



MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2020/2021

ÁGUAS DE GAIA: REDUÇÃO DE PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

LOURENÇO PINHEIRO DIAS PIRES DE ANDRADE

Dissertação submetida para obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Presidente do Júri: Professora Doutora Cidália Maria de Sousa Botelho

(Professora 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 do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de
Engenharia da Universidade do Porto)

Orientador na empresa (ou co-orientador): Engenheiro José António Martins

(Diretor do Departamento de Águas de Abastecimento da Empresa Águas de Gaia)

SETEMBRO, 2021

AGRADECIMENTOS

Deixo o meu enorme agradecimento a todos aqueles que acompanharam o meu percurso, e que de uma forma ou de outra, o tornaram possível.

Agradeço aos meus Pais, por ter tido até hoje todas as oportunidades para ter um ótimo futuro. Ao meu Pai, que já não estando presente, continua a ser quem mais motiva esta etapa na FEUP e à minha Mãe por fazer possíveis e impossíveis para contribuir para a minha completa felicidade.

Aos meus irmãos, pela cumplicidade e bons momentos entre os cinco.

À minha namorada, por ter sido um apoio incondicional, nesta fase em especial, por arranjar forma de tornar tudo tão mais calmo, estando sempre presente.

Ao Professor Joaquim Poças Martins, por proporcionar esta oportunidade extraordinária, de realizar a Dissertação em ambiente empresarial, por toda a disponibilidade e paciência único de um excelente Professor.

À Direção da Empresa Águas de Gaia, por ter sido tão bem recebido e ter todas as condições necessárias para realizar esta Dissertação. Com um agradecimento especial a quem me acompanhou diretamente, Eng. José António Martins, Eng. Carlos Ranginha, Eng. Pires de Lima e Eng. José Cláudio.

Uma ajuda imprescindível de todos, a quem deixo o meu OBRIGADO!

RESUMO

Os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) representam uma fração fundamental na complexa gestão do ciclo urbano da água, deve prevalecer o equilíbrio entre o abastecimento adequado da sociedade e o respeito por um recurso imprescindível, cada vez mais escasso no planeta, sendo por isso, a sua utilização de forma sustentável, uma responsabilidade cívica.

As perdas de água ao longo das redes são inevitáveis, contudo, o volume de água perdido não é o mesmo em todos os SAA, este depende de fatores como, características da rede, modo de operação adotado, e ainda, da tecnologia e conhecimento direcionado para o controlo deste problema.

A este volume de água perdido, está associado um custo, que vem causar instabilidade, aumento de tarifas e impactes a nível ambiental e de saúde pública, trata-se, por vezes, de um custo tão elevado que pode ditar a insustentabilidade da entidade gestora (EG). Assim, há cada vez mais uma necessidade de controlar as perdas de água, conhecendo as suas causas, a sua constituição e seguir estratégias mais eficientes.

Conclui-se que, a implementação de medidas de controlo de perdas de água e a inovação no âmbito de estratégias para a sua redução, devem ser um objetivo constante na gestão de um SAA. Nesta dissertação, pretende-se acompanhar a forma como a empresa Águas de Gaia, EM, S.A., tenta combater a atual situação de perdas de água, analisando e validando a capacidade de melhoria da eficiência e eficácia do seu próprio serviço.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de Abastecimento de Água (SAA), Balanço Hídrico (BH), Água Não Faturada (ANF), Perdas de Água, Telemetria.

ABSTRACT

The Water Supply Systems (WSS) represent a fundamental fraction in the complex management of the urban water cycle, there must be a balance between the adequate supply of the population and the respect for an essential resource that is becoming scarcer every day, therefore its use in a sustainable manner is a civic responsibility.

The loss of water along the grids is inevitable, however, the volume of water that is lost is not the same in all WSS, this loss depends on factors such as the characteristics of the grid, the operation method adopted, and the technology and knowledge directed towards the control of this problem.

To this volume of lost water there is a cost associated that causes instability, fares to raise and impacts on an environmental and public health level. This cost is sometimes so high that it can cause the instability of the managing entity (ME). So, there is an increasing necessity to control the water losses, know its causes, its constitution and follow the most efficient strategy.

It can be concluded that the implementation of water loss control measures and the innovation within the scope of strategies for its reduction must be a constant objective in the management of a WSS. In this dissertation the intention is to monitor the way in which the company Águas de Gaia, EM, S.A., tries to combat the current water loss situation by analysing and validating the room for improvement in terms of efficiency and effectiveness of its own service.

KEYWORDS: Water Supply System, Water Balance, Non-Revenue Water, Water Losses, Telemetry System.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Apresentação do Tema	1
1.2 Organização da Dissertação	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Enquadramento	4
2.2 Setor da Água	5
2.3 Sistemas de Abastecimento de Água - SAA	6
2.3.1 Etapas de um SAA	7
2.3.2. Captação	8
2.3.3 Tratamento	9
2.3.4. Elevação	9
2.3.5. Adução	10
2.3.6. Armazenamento	10
2.3.7. Distribuição	12
2.3.8. Sistemas em Alta e em Baixa	19
2.4. Setor da Água em Portugal	22
2.4.1. Modelos de Gestão	23
2.4.2. Entidade Reguladora	25
2.4.3 Indicadores de Desempenho	26
2.4.4. Principais problemas do setor	28
2.5. Perdas em SAA	28
2.5.1. Enquadramento Geral	28
2.5.2. Balanço Hídrico (BH)	30
2.5.3. Perdas Reais	34
2.5.4. Perdas Aparentes	38
2.5.5. Nível Económico de Perdas (NEP)	41
2.6. Telegestão	43
3. ÂMBITO E OBJETIVOS	46
3.1. Âmbito da Dissertação	46
3.2. Objetivos	46

4.	ÁGUAS DE GAIA, EM, SA.	49
4.1.	Enquadramento	49
4.2.	Distribuição de Água.....	50
4.3.	Balanço Hídrico 2020.....	52
4.4.	Decomposição da ANF.....	53
5.	CASO DE ESTUDO: MONITORIZAÇÃO E ANÁLISE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO.....	57
5.1.	Monitorização e Análise do Sistema	57
5.2.	Sistema de Informação Geográfica (SIG)	57
5.3.	Sistema de Informação de Gestão de Clientes (SIGC)	60
5.4.	Modelo Hidráulico do Sistema.....	60
5.5.	Medição de Caudal	62
5.6.	Redução de ANF	62
5.7.	Deteção de Fugas	63
5.8.	Análise de Parâmetros por Reservatório.....	64
5.9.	Análise da AES por ponto de entrega (PE)	96
6.	CASO DE ESTUDO: TELECONTAGEM QUINTA DA BELA VISTA	105
6.1.	Enquadramento	105
6.2.	Sistema de Telemetria.....	106
6.3.	Quinta da Bela Vista	108
7.	CONCLUSÃO.....	117
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 - Método para redução de perdas de água.	5
Fig. 2 - Disponibilidade de água doce no globo terrestre.....	6
Fig. 3 - Etapas de um SAA.....	7
Fig. 4 - Principais elementos de um SAA.....	8
Fig. 5 - Esquema do tratamento de água de origem superficial em Portugal (Vieira, Rosa et al., 2007). 9	
Figura 6 - Esquema do tratamento de água de origem subterrânea em Portugal (Vieira, Rosa et al., 2007) 9	
Fig. 7 . Classificação de reservatórios quanto à sua implantação.	11
Fig. 8 - Rede Ramificada.....	12
Fig. 9 - Rede Emalhada.	12
Fig. 10 - Rede Mista.....	13
Fig. 11 - Junta de Montagem.....	15
Fig. 12 - Tê.	16
Fig. 13 - Válvula de Seccionamento.	16
Fig. 14 - Válvula de Descarga.	16
Fig. 15 - Válvula de Retenção.	17
Fig. 16 - Ventosa.....	17
Fig. 17 - Válvula Redutora de Pressão.	18
Fig. 18 - Válvula com flutuador.....	18
Fig. 19 - Marco de incêndio.	19
Fig. 20 - Medidor de caudal eletromagnético.	19
Fig. 21 - Distribuição geográfica das entidades gestoras de serviços de abastecimento de água em alta. 20	
Fig. 22 - Distribuição geográfica das entidades gestoras de serviços de abastecimento de água em baixa. 21	
Fig. 23 - Número de óbitos por doenças relacionadas com água/higiene (Pato,2011).....	22
Fig. 24 - População com abastecimento de água em 1972 (Poças Martins, 2012).	22
Fig. 25 - Evolução da população servida com abastecimento de água.....	23
Fig. 26 - Modelo de gestão dos serviços de águas e resíduos.	24
Fig. 27 - Fluxograma das principais influências num SAA.....	29
Fig. 28 - Balanço Hídrico de acordo com a definição da IWA.....	31
Fig. 29 - Abordagens Top-Down e Bottom-Up.	32

Fig. 30 - Abordagem Bottom-Up para o cálculo de perdas reais.	33
Fig. 31 - Pontos da rede de abastecimento de água onde ocorrem perdas reais frequentes.	34
Fig. 32 - Exemplo de perdas reais em ramais de ligação.	35
Fig. 33 - Tipologia das fugas: (a) fuga invisível, (b) fuga não comunicada, (c) fuga comunicada (Poças Martins, 2016). 35	
Fig. 34 - Tempo de atuação e volume perdido numa fuga declarada numa conduta adutora.....	36
Fig. 35 - Tempo de deteção (D), localização (L) e reparação (R) e volume perdido numa fuga não declarada num ramal de ligação.....	37
Fig. 36 - Efeitos negativos de perdas reais.	37
Fig. 37 - Questões a responder e respetivas ferramentas para o desenvolvimento de uma estratégia para o controlo de perdas.....	38
Fig. 38 - Constituintes das perdas aparentes.....	38
Fig. 39 - Ligação por "bypass".	39
Fig. 40 - Curva característica de um contador.	40
Fig. 41 - Causas dos erros de medição relativos aos contadores.....	41
Fig. 42 - Causas dos erros de medição relativos às leituras.....	41
Fig. 43 - Representação gráfica do conceito de Nível Económico de Perdas.	42
Fig. 44 - Exemplos de informação passível de ser recolhida por telegestão.....	44
Fig. 45 - Mapa de distribuição de água do Concelho de Vila Nova de Gaia.....	51
Fig. 46 - Volume de AES, repartido em AF e ANF.	54
Fig. 47 - Decomposição da ANF.....	55
Fig. 48 - Decomposição das perdas reais e aparentes.	55
Fig. 49 - SAA das Águas de Gaia, EM. Divisão por setores da rede de distribuição. Rede de adução e reservatórios 58	
Fig. 50 - Exemplos de informação disponível no SIG das Águas de Gaia, EM, SA.....	59
Fig. 51 - Esquema em EPANET da distribuição em alta.	61
Fig. 52 - Relação da ANF e AF (Poças Martins, 2014).....	62
Fig. 53 - Gráfico AES e AF acumulada - R2 Outeiro.	64
Fig. 54 - Gráfico da percentagem de ANF - R2 Outeiro.....	65
Fig. 55 - Gráfico do CMN e AES - R2 Outeiro.....	66
Fig. 56 - Gráfico da AES e AF acumulada - R3 Perosinho.	66
Fig. 57 - Gráfico da percentagem de ANF - R3 Perosinho	67
Fig. 58 - Gráfico do CMN e AES - R3 Perosinho.....	68
Fig. 59 - Gráfico da AES e AF acumulada - R4 Gulpilhares	68
Fig. 60 - Gráfico da percentagem de ANF - R4 Gulpilhares	69

Fig. 61 - Gráfico do CMN e AES - R4 Gulpilhares.....	70
Fig. 62 - Gráfico de AES e AF acumulada - R5 Corvo.	70
Fig. 63 - Gráfico da percentagem de ANF - R5 Corvo.....	71
Fig. 64 - Gráfico CMN e AES - R5 Corvo.....	72
Fig. 65 - Gráfico da AES e AF acumulada - R6 Portelinha.	72
Fig. 66 - Gráfico da percentagem de ANF - R6 Portelinha.	73
Fig. 67 - Gráfico do CMN e AES - R6 Portelinha.....	74
Fig. 68 - Gráfico da AES e AF acumulada - R8 Vilar de Andorinho	74
Fig. 69 - Gráfico da percentagem de ANF - R8 Vilar de Andorinho.	75
Fig. 70 - Gráfico do CMN e AES - R8 Vilar de Andorinho.....	76
Fig. 71 - Gráfico de AES e AF acumulada - R11 Canelas Alta.	76
Fig. 72 - Gráfico da percentagem de ANF - R11 Canelas Alta.	77
Fig. 73 - Gráfico do CMN e AES - R11 Canelas Alta.....	77
Fig. 74 - Gráfico de AES e AF acumulada - R13 Póvoa Baixa.	78
Fig. 75 - Gráfico da percentagem de ANF - R13 Póvoa Baixa.	79
Fig. 76 - Gráfico do CMN e AES - R13 Póvoa Baixa.....	79
Fig. 77 - Gráfico da AES e AF acumulada - R14 Póvoa Alta.	80
Fig. 78 - Gráfico da percentagem de ANF - R14 Póvoa Alta.	81
Fig. 79 - Gráfico do CMN e AES - R14 Póvoa Alta.	81
Fig. 80 - Gráfico da AES e AF acumulada - R15 Alheira.	82
Fig. 81 - Gráfico da percentagem de ANF - R15 Alheira.	83
Fig. 82 - Gráfico do CMN e AES - R15 Alheira.	83
Fig. 83 - Gráfico da AES e AF acumulada - R21 Vila D'Este.	84
Fig. 84 - Gráfico de percentagem de ANF - R21 Vila D'Este.	85
Fig. 85 - Gráfico do CMN e AES - R21 Vila D'Este.	85
Fig. 86 - Gráfico da AES e AF acumulada - R23 Valadares.	86
Fig. 87 - Gráfico da percentagem de ANF - R23 Valadares.	87
Fig. 88 - Gráfico do CMN e AES - R23 Valadares.....	87
Fig. 89 - Gráfico da AES e AF acumulada - R26 Aguda/Granja.	88
Fig. 90 - Gráfico da percentagem de ANF - R26 Aguda/Granja.....	89
Fig. 91 - Gráfico do CMN e AES - R26 Aguda/Granja.....	89
Fig. 92 - Gráfico de AES e AF acumulada - R29 Olival.	90
Fig. 93 - Gráfico da percentagem de ANF - R29 Olival.	91

Fig. 94 - Gráfico do CMN e AES - R29 Olival.....	91
Fig. 95 - Gráfico da AES e AF acumulada - R32 Loureiro.	92
Fig. 96 - Gráfico da percentagem de ANF - R32 Loureiro.	93
Fig. 97 - Gráfico do CMN e AES - R32 Loureiro.....	93
Fig. 98 - Gráfico da AES e AF acumulada - R35 Fojo.	94
Fig. 99 - Gráfico da percentagem de ANF - R35 Fojo.	95
Figura 100 - Gráfico do CMN e AES -R35 Fojo.	95
Fig. 101 - AES PE005 - Hortas Portelinhas.	97
Fig. 102 - AES PE010 - RASA Gaia.	97
Fig. 103 - AES PE023 - Outeiro.....	98
Fig. 104 - AES PE024 - Carvalhos.	99
Fig. 105 - AES PE025 - S. Miguel o Anjo.....	99
Fig. 106 - AES PE026 - Seada.	100
Fig. 107 - AES PE027 - Perosinho.	101
Fig. 108 - AES PE028 - Póvoa.	101
Fig. 109 - AES PE060 - Olival Gaia.	102
Fig. 110 - AES PE065 - Cabeço e Loureiro.	103
Fig. 111 - Divisão da rede em ZMC.	106
Fig. 112 - Principais componentes de um sistema de telemetria.	107
Fig. 113 - Sistema de comunicação em malha por rádio frequência (rede mesh).	108
Fig. 114 - Registo da telecontagem implementado na Quinta da Bela Vista (Águas de Gaia, 2021).	109
Fig. 115 - Decomposição da AES (Bela Vista, Agosto 2021).	110
Figura 116 - Equipamento de deteção acústica: sistema de geofone - amplificador (esquerda) e sonda (direita).	112
Fig. 117 - Evolução da ANF por dia, durante o mês de Agosto.	112
Fig. 118 - Evolução do CMN diário, ao longo do mês de Agosto.....	113
Fig. 119 - Registo da telecontagem na Quinta da Bela Vista, 15 a 22 de Agosto (Águas de Gaia, 2021).	114
Fig. 120 - Exemplo de consumo totalizado de um cliente (Águas de Gaia, 2021).....	115

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação de Reservatórios.....	11
Quadro 2 - Exemplos de materiais mais utilizados na tubagem de redes de distribuição de água.	14
Quadro 3 - Indicadores de desempenho do serviço de abastecimento público de água: Adequação da interface com os utilizadores.	27
Quadro 4 - Indicadores de desempenho do serviço de abastecimento público de água: Sustentabilidade da gestão do serviço	27
Quadro 5 - Indicadores de desempenho do serviço de abastecimento público de água: Sustentabilidade ambiental. 28	
Quadro 6 - Tipos de Roturas	36
Quadro 7 - Evolução de ANF nos últimos anos.	50
Tabela 8 - Investimento por setores na Empresa Águas de Gaia.	50
Quadro 9 - Rede de água (em km) nova e substituída nos últimos anos.	51
Quadro 10 - BH 2020	52
Tabela 11 - Número de clientes por reservatório.	59
Quadro 12 - Reservatórios associados a cada um dos PE.....	96

1

INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

A água é um recurso natural fundamental para todas as formas de vida do planeta Terra. Pode ser vista como a base de uma sociedade, garantindo a estabilidade e prosperidade, por isso, tem associado um enorme valor económico, social e ambiental.

Nos dias de hoje, é necessária uma abordagem planeada de forma detalhada, sendo que há uma notória escassez dos reservatórios de água doce e, consequentemente, uma diminuição da sua disponibilidade, no entanto, existe uma crescente procura pelo recurso. Para além disto, as previsões futuras são bastante desfavoráveis, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), em 2025, aproximadamente 60% da população mundial irá viver em regiões com escassez de água.

Este é um problema que se torna mais grave quando se verificam grandes valores de perdas de água ao longo dos sistemas de abastecimento, estima-se que, a média da água que entra nas redes de distribuição, mas não chega ao consumidor, oscila entre os 30% e 40% na Europa.

Em Portugal, são as entidades gestoras (EG) que estão a cargo da captação, transporte e distribuição de água, é da sua responsabilidade garantir ao consumidor uma quantidade de água a uma pressão dentro dos limites impostos, bem como uma gestão eficaz, rentável e com o mínimo desperdício de um recurso de valor inigualável.

Existem problemas característicos, que são comuns a qualquer sistema de abastecimento de água (SAA), um dos quais a água não faturada (ANF), responsável por grandes prejuízos e ineficiência na distribuição de água. Atualmente, são feitos todos os esforços para que o volume da ANF seja mínimo, monitorizando toda a água que entra e sai de um SAA, através de balanços hídricos. São três as componentes que concebem a ANF, o consumo autorizado não faturado (utilizações públicas), perdas reais e perdas aparentes, posto isto, as perdas de água assumem uma elevada importância e, a sua redução, pode ser um fator decisivo êxito do setor.

Como foi referido, nem todas as perdas de água são da mesma natureza, assim, distinguem-se dois tipos de perdas, as perdas reais e as perdas aparentes. As perdas reais traduzem as perdas através de fugas nas condutas, quer de adução, quer de distribuição, fugas nos ramais de distribuição e ainda extravasamentos nos reservatórios. As perdas aparentes dizem respeito a consumos não autorizados (consumos ilícitos) e erros de origem informática, humana e de medição. Independentemente da natureza do consumo não faturado, são percentagens de água cedidas que, tal como o nome indica, não geram receita para a EG, contornar este problema é hoje em dia, um dos maiores desafios do setor.

Todos os SAA têm perdas de água inerentes, seja qual for a dimensão e a qualidade de gestão por parte da EG. Estas perdas são um obstáculo à geração de lucro, e constituem um impedimento a novos investimentos, provocando um desequilíbrio financeiro na gestão deste recurso. Segundo o Relatório Anual dos Serviços de Água e Resíduos em Portugal (RASARP), com dados referentes ao ano de 2019, Portugal apresenta nos últimos anos cerca de 5% de ANF no sistema em alta e cerca de 30% de ANF no sistema em baixa, sendo avaliadas no mesmo documento como “bom” e “mediano”, respetivamente. Apesar da evolução favorável que se faz notar, existe um potencial de melhoria que requer alteração de procedimentos de faturação e redução de perdas. É ainda possível concluir, através de uma análise da Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas (APDA), que o nível destas perdas é maior nos SSA de menor dimensão, cuja gestão, na maior parte das situações, é da responsabilidade das Câmaras Municipais e empresas municipalizadas.

Neste trabalho é feita uma análise geral às perdas de água existentes na rede de distribuição gerida pelas Águas de Gaia, EM, SA., bem como às medidas existentes que visam na sua redução. É ainda feita uma apreciação ao novo sistema de telemetria implementado, na zona-piloto da Quinta de Bela Vista, para uma monitorização e controlo fundamentais na gestão de um SAA.

1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Para que a leitura e compreensão da presente dissertação, é apresentado de seguida, uma breve descrição dos conteúdos abordados em cada um dos capítulos.

Capítulo 1

O primeiro capítulo tem como objetivo apresentar o problema em causa, salientando o seu poder abrangente, concluindo na necessidade de estudo e investimento no âmbito deste problema.

Capítulo 2

Este capítulo pretende fazer um enquadramento geral do tema e fornecer as bases necessárias para uma melhor interpretação da dissertação.

Assim, efetua-se uma apresentação da matéria teórica já existente sobre o tema, com especial foco na informação que se relaciona diretamente com os principais objetivos do trabalho.

Dá ainda a conhecer, a evolução do setor ao longo do tempo, bem como uma caracterização geral do seu funcionamento em Portugal, mas também a nível internacional.

Finalmente são abordadas as principais dificuldades, e as respetivas formas de resolução e contorno das mesmas.

Capítulo 3

Neste capítulo são descritos os objetivos específicos e o âmbito desta dissertação.

Capítulo 4

Este capítulo tem a função de retratar o panorama atual da Empresa Águas de Gaia, através de uma análise à evolução da faturação e perdas existentes, e caracterização da rede de distribuição.

Capítulo 5

Neste capítulo faz-se uma análise a cada subsistema de forma individual, aos parâmetros do BH, nomeadamente AES, AF, ANF, CMN, de forma a estimar o desempenho anual da EG.

Capítulo 6

Este capítulo pretende analisar a zona-piloto onde foi implementado o sistema de telemetria, avaliando assim o potencial deste sistema no controlo ativo de perdas e consequente redução de ANF.

Capítulo 7

Neste capítulo são apresentadas alguns aspetos que se conseguiram concluir com a realização desta dissertação, bem como recomendações futuras.

2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ENQUADRAMENTO

No atual contexto é essencial a percepção de que os recursos naturais, em particular os recursos hídricos, são limitados, emerge a necessidade de serem protegidos e conservados. Para que este processo tenha resultados notórios, deve ser acompanhado de medidas objetivas e desenvolvimento de estratégias, capazes de conduzir à alteração das práticas relacionadas com a gestão e utilização da água sem que haja desperdício (Almeida, *et al.*, 2001). De notar que, a escassez de água pode ser sentida apenas em algumas zonas do planeta, a questão da sua qualidade é discutida na sua globalidade (Marques, 1999).

A consciencialização ambiental tem vindo a ganhar um peso relevante ao longo dos últimos anos, sendo por vezes, um fator decisivo na tomada de decisões. Com o cenário da possível escassez de água própria para consumo e utilização humano, num futuro cada vez mais próximo, acaba por ser evidente a preocupação de reduzir as perdas de água e assim, redução do volume captado nas fontes hídricas naturais, tendo em vista conservação da natureza e uma política de gestão da água sustentável. Desta forma, o investimento em sistemas de perdas, tem impactos notáveis na racionalização da utilização deste recurso, revertendo numa maior eficiência hídrica (Silva, 2018).

A abordagem à situação das perdas de água está dependente de vários aspetos, os quais vão ditar quais as estratégias mais adequadas e eficazes a implementar em cada caso, garantindo um maior controlo e redução. Também o nível de desenvolvimento de um país, a economia, consciência ambiental, qualidade das entidades gestoras, prioridades políticas dos governos e mesmo a cultura das populações, podem ser determinantes nas decisões de intervenção (Sardinha *et al.*, 2017). Garantir a eficiência e controlo dos processos e redução de perdas, tendem a ser cada vez mais, objetivos fundamentais para as entidades de gestão, assim, a diminuição do volume de água perdido, resulta no melhor desempenho do sistema e assegura o consumo, sem que seja necessário aumentar o volume captado e posteriormente tratado (Malheiro, 2011).

As perdas de água, independentemente da sua origem, têm sido alvo de diversos estudos e análises de boas práticas nesse assunto a nível global, paralelamente com desenvolvimento de regulamentação específica, tendo em vista promover a evolução dos processos e criar uma gestão dos SAA mais desenvolvida. Contudo, é uma revolução no setor que requer grande esforço e sensibilização de todos os intervenientes, desde responsáveis pelo setor até ao consumidor final, para que seja possível incentivar mudanças comportamentais (McKenzie e Hamilton, 2014).

De forma a implementar uma estratégia no combate às perdas, é necessária uma abordagem tendo em conta a situação real, de forma detalhada da entidade gestora. Deste modo, deve estar assegurada a

recolha de informação sobre todos os parâmetros que sejam relevantes, rede de abastecimento, modo de operação da mesma e a definição das soluções executáveis que garantam progresso. De salientar que, devem também ser considerados constrangimentos financeiros, as condições das infraestruturas disponíveis, experiência e grau de conhecimento das equipas, tecnologia utilizada e, por último, influências sociais, culturais e políticas. (Sardinha *et al.*, 2017)

Assim, antes de ser estabelecido qualquer plano, deve considerar-se a realização prévia de um diagnóstico, capaz de caracterizar de forma correta e detalhada o ponto de partida. Múltiplas EG de serviços públicos de água, de grande sucesso no setor a nível mundial, adotaram estratégias simples que se baseiam em quatro pontos fulcrais (Fig. 1):

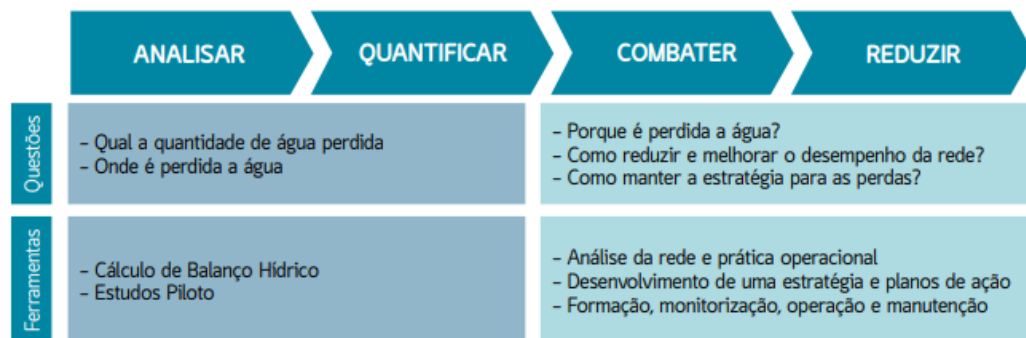


Fig. 1 - Método para redução de perdas de água.

Conclui-se que, do ponto de vista da gestão integrada dos recursos hídricos, é seguramente fundamental, impulsionar os níveis de eficiência de utilização da água, este é um objetivo que se pode alcançar através de novas tecnologias ou métodos de gestão inovadores, simultaneamente com alterações no comportamento (Sardinha *et al.*, 2017).

2.2 SETOR DA ÁGUA

A água doce é um dos recursos mais valiosos do nosso planeta, não só por ser insubstituível, mas também por ser essencial para todas as formas de vida. Sabe-se que, aproximadamente 70% da superfície da Terra, está coberta de água, no entanto, apenas cerca de 2,5% da água disponível é doce, o que representa um volume global da ordem dos 35 milhões de m³, sendo que, a maior parte deste volume, está armazenado nas calotes polares e glaciares (68,7%), e em aquíferos subterrâneos (30,1%), conclui-se assim que a água de rios e lagos equivale a 1,2% do total da água doce existente (Shiklomanov, 1993).

A precipitação anual é responsável por acrescentar a este balanço 0,12% de água doce, esta é uma fonte de extrema importância, uma vez que constitui uma das origens centrais na sustentabilidade a longo prazo, principalmente com um cenário de alterações climáticas e aglomerados populacionais em crescimento (Sardinha *et al.*, 2017).

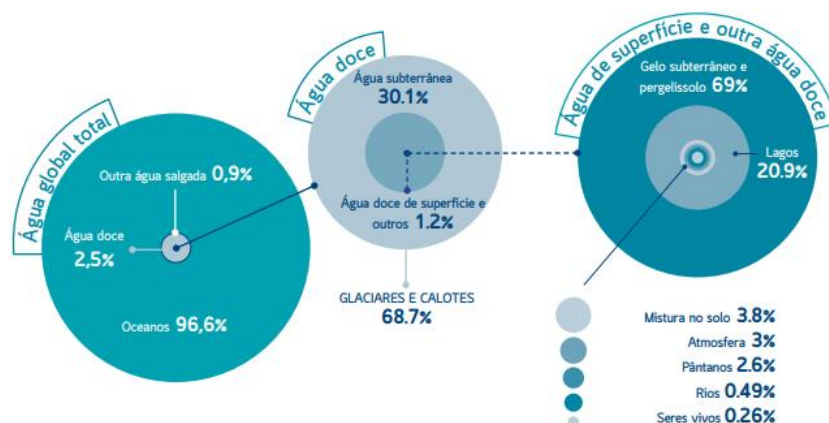


Fig. 2 - Disponibilidade de água doce no globo terrestre.

Atualmente, é impensável viver sem água e a necessidade de utilização deste recurso tão valioso, está em constante crescimento, segundo o *World Resources Institute*, estima-se um crescimento da ordem dos 50% entre 2007 e 2025 nos países em desenvolvimento e cerca de 18% em países desenvolvidos (Uzcategui, 2017).

A nível da estrutura de mercado, este é um setor que apresenta um caso típico de indústria de rede, quer a atividade em alta, quer a atividade em baixa, assumem uma gestão em situação de monopólio natural, à escala regional, em que a sua abrangência geográfica é determinada pela rede explorada. (Sítio ERSAR, 2021).

Cabe às entidades gestoras de água, alterar gradualmente as prioridades do setor, que devem passar por uma reabilitação dos sistemas existentes, de modo garantir uma maior eficiência e rentabilidade económica, evitando ao máximo as perdas no sistema. Devem também assumir um grande papel na consciencialização dos seus clientes sobre o valor da água e uso irracional deste recurso, em vez da constante procura e investimento em novas fontes (Prodanovic, 2002).

Tratando-se de um importante suporte para uma sociedade próspera, o abastecimento de água potável, tem uma influência direta na produtividade de indústrias e agricultura, que se reflete na saúde e bem-estar da população. De forma a manter esta estabilidade, este serviço público, requer responsabilidade por parte da sociedade e uma abordagem ética e racional, previamente estudada, levada a cabo por todos os intervenientes (Ferreira, 2017).

Por estas razões, as EG do setor da água têm a competência de contribuir para o uso eficiente deste recurso, bem como assegurar a sua disponibilidade, não só em quantidade como em qualidade e condições de pressão controlada (Águas de Gaia, 2019).

2.3 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA - SAA

Um sistema de abastecimento de água (SAA) é constituído por um conjunto de obras, equipamentos e serviços, que se destinam, tal como o nome indica, a fornecer água potável a uma comunidade, que pode ter diferentes fins, nomeadamente, consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial, entre outros (Sousa, 2011).

Os sistemas de abastecimento são relativamente semelhantes entre si a nível de funcionamento, no entanto, faz-se notar uma certa diferença em dois aspetos importantes. A primeira trata-se da diferença a nível dos materiais utilizados e na gestão deste serviço, que é tanto melhor quanto maior for o poder

económico e científico do país. Por outro lado, temos as diferenças significativas consoante a dimensão e consumos do aglomerado a abastecer. O conhecimento e desenvolvimento deste serviço está intimamente relacionado com o progresso em duas áreas fundamentais (Vilas-Boas, 2008):

Aspetos Sociais:

- Condições de vida favoráveis (saúde, comodidade);
- Diminuição da taxa de mortalidade (considerável na infantil);
- Aumento da esperança média de vida;
- Efeitos positivos na limpeza pública;
- Menor incidência de doenças relacionadas com a qualidade da água;
- Criação de hábitos de higiene;

Aspetos Económicos:

- Aumento da vida produtiva de indivíduos economicamente ativos;
- Diminuição de despesas particulares e públicas em instalações hospitalares;
- Incentivo ao desenvolvimento de novas indústrias e projetos agrícolas, onde a água assume carácter de matéria-prima, ou é fundamental como meio de operação.
- Incentivo ao investimento no setor do turismo;

Os serviços de abastecimento de águas às populações, têm um papel fundamental no bom funcionamento e qualidade de vida da sociedade. Este é um setor com inúmeros intervenientes e diferentes tipos de ações, que trabalham, tendo em vista, um pleno desenvolvimento a nível da saúde pública, qualidade e segurança, a par da sustentabilidade ambiental e crescente disponibilidade deste serviço. Por esta razão, as entidades gestoras devem obedecer a um conjunto de princípios que regem o setor garantindo uma padronização nas condições de acesso, eficiência, continuidade e equidade de preços (ERSAR, 2020).

2.3.1 ETAPAS DE UM SAA

De acordo com o esquema apresentado na Fig. 3, o processo de abastecimento de água ao público divide-se em diferentes momentos, a captação, o tratamento, a elevação, o transporte, o armazenamento, a distribuição e a utilização da água (Sítio ERSAR, 2021)



Fig. 3 - Etapas de um SAA

Segundo a Fig. 3, onde estão representadas esquematicamente as etapas de um sistema de abastecimento, a água é recolhida de uma fonte, seja superficial ou em profundidade, através do processo de captação. De seguida, sofre o respetivo tratamento em estações especializadas, de forma a ter a qualidade exigida para ser considerada água potável e é, posteriormente, transportada em condutas adutoras até reservatórios, a partir dos quais, é distribuída. No entanto, há que considerar várias perdas ao longo de todo o processo, e por vezes transferências de água entre sistemas, assim, nem toda a água captada segue para os consumidores finais. Como forma de minimizar esse problema, é usualmente feito o seccionamento entre etapas, com base na medição dos caudais, que permitem um controlo efetivo do processo, com dados reais para realizar balanços hídricos, estimando as perdas, por etapa (Coelho, *et al.*, 2006).

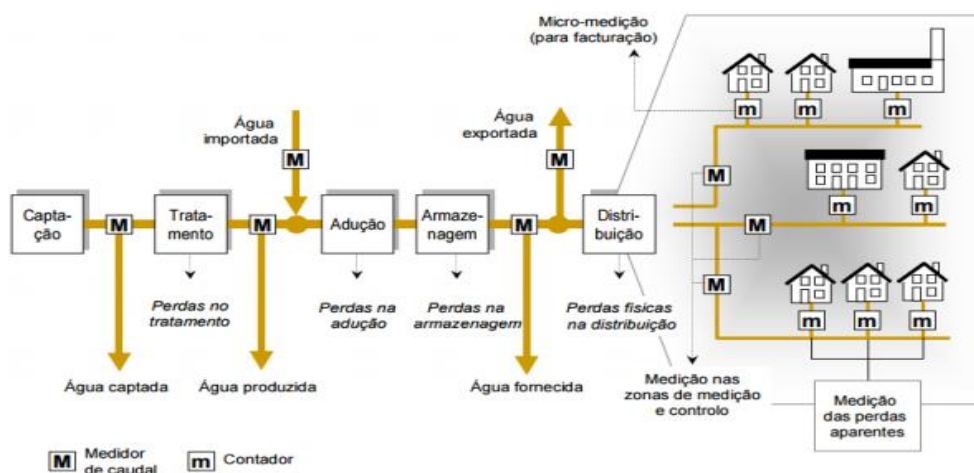


Fig. 4 - Principais elementos de um SAA.

