ano 9: 958214 € - 330000 € = 628214 €
- Ano 10: 967254 € - 330000 € = 637254 €

E17		f _x =ABS(I6)/(ABS(I6)+I7)+D6				
	D	E	F	G	H	I
1	% associada a submedição	0,8		Investimento	330000€	
2	erros de medição	821796	m ³			
3	custo das perdas aparentes	2,75	€/m ³			
4			redução	Custo	Custo acumulado	Acumulado Cash-flow
5						
6	1	12%	78892	216954	216954	-113046
7	2	11%	72318	198875	415829	85829
8	3	8%	52595	144636	560465	230465
9	4	7%	46021	126557	687021	357021
10	5	5%	32872	90398	777419	447419
11	6	4%	26297	72318	849737	519737
12	7	3%	19723	54239	903976	573976
13	8	2%	13149	36159	940135	610135
14	9	1,0%	6574	18080	958214	628214
15	10	0,5%	3287	9040	967254	637254
16						
17	Payback	1,6	anos			
18						
19	Lucro	637254	€			
20						
21	redução de perdas	351729	m ³			
22						