2.3.2. CAPTAÇÃO

Trata-se da origem de um SAA, esta componente tem como finalidade a obtenção de água de forma contínua e duradoura, assegurando a compatibilidade com as necessidades de utilização de água, ou seja, quantidade, mas também com qualidade suficiente para, após tratamento, poder ser classificada como própria para consumo humano (Sítio ERSAR, 2021)

O número de captações de água superficial e captações subterrâneas, 267 e 6016 respetivamente, dados referentes a 2015, apresentam uma desigualdade considerável (Sítio ERSAR, 2021).

As captações superficiais podem ser efetuadas em albufeiras ou diretamente em cursos de água, sem que seja necessário recorrer a obras de retenção. Este tipo de obtenção de água apresentam a vantagem de existir uma facilidade de acesso ao recurso, acrescentando que, habitualmente, disponibilizam maiores quantidades de água. No entanto, a água recolhida nestes locais tende a ter qualidade inferior relativamente às captações subterrâneas, uma vez que a exposição a fatores de poluição externos é maior.

Quanto à captação subterrânea, é feita através da extração de formações geológicas permeáveis, os aquíferos. Neste caso, a qualidade da água é superior, uma vez que está sujeita a processos de filtração natural e menor exposição a poluição externa. Contudo, a nível de extração, é bastante mais complexa, requerendo equipamento mais avançado, tendo presente que, a água está armazenada em menores quantidades do que à superfície. Estas captações podem ser classificadas como horizontais, nomeadamente, drenos e galerias, captações verticais, como poços e furos, ou ainda captações mistas (Cunha, 2017).

2.3.3 TRATAMENTO

Nesta etapa, é realizado um conjunto de operações unitárias, com o objetivo de efetuar as correções necessárias à água captada, sejam físicas, químicas ou bacteriológicas, e que assim se torne própria para consumo humano, de acordo com o Decreto-Lei nº 152/2017, de 7 de Dezembro (Sítio ERSAR, 2021).

As necessidades de tratamento da água são alteradas consoante a sua origem, a base de um tratamento de águas subterrâneas passa por soluções simples de arejamento, filtração e desinfecção, ou apenas desinfecção. Quanto à água superficial, está sujeita a exigências de tratamento mais rigorosas, faz parte do tratamento a pré-oxidação, correção de pH, coagulação/floculação, decantação, filtração e desinfecção (Cunha, 2017). As diferenças nos tratamentos, estão esquematizadas, com maior detalhe, nas seguintes figuras:



Fig. 5 - Esquema do tratamento de água de origem superficial em Portugal (Vieira, Rosa et al., 2007).



Figura 6 - Esquema do tratamento de água de origem subterrânea em Portugal (Vieira, Rosa et al., 2007)

Este processo está a cargo de Estações de Tratamento de Água (ETA), sendo que em Portugal existem 261 ETA's em funcionamento (Sítio ERSAR, 2021).

2.3.4. ELEVAÇÃO

A elevação tem a finalidade de introduzir energia no escoamento de água, de forma a alcançar pontos de cota mais elevada, o que não era possível num escoamento gravítico.

As instalações de bombagem classificam-se em elevatórias ou sobrepessoras, dependendo se a aspiração é a partir de um reservatório de superfície livre ou a partir da própria conduta, onde não há perda de pressão. Devem ser considerados, nas instalações de bombagem, dispositivos de tratamento preliminar, as câmaras e condutas de aspiração, os equipamentos de bombagem, as condutas elevatórias, descarregadores e ainda dispositivos de controlo, comando e proteção (Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto).

Existem em Portugal 2313 estações elevatórias, onde o escoamento através de bombas, ganha a energia necessária para chegar ao consumidor final (Sítio ERSAR, 2021).

Caso o sistema não apresente barreiras topográficas, isto é, se for viável todos os escoamentos sejam efetuados por gravidade, esta etapa é dispensada, logo, não existem custos de energia inerentes (Cunha, 2017).

2.3.5. ADUÇÃO

Constitui um sistema de condutas adutoras, com a função de transportar a água da zona de captação ou tratamento, até aos reservatórios, onde é armazenada e, posteriormente, distribuída aos consumidores (Sítio ERSAR, 2021).

Trata-se de um transporte que pode refletir um escoamento sob pressão ou de superfície livre, no entanto, no sentido de evitar contaminações de água previamente tratada e outras condicionantes estruturais, recorre-se sobretudo a escoamentos sob pressão, preferencialmente gravíticos devido a fundamentos económicos (Cunha, 2017).

2.3.6. ARMAZENAMENTO

Apesar da importância de cada uma das fases de um SAA, o armazenamento, tem um papel fundamental na qualidade e eficiência deste serviço.

Os reservatórios de armazenamento de água existem de forma a:

- Compensar flutuações de consumo;
- Constituir reserva de emergência para combate a incêndios;
- Assegurar a distribuição em casos de interrupção programada ou não programada do sistema de transporte (a montante do reservatório);
- Equilibrar pressões na rede de distribuição;
- Regularizar o funcionamento das bombagens;

Estes reservatórios, devem estar situados tanto mais próximo do centro de gravidade dos locais de consumo, quanto possível, a um nível de cota cuja pressão mínima exigida seja garantida em toda a rede (Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto).

Portugal, apresenta uma capacidade total de 5 070 452 m³, distribuída por 8 732 reservatórios, assim, em média, no caso de falha no abastecimento, existe uma capacidade de reserva para 1,35 dias (Sítio ERSAR, 2021).

De acordo com o Decreto-Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto, os reservatórios podem ser classificados segundo a sua função, implantação e capacidade, apresentada no quadro abaixo:

Quadro 1 - Classificação de Reservatórios

Consoante a sua função	➤ Distribuição ou Equilíbrio ➤ Regularização de bombagem ➤ Reserva para combate a incêndio
Consoante a sua implantação	➤ Enterrado ➤ Semi-apoiado ➤ Apoiado ➤ Elevado (torres de pressão)
Consoante a sua capacidade	➤ Pequenos ($V < 500 \text{ m}^3$) ➤ Médios ($500 \text{ m}^3 < V < 5000 \text{ m}^3$) ➤ Grandes ($V > 5000 \text{ m}^3$)

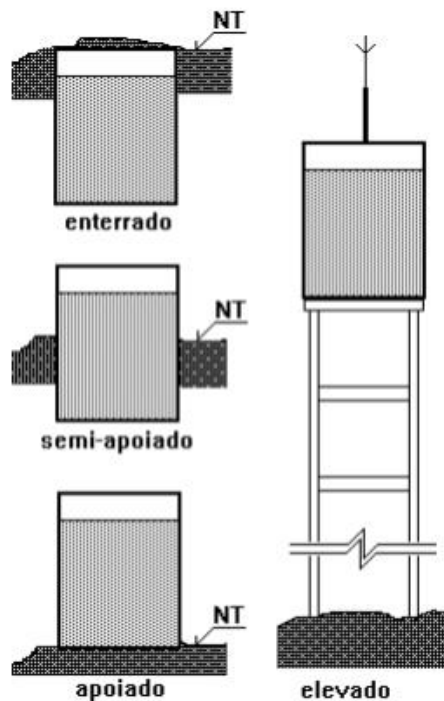


Fig. 7 . Classificação de reservatórios quanto à sua implantação.

2.3.7. DISTRIBUIÇÃO

A distribuição é feita através de um sistema público de condutas apropriado para fornecer água, não só em quantidade suficiente, como também com boa qualidade para os consumidores. Em Portugal, as redes de distribuição de água totalizam cerca de 108 757 km, ao longo de todo o país (Sítio ERSAR, 2021).

Esquemáticamente, durante um estudo hidráulico de uma rede de distribuição, esta é representada através de nós, troços e malhas. Os nós são os pontos de ligação entre duas ou mais condutas, onde se insere algum tipo de elemento acessório. Os troços são as condutas responsáveis pela união de dois nós, caracterizam-se pelo seu caudal, diâmetro, forma de secção e material constantes, em todo o seu comprimento. Por último, as malhas representam-se por conjuntos de troços interligados, de forma a darem origem a anéis fechados entre si (Paixão, 1999).

Tipos de Rede

Existem diferentes tipos de redes de condutas, as mesmas podem ser classificadas de acordo com as ligações dos diversos troços. Assim, a distinção é feita da seguinte forma:

- Rede ramificada – a partir de uma conduta principal longitudinal, surgem diversas ramificações para ambos os lados (Piqueiro, 2019).

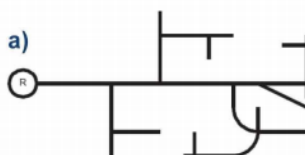


Fig. 8 - Rede Ramificada.

Desta forma, os troços estão ligados de tal maneira que o escoamento se processa unicamente numa direção, não formando nunca anel. Este tipo de rede tem um baixo custo relativamente a outras, no entanto, não é recomendado, uma vez que, em caso de avaria num troço, provoca a interrupção na distribuição de água a jusante desse ponto (Paixão, 1999).

- Rede emalhada – as condutas fecham-se sobre si mesmas formando malhas, posto isto, define-se como um conjunto de tubagens que criam um circuito fechado (Piqueiro, 2019).



Fig. 9 - Rede Emalhada.

Conclui-se que, o sentido do escoamento em cada troço pode variar no tempo. Em caso de avaria, ou trabalhos na rede, este sistema apresenta a vantagem de possibilitar percursos alternativos, não alterando o funcionamento normal da rede (Paixão, 1999).

- Rede mista – este sistema corresponde à conjugação das duas configurações anteriores, numa mesma rede de distribuição (Piqueiro, 2019)

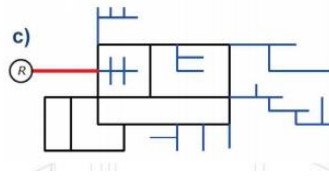


Fig. 10 - Rede Mista.

Habitualmente, as condutas principais formam malhas, sendo que as condutas secundárias apresentam morfologia ramificada, este é o tipo de rede mais vulgar para distribuição domiciliária (Piqueiro, 2019), (Paixão, 1999).

Condutas

Alguns dos critérios relativos à implantação e ao dimensionamento das condutas em redes de distribuição, são estabelecidos no Decreto-Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto, nomeadamente, pressões exigidas, critérios de dimensionamento e instalação de acessórios e condutas, focando a importância da atualização contínua de uma base de dados de toda a rede.

No dimensionamento das condutas da rede de distribuição são considerados os caudais de cálculo, estes são cálculos representativos dos caudais diários médios anuais, previstos no início da exploração da rede e no ano horizonte projeto, caudais esses que, são afetados de um fator de ponta instantâneo, aos quais se adicionam os valores de perdas (Decreto-Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto).

Os custos associados ao dimensionamento hidráulico devem ser minimizados, isso é conseguido através de uma combinação ponderada de diâmetros, tendo em conta a regulamentação aplicada (Decreto-Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto):

- A velocidade de escoamento (v), para o caudal de ponta não deve ultrapassar o valor resultante da equação 1, na qual “ D_{int} ” diz respeito ao diâmetro interno da tubagem, em mm;

$$v = 0,127 \cdot D_{int}^{0,4} \quad [\text{m/s}] \quad (1)$$

- O valor mínimo para a velocidade de escoamento é de 0,30 m/s, para o caudal de ponta no ano de início de exploração e em condutas nas quais não seja possível averiguar este limite, deve estar prevista a inclusão de dispositivos adequados para descarga periódica;
- Todos os dispositivos de utilização predial, para um caudal de ponta, devem ter uma pressão de serviço entre os 100 kPa e os 600 kPa (pressão máxima, estática ou de serviço, em qualquer ponto de utilização);
- Não são aceitáveis grandes flutuações de pressão em cada nó, sendo a variação máxima permitida ao longo do dia é de 300 kPa;
- Pode definir-se a pressão mínima (H) de serviço, na rede pública e ao nível do arruamento, através da equação 2, onde “ n ” representa o número de pisos acima do solo, incluindo o piso térreo;

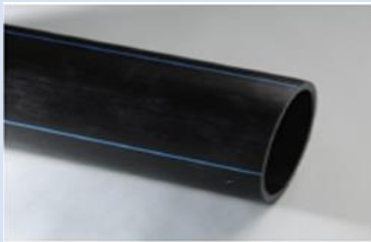
$$H = 100 + 40n \quad [\text{kPa}] \quad (2)$$

Em caso das características de distribuição do sistema público não serem as adequadas para o bom funcionamento do sistema predial a jusante, a nível de caudal e pressão, sucede o armazenamento em reservatórios prediais ou cisternas. O armazenamento é feito à pressão atmosférica, sendo que o propósito dessa água, é constituir uma reserva de alimentação de redes de prédios que estejam associadas a tal reservatório (Decreto-Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto).

Nos arruamentos, as condutas de uma rede devem ser implementadas de forma articulada com as diversas infraestruturas, sempre que possível, organizadas sobre as faixas de rodagem. Inclusive, caso não seja plausível devido a condições técnico-económicas, ambos os lados do arruamento devem dispor de uma conduta a uma distância mínima de 0,80 m dos limites de propriedades. Por último, o plano destas condutas terá, obrigatoriamente, de ser superior ao plano dos coletores de águas residuais, com uma distância entre os dois superior a 1 m, assegurando que as contaminações sejam mínimas (Decreto-Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto).

São aconselhados para condutas, materiais que reúnem as condições necessárias para o efeito, nomeadamente, policloreto de vinilo (PVC), polietileno de alta densidade (PEAD), poliéster reforçado com fibre de vidro (PRFV), aço carbono (AC), ferro fundido dúctil (FFD), fibrocimento (FC). No quadro 2, são apresentadas alguns exemplos de tubagens existentes mais utilizadas nas redes de distribuição atuais, quer para condutas, quer para ramais de distribuição de água.

Quadro 2 - Exemplos de materiais mais utilizados na tubagem de redes de distribuição de água.

Policloreto de vinílico (PVC)	 Tubagem PVC
Polietileno de alta densidade (PEAD)	 Tubagem PEAD
Ferro fundido ductil (FFD)	 Tubagem FFD

Fazendo uma análise aos diâmetros nominais mínimos das condutas, existe uma dependência com o número de habitantes do aglomerado populacional a abastecer. Está regulamentado que, aglomerados com população inferior a 20 000 o diâmetro recomendado é de 60 mm, por outro lado, quando o número de habitantes é superior a 20 000, está recomendado um diâmetro de 80 mm (Decreto-Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto).

Ramais de Ligação

Os ramais de ligação têm a função de garantir o abastecimento predial de água, sendo os responsáveis pela distribuição entre a rede pública e a propriedade do consumidor, uma vez mais assegurando condições de caudal e pressão apropriadas. Uma edificação dispõe de um, ou mais, se assim se justificar, ramais de ligação para abastecimento doméstico ou de serviços. É estabelecido na legislação, que estabelecimentos comerciais e industriais devem possuir ramais de ligação privativos (Decreto-Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto).

Num sistema predial, consideram-se os respetivos caudais de cálculo e velocidade de escoamento, compreendida entre 0,5 m/s e 2,0 m/s, para o dimensionamento dos ramais de ligação. Se um ramal possuir várias funções, como por exemplo, distribuição de água quente, água fria e combate a incêndio, o caudal a considerar deve ser o de maior valor. Contudo, o diâmetro nominal dos ramais de ligação, não pode ser inferior a 20 mm (Decreto-Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto).

Elementos Acessórios

Para combater as várias adversidades de um SAA, como mudanças de direção, de sentido, de diâmetro, de material, entre outras, é fundamental recorrer a um conjunto de acessórios. Distinguem-se entre acessórios, aqueles que permitem ligações entre tubos, designam-se “acessórios de tubos”, existem também os “acessórios de rede”, estes contribuem para o bom funcionamento da rede, ou seja, fecho de água em caso de avaria, reduções de pressão, descargas de fundo, libertação de ar e permitem a utilização pública de água em bebedouros, fontanários, bocas de rede e para combate a incêndios. Nestes dois grupos, destacam-se os seguintes:

- **Acessórios de condutas e tubagens:** curva, cruzeta simples ou de redução, tê simples ou de redução, cone de redução, junta cega e filtros;



Fig. 11 - Junta de Montagem.



Fig. 12 - Tê.

- **Válvulas de Seccionamento:** Tratam-se de válvulas que permitem isolar trechos de rede, minimizando os efeitos de eventuais interrupções no abastecimento. Estas tipo de válvulas é colocada em ramais de ligação, próximo de acessórios que possam vir a ser desativados, ao longo da rede com objetivo de isolar áreas até um máximo de 500 habitantes, também ao longo de condutas de distribuição sem serviço de percurso, com espaçamentos inferiores a 1 km e ainda, em cruzamentos e entroncamentos principais (Decreto-Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto). Destacam-se entre os diferentes tipos de válvulas de seccionamento, a “válvula de cunha” e a “válvula de borboleta” (Valente Neves, 2007).



Fig. 13 - Válvula de Seccionamento.

- **Descargas de fundo:** Permitem que sejam esvaziados troços de condutas e partes de rede que estejam situados entre válvulas de seccionamento, possibilitando, reparações, limpeza ou substituição de acessórios ou condutas. A instalação deve localizar-se em pontos baixos da rede ou pontos médios de condutas de grande extensão, com o mesmo sentido de inclinação para que o tempo de esvaziamento seja mínimo. Podem encontrar-se a montante ou jusante de válvulas de seccionamento, conforme se trate de um troço descendente ou ascendente de uma conduta, respetivamente (Valente Neves, 2007).



Fig. 14 - Válvula de Descarga.

- **Válvulas de Retenção:** A sua função é evitar a variação de sentido do escoamento, são instaladas no sentido do escoamento pretendido, em tubagens de compressão e/ou aspiração de instalações elevatórias, no entanto, pode também justificar-se, em termos de operação, na rede de distribuição ou em reservatórios (Decreto-Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto).



Fig. 15 - Válvula de Retenção.

- **Ventosas:** As ventosas permitem expulsar o ar acumulado nos pontos mais altos da rede, ou em contrapartida, aquisição de ar quando ocorrem depressões nas condutas. Este equipamento é colocado nos pontos mais altos e em condutas com mais de 1 km de extensão, a montante de válvulas de seccionamento quando em troços ascendentes, ou a jusante das mesmas, se se tratar de um troço descendente. Há ainda a possibilidade de serem colocadas a jusante de condutas descendentes de pouca inclinação, se estas forem seguidas de uma maior inclinação. O diâmetro das ventosas deve ter um mínimo de 20 mm, simultaneamente, não deve ser inferior a 1/8 da conduta onde está a ser instalada (Valente Neves, 2007).



Fig. 16 - Ventosa.

- **Válvulas de controlo de caudal:**
 - **Válvulas reguladoras de caudal:** Permitem que o máximo caudal escoado seja limitado por um valor pré-definido, independentemente de oscilações de consumo e pressão (Tentúgal Valente e Pacheco Figueiredo, 2015).
 - **Válvulas de sobrevelocidade:** Funcionam como mecanismo de segurança, interrompendo o escoamento, quando se verificam velocidades excessivas (Tentúgal Valente e Pacheco Figueiredo, 2015).
- **Válvulas redutoras de pressão (VRP):** Os redutores de pressão desempenham a tarefa de, tal como o próprio nome indica, reduzir a pressão, de tal maneira que, a jusante, não ultrapasse um valor previamente fixado. Esta redução de pressão, pode ser feita através de câmaras de perda de carga ou de VRP (Fig. 17). Uma câmara de perda de carga, funciona como um reservatório intermédio, onde se dá a dissipação uma parte da energia hidráulica do escoamento, isto é, uma perda de carga localizada. As VRP devem ser instaladas em

câmaras de manobra, onde esteja garantida a proteção necessária e também o fácil acesso, devem ainda dispor de um filtro de retenção de areias a montante e um manómetro, ou outro dispositivo de controlo de pressão, a jusante.



Fig. 17 - Válvula Redutora de Pressão.

- **Válvulas de controlo de nível:** É graças a este equipamento que são feitas operações em reservatórios de acordo com os volumes de água pretendidos. Exemplificando, é capaz de ser feita a regulação de forma a ter um reservatório constantemente cheio, ou seja, são ativados os grupos elevatórios sempre que o nível do reservatório estiver abaixo do máximo. Pode concluir-se que são aparelhos fundamentais, visto que, após estabelecidos dois níveis, os grupos elevatórios entram em funcionamento ou não, conforme os limites são atingidos. Em qualquer dos casos, a operação de medição dos níveis é feita com recurso a um flutuador em constante comunicação com a válvula (Tentúgal Valente e Pacheco Figueiredo, 2015).



Fig. 18 - Válvula com flutuador.

- **Hidrantes:** Os hidrantes abrangem as bocas de incêndio e os marcos de água, ambos são exclusivamente utilizados por corporações de bombeiros e serviços municipais. As primeiras, podem ser de parede ou de passeio, onde normalmente se encontram incorporadas. Já os marcos de água são salientes em relação ao passeio. A localização dos hidrantes deve ser determinada tendo em conta limites de espaçamento máximos e o grau de risco de incêndio da zona (Decreto-Regulamentar 23/95, de 23 de Agosto).



Fig. 19 - Marco de incêndio.

- **Medidores de caudal:** Os medidores de caudal são utilizados para determinar o volume de água que passa nesse ponto durante um determinado período de tempo. Os locais da instalação devem ser devidamente protegidos e de fácil acesso, possibilitando uma leitura correta (Decreto-Regulamentar 23/95, de 23 de Agosto).



Fig. 20 - Medidor de caudal eletromagnético.

2.3.8. SISTEMAS EM ALTA E EM BAIXA

Nesta atividade, é ainda feita a distinção entre sistemas em alta e os sistemas em baixa. Os sistemas em alta, são aqueles que fazem a conexão de um meio hídrico ao sistema em baixa, através de um conjunto de componentes a montante da rede de distribuição, por outro lado, os sistemas em baixa, são constituídos por um conjunto de componentes que vão proporcionar o serviço de abastecimento aos consumidores. É possível que estes sistemas sejam integrados, neste caso, o mesmo sistema é responsável pela ligação entre o meio hídrico e o consumidor final (Sítio ERSAR, 2021).

Na Fig. 21, observa-se a distribuição geográfica das EG responsáveis pelo serviço de abastecimento público de água em alta, por submodelo de gestão, referentes ao ano de 2019.

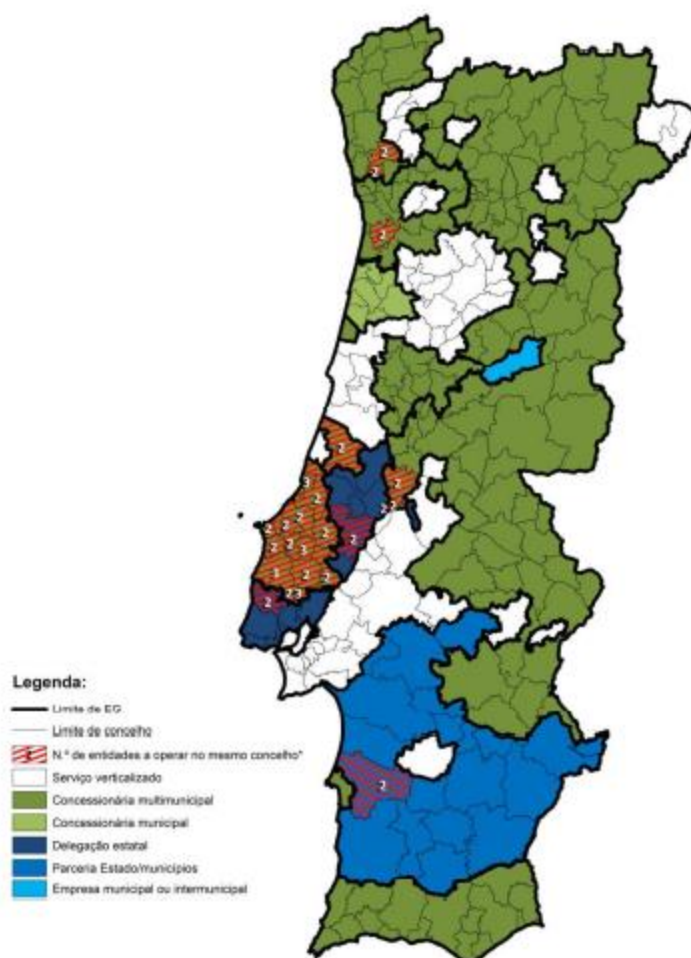


Fig. 21 - Distribuição geográfica das entidades gestoras de serviços de abastecimento de água em alta.

A maior parte do território em Portugal continental, apresenta o serviço de abastecimento em alta realizado por entidades concessionárias (a verde no mapa da Fig. 21). Estas entidades constituem aproximadamente 72% da população e 79% do número de municípios abrangidos por EG responsáveis pelo serviço de abastecimento público de água em alta, com especial realce para o submodelo das concessionárias multimunicipais. Através da análise do mapa, é ainda possível verificar alguns municípios com serviço de abastecimento verticalizado, isto é, as EG que realizam o abastecimento público de água apresentam toda a cadeia de valor incorporada nas suas operações, são então responsáveis pela captação e tratamento da água, além da sua distribuição até aos consumidores. Assim, em Portugal continental a verticalização do serviço é executada em 120 municípios equivalendo a cerca de 3 milhões de habitantes, com maior concentração no centro e norte do país (ERSAR, 2021).

A Fig. 22 apresenta a distribuição geográfica das EG do serviço de abastecimento público de água em baixa, uma vez mais por submodelo de gestão, em 2019.

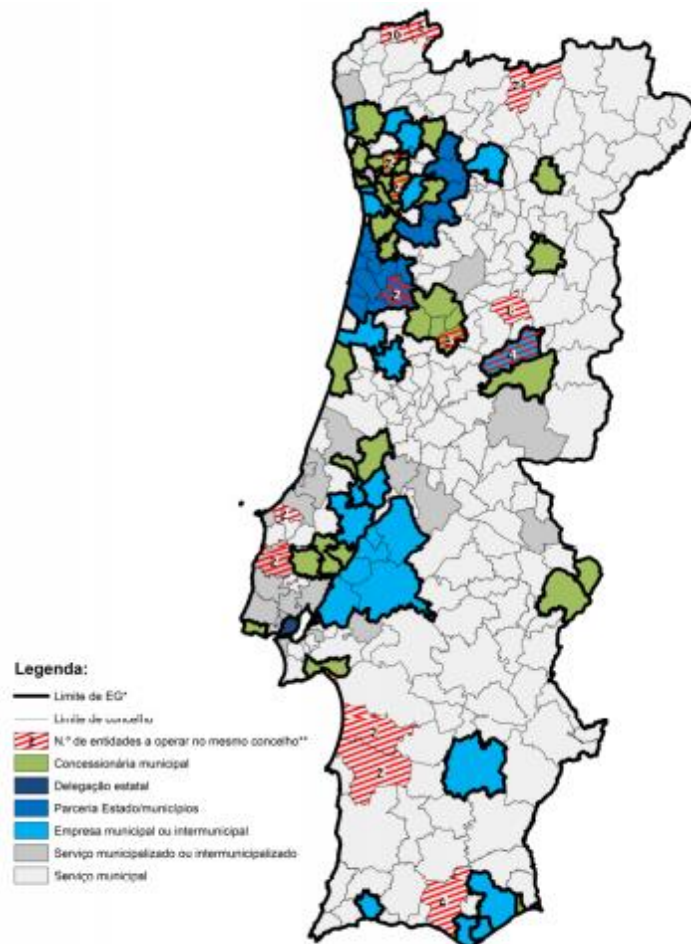


Fig. 22 - Distribuição geográfica das entidades gestoras de serviços de abastecimento de água em baixa.

Quanto ao abastecimento de água em baixa, salienta-se o elevado número de EG, são 307 no total, sendo que a maioria opera uma área de intervenção igual ou menor, do que a área municipal. De acordo com o mapa, é seguramente visível que o modelo de gestão direta é aquele que mais se evidencia (a cinzento na Fig. 22), está presente em 71% dos municípios e aproximadamente 53% da população de Portugal continental. Conclui-se também que, os restantes modelos de gestão, estão localizados predominantemente nos grandes centros urbanos e litoral (ERSAR, 2021).

Atualmente, os sistemas em baixa apresentam certas dificuldades e carecem de resolução através da política tarifária a colocar em prática, em particular (Uzcategui, 2017):

- Em grande parte dos municípios, os tarifários em vigor não cumprem um equilíbrio entre os princípios de sustentabilidade, equidade e proteção ambiental;
- As diferenças entre tarifas e poder de compra que se verificam, não vão de encontro a qualquer critério determinado, visto que, independentemente se tratar de um município mais rico ou mais pobre, são praticados tarifários desde desmedidamente elevados a valores que não conseguem garantir a sustentabilidade mínima do serviço prestado;

Cabe ao Estado a intervenção em situações deste tipo de conflito, quer por meio de condições para que a regulação seja mais específica e abrangente, ou unicamente com a atribuição de incentivos e medidas corretivas que acabem com as atuais assimetrias e culminem na igualdade do setor e sustentabilidade futura do mesmo (Uzcategui, 2017).

2.4. SETOR DA ÁGUA EM PORTUGAL

Em Portugal, tal como no resto do mundo, o serviço de abastecimento de água às populações, é, indubitavelmente, fundamental para o bem-estar e desenvolvimento da sociedade.

É no final do século XIX que se começam a dar os primeiros passos nas políticas essenciais para o abastecimento de água, o reconhecimento científico permitiu estabelecer ligação entre diversas doenças infecciosas, com a inexistência de sistemas de abastecimento e saneamento de água, onde a relação entre elevadas taxas de mortalidade, e o acesso a água potável e condições mínimas de higiene era notória (Fig. 23). Estes argumentos justificaram e deram origem a uma reforma capaz de redefinir orientações básicas de políticas de saúde pública, desenvolvimento de condições técnicas, administrativas e materiais necessárias a uma implementação a nível nacional (Pato, 2011).

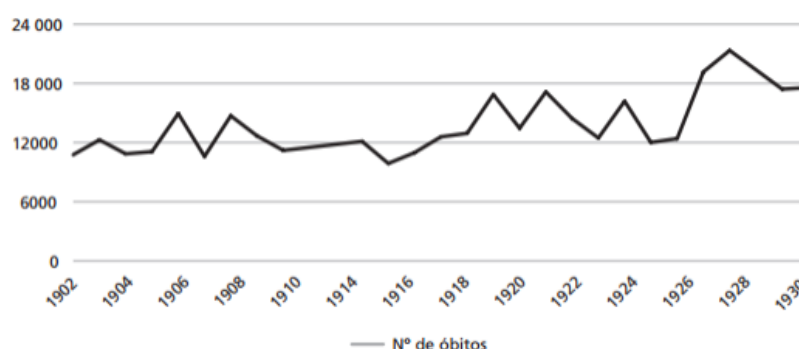


Fig. 23 - Número de óbitos por doenças relacionadas com água/higiene (Pato, 2011).

A evolução ao longo dos anos foi bastante perceptível, em 1941, apenas 26% da população tinha acesso a sistemas de distribuição domiciliária, no entanto, em 1972 esta percentagem rondava os 40%. É a partir de Abril de 1974, que se dá um notável investimento público na resolução de problemas sanitários, consequentemente, a população servida por redes de abastecimento de água chega a 80%, entre 1975 e 1990 (Pato, 2011).

	População Servida (%)
Distribuição domiciliária de água	40
Distribuição de fontanários	26
Sem acesso a sistemas de distribuição	34
Acesso a redes de esgotos	17
Sem acesso a redes de esgotos ou fossas coletivas	83

Fig. 24 - População com abastecimento de água em 1972 (Poças Martins, 2012).

Contudo, é fundamental que sejam definidas estratégias de desenvolvimento, capazes de explicitar os objetivos propostos e formas para os atingir no âmbito das políticas públicas para o setor das águas. Deste modo, termina em Dezembro de 2013 o período de implementação do Plano Estratégico de Abastecimento e Saneamento de Águas Residuais 2007-2013 (PENSAAR II), com bons resultados e cumprimento de objetivos propostos, de tal maneira que, é definido um novo plano estratégico para o período 2014-2020, o “PENSAAR 2020 – Uma nova Estratégia para o Setor de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais”.



Fig. 25 - Evolução da população servida com abastecimento de água.

Está representado na Fig. 25 a evolução e cumprimento das metas propostas por estes planos, com um papel importante no desenvolvimento e progresso do setor e modelos de gestão.

Em Portugal, os serviços de abastecimento de água estão a cargo de um número muito elevado de sistemas, devido não só à atribuição de competências autárquicas neste setor, como também na tentativa de dar uma resposta positiva à elevada dispersão populacional que se verifica no País. Posto isto, a gestão técnica e económica está dificultada pelo excessivo número de sistemas de pequena dimensão, a par de uma quantidade de entidades gestoras sem escala para garantir qualidade de serviço adequada e economias na exploração (Sítio ERSAR, 2021).

2.4.1. MODELOS DE GESTÃO

O serviço de abastecimento de água é reconhecido como um serviço público essencial pela legislação portuguesa, nomeadamente, pela Lei dos Serviços Públicos Essenciais (Lei nº 23/96, de 26 de Julho, na redação atual), é um exemplo de monopólio natural, uma vez que uma única EG presta o serviço numa dada área geográfica, sendo que quase não existe a escolha de outra hipótese para os utilizadores. Em Portugal, devido a um elevado número de EG, fica muito complexo o trabalho de existir uma definição e aplicação de um único modelo com uma capacidade de resposta eficaz à natureza multidisciplinar e intersetorial (ERSAR, 2021).

A classificação através das designações de alta e baixa, segundo as atividades realizadas pelas diversas EG, passa a ser fortemente utilizada a partir da publicação do Decreto-Lei nº 379/93, de 5 de Novembro, responsável pela criação dos sistemas multimunicipais, em grande parte responsáveis pela gestão em alta, e sistemas multimunicipais, maioritariamente responsáveis pela gestão em baixa. Tal estruturação do setor, permitiu múltiplas vantagens no que diz respeito a economias de escala, bem como na divisão da cadeia de valor da prestação dos serviços considerando as fases do processo produtivo (ERSAR, 2021).

Assim, é progressivamente criado o quadro legal da gestão e exploração dos sistemas multimunicipais e municipais, através de um conjunto de diplomas que se complementam. Dizem-se multimunicipais sistemas de titularidade estatal, que sirvam no mínimo dois municípios e requerem a intervenção do Estado em função de razões de interesse nacional. Quanto aos sistemas municipais, cabe aos municípios, de forma isolada ou conjunta, por meio de associações de municípios, ou em parceria com o Estado,

estabelecer o modo de organização e gestão, estes são também designados de titularidade municipal. A Lei de Delimitação de Setores, Lei nº 88-A/97, de 25 de Julho, alterada pela Lei nº 35/2013, de 11 de Junho) define as atividades possíveis de admitir o acesso da iniciativa privada à gestão destes serviços. No caso dos SAA, os operadores privados terão obrigatoriamente de ter uma posição minoritária no capital das empresas concessionárias de sistemas municipais (ERSAR, 2021).

De forma simplificada, o quadro abaixo apresenta as diversas naturezas das entidades que operam através de diferentes modelos de gestão (ERSAR, 2021):

Modelos de gestão utilizados em sistemas de titularidade estatal		
Modelo	Entidade gestora	Tipo de colaboração
Gestão direta	Estado (não existe atualmente qualquer caso)	Não aplicável
Gestão delegada	Empresa pública (existe apenas o caso da EPAL)	Não aplicável
Gestão concessionada	Entidade concessionária multimunicipal	Participação do Estado e municípios no capital social da entidade gestora concessionária, podendo ocorrer participação minoritária de capitais privados no caso dos serviços de abastecimento de água e saneamento de águas residuais ou maioritária no caso dos serviços de gestão dos serviços urbanos.
Modelos de gestão utilizados em sistemas de titularidade municipal ou intermunicipal		
Modelo	Entidade gestora	Tipo de colaboração
Gestão direta	Serviços municipais	Não aplicável
	Serviços municipalizados ou intermunicipalizados	Colaboração entre dois ou mais municípios no caso de serviços intermunicipalizados
	Associação de municípios	Constituição de uma pessoa coletiva de direito público integrada por vários municípios
Gestão delegada	Empresa constituída em parceria com o Estado (integrada no setor empresarial local ou do Estado)	Participação do Estado e municípios no capital social da entidade gestora da parceria
	Empresa do setor empresarial local sem participação do Estado (constituída nos termos da lei comercial)	Eventual participação de vários municípios no capital social da entidade gestora, no caso de serviço intermunicipal, podendo ocorrer participação minoritária de capitais privados
	Junta de freguesia	Acordos ou protocolos de delegação entre município e junta de freguesia
Gestão concessionada	Entidade concessionária municipal	Parceria Público-Privada (municípios e outras entidades privadas)

Fig. 26 - Modelo de gestão dos serviços de águas e resíduos.

Ao longo do tempo, verifica-se um progressivo alargamento dos modelos de gestão possíveis, sendo que a decisão desse modelo por parte da EG, deverá ser a mais indicada para cada situação. No entanto, a inovação destes modelos tem de estar sempre presente, de forma a responder à crescente exigência e investimentos substanciais imprescindíveis para o setor (Carvalho, 2014).

○ **Modelo de Gestão Direta:**

De acordo com o Decreto-Lei nº 92/2013, de 11 de Julho, que revogou o Decreto-Lei nº 379/93, de 5 de Novembro, refere a hipótese dos sistemas multimunicipais serem geridos diretamente pelo Estado, apesar de ainda não existirem exemplos de tal assunto. A gestão direta de sistemas de titularidade

municipal tem a possibilidade de ser realizada pelos respetivos serviços municipais, municipalizados ou intermunicipalizados, subordinados pelo regime jurídico de funcionamento dos órgãos de municípios e das freguesias. Os serviços municipais diferem dos municipalizados, na medida em que o grau de autonomia administrativa e financeira, é maior nos segundos, com orçamento próprio e organização autónoma, apesar de ambos estarem integrados no município, com tarifas fixadas pelos respetivos órgãos (ERSAR, 2021).

A Lei nº 50/2012, de 31 de Agosto, que aprova o regime jurídico da atividade empresarial local e participações locais, esclarece as regras de criação, organização e funcionamento, e ainda extinção dos serviços municipalizados e intermunicipalizados (ERSAR, 2021).

Por último, o Decreto-Lei nº 194/2009, de 20 de Agosto, estipula o quadro dos modelos de gestão dos serviços municipais, esta legislação inclui também os serviços em gestão direta no contexto da regulação da ERSAR (ERSAR, 2021).

- **Modelo de Gestão Delegada:**

Em Portugal, existe ainda por razões históricas, apesar de não fazer parte da descrição dos modelos de gestão de sistemas de titularidade estatal constante no previamente citado Decreto-Lei nº 92/2013, de 11 de Julho, um modelo de gestão delegada da titularidade estatal.

A delegação da gestão dos serviços de titularidade municipal em empresas do setor empresarial local, consagrada pela primeira vez em 1998, concede a formação de empresas que tenham como objeto obrigatório, a exploração de atividades de interesse geral. Actualmente, o regime jurídico da atividade empresarial local e das participações locais, continua a deliberar que empresas do setor empresarial local (sejam municipais, intermunicipais ou metropolitanas), possam ser encarregues, segundo a delegação de poderes de gestão de serviços de interesse geral (ERSAR, 2021).

Este modelo de gestão, prevê a realização de um contrato de gestão com definição dos objetivos e uma política de preços implementados na empresa. Os municípios estão livres de celebrar parcerias público-privadas intitucionais, em que os parceiros privados para o capital das empresas sob a forma comercial, devem ser eleitos através de procedimentos de contratação pública e nunca exceder a influência dominante pública (ERSAR, 2021).

A partir da entrada em vigor do Decreto-Lei nº 194/2009, de 20 de Agosto, acrescendo às exigências do regime do setor empresarial local, a gestão delegada entre municípios e empresas precisa de definir objetivos, iniciativas, investimentos e tarifas estipuladas, com uma revisão de cinco em cinco anos. As parcerias público-privadas devem garantir um período de permanência mínimo, bem como opções de compra e venda de ações, possibilitando a saída por iniciativa própria ou do município. É explicitamente admitida a concessão parcial do serviço delegado (ERSAR, 2021).

2.4.2. ENTIDADE REGULADORA

Atualmente, o setor de abastecimento de água é da responsabilidade da Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR). Segundo o Decreto-Lei nº 10/2014, de 6 de Março, a ERSAR, trata-se de uma entidade independente, à qual cabem funções, não só de regulação e supervisão, como também funções de autoridade competente para a coordenação e fiscalização do regime da qualidade da água para consumo humano, apresentando autonomia de gestão administrativa e financeira, de

património próprio e com ligação ao ministério com atribuições na área do ambiente (Decreto-Lei n.º 10, 2014, de 6 de Março).

A ERSAR, pretende garantir uma proteção adequada dos utilizadores dos serviços de águas e resíduos, evitando possíveis comportamentos abusivos decorrentes dos direitos de exclusivo, quer no controlo da qualidade dos serviços prestados, quer na verificação dos preços praticados, que devido à situação de monopólio natural, mostra-se fundamental. Tem ainda o papel de assegurar condições de igualdade e transparência no exercício da atividade de serviços destes setores, bem como, nas respetivas relações contratuais. Por último, deve fortalecer o direito à informação geral sobre o setor e respetivas EG (Sítio ERSAR, 2021).

De acordo com o Decreto-Lei nº 10/2014, de 6 de Março, a ERSAR deve atuar sobre todas as EG, independentemente do modelo de gestão, proporcionando os seguintes aspetos:

- Emissão de regulamentos e recomendações capazes de clarificar as regras de prestação, respetivo acompanhamento da sua aplicação e da legislação em vigor, formulada pela Assembleia da República e pelo Governo, com colaboração da própria ERSAR;
- Proteção dos direitos e interesses dos utilizadores dos serviços, como referida anteriormente, tanto na qualidade dos serviços prestados, como no controlo dos preços praticados;
- Garantir condições de igualdade no acesso e durante a prestação do serviço;
- Recolher e divulgar informação sobre o setor dos serviços e cada uma das EG;

2.4.3 INDICADORES DE DESEMPENHO

Os indicadores de desempenho permitem realizar uma avaliação quantitativa da eficiência ou da eficácia de cada um dos elementos do serviço prestado pelas várias EG. Diz-se que é avaliada a eficiência quando é medida a capacidade de utilização dos recursos disponíveis, da forma mais otimizada possível para o serviço. Já a eficácia, tem como finalidade avaliar se são cumpridos os objetivos previamente propostos e definidos para a gestão do serviço. Assim, com a contribuição da avaliação quantitativa dos indicadores de desempenho, de um determinado elemento, área e período de tempo, proporciona maior facilidade na análise da evolução do setor ao longo do tempo, simplificando em grande parte, uma avaliação que é efetivamente complexa (Uzcategui, 2017).

Deste modo, foram definidos três grupos de indicadores de qualidade do serviço:

- **Adequação da interface com o utilizador:** Este grupo de indicadores, tem o objetivo de avaliar se o serviço prestado aos utilizadores é apropriado, garantindo condições suficientes na acessibilidade e qualidade com que o mesmo é fornecido.

Quadro 3 - Indicadores de desempenho do serviço de abastecimento público de água: Adequação da interface com os utilizadores.

		Indicador
Adequação da interface com os utilizadores	Acessibilidade de serviço aos utilizadores	Acessibilidade física do serviço (%)
		Acessibilidade económica do serviço (%)
	Qualidade do serviço prestado aos utilizadores	Ocorrência de falhas no abastecimento [n.°/(1000 ramais.ano)] ou [n.°/(ponto de entrega.ano)]
		Água Segura (%)
		Resposta a reclamações e sugestões (%)

- **Sustentabilidade da gestão do serviço:** Estes indicadores permitem avaliar a criação de medidas básicas para que o serviço seja sustentável e com bons níveis de produtividade.

Quadro 4 - Indicadores de desempenho do serviço de abastecimento público de água: Sustentabilidade da gestão do serviço

Sustentabilidade da gestão do serviço	Sustentabilidade Económica	Cobertura dos gastos totais
		Adesão ao serviço (%)
		Água não faturada (%)
	Sustentabilidade Infraestrutural	Adequação da capacidade de tratamento (%)
		Reabilitação de condutas (%/ano)
		Ocorrência de avarias em condutas (n.°/(100 km.ano))
	Produtividade dos recursos humanos	Adequação dos recursos humanos [n.°/(1000 ramais.ano)] ou [n.°/(10 ⁶ m³.ano)]

- **Sustentabilidade Ambiental:** Este grupo pretende garantir que aspetos ambientais associados às atividades da EG sejam salvaguardados.

Quadro 5 - Indicadores de desempenho do serviço de abastecimento público de água: Sustentabilidade ambiental.

Sustentabilidade ambiental	Eficiência na utilização de recursos ambientais	Perdas reais de água $[l/(ramal.dia)]$ ou $[m^3/(km.ano)]$
		Cumprimento do licenciamento das captações (%)
		Eficiência energética de instalações elevatórias $[kWh/(m^3.100 m)]$
	Eficiência na prevenção da poluição	Destino de lamas do tratamento (%)

2.4.4. PRINCIPAIS PROBLEMAS DO SETOR

Com a implementação do PENSAAR II foram registados progressos notórios para o bom desenvolvimento do setor, contudo, existem problemas que ainda se mostram evidentes no que diz respeito ao pleno funcionamento e gestão de SAA por parte das EG. De tal forma que, o objetivo do PENSAAR 2020, passava por identificar e clarificar, com base na evolução de dados concretos, os principais problemas do setor, garantindo o sucesso do mesmo. Com base nas conclusões deste plano estratégico, podem ser inumerados os principais focos problemáticos (ERSAR , 2021b):

- Elevado número de EG com desempenho pouco eficiente;
- Perdas de água em redes de abastecimento, que se traduzem em valores excessivos de ANF;
- Utilização e dimensionamento deficiente da capacidade instalada de infraestruturas;
- Grande dependência de recursos financeiros, com consequências na realização de investimentos;
- Tarifas exageradas, que por vezes, não são aceitáveis para grande parte dos utilizadores, do ponto de vista da sustentabilidade social e equidade de preços do setor. Este aumento das tarifas tenta ser um meio de recuperação dos gastos associados à ANF;
- SAA pouco resilientes ao crescente problema da escassez de água;
- Baixa adesão aos serviços e ligação dos sistemas em baixa à alta;
- Acomodação na organização operacional do setor, sobretudo dos serviços em baixa, que levam à falta de evolução do setor;

2.5. PERDAS EM SAA

2.5.1. ENQUADRAMENTO GERAL

Os SAA são dimensionados e projetados, com a reunião de diversos parâmetros, para que se verifique um escoamento perfeito, em teoria, capaz de escoar sem qualquer perturbação exterior que venha alterar o funcionamento normal. No entanto, na prática, qualquer escoamento está sujeito a anomalias e dificuldades ao longo do escoamento, nomeadamente num SAA, podem-se realçar fugas e outros tipos de perdas de água, que não só provocam prejuízo à EG do sistema, como podem também causar perturbações inesperadas ao escoamento (Valente, 2008).

As perdas de água são, por definição, a perda de uma certa percentagem de todo o volume de água que foi introduzido no sistema de abastecimento, no entanto, por múltiplas razões e variadas formas possíveis, não é posteriormente entregue ao cliente final e consequentemente não é faturada refletindo-se em prejuízo para a EG, assim é dos principais indicadores negativos da eficiência de um SAA. (Sardinha *et al.*, 2017).

É inevitável que um SAA seja completamente perfeito e eficiente, por isso, tem sempre associado uma percentagem de água perdida. As perdas dependem das características dos componentes da rede, tecnologia e conhecimento para controlar persistentemente as perdas e ainda, a metodologia de gestão por parte da EG (Farley e Trow, 2003).

Pode obter-se uma estimativa das perdas através de uma simples comparação entre o volume que entra no sistema, num determinado ponto, com o consumo autorizado, num ou mais pontos do mesmo sistema (Fig. 27). A água não faturada inclui todas as perdas, reais e aparentes (Sardinha *et al.*, 2017).



Fig. 27 - Fluxograma das principais influências num SAA.

De facto, o volume de perdas está relacionado com a especificidade de cada sistema, nomeadamente da condição de infraestruturas e da operação de manutenção, está impreterivelmente presente em todas as redes de abastecimento, sendo a principal causa de ineficiência das EG, e respetivos SAA. Este problema reflete-se na oscilação do lucro gerado, criando também uma deficiência na qualidade do serviço prestado aos utilizadores e aumento do custo da água faturada. As perdas de água em sistemas de abastecimento, são responsáveis por adversidades com impacto em várias vertentes de uma EG, em particular, nas dimensões económico-financeira, técnica, ambiental, saúde pública e social (Alegre *et al.*, 2005):

- **Dimensão Económico-Financeira:** por norma, a dimensão que mais motiva uma EG a implementar um controlo ativo de perdas. Toda a água que não é faturada, foi previamente captada, tratada e transportada o que exigiu elevados custos operacionais e de manutenção. Acrescenta-se a esta dimensão, o sobredimensionamento das infraestruturas, o que leva à diminuição da sua longevidade. Conclui-se assim que, a avaliação e controlo das perdas é fundamental para uma redução significativa nos custos de operação e manutenção dos SAA.
- **Dimensão Técnica:** este aspeto tem em vista a avaliação e melhoria do estado físico dos sistemas. Para que as fugas e extravasamentos sejam mínimos e controlados, é imprescindível um bom dimensionamento, construção e manutenção da rede. Grande parte das perdas físicas de água derivam de uma má condição da rede. Assim, uma gestão técnica adequada, tende a otimizar o nível de perdas, melhorando a eficiência do sistema.
- **Dimensão Ambiental:** esta componente tem uma importância acrescida em regiões onde a água com qualidade para consumo humano é limitada, sabendo que, com a entrada em vigor da Diretiva Quadro da Água, as restrições para novas captações de água são cada vez mais rígidas e não se aceita construção de novas captações ou reforço das outras já existentes, quando a jusante se verificam elevados níveis de perdas.

- **Dimensão de Saúde Pública:** sabe-se que, locais que apresentam fugas, são potenciais focos de contaminação da água que abastece os consumidores, por outro lado, quando o sistema está integralmente sob pressão, onde a pressão interna é superior à externa, a probabilidade de contaminação é baixa. Assim, deve existir um controlo da qualidade da água, quando se dá uma interrupção no abastecimento, visto que a pressão baixa e a probabilidade de contaminação aumenta de forma considerável.
- **Dimensão Social:** sendo que as tarifas devem traduzir os custos reais, os locais onde o volume de perdas seja elevado, levam a aumentos significativos no preço da água. Outro aspeto a nível social, deve-se ao papel de qualquer cidadão, devidamente informado e motivado, pode prestar auxílio na localização de certas fugas visíveis e na monitorização apropriada dos consumos domésticos.

As perdas de água são um parâmetro de extrema importância, representam na atualidade uma das principais dificuldades, quer para países desenvolvidos, quer para países em desenvolvimento. Há um trabalho permanente por parte das entidades de gestão, de modo a minimizar as perdas nos seus sistemas de abastecimento de água, sendo que é inalcançável o seu controlo por completo. Este é um problema que se faz sentir em qualquer entidade gestora de água e a que corresponde um prejuízo, que oscila de acordo com o volume de água perdido, uma vez que não há faturação de uma água que tinha sido alvo de custos de investimento, operação e tratamento a montante (Cichon e Królikowska, 2017).

Ainda assim, verifica-se que algumas EG não têm conhecimento do volume de água que entra no sistema ou do volume de água não faturado, tal desconhecimento dificulta significativamente qualquer tipo de estratégia de redução de perdas. Como resultado, em Portugal, existe um desperdício que ronda os 50% da água comprada, até pode ultrapassar este valor em certos casos, no entanto, nota-se uma crescente consciencialização do setor e sustentabilidade do mesmo, contribuindo para uma diminuição destes valores, ao longo dos últimos anos (Lima, 2011).

2.5.2. BALANÇO HÍDRICO (BH)

Há poucos atrás, avaliar as perdas de água num SAA tinha formas distintas nos diferentes países, que podiam até diferir consoante a EG. A necessidade de uma comparação internacional no desempenho das EG, impulsionou a International Water Association (IWA) a desenvolver um método padrão com as várias componentes dos usos da água. Desta forma, foi criada a matriz do BH, onde estão presentes os dois tipos de perdas de água existentes. Esta ferramenta desenvolvida pela IWA em 2000, onde são esquematizados os processos pelos quais a água pode passar quando entra no sistema, tornou-se rapidamente a base para análise deste problema nas EG a nível internacional. Para que este método seja produtivo a longo prazo, a EG deve garantir um controlo eficaz e monitorização constante do funcionamento geral da rede, para que sejam identificadas potenciais perdas de água e o cálculo de água não faturada seja correto (Sardinha *et al.*, 2017).



Fig. 28 - Balanço Hídrico de acordo com a definição da IWA.

De acordo com a International Water Association, o balanço hídrico é, nos dias de hoje, o método mais usual na análise de componentes de um SAA, nomeadamente, consumos e perdas de água. O balanço hídrico tem como objetivo controlar e conhecer os volumes de água aduzidos, distribuídos e perdidos, de notar que, é uma ferramenta útil e válida para qualquer sistemas de distribuição. Os dados obtidos a partir de uma análise deste tipo, garantem excelentes resultados, para melhorias contínuas ou pontuais na gestão da captação, armazenamento e distribuição de água (CESDA, 2014).

O BH é constituído pelos seguintes componentes (Sardinha *et al.*, 2017):

- **Água Entrada no Sistema (AES):** Volume anual de água, comprada ou de origem própria, introduzido na parte do sistema de abastecimento que é objeto de cálculo do BH;
- **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”;
- **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”;
- **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”;
- **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”;
- **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”;

Métodos de Cálculo:

O BH deve ser realizado, de preferência, através da medição efetiva de volumes. Contudo, nem sempre existem medições devidamente corretas para o efeito, e todos os esforços devem ser feitos para que a análise dos volumes e consumos de água seja tão rigorosa quanto possível, estimando realisticamente, as componentes do BH. Os volumes calculados ou estimados têm seguramente erros e incertezas que podem ter maior ou menor extensão a considerar na parcela relativa à água não faturada (ANF) e perdas reais (Sardinha *et al.*, 2017).

Assim, pode dizer-se que são aceites duas abordagens, explicadas após a Fig. 29, referente a esses mesmos dois métodos de análise:



Fig. 29 - Abordagens Top-Down e Bottom-Up.

Abordagem Top-Down: é efetuada de acordo com a informação existente, suportada maioritariamente por trabalho de gabinete, realizando uma série de estimativas e trabalho de campo praticamente inexistente. Inicia-se segundo uma macro análise das perdas e avaliação da necessidade de intervenção na rede na sua globalidade. Assim, são analisados os volumes de água entrada no sistema (AES), consumos autorizados faturados e não faturados, perdas aparentes associadas a ligações ilegais e incluir também erros de medição. A evolução é feita passando do sistema global para áreas menores, levando a identificação gradual das perdas aos vários níveis de discretização. O cálculo das perdas deriva de medições de diversos volumes de entrada, deduzidos os valores obtidos pelos sistemas de faturação de clientes. Há uma grande dificuldade na determinação das perdas aparentes pelo que é sempre aconselhável recorrer-se também ao cruzamento com resultados obtidos de outras abordagens (Sardinha *et al.*, 2017).

Para o cálculo do volume de perdas reais, numa abordagem deste tipo, utiliza-se a seguinte equação (Sardinha *et al.*, 2017):

$$\text{Volume de Perdas Reais} = \text{AES} - (\text{Consumo Autorizado} + \text{Perdas Aparentes}) \quad (3)$$

Abordagem Bottom-Up: Esta abordagem é vulgarmente utilizada em casos de sistemas setorizados e providos de medição contínua, havendo a possibilidade de calcular o volume das perdas reais a partir dos valores de caudais noturnos. Esta análise serve de verificação dos valores de perdas reais calculadas pela abordagem Top-Down, neste caso, a partir do caudal mínimo noturno (CMN) obtido do terreno com um elevado valor de certeza. Contudo, este tipo de abordagem requer um excelente conhecimento da rede e um nível de gestão mais sofisticado em termos do controlo da rede (Sardinha *et al.*, 2017), (Farley *et al.*, 2008)



Fig. 30 - Abordagem Bottom-Up para o cálculo de perdas reais.

A principal vantagem é a possibilidade de calcular o volume de perdas reais tanto para a totalidade do sistema, como também em diferentes Zonas de Medição e Controlo (ZMC), ou seja, é feita uma divisão da rede em zonas mais pequenas dotadas de medição contínua, assim podem ser ordenadas estas ZMC de acordo com as diferentes necessidades de intervenção. Além de que, este tipo de cálculo possibilita a confirmação dos valores obtidos no BH, bem como a determinação da relação entre a pressão na rede e o nível de perdas (Sardinha *et al.*, 2017).

Assim, para esta abordagem, a equação a utilizar é a seguinte (Sardinha *et al.*, 2017):

$$\text{Volume de Perdas Reais} = (\text{CMN} - \text{Consumo Autorizado}) \times F_{\text{noite-dia}} \quad (4)$$

Na equação 4, o fator multiplicado, representado por $F_{\text{noite-dia}}$, corresponde à relação entre a variação da pressão máxima presente na rede, por norma, durante o período noturno visto que transparece a melhor estimativa de perdas, e a pressão mínima registada durante os períodos diurnos ou de ponta. De notar que, em certos casos, as pressões registadas em período noturno são inferiores aos registos em período diurno, isto porque pode existir um regulador de pressão no local de medição (Sardinha *et al.*, 2017).

Relativamente ao CMN, representa o caudal mínimo ao longo de 24 horas, que ocorre habitualmente durante a noite, devido a uma maior inatividade por parte dos consumidores. Assim, o CMN deverá ser a média dos valores de caudal que são registados durante um certo intervalo de tempo, no mínimo 1 hora, normalmente expresso em m^3/h . De modo a obter um valor médio das perdas reais durante 24 horas, a partir do CMN, não é suficiente realizar uma extrapolação, pois é necessário ter em conta o efeito da pressão. Quando o CMN é extrapolado para as 24 horas e as pressões noturnas são superiores

às diurnas, é obtido um valor excessivo de perdas diárias, para evitar esse problema, como já foi referido, a estimativa de perdas reais baseadas no CMN é multiplicada pelo Fator_{noite-dia} (Farley *et al.*, 2008), (Morrison *et al.*, 2002).

2.5.3. PERDAS REAIS

Cada SAA tem o seu volume de perdas reais característico, pode variar de acordo com uma grande diversidade de fatores, tais como (Farley *et al.*, 2008), (Poças Martins, 2014), (Sardinha *et al.*, 2017), (Lambert *et al.*, 1999), (Farley, 2001):

- **Idade da instalação:** aspeto relevante devido ao aumento da probabilidade de perdas é potenciado pela idade da instalação e consequente estado de conservação;
- **Estado e material das condutas:** a corrosão é um problema que afeta gravemente as condutas, nesse sentido, o material utilizado deve ser adequado às características do local;
- **Pressão média de serviço:** uma pressão elevada no sistema, especialmente em sistemas mais antigos, pode resultar num maior número de roturas num curto espaço de tempo. Ao mesmo tempo, o aumento de pressão e consequentemente aumento do caudal, em caso da existência de perdas, traduz-se num maior volume de água perdida;
- **Número e comprimento das tubagens:** quanto maior for o número e o comprimento das condutas e dos ramais, maior é a probabilidade de ocorrência de fugas e roturas;
- **Tipo de solo:** o solo tem influência na frequência de ocorrência de fugas e a rapidez com que se tornam visíveis à superfície. Também se verifica que solos mais agressivos, com valores de pH elevados ou maior concentração de sais dissolvidos, requerem um material mais resistente;
- **Grandes amplitudes térmicas:** por exemplo uma diminuição da temperatura até valores de solidificação da água, causam grande degradação do material;
- **Frequência de roturas:** a elevada frequência de roturas acaba por tornar mais frágil as condutas, aumentando a velocidade de degradação e aumentando a probabilidade de ocorrerem novas roturas a médio e longo prazo;

Na Fig. 31 ilustram-se os principais pontos onde ocorrem perdas reais ao longo da rede de distribuição:



Fig. 31 - Pontos da rede de abastecimento de água onde ocorrem perdas reais frequentes.

As perdas reais dizem respeito a três componentes principais (Poças Martins, 2014), (Farley *et al.*, 2008):

- Fugas e roturas em condutas (rede de adução e distribuição, em muitos casos as fugas são maiores em ligações ou válvulas do que na própria rede, logo a substituição da rede negligenciando ligações e válvulas, não é aconselhável);
- Fugas e extravasamentos em reservatórios;
- Fugas e roturas em ramais de ligação ao cliente (a montante do contador ou ponto de medição);

As perdas reais através de condutas e reservatórios são facilmente detetadas por funcionários da EG, ou por vezes pelo público, pelo que tendem a ser detetadas e reparadas em tempos relativamente curtos. Já o terceiro caso (Fig 31), tem maior probabilidade de não serem detetadas, levando por isso mais tempo a ser reparadas, e consequentemente, apesar dos caudais serem bastante reduzidos quando comparados aos restantes caudais da rede, são perdidos maiores volumes de água (Farley *et al.*, 2008).



Fig. 32 - Exemplo de perdas reais em ramais de ligação.

Na Fig. 33 encontram-se representados exemplos da tipologia de fugas:

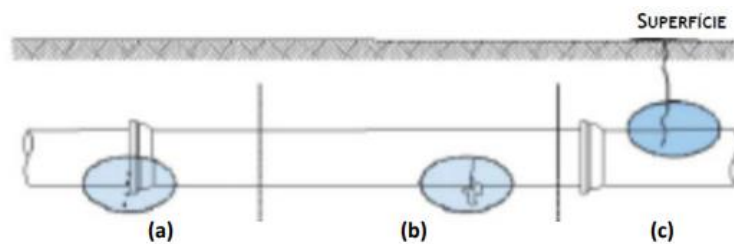


Fig. 33 - Tipologia das fugas: (a) fuga invisível, (b) fuga não comunicada, (c) fuga comunicada (Poças Martins, 2016).

A classificação das perdas reais, pode ser feita não só quanto à sua localização, como também quanto à sua deteção, representada no Quadro 6. (Farley *et al.*, 2008), (Alegre *et al.*, 2005)

Quadro 6 - Tipos de Roturas

Tipo	Descrição
Roturas reportadas	São tipicamente visíveis à superfície e facilmente reportadas, caracterizam-se por apresentarem caudais elevados, períodos de fuga de curta duração e volumes moderados.
Roturas não reportadas	Habitualmente são roturas presentes no subsolo, de difícil ou nula visibilidade, passíveis de serem encontradas através da deteção ativa de fugas. Apresentam caudais médios, com duração e volumes de perdas que dependem da política de controlo ativo de perdas da EG.
Roturas de base	Tratam-se de uma acumulação de fugas e roturas de pequena dimensão, que de forma individual, não seriam localizadas com os equipamentos de deteção usuais. Grande parte das situações, os encargos monetários requeridos, não justificam o custo do volume perdido. Os caudais são vulgarmente bastante baixos, no entanto, a longa duração e acumulação de pequenas fugas, traduzem graves volumes perdidos.

Conclui-se que, não existe uma relação constante entre o caudal e o volume perdido, ou seja, nem sempre o maior caudal de fuga está associado ao maior volume perdido. As fugas de caudal reduzido, apresentam uma maior dificuldade identificação e localização, pelo que podem atuar por períodos de tempo bastante longos e acabam por resultar em maiores volumes de água perdida. As figuras seguintes representam um exemplo prático dessa situação (Farley *et al.*, 2008).



Fig. 34 - Tempo de atuação e volume perdido numa fuga declarada numa conduta adutora.

A figura anterior demonstra os efeitos de uma fuga declarada numa conduta adutora, por outro lado, na figura abaixo, nota-se que, uma fuga num ramal de ligação, embora o caudal seja inferior, por não ser declarada, as perdas são bastante mais expressivas com o passar do tempo (Farley *et al.*, 2008).

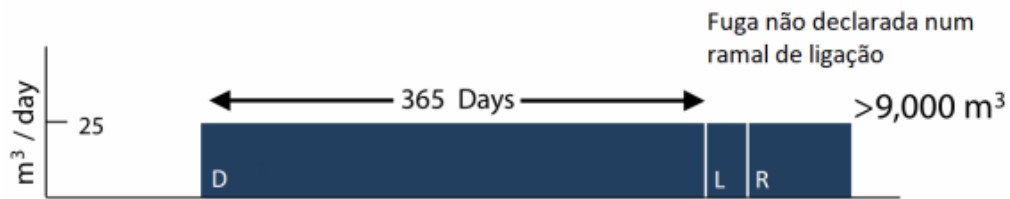


Fig. 35 - Tempo de deteção (D), localização (L) e reparação (R) e volume perdido numa fuga não declarada num ramal de ligação.

O problema das perdas reais, causam efeitos negativos que afetam a EG, o próprio SAA e os consumidores finais, sem esquecer o ambiente. Alguns dos efeitos deste tipo de perdas estão enumerados no seguinte esquema (Farley, 2001):

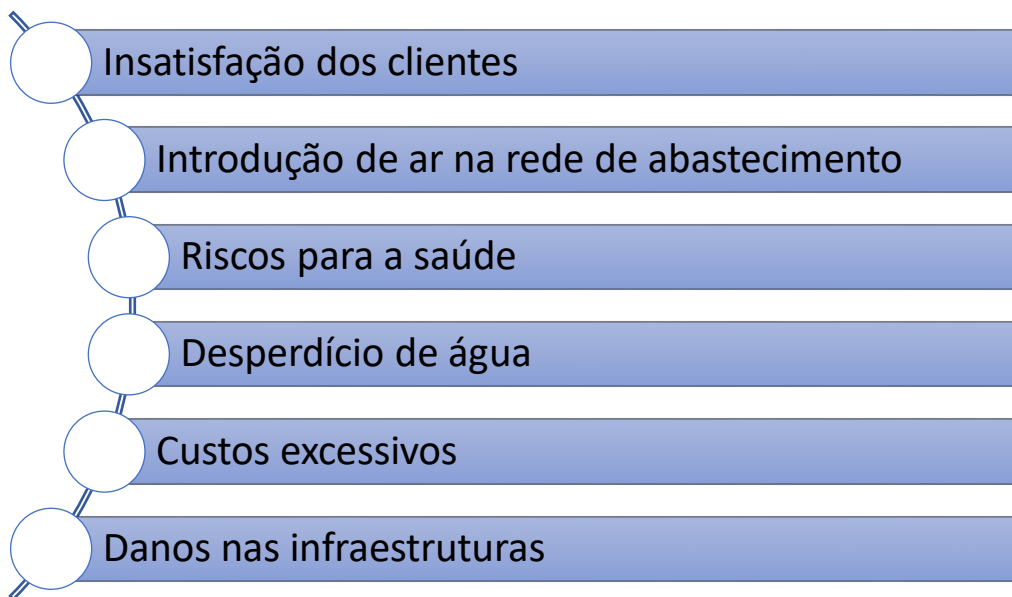


Fig. 36 - Efeitos negativos de perdas reais.

Dada a impossibilidade de eliminar as perdas reais por completo, estas devem ser minimizadas tanto quanto for conseguido, garantindo a menor combinação de custo entre o volume de água perdido e as atividades realizadas para combater as perdas. Para que seja desenvolvida uma estratégia eficiente de controlo de perdas, deve começar-se por colocar várias questões sobre a rede de distribuição e operação da mesma, de seguida, verificar quais as ferramentas certas para identificar as melhores soluções. Encontram-se abaixo essas mesmas questões, com as respetivas ferramentas (Sardinha *et al.*, 2017), (Farley, 2001).

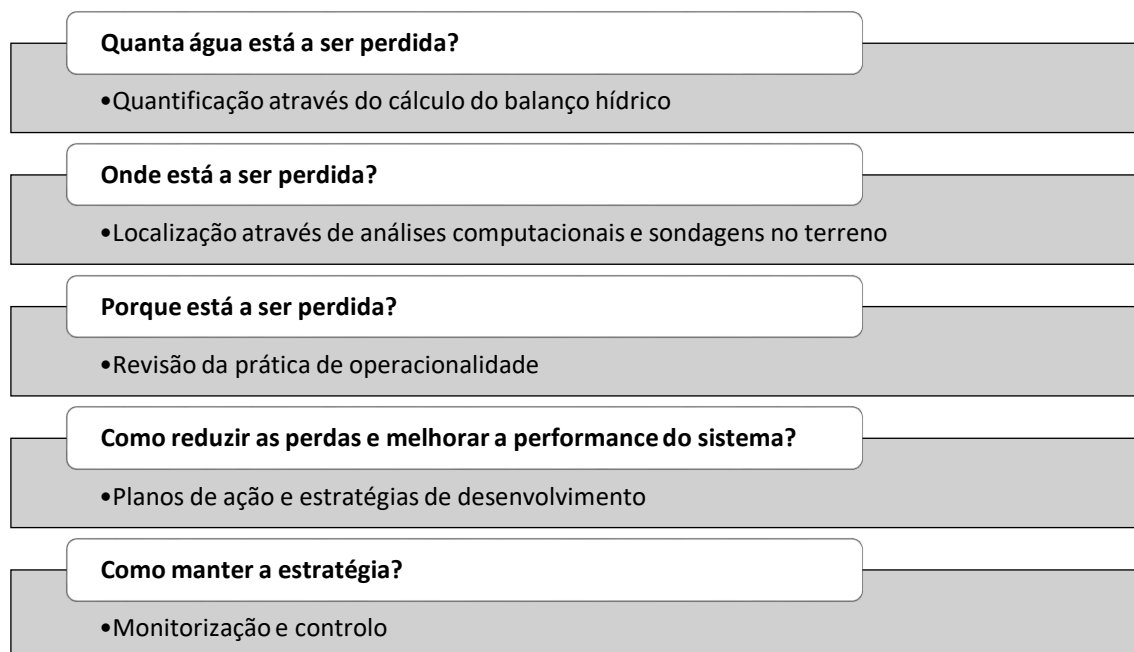


Fig. 37 - Questões a responder e respetivas ferramentas para o desenvolvimento de uma estratégia para o controlo de perdas.

2.5.4. PERDAS APARENTES

De acordo com o balanço hídrico, as perdas aparentes resultam da soma de dois parâmetros, os erros de medição e o consumo não autorizado (Fig. 38). Estas perdas, de forma mais ou menos direta, são afetadas por fatores económicos, sociais, culturais e políticos, exigindo a necessidade de planos de ação de médio e longo prazo, podendo ser alvo de mudanças organizacionais (Sardinha *et al.*, 2017).

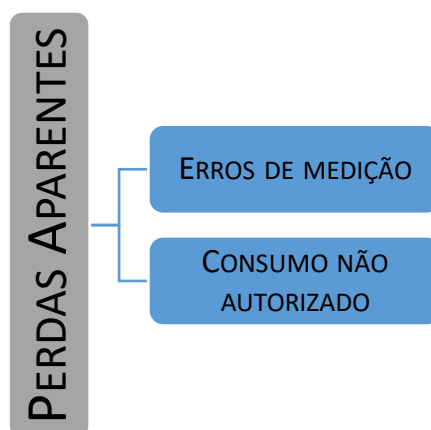


Fig. 38 - Constituintes das perdas aparentes.

Assim sendo, este tipo de perdas resulta de um acumular de imprecisões associados a medições de água produzida ou comprada e de água consumida, acrescentando ainda o consumo não autorizado. Para ter uma estimativa deste valor, procura-se contabilizar todo o volume de água que é posteriormente distribuído aos consumidores, bem como o consumo de água por clientes registados e possivelmente, não registados (Alegre *et al.*, 2005).

De seguida, é feita uma análise mais detalhada às duas componentes que constituem as perdas aparentes.

○ Consumo não autorizado

Por vezes são encontradas ligações ilícitas, normalmente direccionadas para a construção clandestina e áreas com baixo nível de segurança, também por motivos de corte no serviço de abastecimento devido a falta de pagamento, em que a razão varia está entre a dificuldade financeira ou não querer pagar para ser novamente conectado à rede (Farley *et al.*, 2008).

A utilização indevida, para diversos fins, de bocas de incêndio, também é um dos constituintes do consumo não autorizado. Estes sistema de emergência, na grande maioria dos casos não dispõe de contador, de forma a serem evitadas perdas localizadas. A sua utilização tem um preço considerável na percentagem do consumo não autorizado num SAA (Alegre *et al.*, 2005).

Outro método de redução da conta da água, está na instalação de um “bypass”, ou seja, a colocação de um tubo em paralelo que não passa pelo contador, para que o volume que passa no contador seja significativamente mais reduzido. A EG deverá dar conta destes casos através de um balanço de caudais na rede, onde se poderá encontrar uma grande discrepância entre os valores registados no contador e a água que realmente entrou no sistema (Farley *et al.*, 2008).

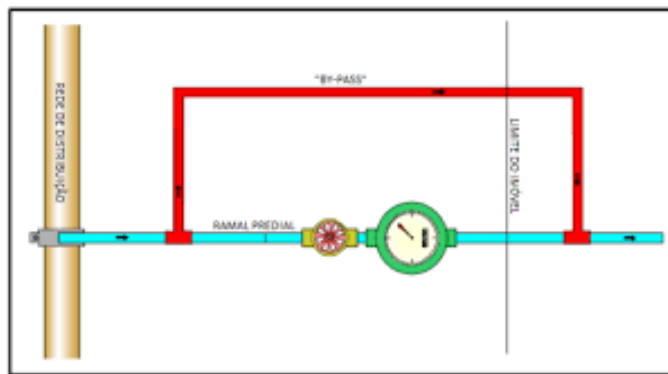


Fig. 39 - Ligação por "bypass".

Existe também o caso de clientes que não estão legais pensando que estão, que apenas são detetados quando numa leitura ao contador por parte da EG, o funcionário percebe que o contador não consta na base de dados da empresa. Para que este tipo de perdas seja evitado, é indispensável a recolha de informação de todas os clientes, criando uma base de dados legítima (Farley *et al.*, 2008).

Neste levantamento, a EG deve recolher a seguinte informação (Farley *et al.*, 2008):

- Morada;
- Nome do proprietário;
- Fabricante e número de série do contador;
- Verificação do caudal registado pelo contador;

○ Erros de Medição

Na gestão de um SAA existem erros associados que aumentam o volume de água correspondente às perdas aparentes, tais como (Alegre *et al.*, 2005):

- Erros de medição dos contadores em condições normais de medição;
- Erros de medição por deficiente dimensionamento ou instalação;
- Erros de leitura de registo;
- Erros de medição por avaria;
- Leituras em falta por dificuldades de acesso aos contadores;

Os três primeiros tipos de erros devem-se à política e modo de operação da EG e funcionários. Quanto aos erros por avaria, podem ocorrer por manipulação do equipamento ou de forma casual, cabe à EG agir no sentido de identificar a causa e assim redução desse erro. A sensibilização dos consumidores, desempenhando um papel de agente ativo, pode levar à redução dos erros de subcontagem, podem ser erros de medição elevados provocados por reservatórios domiciliários, que causam um amortecimento no diagrama de consumo e diminuem significativamente o caudal que passa nos contadores. É importante que os consumidores consigam também ajudar na deteção de fugas, visto que as perdas físicas a jusante do contador podem contribuir para um aumento de perdas aparentes. Assim, alcançar níveis de excelência ambiental e económica, tende a ser cada vez mais um objetivo comum (Alegre *et al.*, 2005).

Os contadores de água são equipamentos fundamentais na contagem de volumes de água distribuídos aos clientes, fazendo a medição de caudais líquidos. Esta medição pode ser feita mecanicamente de forma direta, por medição do volume, ou de forma indireta onde a medição é feita à velocidade. Todos os contadores têm um erro associado, representado na Fig.40, que também contribui para o aumento das perdas aparentes, com o passar do tempo e consequente degradação do equipamento, o erro ultrapassa o limite razoável, é vivamente aconselhável que se proceda à substituição do mesmo. A substituição de contadores leva a uma medição mais precisa do caudal e aumento expressivo da água faturada em muitos casos, pelo que o investimento é recuperado a médio prazo (Sardinha *et al.*, 2017).

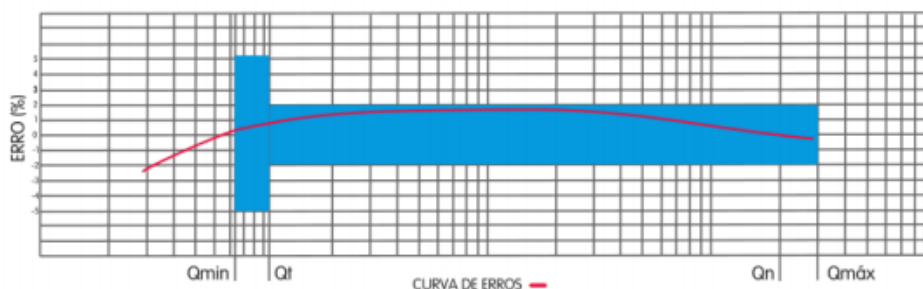


Fig. 40 - Curva característica de um contador.

Quanto aos erros de medição devido a falhas ou dificuldades relacionadas com contadores e respetivas leituras, que originam uma percentagem do volume de perdas aparentes, podem observar-se nas figuras seguintes (Poças Martins, 2016):



Fig. 41 - Causas dos erros de medição relativos aos contadores.



Fig. 42 - Causas dos erros de medição relativos às leituras.

2.5.5. NÍVEL ECONÓMICO DE PERDAS (NEP)

O Nível Económico de Perdas (NEP), surge na tentativa de dar uma resposta objetiva, a uma das grandes dificuldades com as EG se deparam, saber até que ponto o investimento na redução de perdas é rentável, isto é, não tomar decisões que se traduzam em custos mais elevados do que o valor das próprias perdas de água.

Diz-se que uma EG alcançou o nível económico quando a soma do valor de custo da água perdida no SAA e o custo das operações efetuadas para o controlo ativo de fugas atingem um mínimo. Assim, o limite a investir na redução de perdas, é definido quando deixa de ser viável do ponto de vista económico, por ser superior ao custo do volume perdido. Esta abordagem é válida quer para perdas reais, quer para perdas aparentes, sendo que o NEP só se atinge quando ocorrem simultaneamente os respetivos níveis económicos. Os dois tipos de perdas devem ser tratados individualmente, uma vez que

as medidas de redução e os custos associados são diferentes, quando se trata de fugas em reservatórios ou condutas, ou perdas derivadas de erros de medição (Alegre *et al.*, 2005), (Sardinha *et al.*, 2017).

A Fig. 43, pretende explicar de forma gráfica, o conceito de NEP, relacionando o custo total com o nível de perdas.

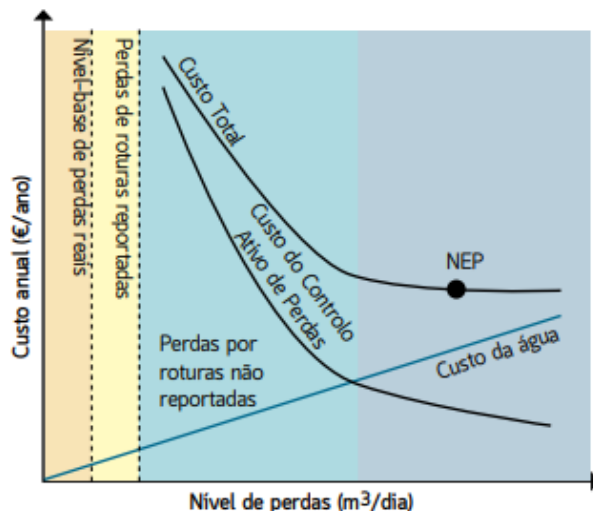


Fig. 43 - Representação gráfica do conceito de Nível Económico de Perdas.

Fazendo uma interpretação do gráfico, observa-se que o aumento do nível de perdas, o custo associado à água perdida aumenta linearmente. Da perspetiva do custo do controlo ativo de perdas, verifica-se uma diminuição, com o aumento dos níveis permitidos de perdas. Contudo, existe um custo total de operação, que pode ser interpretado como o nível de custo ótimo, que ocorre quando o custo do controlo ativo de perdas é igual ao custo marginal da água. É através deste ponto que se é capaz de identificar o nível económico dos recursos que devem ser aplicados à deteção de fugas.

Como já se concluiu anteriormente neste trabalho, não existe a capacidade de se eliminarem as perdas por completo, que origina sempre um volume de água perdido que terá obrigatoriamente de ser tolerado, este volume depende de características únicas de cada SAA, por isso, é fundamental o cálculo do NEP, para uma definição da estratégia de combate às perdas mais adequada ao respetivo SAA.

De forma a garantir veracidade do cálculo, bem como na definição de objetivos e estratégias de controlo de perdas a desenvolver, é imprescindível uma prévia caracterização de todo o SAA, relativamente a informação de qualidade, mas também identificação de todas as influências dinâmicas no sistema. Estabelecem-se assim procedimentos para a recolha dessa informação de base, que diz respeito a três categorias diferentes (Sardinha *et al.*, 2017):

○ Informação Operacional

- Nível de Perdas;
- Pressão na Rede;
- Regulação de válvulas redutoras de pressão existentes;
- Registo do número, localização e tipo de roturas detetadas;
- Tempo utilizado no controlo ativo de fugas;
- Consumo de água pela indústria;

- **Informação Tática**

- Limites das zonas de abastecimento;
- Pontos de abastecimento de cada sistema ou pontos de transferência;
- Equipamentos existentes nos pontos estratégicos para cálculo dos BH;
- Tipo de VRP instaladas em zonas de pressão controlada;
- Registos de manutenção;
- Ativos existentes;

- **Informação Estratégica**

- Caudais médios para a distribuição;
- Cálculos para o BH;
- Estudos-piloto efetuados e seus resultados;
- Base de dados de eventos ocorridos na rede;
- Bases de dados de clientes e dos seus consumos medidos ou estimados;
- Pessoal e equipamentos envolvidos no controlo ativo de perdas;

Atualmente, é extensa a informação relacionada com métodos para a determinação do NEP. O valor deste indicador, para a mesma EG, pode sofrer alterações ao longo do tempo, está dependente da taxa de roturas e celeridade e qualidade das reparações, do estado dos ativos da rede e da capacidade da EG para o controlo ativo de fugas, mais especificamente em investimentos na gestão da pressão e criação de ZMC. Portanto, o cálculo do NEP deve ser revisto e sujeito a reavaliações regularmente.

Por outro lado, a EG deve também realizar estudos de custo e benefício das medidas de redução de perdas no seu SAA, uma vez que é este estudo que vai ditar a estratégia, objetivos e prioridades de forma detalhada, a implementar em função do NEP.

Resumidamente, é importante que cada EG compreenda quais as estratégias de controlo de perdas mais relevantes para a sua realidade, tendo em vista a otimização da sua gestão e serviço.

2.6. TELEGESTÃO

Os sistemas de telegestão, permitem a monitorização e controlo em tempo real de todo o sistema, permitindo conhecer a situação real a cada momento das condições da rede e garantir uma atuação rápida perante uma ocorrência imprevisível.

Dependendo dos dispositivos integrados na rede, existe a possibilidade de conhecer, níveis de água em reservatórios, pressão em diversos pontos, caudais e várias outras grandezas. A implementação de um sistema deste tipo, possibilita a operação à distância de elementos da rede, como por exemplo, grupos elevatórios e válvulas. A operação é feita da seguinte forma, a informação é recolhida pelos dispositivos da rede e transmitida para uma central de controlo, através de um sistema de comunicação, um software estabelece a interface entre o operador e o sistema, os dados podem ser apresentados numericamente, ou ilustrativamente, acompanhados de gráficos e relatórios. É dada uma resposta, introduzida pelo operador, que é da mesma forma, transmitida de volta. Este sistema tem ainda a capacidade de transmitir avisos de alarme em situações críticas, facilitando a resolução de problemas (Medeiros, *et al.*, 2007).

Este é um sistema com grande eficácia na redução de erros de medição, erros humanos e consumo não autorizado. É realizada uma leitura mensal nos contadores equipados com esta tecnologia, não existindo a necessidade de recorrer a estimativas (Medeiros *et al.*, 2007).

A telegestão é essencial nos dias de hoje, permite o controlo de perdas além de várias outras aplicações (Fig. 44), com grande importância para a boa gestão por parte da EG (Alegre *et al.*, 2005).



Fig. 44 - Exemplos de informação passível de ser recolhida por telegestão.

Assim, os sistemas de telegestão num SAA, contribuem significativamente para a otimização do mesmo, sendo possível atingir objetivos definidos para a redução de perdas de água. A qualidade de gestão, a rápida deteção de fugas e respetiva reparação, e o controlo de pressão na rede, monitorizados através da telegestão, resultam na diminuição contínua de ANF e consolidação do bom funcionamento de uma EG.

3

ÂMBITO E OBJETIVOS

3.1. ÂMBITO DA DISSERTAÇÃO

Concluída a pesquisa para realização da revisão bibliográfica, confirma-se a importância das perdas de água na eficiência e sustentabilidade de um SAA. Sendo assim, enquanto se garante uma boa gestão a nível técnico, económico e ambiental, a redução e controlo de perdas de água deve ser um objetivo constante.

Por vezes, a gestão de perdas possibilita excelentes melhorias no desempenho do SAA e respetiva EG, com um custo de investimentos reduzido. Esta razão deve impulsionar a procura dessas oportunidades, que devem continuar a ser exploradas e estudadas, para garantir sucessos cada vez mais expressivos.

De modo a recuperar gastos associados a perdas, as EG tendem a aumentar as tarifas e limitam a sua capacidade de investimento. Quanto maiores forem os volumes perdidos, maior é o acréscimo das tarifas aplicadas aos clientes. Assim, há uma forte relação entre a água perdida num SAA, não só com repercussões económicas para os utilizadores, mas também com diversos impactes ambientais.

Pretende-se com este trabalho, avaliar e desenvolver o combate às perdas de água em SAA, recorrendo aos dados recolhidos pelas novas tecnologias de gestão implementadas em algumas EG, capazes de obter dados em tempo real e facilitando uma análise que permite detetar problemas em toda a rede, contribuindo favoravelmente, para a celeridade na identificação e reparação de fugas e roturas, diminuindo assim o volume de ANF.

A presente dissertação, desenvolvida no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente (MIEA), realiza-se em ambiente empresarial nas Águas de Gaia, EM, SA. Uma excelente oportunidade para desenvolver capacidades a nível pessoal e ter acesso a uma vertente prática da área. Foi possível conhecer a realidade de uma empresa, compreender as dificuldades na gestão de um SAA e ter acesso a trabalho diário imprescindível para o bom funcionamento da empresa e serviços prestados, nomeadamente no controlo ativo de perdas e reparação de fugas e roturas. Assim, o acesso a todos os dados da situação atual da empresa, permitiram desenvolver o trabalho em questão e cumprir os objetivos previstos, garantindo resultados que traduzem a realidade, bem como conclusões factuais sobre a realidade do setor.

3.2. OBJETIVOS

De acordo com o exposto anteriormente, foram definidos alguns objetivos para o trabalho proposto.

Assim, os principais objetivos para a realização da presente dissertação são os seguintes:

- Promover a redução de perdas no SAA gerido pelas Águas de Gaia, EM, SA.;
- Compreender o modo de funcionamento das redes de distribuição e adução;
- Analisar dados reais das componentes do BH, para uma análise dos parâmetros, em cada reservatório, de forma independente;
- Identificar medidas de redução da ANF;

4

ÁGUAS DE GAIA, EM, SA.

4.1. ENQUADRAMENTO

Vila Nova de Gaia é um município da Área Metropolitana do Porto e Distrito do Porto, situa-se na Região Norte de Portugal. Está limitado a Norte e Nordeste pelo rio Douro, é responsável pela separação dos concelhos do Porto e de Gondomar, a Sul, é limitado pelos concelhos de Santa Maria da Feira e de Espinho, finalmente toda a costa Oeste é banhada pelo Oceano Atlântico.

Águas de Gaia, EM, nasce em 1999, como resultado da transformação dos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento (SMAS), em empresa municipal. Até esse ano, os SMAS de Vila Nova de Gaia, estavam a cargo do abastecimento de água no município desde 1948. A gestão e funcionamento do serviço embora razoável, registava um volume elevado de perdas, e não existia tratamento de águas residuais (Sítio Águas de Gaia, 2021), (Uzategui, 2017).

Devido às exigências crescentes de qualidade quanto ao serviço de abastecimento de água e a dificuldade de criação de um sistema de saneamento capaz de dar resposta às necessidades do município, a Câmara Municipal nomeou uma Administração residente para os SMAS de Gaia que, ao abrigo da Lei nº 58/98, de 18 de Agosto, é transformada na Empresa Municipal Águas de Gaia, em Abril de 1999. Assim, era prioritária a modernização dos serviços, acompanhada de mudanças indispensáveis que acompanhassem o crescimento do setor (Uzategui, 2017).

Em 2002 e 2003, dá-se o alargamento da empresa, de modo a incluir as linhas de água e garantindo exploração da rede de águas pluviais, respetivamente.

Anos mais tarde, é assinado o protocolo de Gestão de Infraestruturas entre a SIMDOURO, SA e Águas de Gaia, EEM referente à gestão, operação e manutenção das infraestruturas de saneamento. Ainda esse ano, 2010, o Município delegou na Empresa competências relativas à gestão e exploração do sistema municipal de resíduos sólidos urbanos (Sítio Águas de Gaia, 2021).

A empresa tem, desde então, realizado um trabalho notável, dando continuidade aos seus investimentos de forma a alcançar os objetivos pretendidos, no que diz respeito à redução de perdas de água. Com o desenvolvimento da política de gestão do serviço de abastecimento de água, são visíveis as melhorias nos valores de ANF, aproximadamente 47% , em 1998 (ano em que nasce as Águas de Gaia, EM) e, no ano de 2020, 27,8%.

O Quadro 7 apresenta valores de ANF e respetivos constituintes ao longo dos últimos anos, em 2020, após uma revisão das metodologias de cálculo e dos parâmetros introduzidos através do funcionamento do projeto global de redução de perdas e eficiência hídrica, tornou-se capaz aprofundar os indicadores

IWA reportados, onde se concluiu um leve subida de perdas (reais e aparentes) e a descida de consumos autorizados não faturados, com tendência de descida nos próximos anos, devido a uma abordagem com maior controlo operacional e monitorização da rede.

Quadro 7 - Evolução de ANF nos últimos anos.

%	2016	2017	2018	2019	2020
<i>Perdas Reais</i>	15,8	15,7	15,6	15,2	16,1
<i>Perdas Aparentes</i>	5,6	5,6	5,7	5,7	6,2
<i>Consumos Autorizados Não Faturados</i>	7,3	7,9	6,0	6,5	5,5
<i>Água Não Faturada</i>	28,7	29,3	27,3	27,4	27,8

Atualmente, a Empresa Municipal Águas de Gaia, EM, tem como objetivo disponibilizar um serviço de alto nível, com uma gestão adequada e contínua, focando na distribuição de água de qualidade, bem como a drenagem e tratamento de águas residuais concebidas no município, a preço acessível conjugado com uma perspectiva ambiental sustentável. Esta é uma empresa multifacetada, uma vez que, faz ainda a gestão e exploração da rede de águas pluviais, mas também de resíduos sólidos, com a respetiva limpeza pública (Águas de Gaia, 2019).

Assim, ao longo dos últimos três anos, dando maior relevância ao ano de 2020, devido ao seu caráter mais atual, a Empresa, viu o seu investimento de 3891 milhares de euros, repartidos pelos setores de atividade, repartidos da seguinte forma:

Tabela 8 - Investimento por setores na Empresa Águas de Gaia.

<i>Investimento por Setores</i>	2018	2019	2020
<i>Água</i>	701	995	1 175
<i>Saneamento</i>	419	889	1 337
<i>Águas Pluviais</i>	294	371	858
<i>Setor Administrativo</i>	1 880	416	172
<i>Transporte</i>	118	238	233
<i>Setores Complementares</i>	86	74	105
<i>Intangível</i>	40	0	5
<i>Financeiro</i>	4	7	6
Total	3 542	2 990	3 891

(milhares de euros)

4.2. DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

As Águas de Gaia, EM, SA., apresenta um sistema de adução integrado no Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água da Área Sul do Grande Porto da empresa Águas do Douro e Paiva, SA, responsável pelo fornecimento de água em alta, através de uma rede de adução de 111 km.

O armazenamento desta água é feito em 34 reservatórios, dos quais 32 da responsabilidade da empresa Águas de Gaia, SA e 2 estão a cargo da empresa Águas do Douro e Paiva, SA.

A rede de distribuição de água ao concelho de Vila Nova de Gaia, tem uma extensão de 1428 km, que se estende ao longo de 24 freguesias, assegurando o serviço para aproximadamente 141 mil clientes, que se dividem entre a população residente e população flutuante, principalmente nos meses de Verão. A empresa tem também um papel fundamental nas atividades económicas abastecidas pela rede, algumas das quais extremamente dependentes de um abastecimento regular e de grandes volumes.



Fig. 45 - Mapa de distribuição de água do Concelho de Vila Nova de Gaia.

A manutenção e substituição da rede, bem como o aumento da sua extensão para o abastecimento de um número de clientes cada vez maior fazem parte de um trabalho constante, demonstrado no quadro seguinte:

Quadro 9 - Rede de água (em km) nova e substituída nos últimos anos.

Ano	Rede de Água (km)		
	Existente	Nova	Antiga Substituída
2016	1 494,2	0,8	0,7
2017	1 495,5	1,3	0,6
2018	1 496,5	1,0	1,2
2019	1 496,8	0,3	2,2
2020	1 479,5	0,7	1,0

As redes novas dizem respeito ao crescimento da população do concelho, assim a sua maioria foram pequenos troços aumentados à rede. A necessidade de correção de deficiências hidráulicas, normalmente em condutas de caudal elevado (diâmetros de 400mm e 500mm), levou à substituição da rede antiga apresentada no quadro. O envelhecimento da rede é responsável por grande parte do aparecimento de fugas e roturas, sendo que entre Junho e Dezembro de 2020, foram detetadas 504 fugas não visíveis devido a este problema.

4.3. BALANÇO HÍDRICO 2020

Dada a dificuldade de controlo e comparação de análises relativas a perdas de água a nível internacional, a IWA define a terminologia a utilizar, com as fórmulas de cálculo respetivas, pelas quais também a empresa Águas de Gaia, SA se rege.

O novo projeto global de redução de perdas e eficiência hídrica, vem diminuir as perdas ambientais e económicas, como consequência da deteção e reparação de fugas, essencialmente, não visíveis, e da eliminação da não faturação de consumos, veio mostrar a necessidade de progresso na aquisição de dados e uma avaliação mais precisa de alguns parâmetros, concebendo uma maior fiabilidade de dados, como CMN e consumos diários por reservatório.

Assim, o seguinte quadro apresenta o BH realizado pela EG referente ao ano de 2020:

Quadro 10 - BH 2020

Volume Entrado no Sistema	Consumo Autorizado	Consumo Autorizado Faturado	Consumo Faturado Medido	Água Faturada 14210679 m ³ 72,2%
		14210679 m ³ 72,2%	13694348 m ³	
		Consumo Autorizado Não Faturado	Consumo Não Medido	
			516331 m ³	
	Perdas de Água	Perdas Aparentes	Consumo Não Faturado Medido	Água Não Faturada 5462170 m ³ 27,8%
			Consumo Não Faturado Não Medido	
19672849 m ³ 100%	15297050 m ³ 77,8%	1086371 m ³ 5,5%	1086371 m ³	
			Consumo Não Autorizado	
	4375799 m ³ 22,2%	1214866 m ³ 6,2%	269738 m ³ 1,4%	
			Erros de Medição	
			945128 m ³ 4,8%	

			Fugas em Reservatórios e Adutoras	
			265683 m ³	
			1,4%	
			Fugas nas Redes	
			568186 m ³	
			2,9%	
			Fugas nas Ligações	
			1769097 m ³	
			9,0%	
			Roturas	
			557967 m ³	
			2,8%	
		Perdas Reais		
		3160933 m ³		
		16,1%		

Conclui-se que, em 2020, no SAA entram 19.672.849 m³ de água, sendo que o volume faturado pela EG é 72,2% deste volume, que corresponde a 14.210.679 m³ de água. Quanto à ANF, equivale aos restantes 27,8%, ou seja, 5.462.170 m³.

4.4. DECOMPOSIÇÃO DA ANF

A decomposição da ANF é feita baseando-se nos dados do BH, apresentado pela empresa em 2020.

A Fig. 46 mostra como está repartido o volume entrado no sistema em termos de faturação.

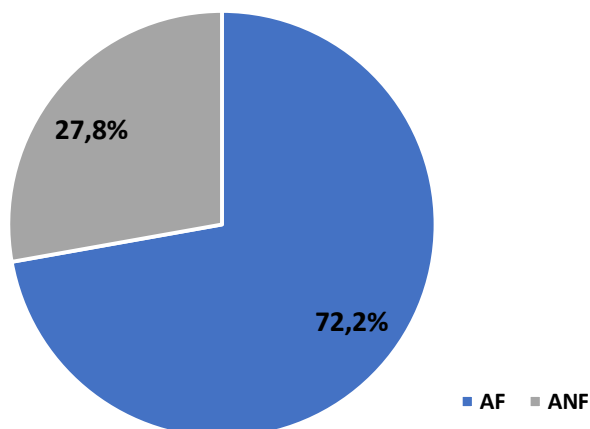


Fig. 46 - Volume de AES, repartido em AF e ANF.

De 19.672.849 m³ de AES, verifica-se que 27,8% desse volume, isto é, 5.462.170 m³ de água não são faturados, o que se traduz em gastos significativos por parte da EG. Observa-se também que, 22,2% da AES representam perdas de água, responsáveis pela maior parcela de ANF (aproximadamente 80%). As perdas aparentes, dizem respeito a 6,2% do volume total, apesar de ser um valor de pouca importância, quando traduzido para volume de água perdido, revela-se considerável e com bastante valor económico, visto que foi previamente comprada. Assim a inovação e progresso da empresa através da telegestão, será um fator decisivo na redução deste tipo de perdas. Quanto às perdas reais, 16,1% do volume total, equivalentes a 3.160.933 m³ de água têm sido alvo de pesquisa constante através da implementação de novos equipamentos de controlo, resultando numa rápida deteção e reparação de fugas e roturas. A ANF depende ainda do consumo autorizado não faturado, responsáveis por 5,5% do volume de AES. Estes valores revelam a enorme importância do combate intensivo à redução de ANF, que representa um prejuízo económico e ambiental, justificando um forte investimento no controlo ativo de perdas.

A figura seguinte apresenta as percentagens das componentes em que se divide a ANF.

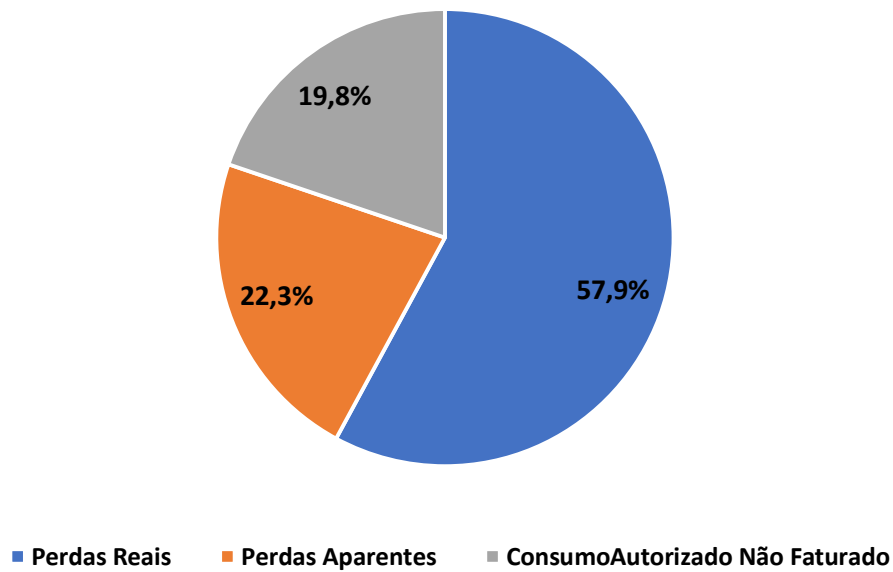


Fig. 47 - Decomposição da ANF.

Na figura acima observa-se que as perdas reais e aparentes, 57,9% e 22,3% respetivamente, totalizam 80,2% da ANF. Assim os restantes 19,8% da ANF dizem respeito ao consumo autorizado não faturado. De forma a facilitar a visualização da origem das perdas e facilitar a interpretação e tomada de decisões nas medidas de redução destes valores melhorando os pontos mais relevantes, a figura seguinte faz ainda a decomposição das perdas reais e aparentes.

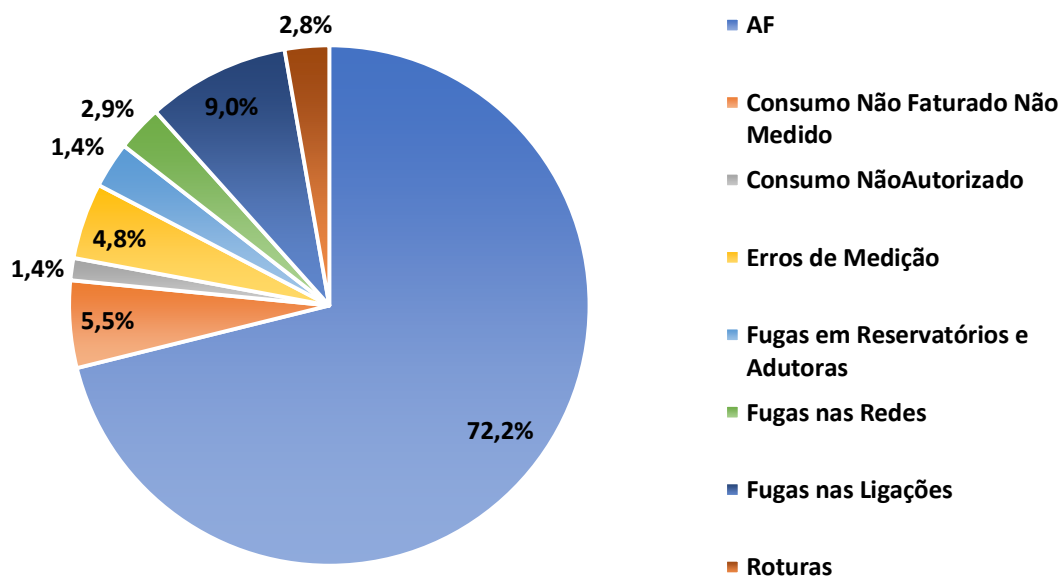


Fig. 48 - Decomposição das perdas reais e aparentes.

5

CASO DE ESTUDO: MONITORIZAÇÃO E ANÁLISE DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO

5.1. MONITORIZAÇÃO E ANÁLISE DO SISTEMA

É fundamental adotar uma política de monitorização do sistema de abastecimento para controlo de perdas, nomeadamente através de setorização da rede em diferentes zonas, de forma a facilitar a análise do sistema. Para que esta divisão da rede seja exequível, deve garantir-se um conhecimento detalhado, a nível de características e modo de funcionamento, antes da intervenção da mesma. Esta medida tem como objetivo progredir na política de Controlo Ativo de Perdas, permitindo melhorar o serviço de abastecimento, tanto em quantidade, como em qualidade, com o apoio de diversas ferramentas.

5.2. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

Segundo a EPAL, define-se SIG como uma aplicação informática formada por um conjunto de programas, integrando dados, equipamentos e pessoas com objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados, de acordo com um sistema de coordenadas conhecido.

Os SIG possibilitam a organização da informação em diferentes camadas, isto é, são armazenadas de forma independente, o que permite serem analisadas mais facilmente. A disposição em camadas permitem que o utilizador relacione informação existente através da posição e topologia dos objetos, criando uma nova informação.

Do ponto de vista de uma EG de um SAA, os SIG concentram a informação de todas as infraestruturas do sistema, em forma de atributos, tratando-se quer da localização geográfica, ou características físicas ou não físicas. Contudo, esta aplicação informática requer uma constante manutenção, para que a atualização da informação esteja assegurada.

Assim, um SIG deste tipo, deve ter em consideração alguns atributos fundamentais, tais como (Sardinha et al., 2017):

- **Condutas:** ano de instalação, material, diâmetro, comprimento e estado de funcionamento;
- **Grupos elevatórios:** ano de instalação, curvas características e estado de funcionamento;
- **Válvulas:** ano de instalação, diâmetro, tipo e estado de funcionamento;
- **Reservatórios:** ano de instalação, tipo, cota de soleira, altura de nível mínimo e máximo, volume máximo e estado de funcionamento;

- **Ramais de ligação:** código de associação com o Sistema de Clientes, ano de instalação, material, diâmetro, comprimento e estado de funcionamento;
- **Medidores de caudal e contadores:** ano de instalação, diâmetro, tipo e estado de funcionamento;
- **Medidores de caudal e contadores:** ano de instalação, diâmetro, tipo e estado de funcionamento;
- **Localização e caracterização** dos hidrantes, ventosas, descargas de fundo e restantes elementos de rede;
- **Delimitação de ZMC em polígonos virtuais** que delimitam as Zonas de Monitorização e Controlo e que devem intercetar os medidores de caudal e as válvulas de seccionamento de limite da ZMC, com código e designação da ZMC e data de implementação.

O registo de toda esta informação vai permitir uma visualização espacial de toda a rede e respetiva setorização.

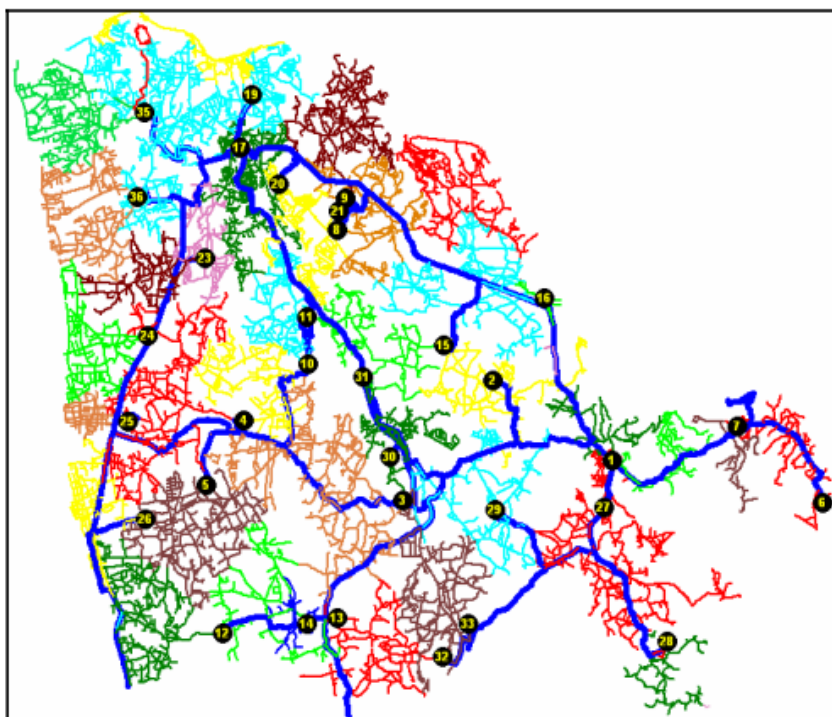


Fig. 49 - SAA das Águas de Gaia, EM. Divisão por setores da rede de distribuição. Rede de adução e reservatórios

O SIG disponível na Empresa Águas de Gaia, trata-se de uma desmedida base de dados, com o registo de informação a nível de clientes, sistema de distribuição, sistema de adução, características e estado dos componentes, entre outras, que garantem uma boa gestão por parte da empresa.

O quadro seguinte, apresenta exemplos da informação disponível no SIG da Águas de Gaia, EM, SA., através de camadas sobrepostas, com as respetivas tabelas de atributos.

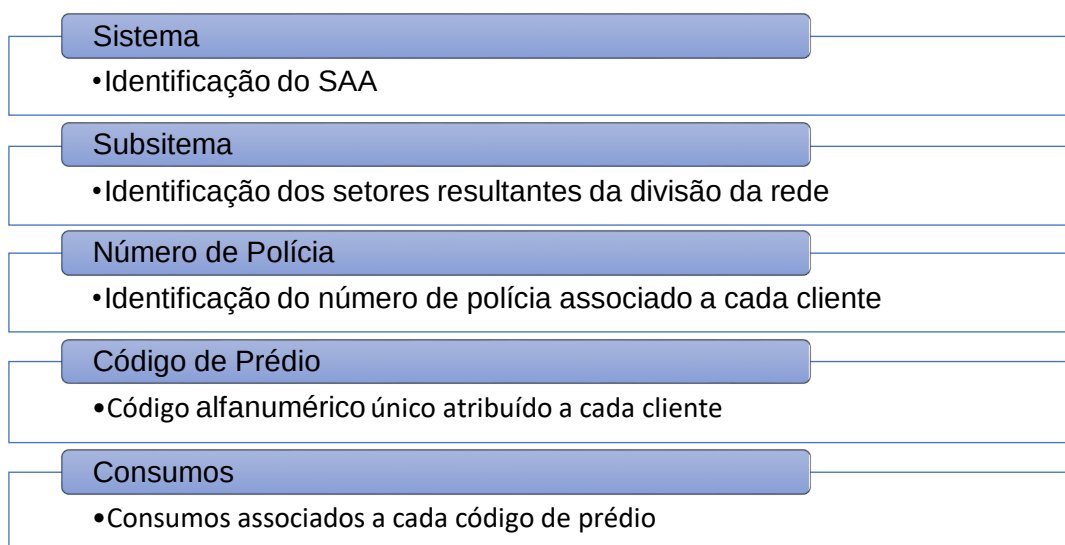


Fig. 50 - Exemplos de informação disponível no SIG das Águas de Gaia, EM, SA.

Pela Fig. 49, observa-se que a rede está dividida em subsistemas, estes correspondem às áreas de influência dos reservatórios geridos pela empresa, responsáveis pela distribuição de água aos clientes.

Recorrendo ao SIG, foi possível associar cada cliente abastecido pelo sistema, a cada um dos reservatórios existentes, foi feita uma validação de parte clientes, com alguma incerteza do respetivo reservatório, pelo que a observação do SIG, teve um papel fundamental, no entanto, os números obtidos não correspondem a uma validação completa da rede, pelo que devem continuar a ser alvo de atualização.

Contudo, é evidente que os resultados correspondem à realidade da empresa, sendo que o erro associado é bastante pequeno. Assim, a seguinte tabela apresenta o número total de clientes compreendidos em cada subsistema.

Tabela 11 - Número de clientes por reservatório.

Identificação do Reservatório	Nº de clientes
R2 – Outeiro	1.647
R3 – Perosinho	4.296
R4 – Gulpilhares	5.537
R5 – Corvo	3.351
R6 – Portelinha	860
R7 – Hortas	113
R8 – Vilar de Andorinho	5.286
R9 – Oliveira do Douro	7.313
R10 – Canelas Baixo	3.012
R11 – Canelas Alta	4.078
R12 – Espinho	4.311
R13 – Póvoa Baixa	954
R14 – Póvoa Alta	365
R15 – Alheira	3.701
R16 – Avintes	1.946
R17 – RASA	32.839

R19 – General Torres	1.989
R20 – Monte Grande	15.489
R21 – Vila D’Este	6.899
R22 – Vilar do Paraíso	4.280
R23 – Valadares	2.531
R24 – Francelos	2.350
R25 – Miramar	649
R26 – Aguda/Granja	2.303
R27 – Alto Marquinho	2.106
R28 – S. Miguel O Anjo	283
R29 – Olival	1.535
R30 – Carvalhos	2.412
R31 – Jaca	1.418
R32 – Loureiro	1.535
R33 – Cabeço	2.325
R35 – Fojo	5.937
R36 – Madalena	3.275

5.3. SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE GESTÃO DE CLIENTES (SIGC)

A gestão de clientes, a organização e informação detalhada da sua relação com o SAA, é uma estratégia básica fundamental para qualquer EG. Os clientes são o suporte de qualquer serviço, neste caso, são abastecidos pela EG e são a sua principal fonte de rendimento. A EG como objetivo abastecer os seus clientes em quantidade e qualidade, e ao mais baixo custo. Assim, torna-se importante a relação cliente/EG e deve ser suportada por um sistema de informação que permita melhorar o serviço de cada cliente.

Desta forma, um SIGC tem a capacidade de sistematizar diversos dados relativos aos clientes, criando relações entre eles de acordo com o propósito pretendido, para que os utilizadores analisem informação previamente tratada, referente a diferentes áreas e objetivos.

5.4. MODELO HIDRÁULICO DO SISTEMA

Os modelos hidráulicos do sistema, são ferramentas informáticas capazes de prever o comportamento hidráulico do sistema, inserindo características dos seus componentes, determinada forma de operação e consumos solicitados, que podem estar sujeitos a alterações para que seja atingido o funcionamento pretendido. A análise destes modelos, permitem tirar rápidas conclusões, ou ainda criar cenários alternativos, para que não seja necessário intervir no sistema ou adotar modos de operação desconhecidos, sem uma previsão do comportamento do sistema.

As simulações são, habitualmente, usadas na fase de projeto e diagnóstico de funcionamento de sistemas de transporte e distribuição de água. Contudo, a sua utilização pelas EG, tem vindo a desempenhar um papel crucial na tomada de decisões em situações de operação menos comuns, uma vez que são obtidas respostas num vasto conjunto de condições operacionais e ambientais, permitindo antecipar as soluções, sem que os investimentos sejam realizados.

As aplicações destes modelos de simulação passam por um amplo conjunto de domínios, destacando-se as seguintes ações:

- Dimensionamento de sistemas;
- Apoio na elaboração de planos de desenvolvimento estratégico;

- Treino de operadores;
- Reabilitação de sistemas;
- Redução de consumos energéticos;
- Setorização de redes;
- Controlo de perdas de água.

Uma vez mais, utilizando a informação presente no SIG, desde cotas de elevação a características físicas das condutas que constituem o sistema de adução, foi possível proceder à elaboração de um esquema do sistema de distribuição de água em alta, responsável pelo transporte e armazenamento de água comprada às Águas de Douro e Paiva, SA. , sistema esse que antecede a distribuição de água aos clientes das Águas de Gaia, EM, SA.

Este modelo foi criado em EPANET, trata-se de uma possibilidade de programas de modelação e simulação, este, desenvolvido pela *United States Environmental Protection Agency* (EPA), uma agência governamental dos EUA. Deste modo, o EPANET é um *software* aberto ao público e acesso gratuito, capaz de criar simulações hidráulicas em redes sob pressão, que acabam muitas vezes por resolver problemas ou servir de suporte a certas decisões.

Assim, na Fig. 51, pode observar-se a interface do EPANET, com a rede responsável pela adução da água até aos reservatórios, onde é armazenada e, posteriormente distribuída, a representação é feita através pontos (nós), linhas (condutas) e ícones de reservatórios.

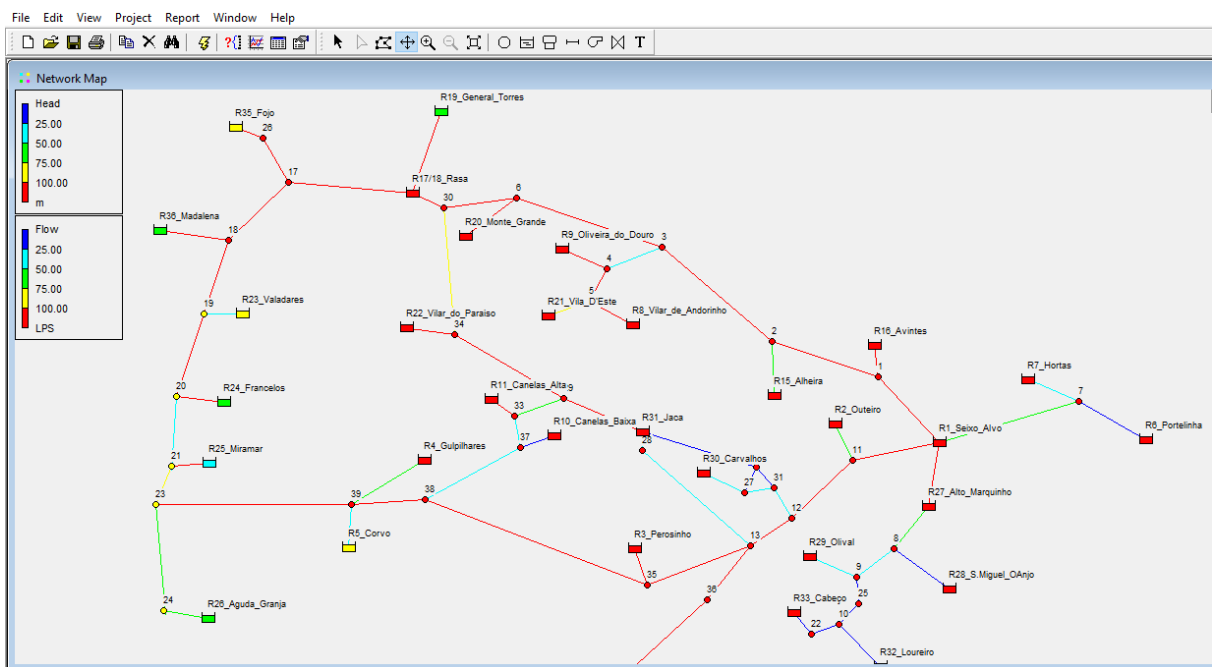


Fig. 51 - Esquema em EPANET da distribuição em alta.

5.5. MEDIÇÃO DE CAUDAL

Para garantir o êxito da monitorização e controlo de perdas, deve existir uma rigorosa medição de caudais, sendo que deve ser estudado o local e adequada instalação dos medidores de caudal para um controlo eficaz.

Uma EG responsável pela distribuição de água, deve cumprir o desafio de ser capaz de assegurar a sustentabilidade económico-financeira das suas atividades. Nesse sentido, a medição de consumos dos clientes é indispensável para gerar receita, visto que estes consumos determinam o valor a faturar, cobrando a água fornecida. Sendo assim, a medição deve ser efetuada com máximo rigor, dependendo dos limites de viabilidade técnico-económica.

Existem ainda clientes que representam uma grande parte do consumo de uma determinada ZMC, que devido ao elevado movimento de caudal gerado, pode ser benéfico que estes clientes sejam alvos de análise mais específica, e permitir a sua consideração no BH dessas ZMC.

Os medidores de caudal ou contadores de água, são o instrumento que constitui o suporte para as EG, nomeadamente para a sua sustentabilidade através da correta faturação dos clientes, são responsáveis pela credibilidade dos valores de água medidos nas diferentes etapas do SAA, logo é fundamental uma seleção de equipamento, bem como instalação corretas, para o bom desempenho na avaliação e controlo da performance global do sistema.

5.6. REDUÇÃO DE ANF

A ANF resulta da diferença entre o volume de AES e de AF, representa não só as perdas ao longo da rede de abastecimento, como também toda a água que é consumida, no entanto, não gera receita para a empresa. O principal objetivo de qualquer entidade gestora, passa por diminuir a ANF, criando condições para que seja faturada, ao máximo, toda a água previamente comprada. Assim, tendo em vista a rentabilidade de um serviço deste tipo, de acordo com a figura seguinte, o volume de ANF tende a diminuir, quando os volumes de AES e AF se aproximam. (Fig. 52)

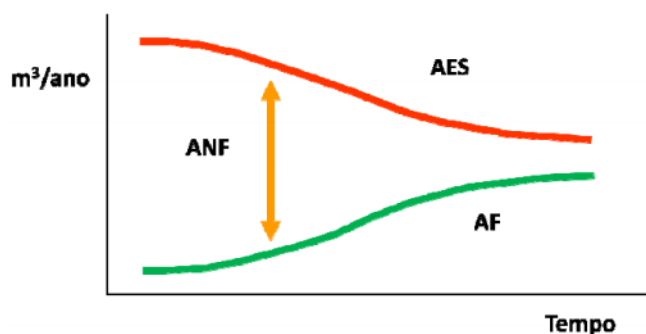


Fig. 52 - Relação da ANF e AF (Poças Martins, 2014).

Um indicador preponderante para a avaliação da eficiência global de uma EG, é indiscutivelmente a ANF. Na presença de um valor elevado de ANF, o potencial de poupança e progresso é grande, no entanto, o processo e capacidade de mudança também se torna mais complexo. Os lucros gerados com a redução desta componente, são por vezes capazes de cobrir os custos associados ao processo de mudança da gestão, e ainda, financiar parcialmente a expansão, sem que seja necessário aumentar tarifas. A redução da ANF, é conseguida, de uma forma geral, quando se diminuem as perdas reais e aparentes. Nota-se ainda um decréscimo desse volume, quando são também adotadas medidas que incidam nos

consumos autorizados não faturados, nomeadamente a medição dos mesmos, e se possível a sua faturação. Deve ainda, acompanhar-se este processo, com diversas análises de custo-benefício que permitam estabelecer intervenções prioritárias (Poças Martins, 2014).

É de grande importância a identificação das principais causas da ANF, para possibilitar a implementação de medidas imediatas, dando prioridade aos aspetos mais relevantes em cada caso (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.

De salientar que, a componente de maior peso da ANF é a das perdas de água, pelo que é fundamental estudar estratégias que permitam a sua redução ao máximo.

5.7. DETEÇÃO DE FUGAS

Todos estes métodos de monitorização e controlo, permitem identificar o aparecimento de fugas numa zona específica da rede. Por vezes, simplesmente a incapacidade de um abastecimento apropriado ao cliente, desencadeia um processo para localização do foco do problema, sendo muitas das vezes, detetadas fugas.

Este processo é mais eficaz no caso de uma rede setorizada, permitindo que sejam identificadas as ZMC com pior desempenho, consequente de falhas na eficiência ou caudais de abastecimento elevados. Assim é feita uma macro-localização de fugas em subzonas monitorizadas, que após várias outras metodologias cada vez mais precisas, levam à deteção do problema. A localização de fugas é feita através de processos que culminam na realização de uma pesquisa no solo.

Analisando a informação gerada pelos sistemas de monitorização, facilmente se deteta a ocorrência de um problema, isto porque são observados desvios no perfil de consumo normais, que motivam um processo de averiguação com maior detalhe para identificar a origem de uma eventual fuga. A evolução gráfica dos consumos são determinantes para a deteção de fugas, quer sejam repentinas, alteração grande num curto espaço de tempo, como fugas com uma evolução progressiva, onde se vai notando um aumento menos acentuado, mas constante ao longo do tempo. As segundas são especialmente difíceis de serem detetadas, sem recurso a uma monitorização deste tipo e sem outras ferramentas de apoio adequadas.

Outro indicador de desempenho importante para a deteção de fugas, é a análise diária do caudal mínimo noturno (CMN), bem como o volume diário da zona correspondente. Esta informação pode ser comparada com outras ZMC, permite assim visualizar a evolução deste indicador e da respetiva diferença com o caudal alvo teórico, determinado para cada ZMC, de forma individual, de acordo com a metodologia apresentada pela IWA. Os CMN devem ser observados antes e depois das intervenções do controlo ativo de fugas, visto que a sua análise é simples e incrivelmente vantajosa.

5.8. ANÁLISE DE PARÂMETROS POR RESERVATÓRIO

De forma a verificar o desempenho de cada um dos subsistemas da rede de abastecimento, foi realizada uma análise mensal aos valores de AES, AF e consequentemente ANF, a cada um dos reservatórios pertencentes à rede de abastecimento das Águas de Gaia, EM, com valores entre Janeiro de 2021 e Julho de 2021. Posto isto, é possível compreender o funcionamento de cada reservatório e assinalar algumas diferenças mensais de forma individual.

A presente análise deparou-se com algumas dificuldades, em particular a correta afetação dos clientes por reservatório, visto que é uma barreira para a realização de um BH e faturação com exatidão, quando se trata cada subsistema de forma individual. Este problema, em certos casos, dificulta a gestão do SAA, e consequentemente, o registo dos dados analisados apresentam falhas, o que inviabilizou a análise de parte dos reservatórios.

A comparação de volumes de água, faturação, CMN, entre reservatórios tem de atender às características que retratam cada um dos subsistemas, isto é, cada setor apresenta desigualdades a nível de:

- Tipologia: indústria, doméstico, entre outros;
- Número de clientes;
- Consumo: diferem em qualidade e quantidade;
- Comprimento da rede;

Quanto aos valores de AF, existem também aspetos que tornam alguns dos valores incoerentes, que por vezes requerem uma análise mais cuidada. Os tópicos fundamentais de incertezas nestes valores devem-se sobretudo às estimativas realizadas para faturação e posteriores acertos, mas também ao funcionamento adequado de equipamentos de medição.

Seguidamente, é apresentado o estudo de forma detalhada a cada reservatório.

○ R2 - Outeiro

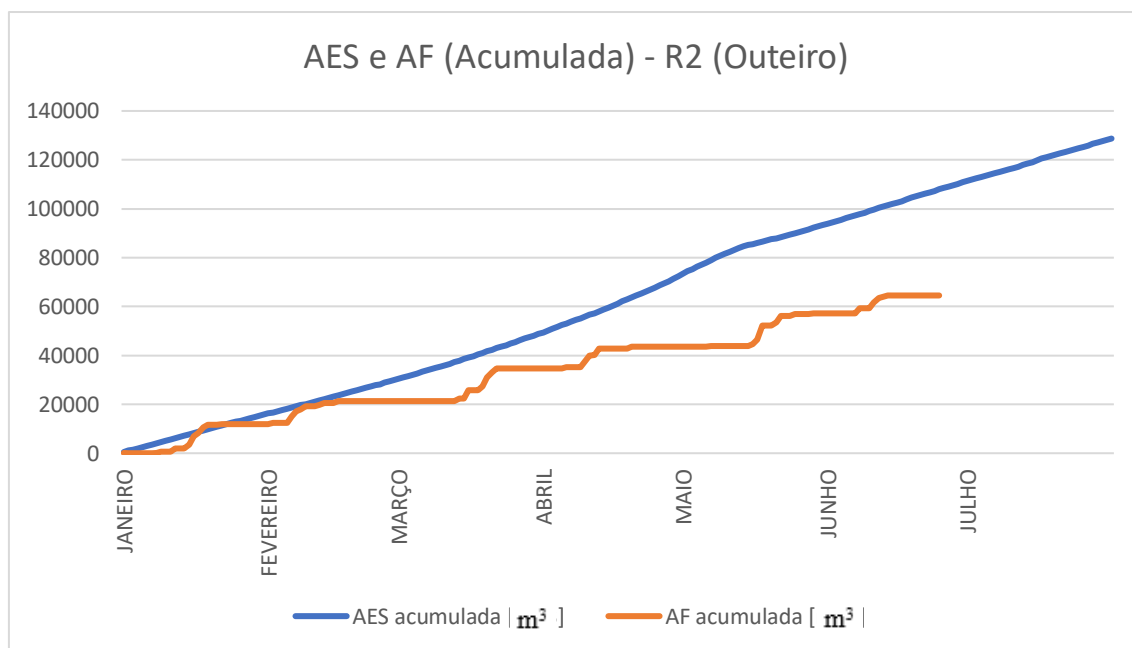


Fig. 53 - Gráfico AES e AF acumulada - R2 Outeiro.

Este subsistema é constituído por 1484 clientes domésticos e 163 não domésticos. Observando o gráfico, conclui-se que a AES vai assumindo valores semelhantes a cada dia, visto que a evolução desta é praticamente linear. Existe uma pequena alteração no início do mês de Maio, que pode representar uma fuga, que poderá ser avaliada através do gráfico do CMN. A AF regista volumes mensais que diferem em cerca de 1500 m³ ao longo dos meses, contudo, acompanha razoavelmente a AES nos meses de Janeiro e Março, sendo que nos restantes meses, os volumes de AES são mais elevados e a AF não segue acompanha essa tendência. Avaliando assim o primeiro semestre, este subsistema tem uma AF média mensal de 6,5m³ por cliente e AES média mensal de 10,9m³ por cliente.

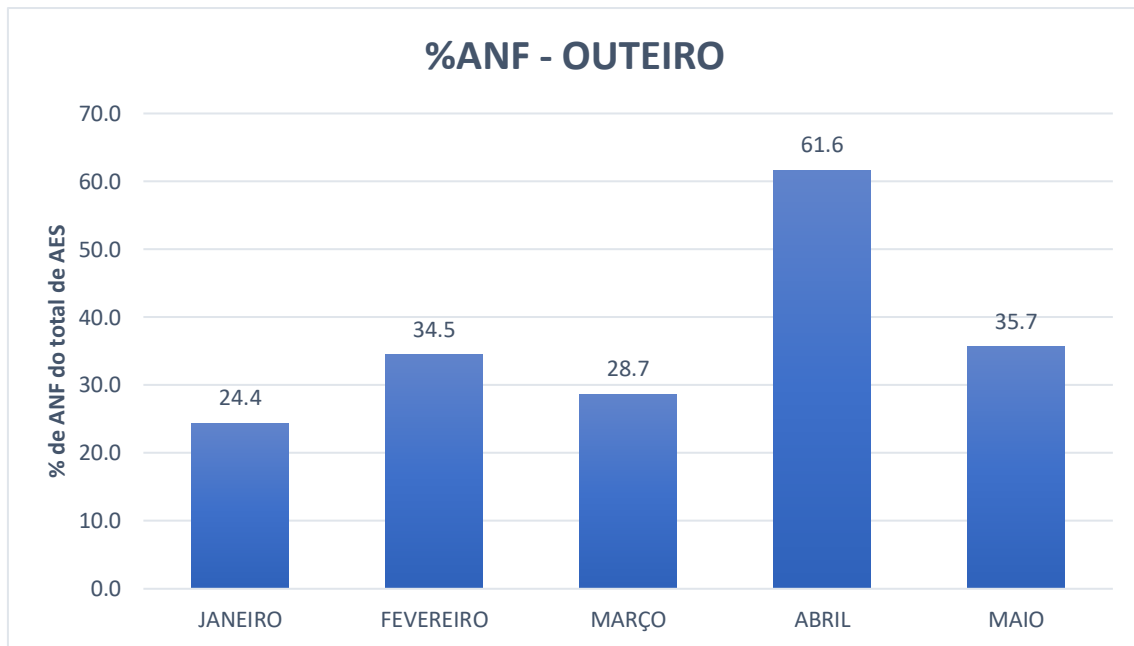


Fig. 54 – Gráfico da percentagem de ANF - R2 Outeiro.

Quanto à ANF, tem um valor percentual normal entre os 25% e os 35%, excluindo o mês de Abril, onde atingiu um valor de 61,6%, tal discrepância no valor deste mês, justifica-se com a fuga ou rotura que se verifica quando analisados os gráficos de AES e CMN.

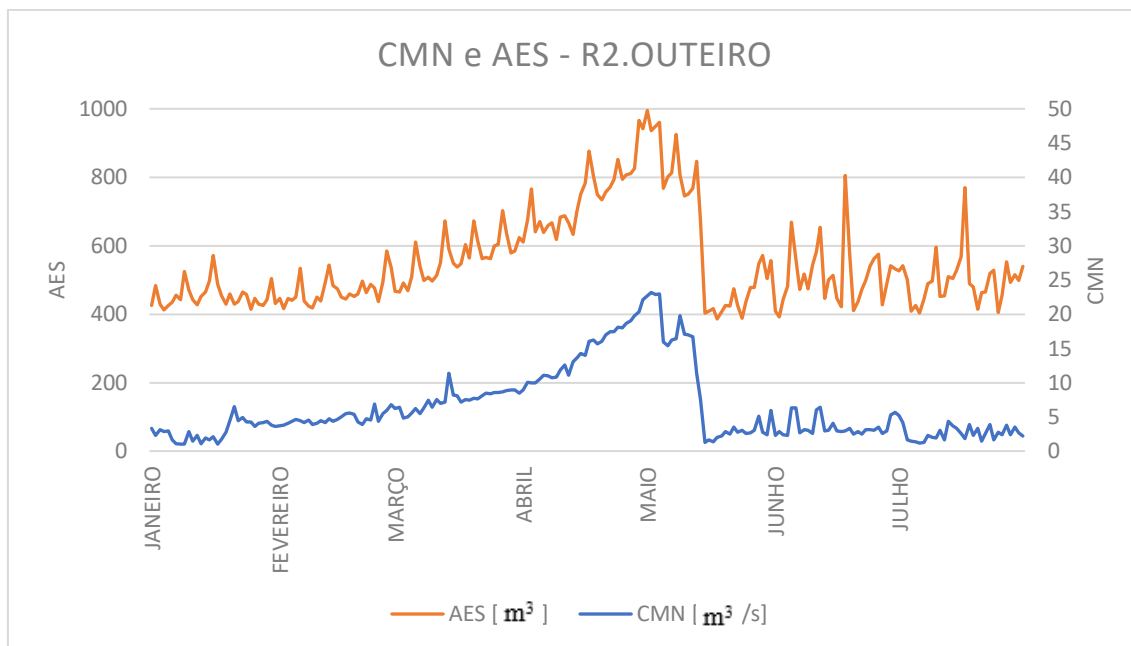


Fig. 55 - Gráfico do CMN e AES - R2 Outeiro.

Pela interpretação do gráfico da figura x , é de salientar a presença de uma fuga progressiva, responsável por um aumento progressivo de AES e do CMN, perceptível a partir do mês de Março. A descida acentuada dos volumes de ambos os parâmetros analisados durante o mês de Maio, corresponde ao momento da intervenção e resolução do problema.

o R3 – Perosinho

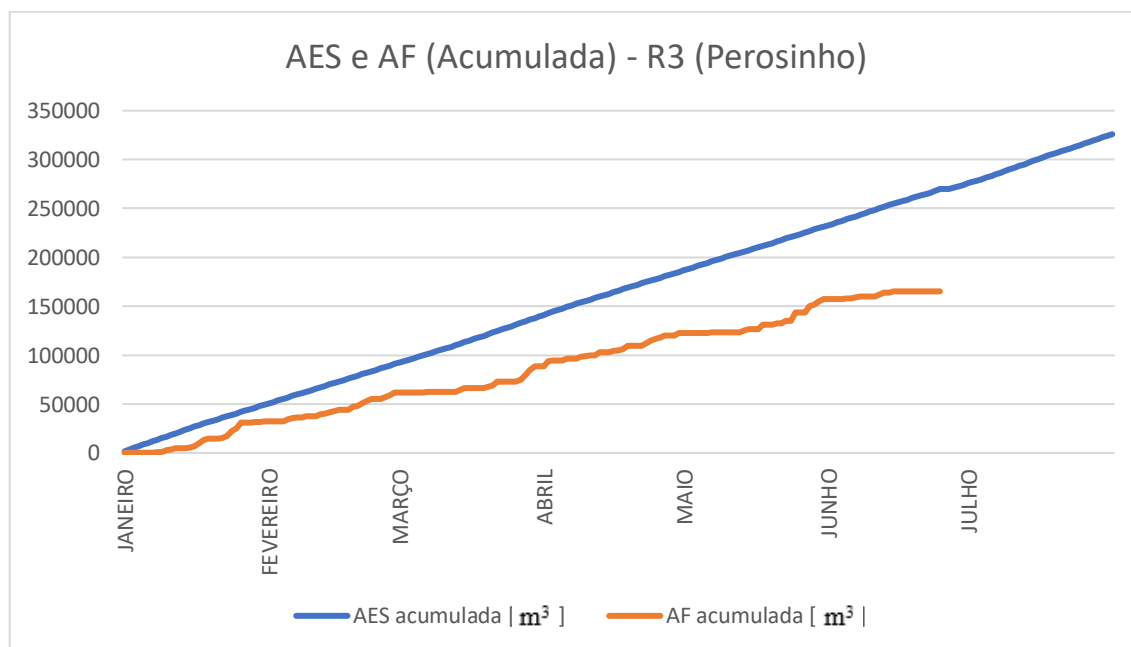


Fig. 56 - Gráfico da AES e AF acumulada - R3 Perosinho.

Este subsistema, denominando de Perosinho, é responsável pelo abastecimento de 3711 clientes domésticos e 585 clientes não domésticos, a partir do R3. O reservatório é alimentado por volumes

idênticos ao longo da análise, criando assim uma evolução com aspeto linear. Quanto à AF apresenta valores aproximados de 30.000 m³ em todos os meses, contudo, pequenas variações do volume de AES, fazem oscilar as percentagens de ANF. O balanço do primeiro semestre permite concluir que a AF e AES médias por mês são de, 6,4m³ e 10,5 m³ por cliente, respetivamente.

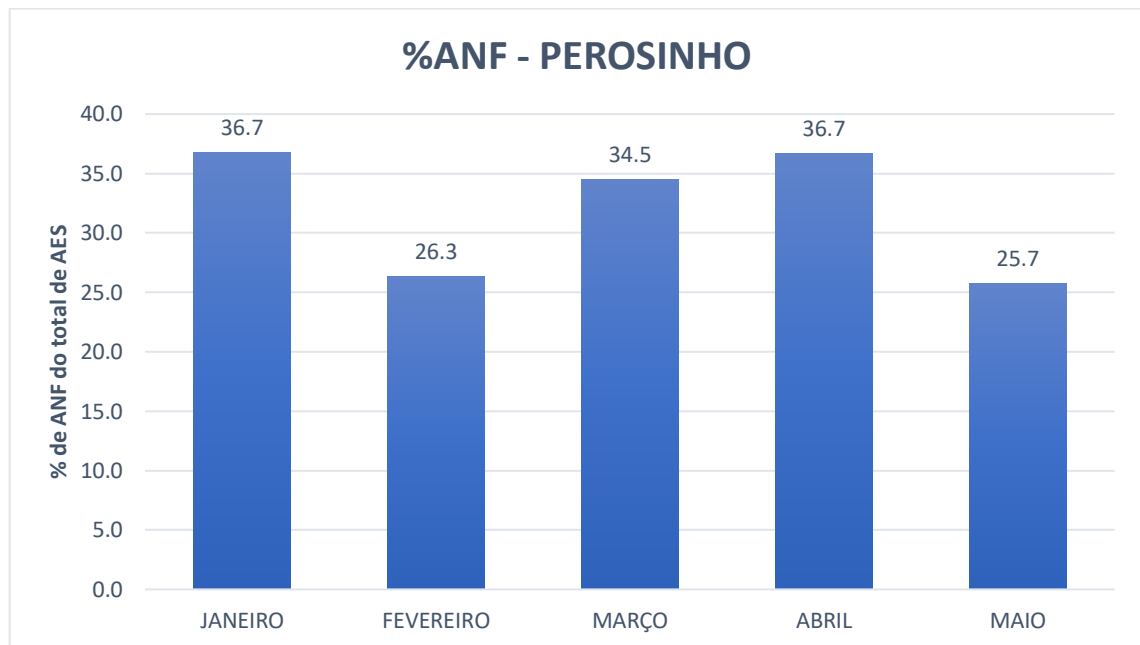


Fig. 57 - Gráfico da percentagem de ANF - R3 Perosinho

Olhando para o gráfico da ANF referente a este subsistema, conclui-se que, do volume total de AES a cada mês, não é faturada cerca 35% nos meses de Janeiro, Março e Abril, sendo que apenas 25% nos meses de Fevereiro e Maio. Os segundos, são simultaneamente, os meses que apresentam menor entrada de água no sistema, verifica-se então, uma relação entre o volume de AES e ANF, pelo que se pode afirmar que a grande maioria de ANF corresponde ao volume de perdas reais.

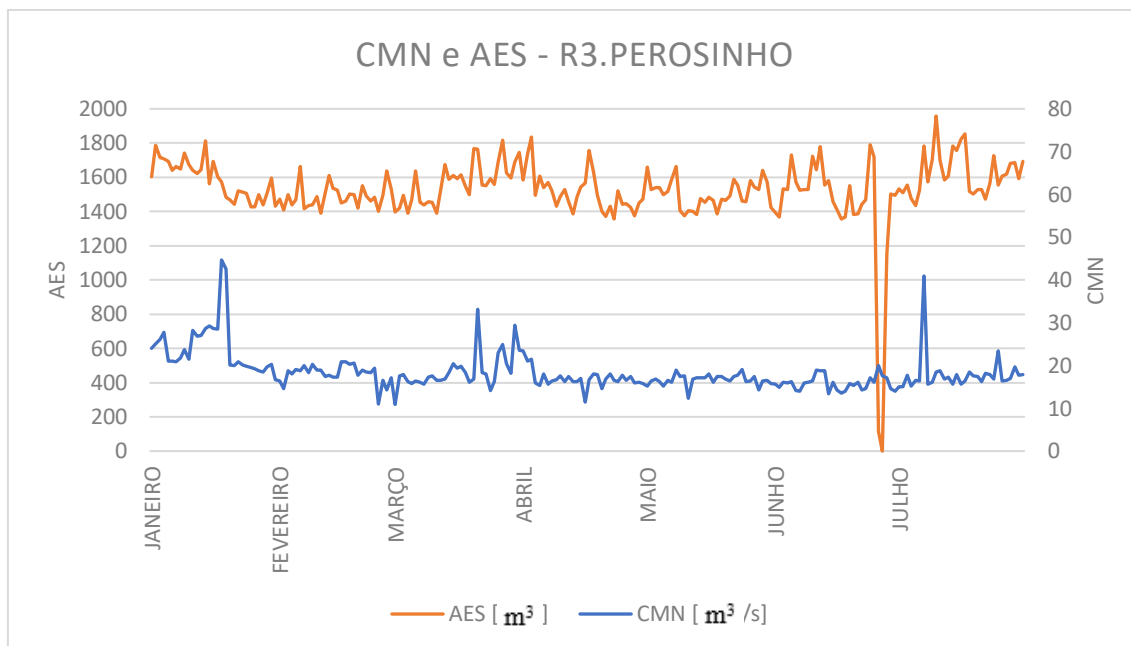


Fig. 58 - Gráfico do CMN e AES - R3 Perosinho

Relativamente à interpretação do gráfico que representa o comportamento diário da AES e CMN ao longo do primeiro semestre de 2021, notam-se alguns picos que representam valores máximos, acompanhados também de crescimentos não muito significativos de AES, pelo que, possivelmente se tenham tratado de pequenas perdas de água na rede, nomeadamente em três momentos, mês de Janeiro, fim de Março/início de Abril e início de Julho, que correspondem também aos meses de menor faturação. Existe ainda um valor de AES, cujo volume é 0m³, o qual representa uma interrupção no abastecimento do reservatório propositado pela EG, para por exemplo, manutenção do reservatório.

○ R4 – Gulpilhares

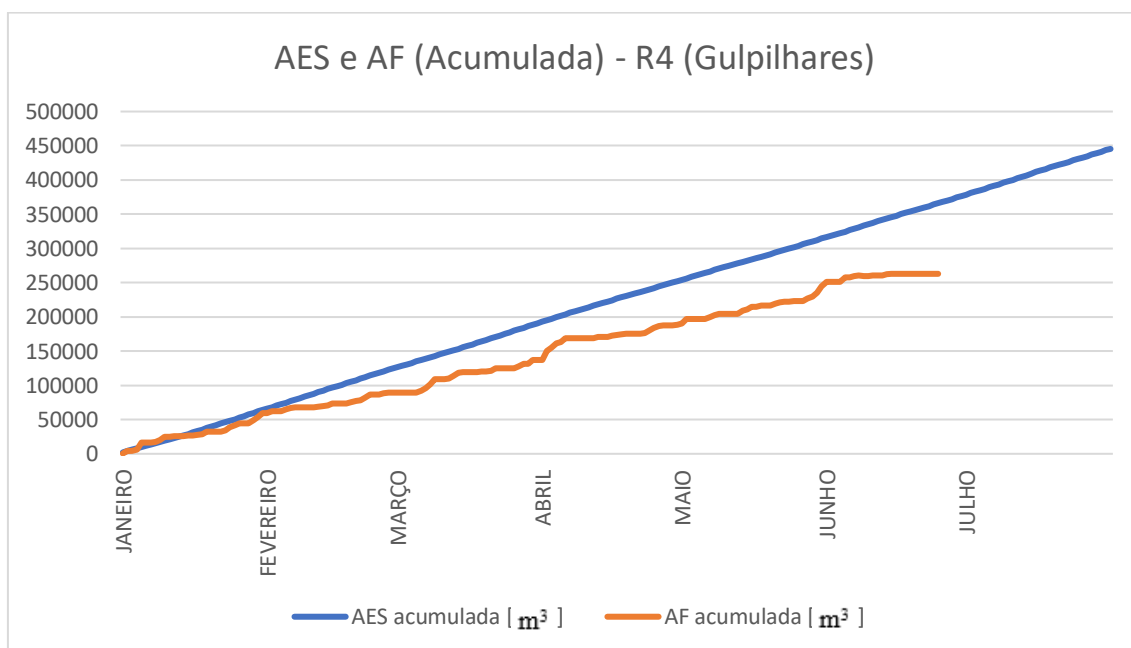


Fig. 59 - Gráfico da AES e AF acumulada - R4 Gulpilhares

Este subsistema é constituído por 5051 clientes domésticos e por 586 clientes não domésticos, para garantir as exigências impostas pelo consumo destes clientes, foram aduzidos cerca de 450.000 m³ de água entre Janeiro e Julho de 2021, aproximadamente 60.000 m³ por mês. Como se verifica que a AES não apresenta diferenças dos volumes aduzidos por mês, as flutuações da percentagem de ANF, são da responsabilidade de alterações dos volumes faturadas em cada um dos meses analisados. O subsistema de Gulpilhares, apresenta uma média por cliente, em m³/mês, de 7,9 para a AF e 11,0 para a AES.

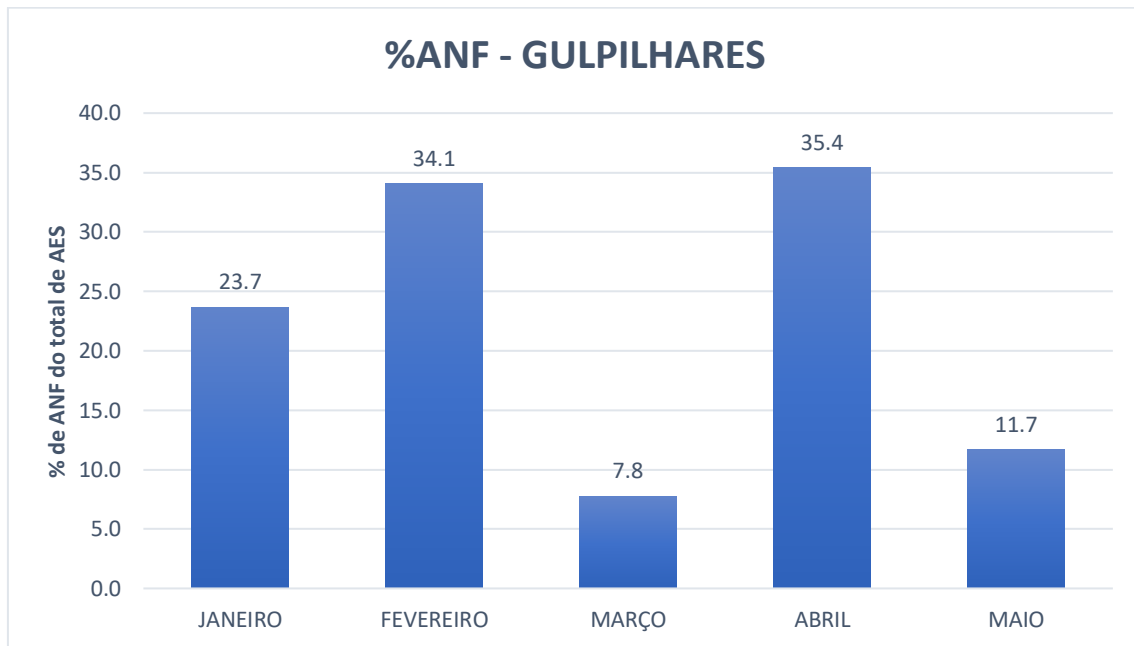


Fig. 60 - Gráfico da percentagem de ANF - R4 Gulpilhares

Relativamente à ANF do respetivo subsistema, observam-se oscilações das percentagens de ANF em relação aos volumes totais aduzidos. Uma vez que a AES não apresenta alterações significativas, o valor em percentagem corresponde a grandes variações quando representadas em volumes de água, que não aparentam, pelo gráfico do CMN, ser fugas seguidas de reparações, por isso, estas oscilações explicam-se pela dificuldade de uma leitura real dos consumos, levando à única alternativa possível, recorrer a estimativas, que após serem ajustadas causam grandes alterações e dificuldades nos registos de faturação, podendo criar falsas conclusões.

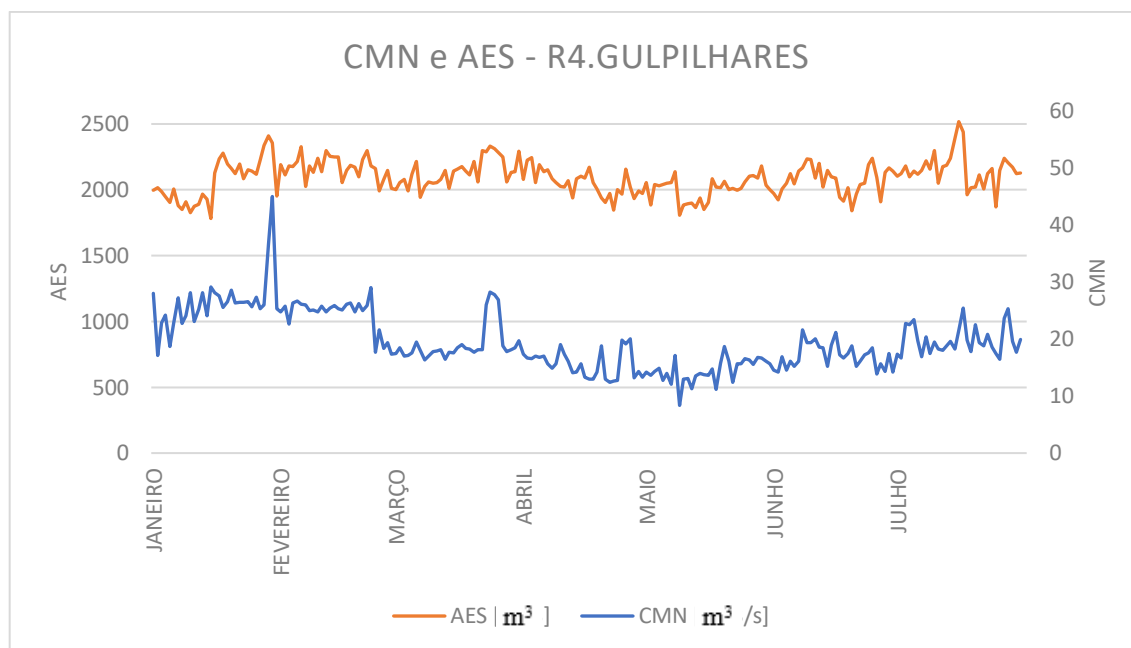


Fig. 61 - Gráfico do CMN e AES - R4 Gulpilhares.

O comportamento dos registos diários de AES e CMN deste subsistema estão representados no gráfico anterior. Sendo que a AES tende a registar valores diários, sempre próximos dos 2.000 m³ de água aduzida, as conclusões são obtidas sobretudo pela análise do CMN. Os valores mais elevados de 25 m³ e valor máximo de quase 50 m³, levam a constatar a existência de uma fuga, reparada quando o CMN volta a diminuir e estabilizar no final do mês de Fevereiro.

o R5 – Corvo

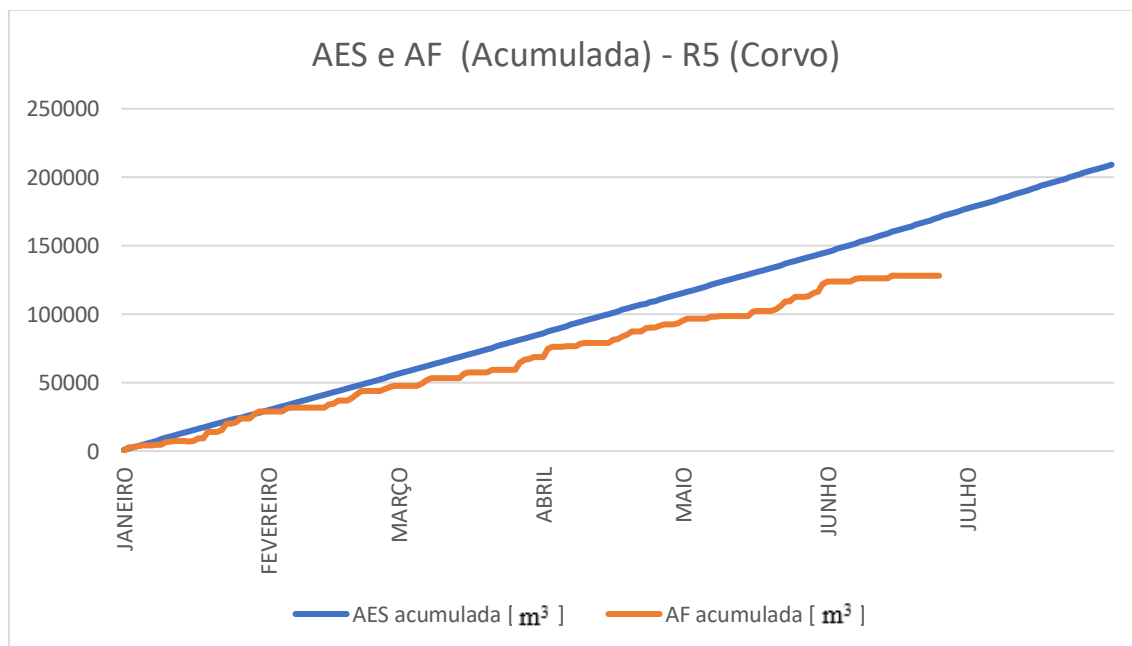


Fig. 62 - Gráfico de AES e AF acumulada - R5 Corvo.

Este subsistema é composto por 3089 clientes domésticos e 262 clientes não domésticos, cujos consumos implicaram um volume de água aduzido de aproximadamente 200.000 m³ nos primeiros seis meses do presente ano. De acordo com o gráfico, nota-se um ligeiro aumento dos volumes aduzidos nos meses de Junho e Julho, que traduzem o aumento dos consumos por parte dos clientes no meses de Verão. Os volumes de AF apresentam alternam consecutivamente entre valores próximos de 27.000 m³ e 20.000 m³, uma vez que a AES não sofre alteração mensal dos volumes aduzidos, obtém-se um gráfico de percentagem de ANF com sucessivos aumentos e diminuições. O primeiro semestre caracteriza-se por uma média mensal de 6,4 m³ / cliente de AF e 8,5 m³ / cliente de AES.

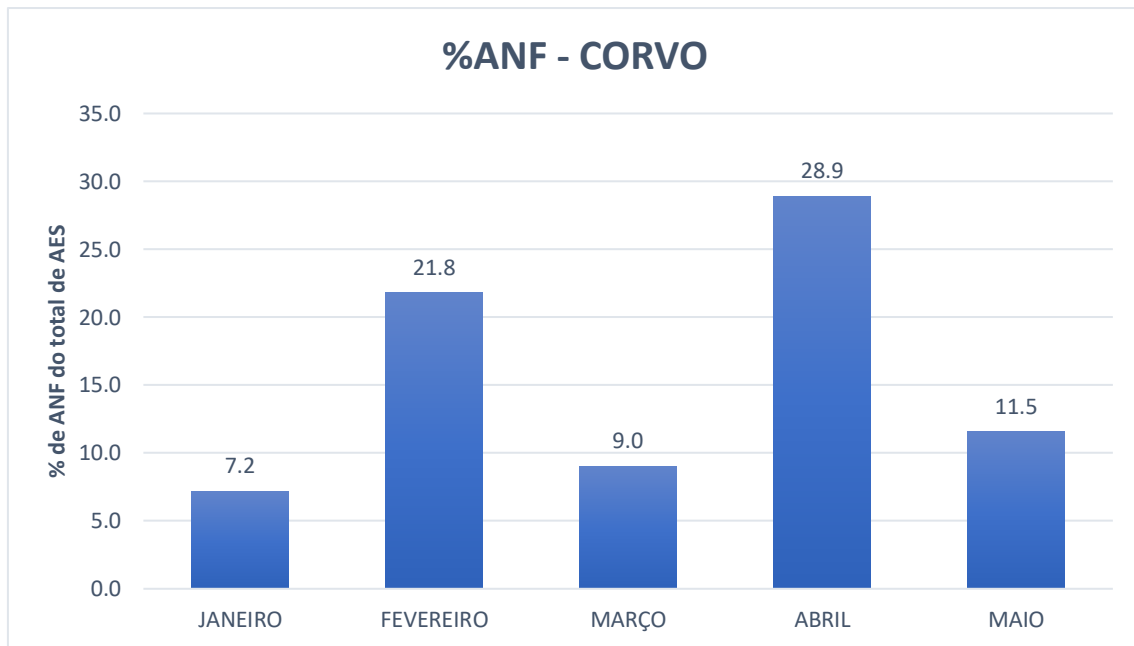


Fig. 63 - Gráfico da percentagem de ANF - R5 Corvo.

Fazendo uma análise à ANF do subsistema Corvo, destacam-se os meses de Fevereiro e Abril, apresentando os maiores percentuais. Contudo, é claramente óbvia a oscilação de mês para mês, de aumentos e diminuições consecutivas deste parâmetro, que se deve, uma vez mais, às estimativas na faturação e respetivos acertos após a leitura dos contadores, realizadas de dois em dois meses.

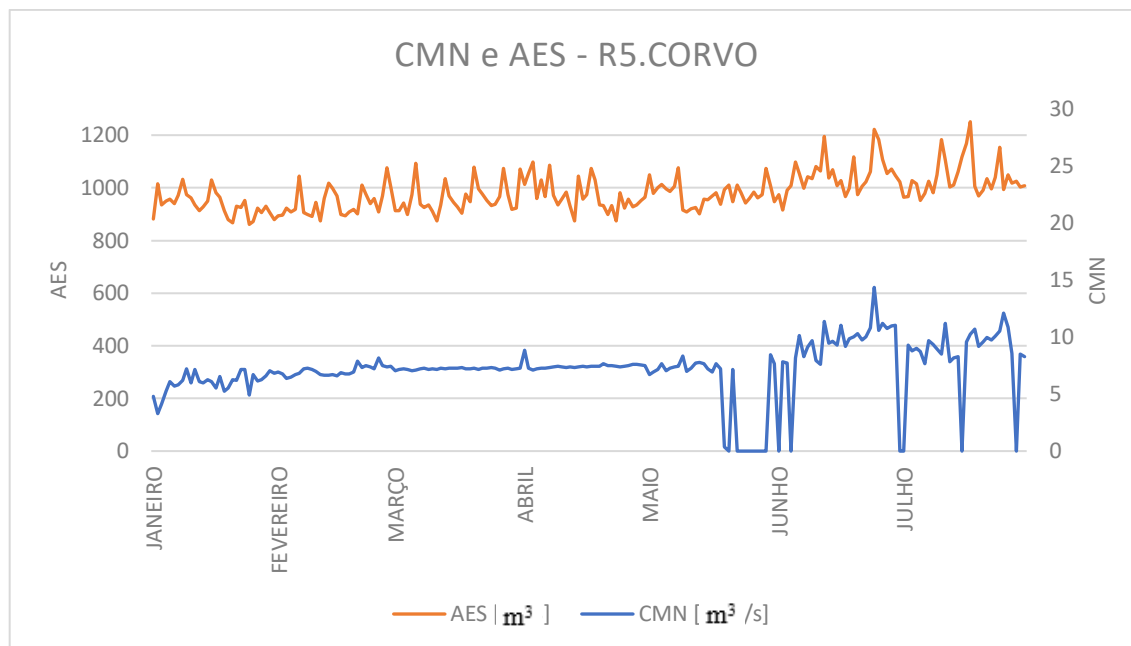


Fig. 64 - Gráfico CMN e AES - R5 Corvo.

Observa-se através do gráfico, que a AES apresenta uma oscilação típica e pouco significativa ao longo do tempo, ajustando-se a um valor médio aproximado de 900 m³. Nos meses de Junho e Julho, dá-se uma ligeira subida deste parâmetro, acompanhado de uma subida do CMN, que passa de valores de 8 m³/s para 11 m³/s, estes valores poderiam representar um aumento de consumo típico de Verão, no entanto, uma vez que acompanhados pelo CMN, podem estar associados à manifestação de perdas de água. Observam-se ainda caudais de 0 m³/s, que seriam na prática impossíveis, pelo que se tratam de cortes no abastecimento para manutenção.

o R6 – Portelinha

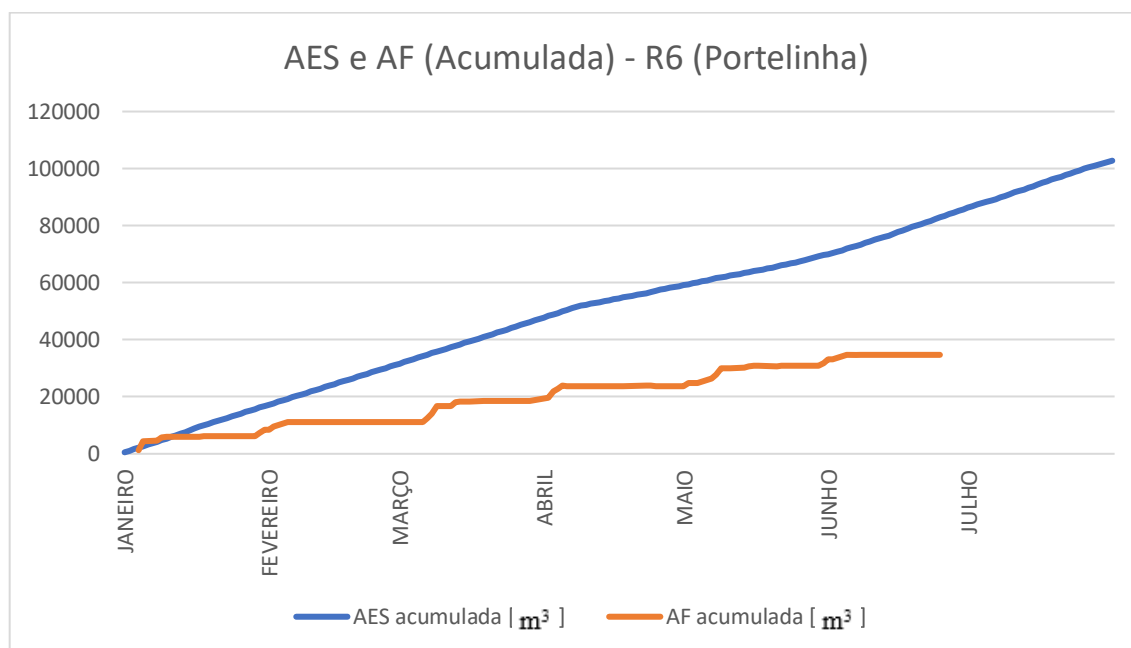


Fig. 65 - Gráfico da AES e AF acumulada - R6 Portelinha.

O R6 – Portelinha, trata do abastecimento de água de 784 clientes domésticos e 76 clientes não domésticos. A AES sofre alterações em dois momentos ao longo dos meses analisados, assim de Janeiro até ao final de Março são aduzidos cerca de 17.000 m³ de água por mês, entre Abril e Junho, os volumes aduzidos são menores, com um valor aproximado de 10.000 m³ e volta aos valores iniciais a partir de Junho. Os volumes faturados são bastante reduzidos quando comparados com o volume de AES, melhorando o desempenho, que se verifica no gráfico da ANF, a partir do mês de Maio, unicamente pela descida da AES e não pela subida de AF. O primeiro semestre apresenta uma média mensal por cliente de 6,7 m³ de AF e 16,1 m³ de AES.

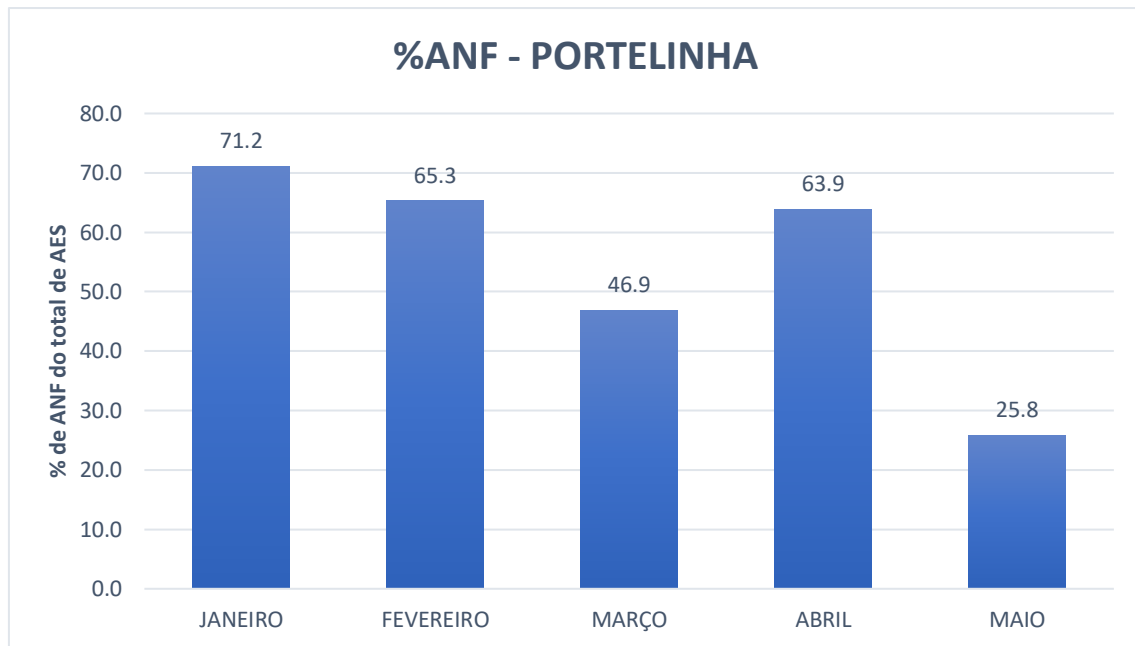


Fig. 66 - Gráfico da percentagem de ANF - R6 Portelinha.

Relativamente à ANF, apresenta valores que indicam que mais de metade dos volumes aduzidos são perdidos, no entanto, estes valores não se tratam de perdas na sua totalidade, mas de uma afetação nos registos causada pela dificuldade de fazer a correta associação dos clientes aos reservatórios.

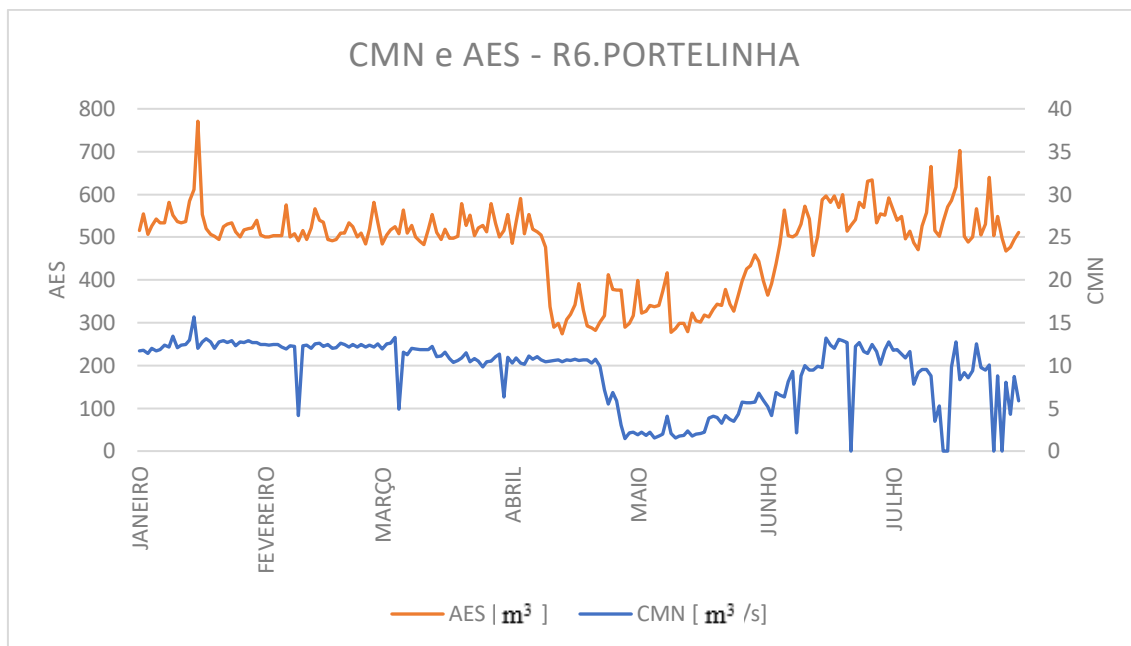


Fig. 67 - Gráfico do CMN e AES - R6 Portelinha.

A evolução do AES e CMN, apresenta um certo equilíbrio até meados do mês de Abril, ou se dá um drástica diminuição de ambos os parâmetros avaliados, possivelmente causada pela intervenção de fugas ou roturas na rede que com consumos significativos em cada mês. Contudo, uma nova subida progressiva, com diversas oscilações, pode representar alguma intervenção na rede por parte da EG.

o R8 – Vilar de Andorinho

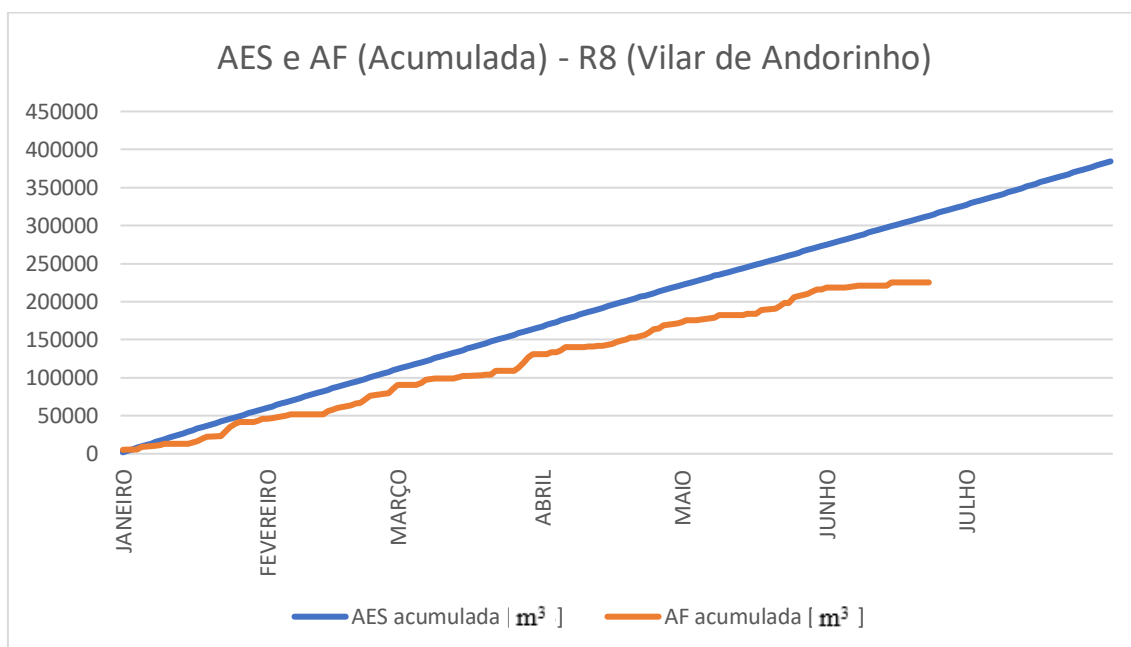


Fig. 68 - Gráfico da AES e AF acumulada - R8 Vilar de Andorinho

A evolução da AES do subsistema de Vilar de Andorinho tem um crescimento linear durante os meses analisados, com um volume total aduzido de aproximadamente 380.000 m³ no primeiro semestre deste

ano, para abastecer os 4920 clientes domésticos, 363 não domésticos e ainda 3 locais de consumo próprio. A AF apresenta um aumento do mês de Janeiro para o mês de Fevereiro, sendo que estabiliza a partir de Março, num volume aproximado faturado de 42.000 m³. Este subsistema permite calcular uma média mensal por cliente de AF igual a 7,1 m³ e de AES de 9,9 m³.

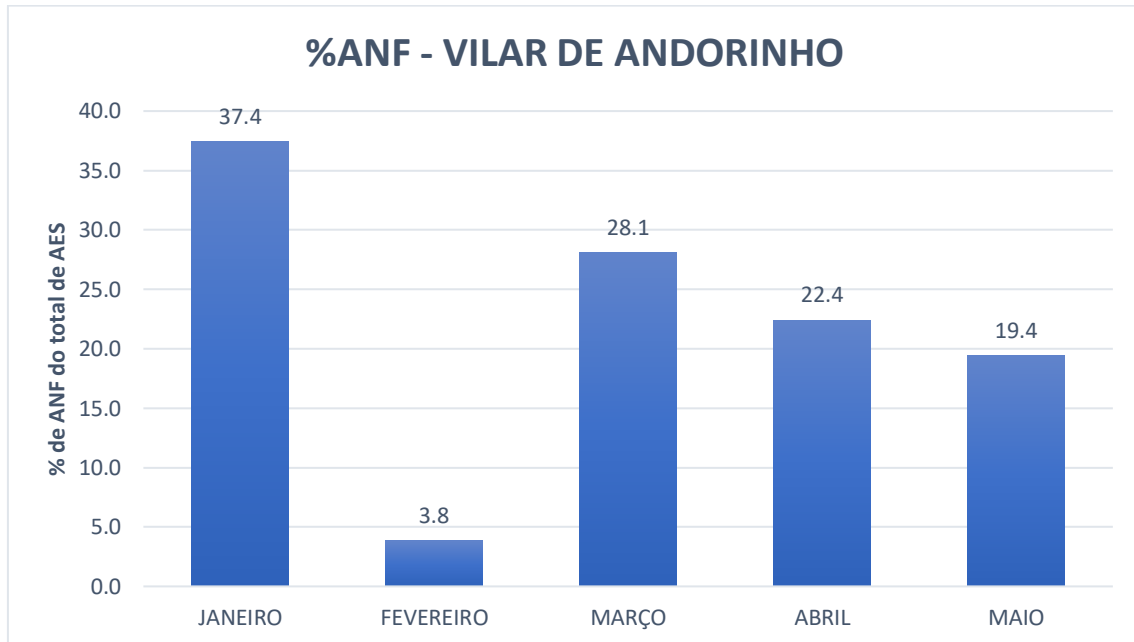


Fig. 69 - Gráfico da percentagem de ANF - R8 Vilar de Andorinho.

A ANF apresenta uma tendência de redução ao longo dos meses, sendo que o mês de Fevereiro apresenta uma disparidade em relação aos restantes. Apesar de ser um valor que traduz excelentes resultados nesse mês, não é certamente um valor que traduz a realidade, e apresenta um conjunto de erros que traduzem esses desvio da realidade, nomeadamente erros de medição, erros de tratamento de dados de faturação e erros associados às estimativas de consumo.

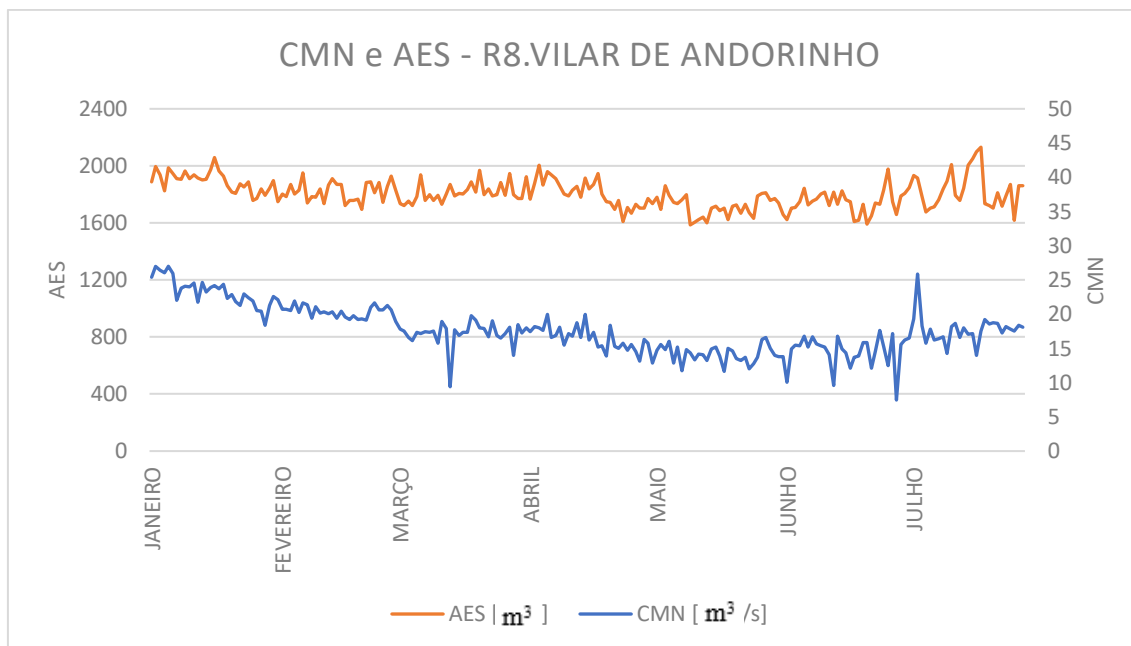


Fig. 70 - Gráfico do CMN e AES - R8 Vilar de Andorinho.

Os registos de AES e CMN não apresentam oscilações com significado relevante, contudo verifica-se uma diminuição discreta durante os primeiros meses, com tendência a estabilizar nos dois últimos meses em análise.

o R11 – Canelas Alta

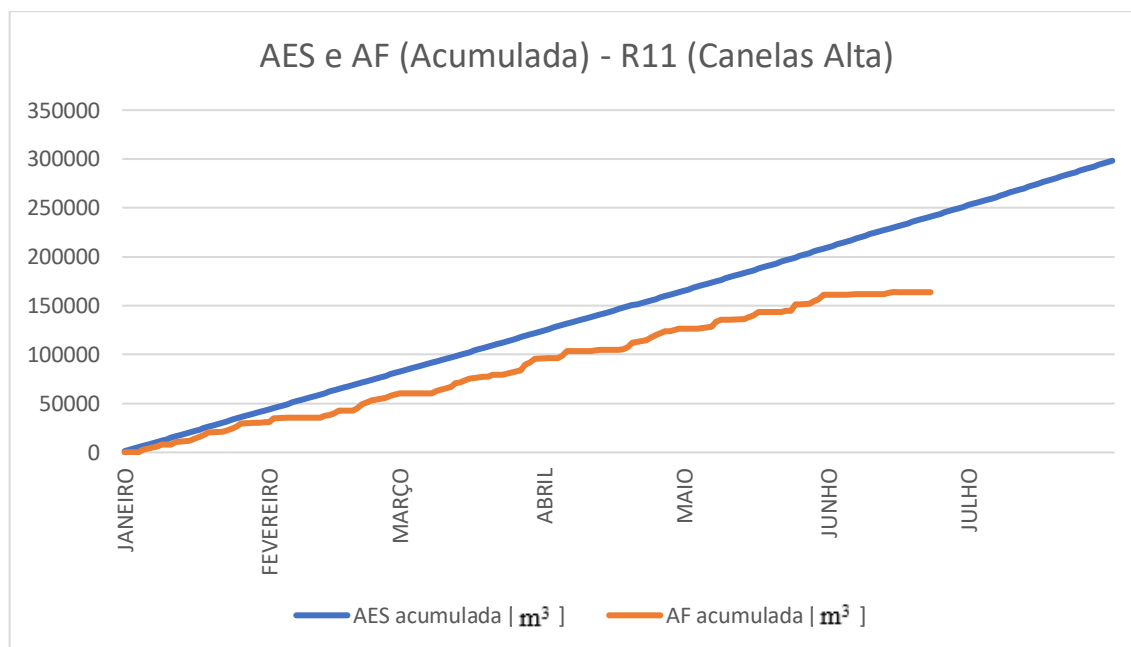


Fig. 71 - Gráfico de AES e AF acumulada - R11 Canelas Alta.

O R11 – Canelas Alta abastece o subsistema respetivo, com 3750 clientes domésticos, 327 clientes não domésticos e ainda, 1 local de consumo próprio, sendo que o volume de água aduzido médio em cada mês é de aproximadamente 42.000 m^3 , registados de forma quase constante ao longo do semestre. Os

volumes mensais faturados rondam os 30.000 m³, sendo que pequenas diferenças, causam as variações no valor percentual de ANF. Assim calculou-se um valor médio mensal por cliente para a AF de 6,7 m³ e para a AES de 9,8m³.

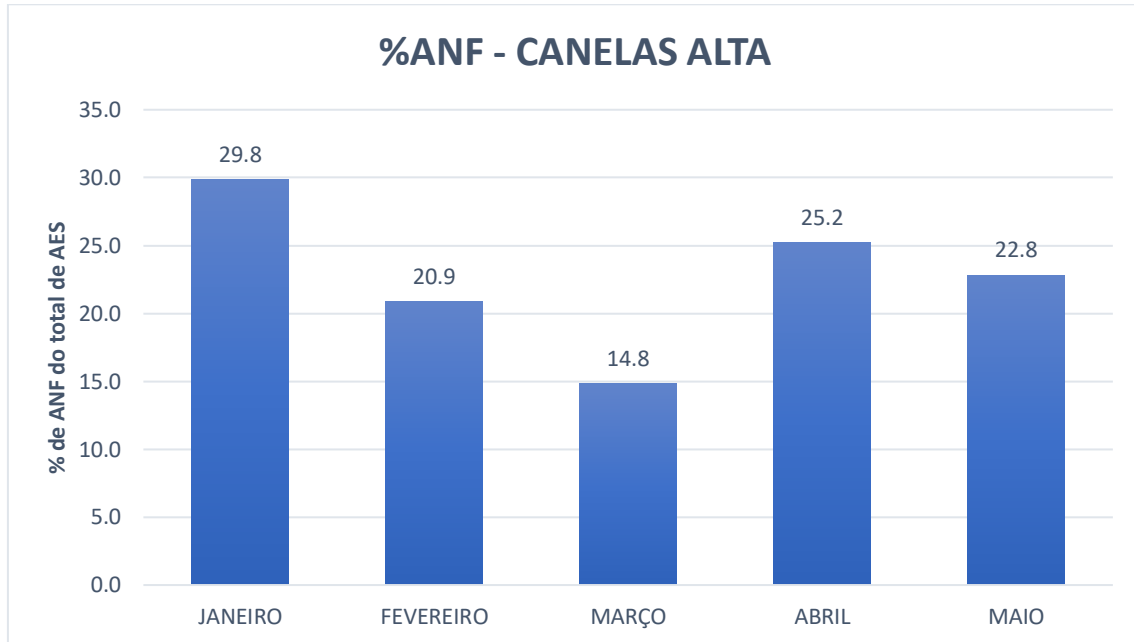


Fig. 72 - Gráfico da percentagem de ANF - R11 Canelas Alta.

Analisando o poder de faturação deste subsistema, conclui-se que a média registada de ANF é de 22,7% por mês. Registrando-se o valor mais elevado de 29,8% em Janeiro, e o menor valor em Março, com 14,8% de ANF, isto é, foi faturada 85,2% do total de água distribuída.

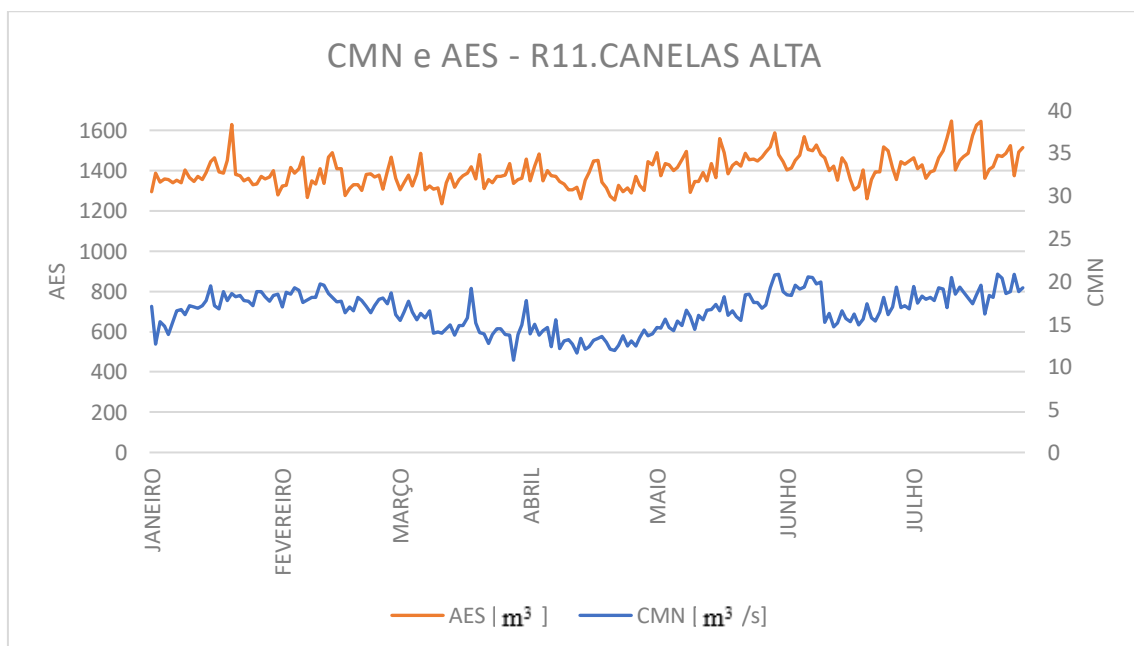


Fig. 73 - Gráfico do CMN e AES - R11 Canelas Alta.

O CMN apresenta um valor típico aproximado de $17 \text{ m}^3/\text{s}$, contudo o gráfico é constituído por consecutivos altos e baixos. É descendente de Fevereiro a Abril, enquanto que a AES permanece constante perto dos 1.400 m^3 . De seguida o que se parece tratar de uma fuga progressiva, surge em Maio e prolonga-se até Junho, que se verifica pelo aumento de ambos os parâmetros em simultâneo, com a respetiva intervenção no início de Junho.

o R13 – Póvoa Baixa

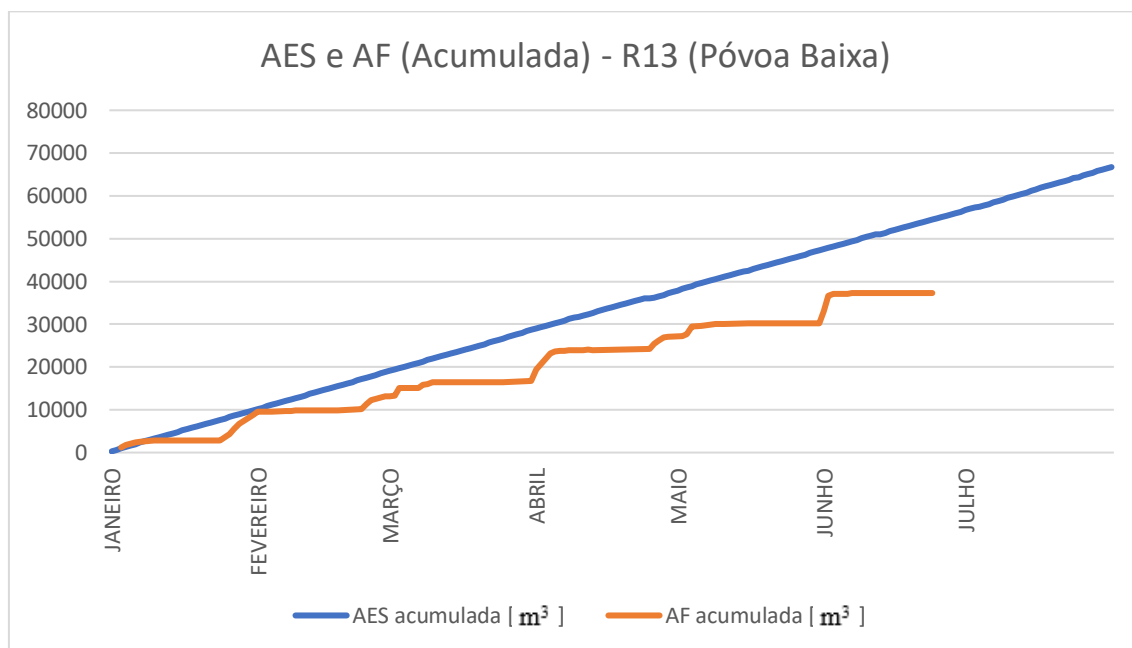


Fig. 74 - Gráfico de AES e AF acumulada - R13 Póvoa Baixa.

O reservatório R13 – Póvoa Baixa, tem à sua responsabilidade o abastecimento de 861 clientes domésticos e 93 clientes não domésticos. De forma a garantir esse objetivo, foram aduzidos entre Janeiro e Julho deste ano, 58.000 m^3 de água, com uma cadência praticamente cosntante, equivalentes a uma média mensal de quase 8.300 m^3 . Quanto à AF, é de notar maiores volumes de faturação a cada dois meses, originadas por consecutivas leituras e estimativas das faturas dos clientes. Para o primeiro semestre, calculou-se uma média mensal por cliente de $6,5 \text{ m}^3$ para a AF e $9,5 \text{ m}^3$ para a AES.

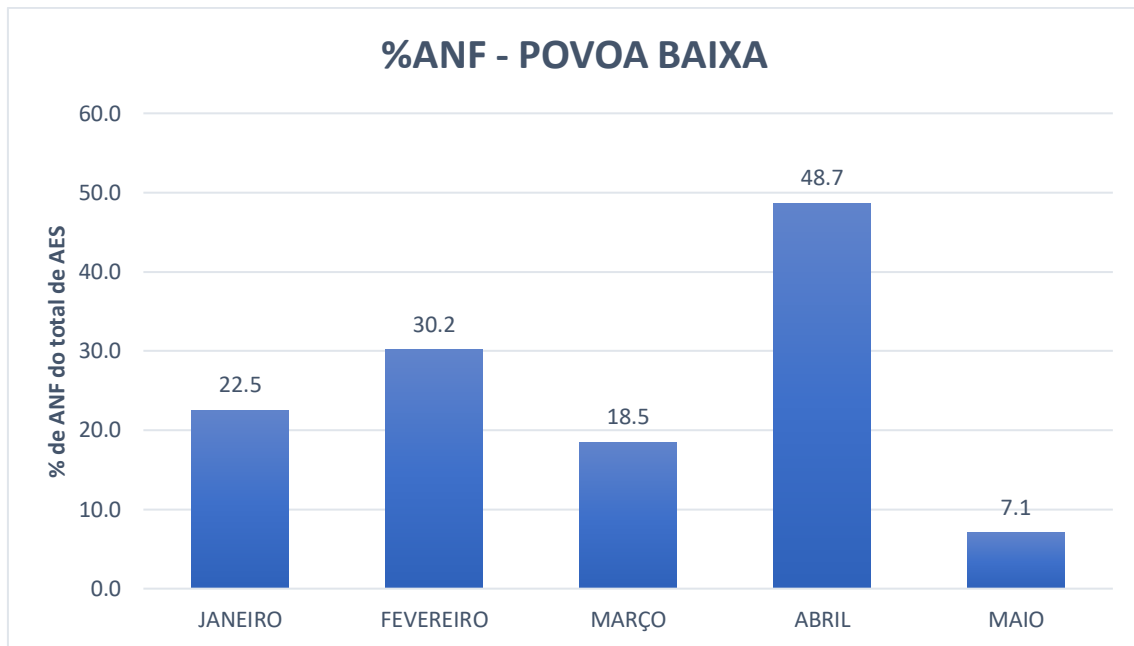


Fig. 75 - Gráfico da percentagem de ANF - R13 Póvoa Baixa.

Observando a ANF referente a este subsistema, conclui-se que, uma vez mais, existe uma oscilação que diz respeito às leituras efetuadas com intervalos de dois meses, obrigando a proceder a estimativas e posteriores acertos, para efeitos de faturação dos clientes. Contudo, este subsistema apresenta uma média de ANF de 25,4%, ou seja, ligeiramente superior ao valor da ANF dos BH de anos anteriores.

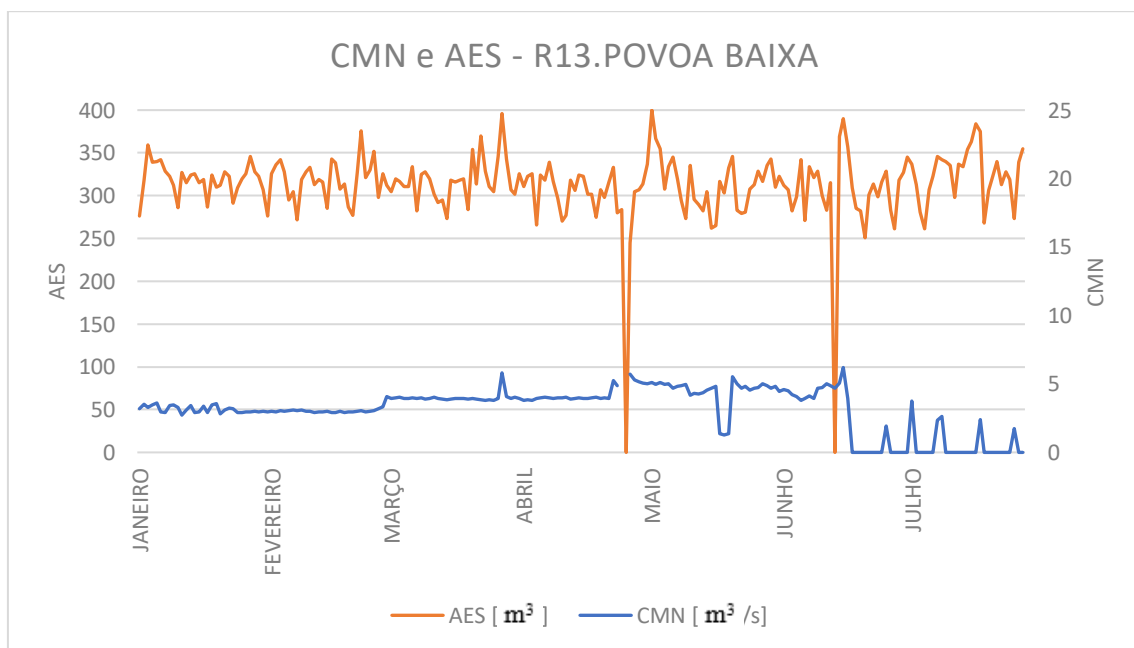


Fig. 76 - Gráfico do CMN e AES - R13 Póvoa Baixa.

Atentando no comportamento do CMN registado em cada dia durante esta análise, verifica-se uma subida que apesar de ser um valor efetivamente pouco significativo, inferior a 5 m³/s, não é tão pequeno quando comparado com os volumes de AES nesse subsistema, que também é muito reduzido,

comparativamente à grande maioria dos restantes reservatórios. Existem ainda, em ambos os indicadores, valores nulos, uma vez mais, consumados propositadamente pela própria EG.

○ **R14 – Póvoa Alta**

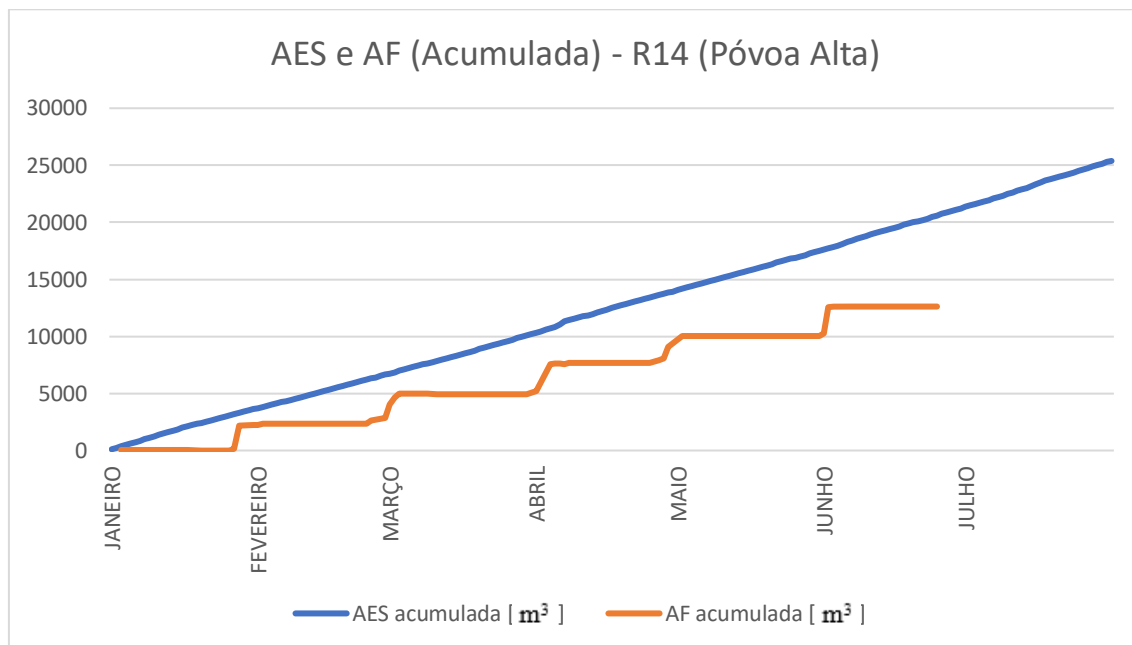


Fig. 77 - Gráfico da AES e AF acumulada - R14 Póvoa Alta.

O R14 responsável pelo abastecimento do subsistema Póvoa Alta é composto por 330 clientes domésticos e 35 clientes não domésticos, trata-se por isso de um dos subsistemas mais pequenos de todo o SAA. Assim, o volume aduzido entre Janeiro e Julho de 2021 foi de aproximadamente 25.000 m³, ou seja, uma média de 3500 m³ em cada um dos meses analisados, com entrada no reservatório linear ao longo de cada mês. Os volumes faturados apresentam valores idênticos a cada mês, em que aproximadamente 2500 m³ correspondem a AF. Este subsistema apresenta nos primeiros seis meses, uma média mensal por cliente 5,8 m³ de AF e 9,4m³ de AES.

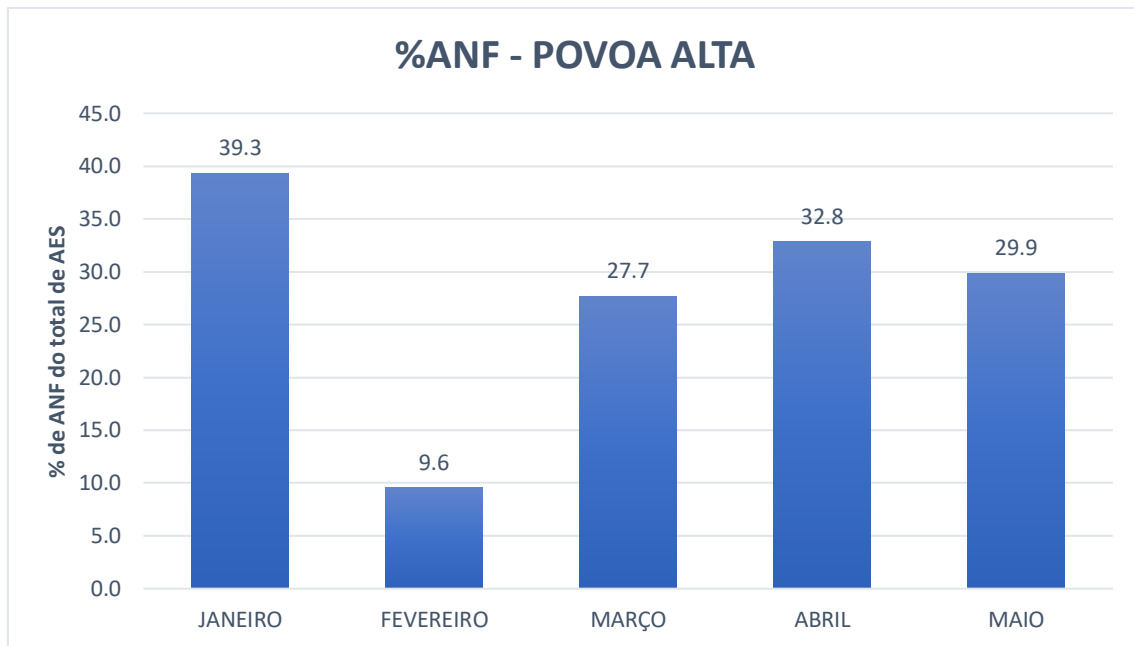


Fig. 78 - Gráfico da percentagem de ANF - R14 Póvoa Alta.

Quanto à ANF registada em cada mês, apresenta a pior valor de faturação em Janeiro, com 39,3% do total da AES, não faturado, sendo que o valor mais favorável corresponde à faturação de Fevereiro, onde apenas 9,6% da água não foi faturada. No entanto, a média da ANF para este subsistema, nos meses em que foi efetuada esta avaliação, é de 27,9%, valor acima do normal de acordo com o desempenho e objetivos futuros da EG.

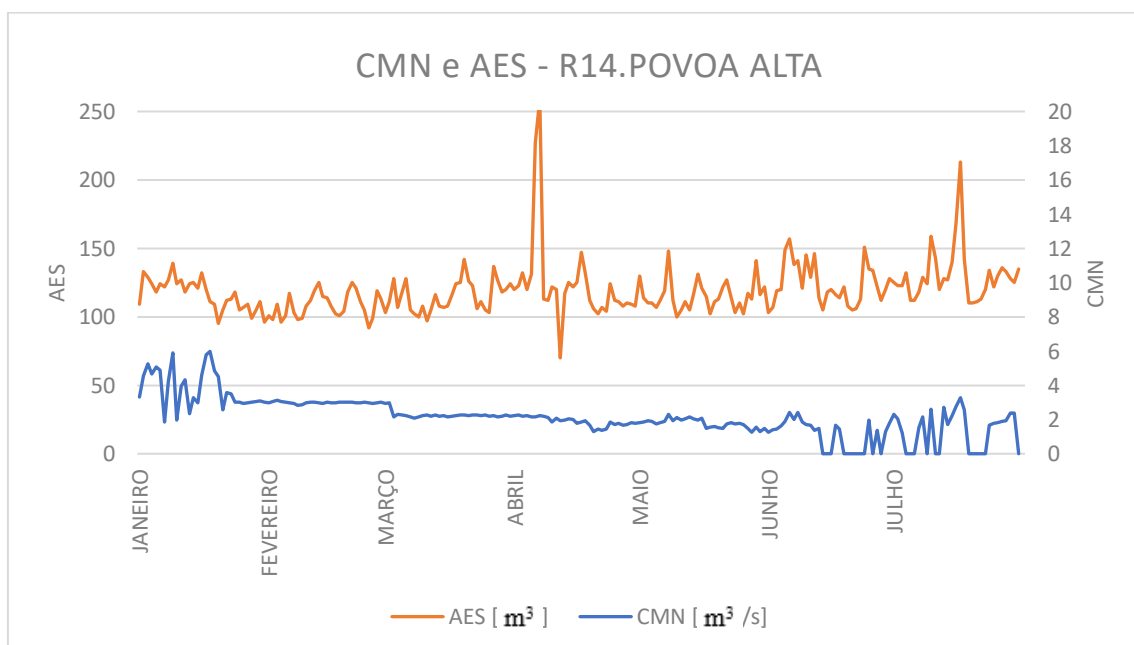


Fig. 79 - Gráfico do CMN e AES - R14 Póvoa Alta.

Observando ainda os registos que revelam o comportamento da AES e do CMN, verifica-se um ruído na primeira metade do mês de Janeiro, acabando por se tornar bastante estável a partir daí, mantendo a

estabilidade, relativamente ao CMN de 2 a 3 m³/s, até ao mês de Junho. A AES apresenta um pico de elevado volume no início de Abril, seguido de uma compensação com uma adução de um volume bastante inferior, devido à necessidade de garantir um maior volume armazenado. Pode apontar-se uma oscilação a partir de meados de Junho em ambos os parâmetros, pela possibilidade existência de fugas e respetiva procura.

o R15 – Alheira

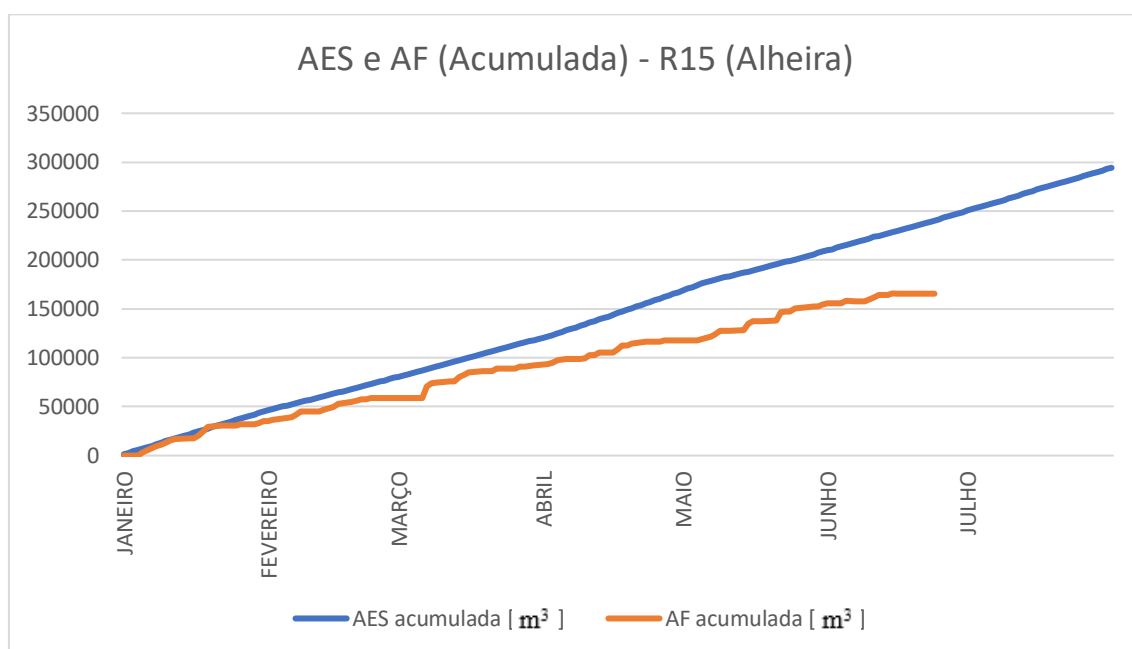


Fig. 80 - Gráfico da AES e AF acumulada - R15 Alheira.

A adução de água para este reservatório apresenta uma ligeira atenuação a partir do mês de Maio, mesmo assim, foram registados quase 300.000 m³ de água aduzidos para o abastecimento dos 3398 clientes domésticos e 303 clientes não domésticos que constituem o subsistema Alheira. A AF tem um maior peso, como já se verificou em casos anteriores, de dois em dois meses, tem assim uma variação compreendida entre 25.000 m³ e 35.000 m³. Fazendo um balanço ao primeiro semestre, foram calculados valores médios mensais por cliente de 7,5m³ de AF e 10,9m³ de AES.

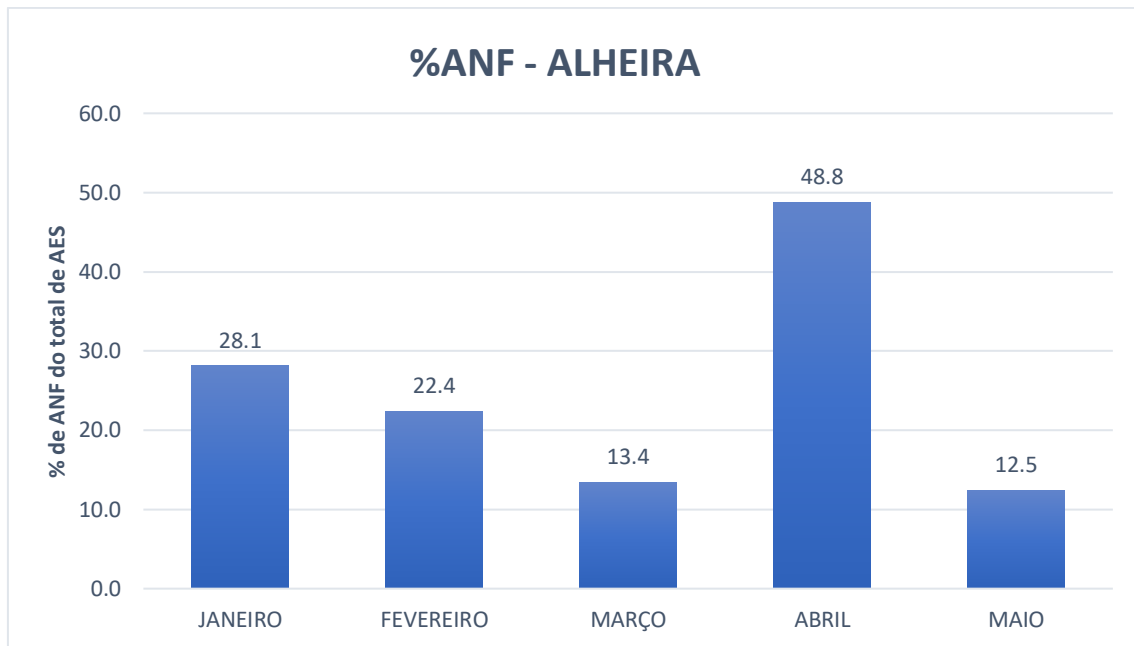


Fig. 81 - Gráfico da percentagem de ANF - R15 Alheira.

Relativamente à ANF deste subsistema, apresenta valores bastante favoráveis, que apesar da exceção registada no mês de Abril, tem uma média de 25%, valor obviamente deslocado pela percentagem não faturada em Abril. Quanto ao referido desvio do valor habitual deste parâmetro, deve-se a uma fuga que pode ser facilmente detetada através dos caudais mínimos da rede de distribuição.

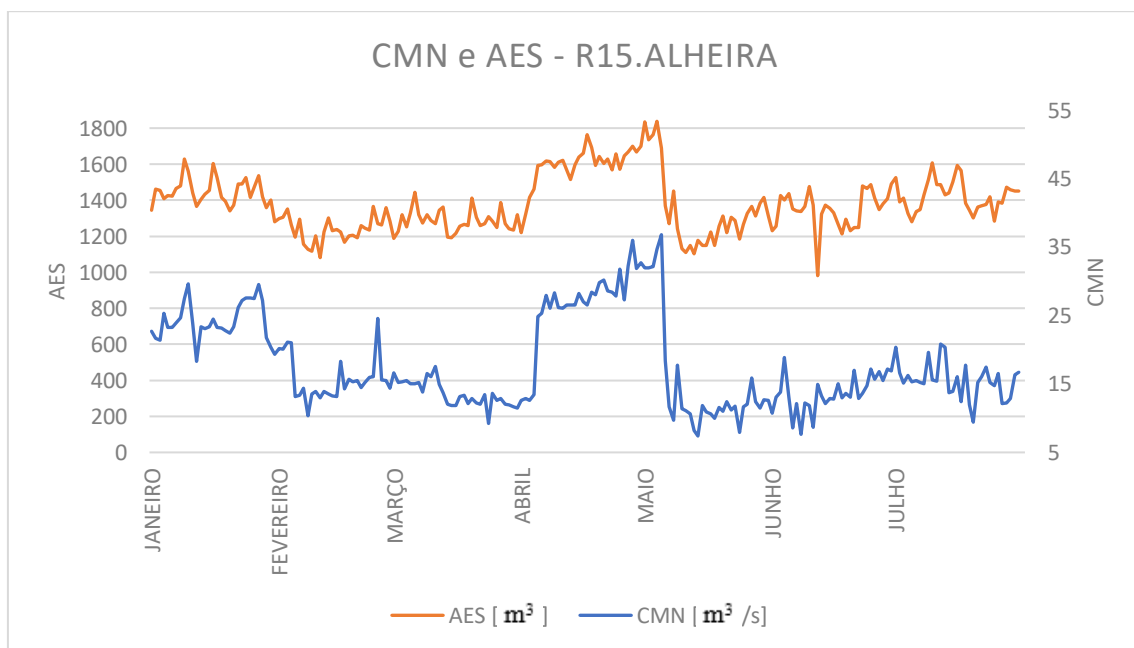


Fig. 82 - Gráfico do CMN e AES - R15 Alheira.

Através dos comportamentos de AES e do CMN, nota-se no início do ano de 2021, ambos os parâmetros assumiam valores elevados, com uma diminuição significativa, desses valores entre Fevereiro e Abril. Um acentuado crescimento, de forma repentina tanto na AES, como no CMN, indicam claramente o

princípio de uma situação considerável de perda de água, terminando notoriamente no início do mês de Maio. Assim, nos meses finais os valores de CMN rondam os 15 m³/s, por sua vez a AES os 1400 m³.

o **R21 – Vila D’Este**

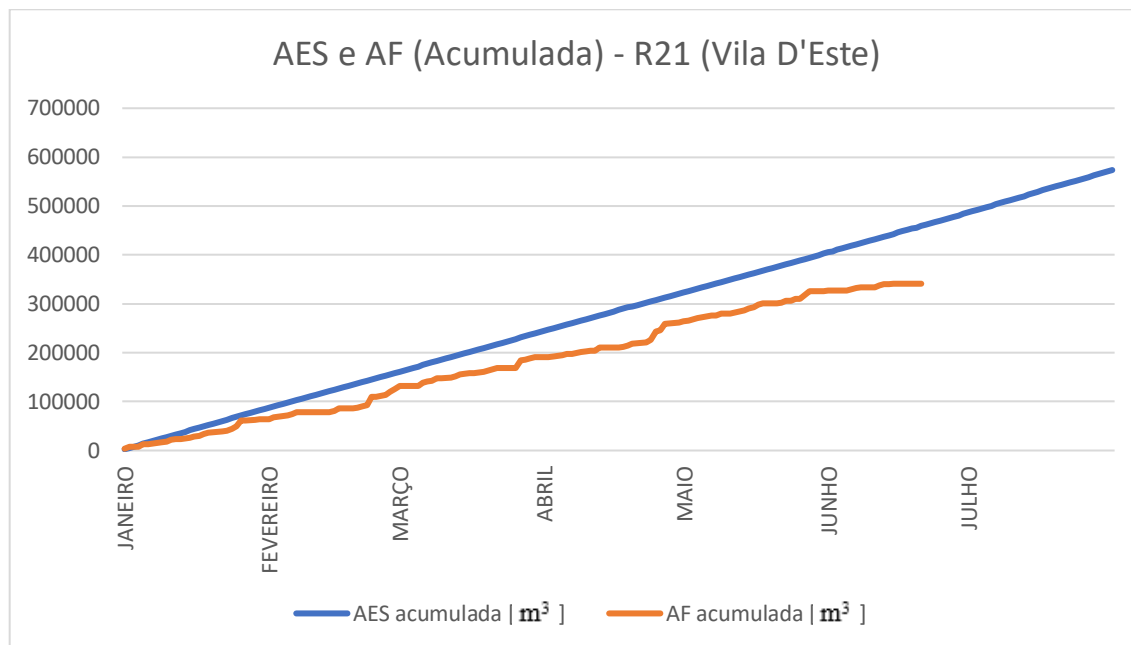


Fig. 83 - Gráfico da AES e AF acumulada - R21 Vila D'Este.

O reservatório de Vila D’Este tem a função de abastecer um subsistema formado por 5999 clientes domésticos, 898 clientes não domésticos e ainda 3 consumos próprios, para isso foi necessário aduzir entre Janeiro e Julho cerca de 590.000 m³, sendo que o abastecimento do reservatório foi efetuada com valores semelhantes a cada dia, um valor médio aproximado de 84.000 m³ mensais. A AF deste subsistema tem um volume total de aproximadamente 350.000 m³, que correspondem a uma faturação de cerca de 74% , do total de AES até ao final de Junho. Foi calculado para o primeiro semestre, uma média mensal por cliente de AF igual a 8,2 m³ e de AES igual a 11,1 m³.

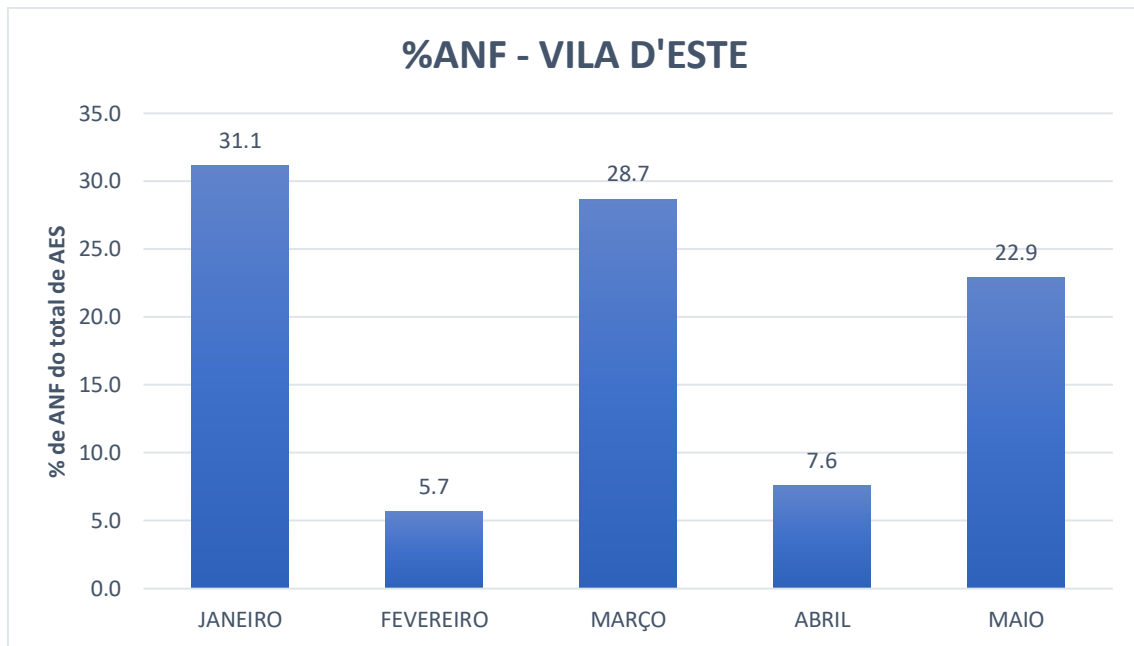


Fig. 84 - Gráfico de percentagem de ANF - R21 Vila D'Este.

A faturação do subsistema de Vila D'Este, pode verificar-se que é efetuada com um grande número de estimativas, devido à discrepância que se observa de um mês para o seguinte, provocada pelos acertos provenientes das leituras bimestrais. De forma a ter uma noção do balanço de ANF até Maio, relativamente a este subsistema foi averiguada a média dos meses analisados, com um valor de 19,2%, inferior ao atual desempenho da totalidade do SAA.

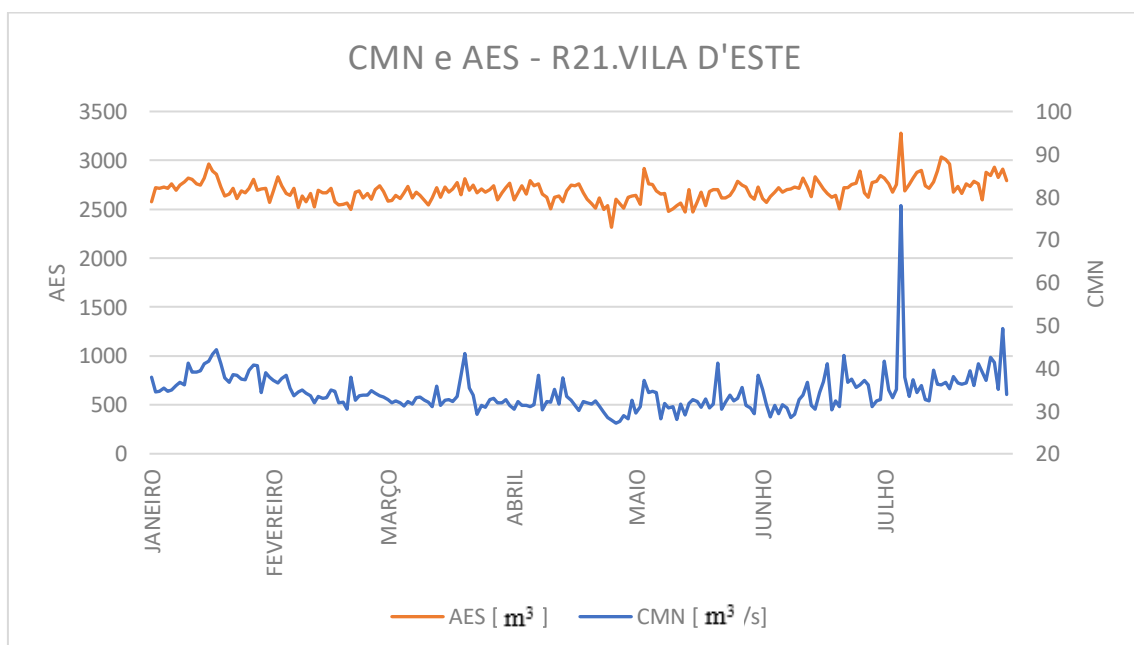


Fig. 85 - Gráfico do CMN e AES - R21 Vila D'Este.

O comportamento da AES aduzida diariamente, bem como o CMN registado, apresentam dos valores mais regulares de todos os reservatórios ao longo do primeiro semestre de 2021, valores esses que

correspondem a pequenas oscilações em torno de, 2700 m³ para a AES, e 33 m³/s para o CMN. Apenas salientar um único valor atípico no CMN, atingindo quase os 80 m³/s, que pode ter sido originado por uma fuga, reparada quase imediatamente ou um consumo pontual, possivelmente por parte de um cliente não doméstico.

o R23 – Valadares

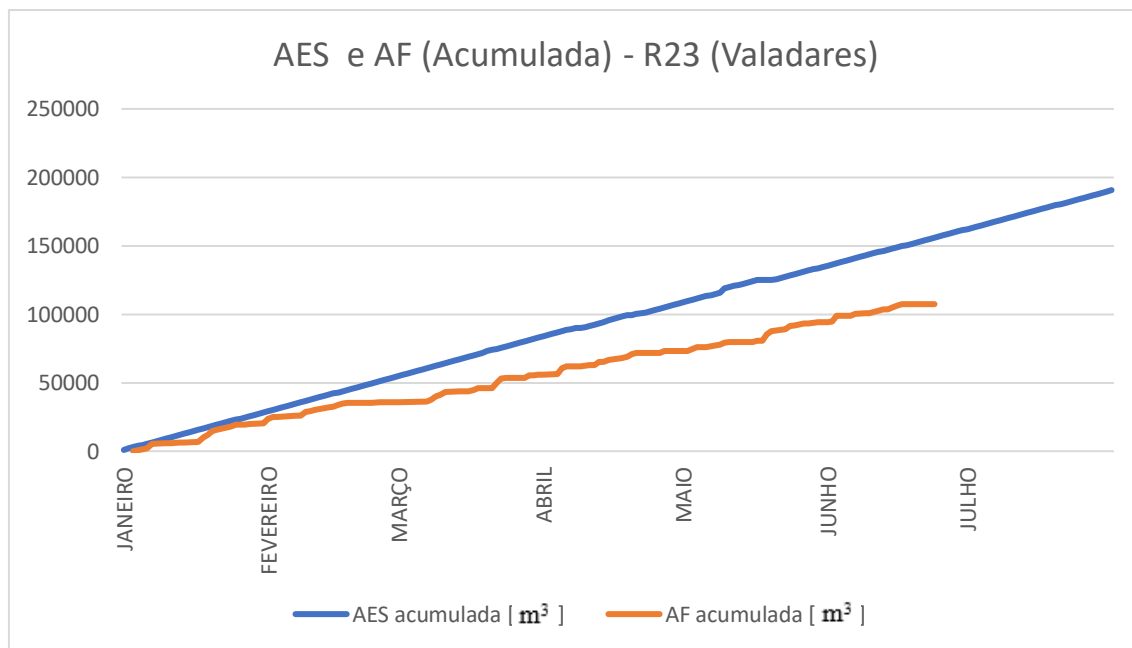


Fig. 86 - Gráfico da AES e AF acumulada - R23 Valadares.

O R23 que abastece todo o subsistema de Valadares atingiu um valor aproximado de água aduzida de 190.000 m³ até ao fim do mês de Julho, que foram utilizados para o abastecimento de 2173 clientes domésticos, 357 não domésticos e 1 local de consumo próprio. Isto representa um volume mensal aduzido de 27.000 m³, aproximadamente. A AF apresenta volumes aproximados de 20.000 m³ por mês, com a exceção do mês de Fevereiro, onde se verifica um volume ligeiramente inferior. Foram faturados cerca de 110.000 m³ até ao final de Junho. Este subsistema apresenta uma média mensal de AF por cliente de 7,1 m³ e de AES por cliente de 10,3 m³.

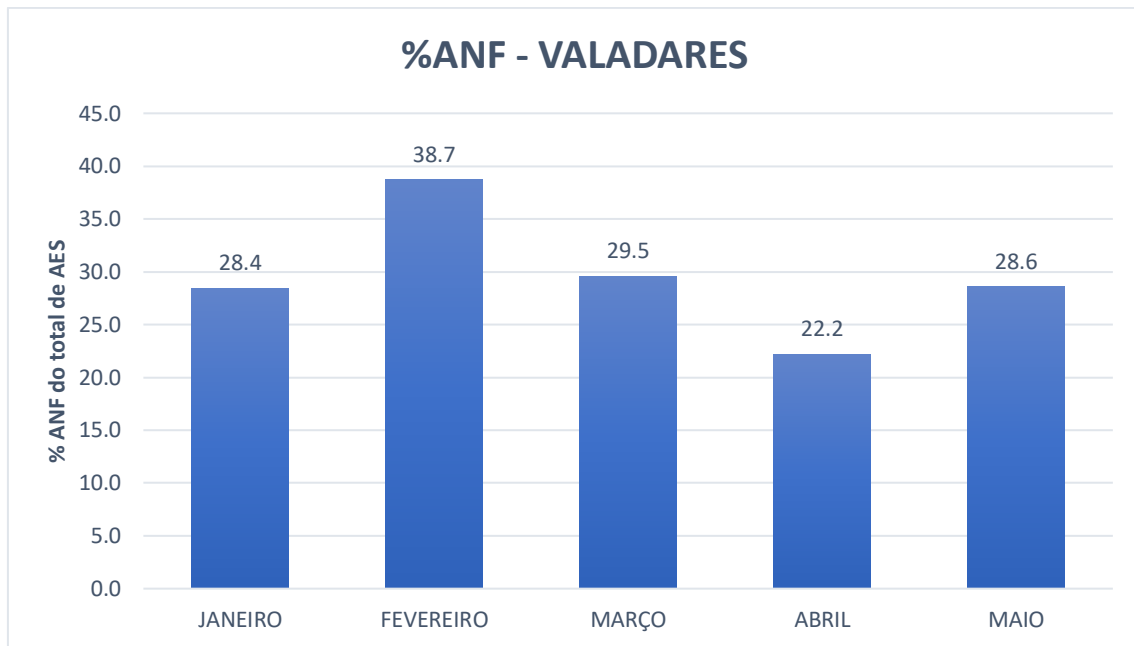


Fig. 87 - Gráfico da percentagem de ANF - R23 Valadares.

A ANF do subsistema de Valadares, apresenta uma média de 29,5%, de acordo com os dados de faturação até ao mês de Maio. Apenas o valor máximo e mínimo apresentam desvio significativo da média, assim com um valor de 38,7% em Fevereiro e 22,2% em Abril, encontram-se os valores extremos não faturados durante os meses analisados.

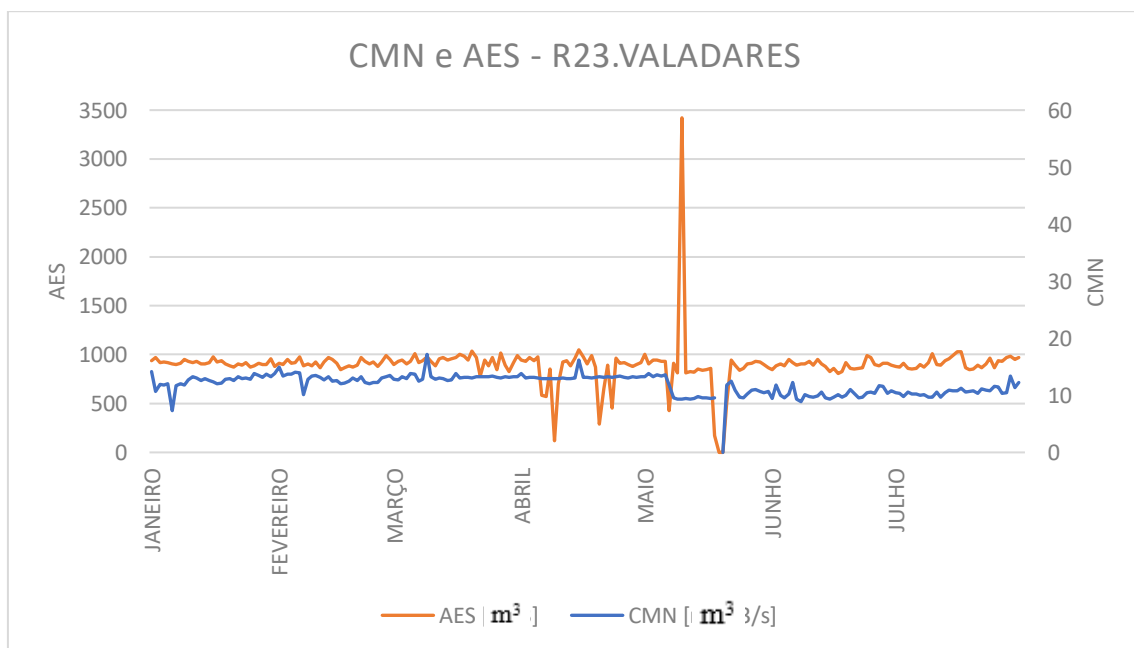


Fig. 88 - Gráfico do CMN e AES - R23 Valadares.

O comportamento registado diariamente da AES e do CMN, é extremamente constante entre Janeiro e Abril, bem como entre Junho e finais de Julho, marcado pelo fim da análise, com uma permanência em valores próximos de, 900 m^3 e 15 m^3/s , para AES e CMN, respetivamente. Contudo, nos meses de Abril

e Maio, notam-se bastantes oscilações, quer para valores superiores, quer para inferiores relativamente ao valor habitual, causadas, muito provavelmente por manutenção realizada pela EG na rede ou reservatório.

o **R26 – Aguda/Granja**

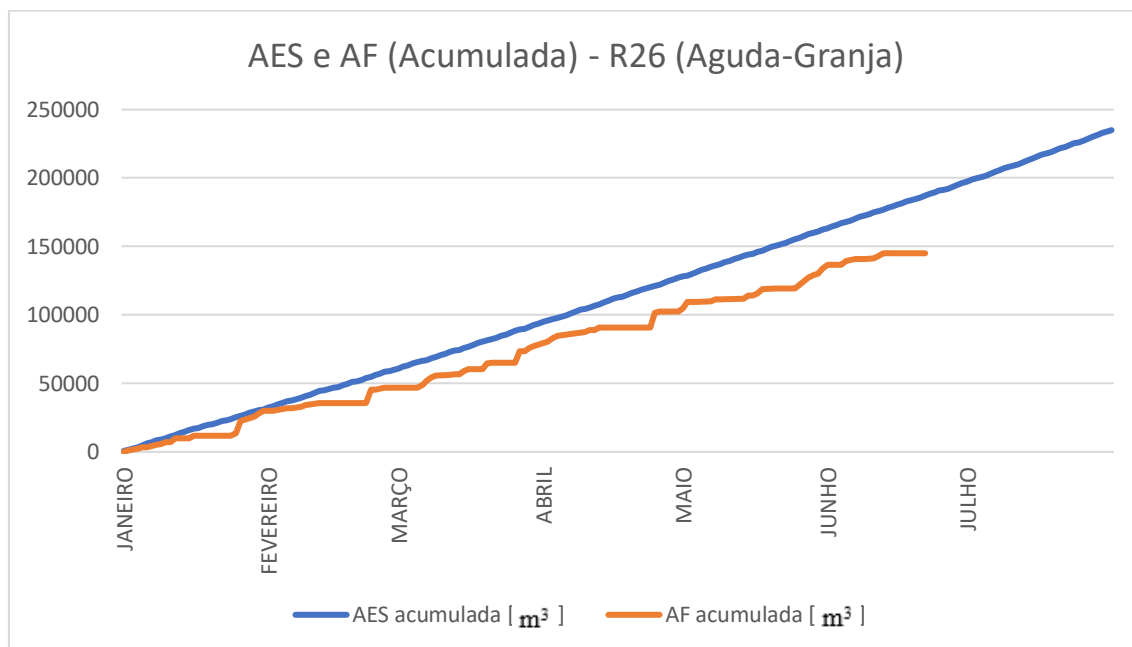


Fig. 89 - Gráfico da AES e AF acumulada - R26 Aguda/Granja.

O subsistema abastecido pelo R26 de Aguda e Granja, é composto por 1992 clientes domésticos e 311 não domésticos, que causaram uma adução necessária de cerca de 240.000 m³ de água. Verifica-se um abastecimento do reservatório, ou seja, AES com volumes constantes em cada um dos meses entre Janeiro e Julho. Este subsistema apresenta uma faturação de quase 150.000 m³ de água no primeiro semestre de 2021, o que corresponde a uma faturação superior a 77% de toda a água aduzida nesse período. Este primeiro semestre permite calcular uma média mensal por cliente de 10,5 m³ para a AF e de 13,5 m³ para a AES.

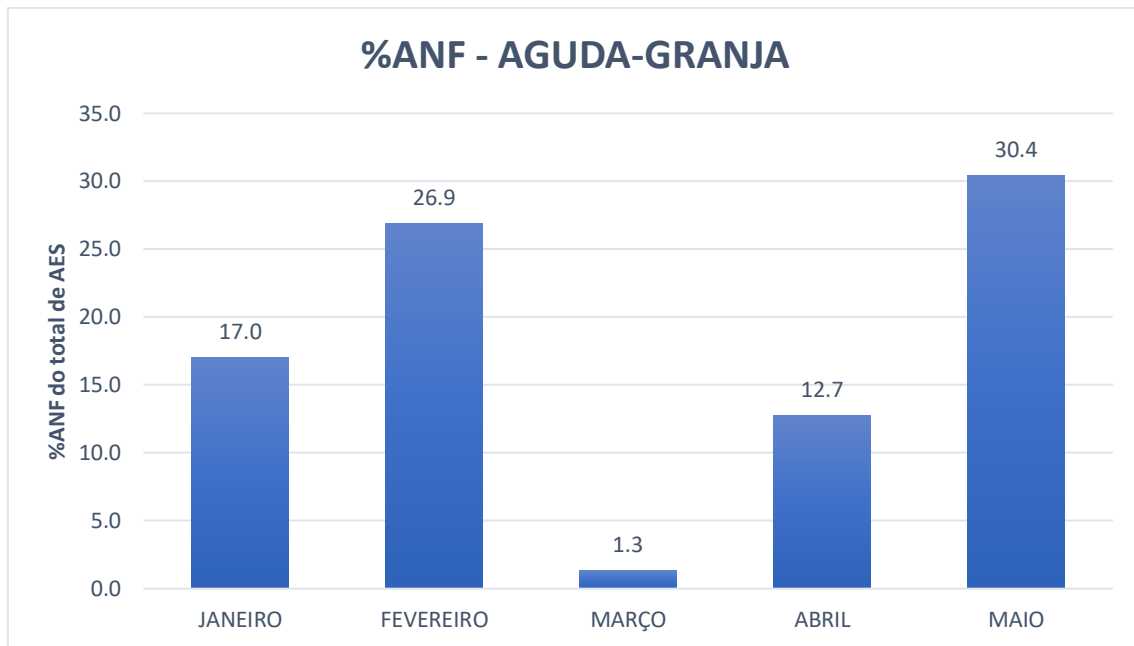


Fig. 90 - Gráfico da percentagem de ANF - R26 Aguda/Granja.

Fazendo uma análise às percentagens mensais de ANF, verifica-se uma grande oscilação entre todos os meses. O gráfico que apresenta o comportamento do CMN irá ajudar na interpretação da faturação, de forma a compreender se se tratam de perdas de água no subsistema, contudo uma diferença tão acentuada nos valores de Março (1,3%) e Maio (30,4%), levam a afirmar que se existem também dificuldades na faturação de volumes lidos, e por isso, são utilizadas estimativas de grandes volumes de água.

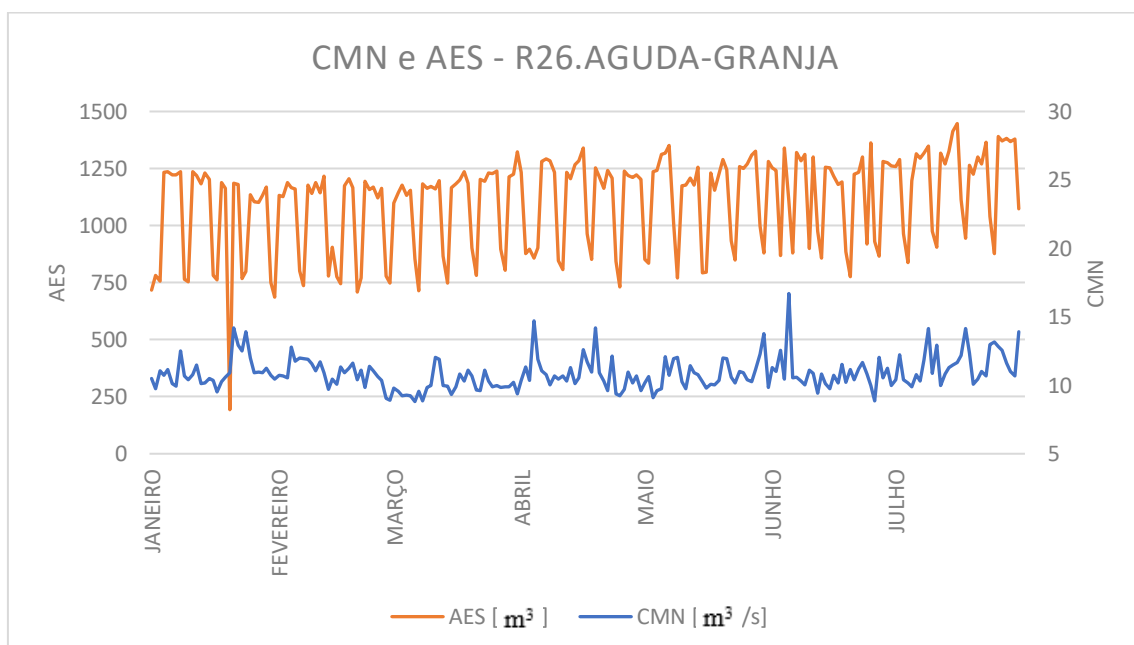


Fig. 91 - Gráfico do CMN e AES - R26 Aguda/Granja.

O comportamento de AES registado a cada dia, forma um padrão regular que se verifica, de forma quase constante ao longo de toda a análise, que se caracteriza por um abastecimento do reservatório, durante

a semana com volumes próximos dos 1250 m³, seguidos de dois dias, correspondentes aos fins de semana, com uma adução de um volume inferior, aproximadamente 750 m³. O CMN apresenta uma flutuação sucessiva ao longo dos registos diários, no entanto, os caudais observados, oscilam apenas entre os 10 m³/s e 15 m³/s, logo não são evidentes perdas de água significativas.

o R29 – Olival

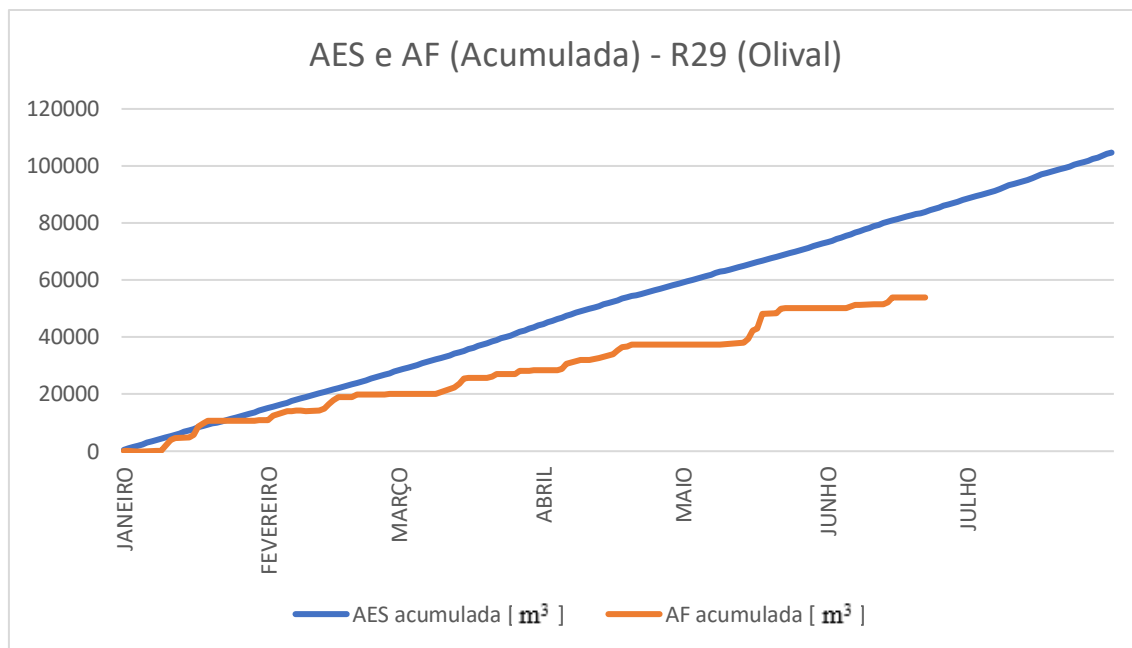


Fig. 92 - Gráfico de AES e AF acumulada - R29 Olival.

O subsistema alimentado pelo R29 – Olival, é formado por um conjunto de 1411 clientes domésticos e 124 clientes não domésticos, e apresenta um volume de água aduzido ligeiramente superior a 100.000 m³ até finais de Julho. Uma pequena variação de AES na transição para o mês de Abril é pouco evidente pela observação deste gráfico, contudo será analisada no gráfico dos registos diários de AES. A AF segue um padrão com volumes faturados semelhantes entre si, sendo que no mês de Maio, o volume faturado é cerca de 18.000 m³, aproximadamente o dobro, dos restantes meses. Foi calculado para os primeiros seis meses, uma média mensal por cliente, com valores de 5,8 m³ para a AF e 9,1 m³ para a AES.

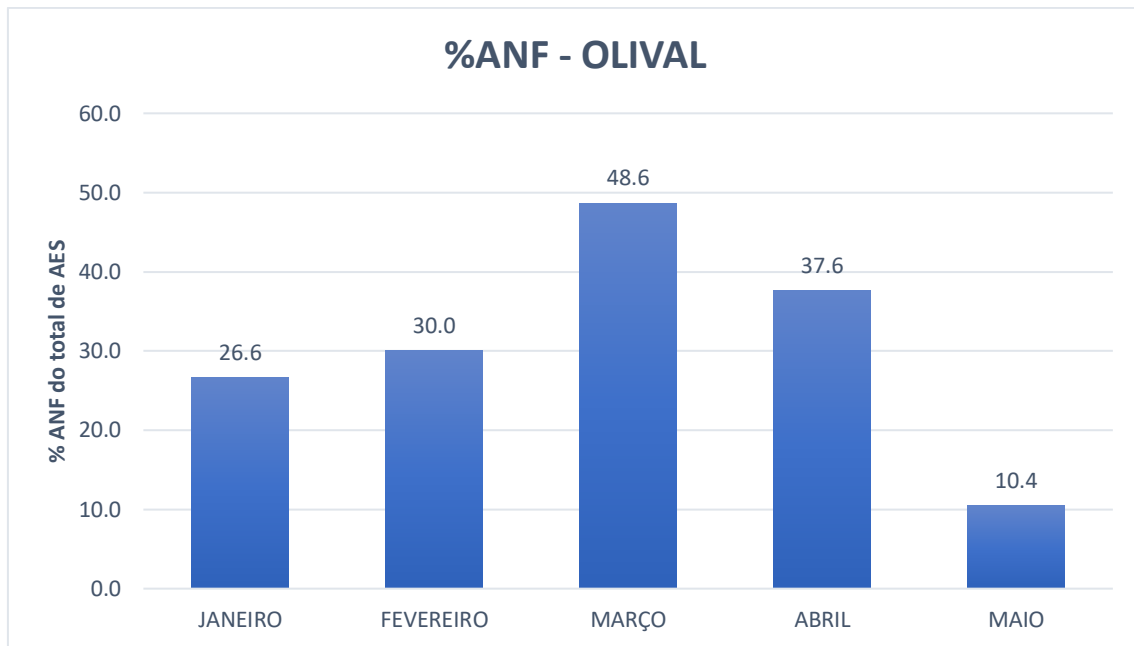


Fig. 93 - Gráfico da percentagem de ANF - R29 Olival.

A ANF calculada para o subsistema em questão, apresenta uma evolução de acordo com o representado no gráfico acima. Quase 50% da água distribuída no mês de Março não foi faturada, em contrapartida, em Maio, apenas foi verificado 10,4% de ANF. O desempenho até ao momento, apresenta assim, uma média de ANF de 30,6%, um valor a melhorar, no entanto, os progressos registados em Maio, demonstram uma tendência favorável na faturação.

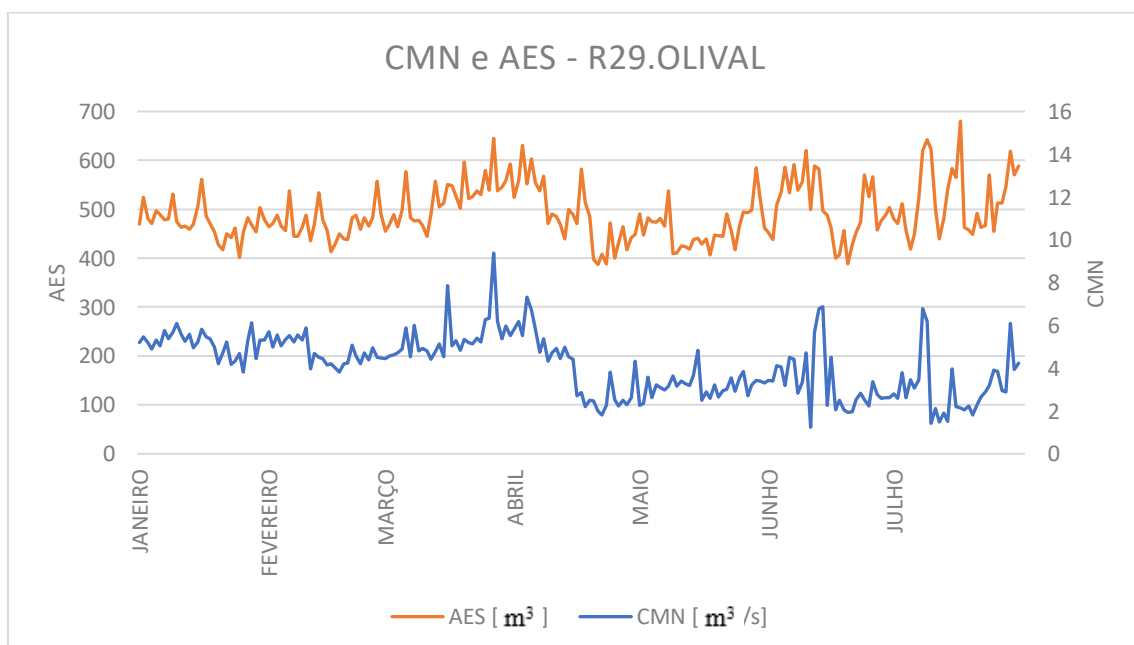


Fig. 94 - Gráfico do CMN e AES - R29 Olival.

De forma a analisar com maior detalhe as perdas de água e fugas detetadas no período avaliado, são traçados os comportamentos de AES e CMN diários, entre Janeiro e Julho. Um crescimento que se

verifica durante o mês de Março, de ambos os parâmetros, cerca de 100 m³ adicionais de AES e caudais na ordem de 7 m³/s, caracterizam perdas de água, cuja intervenção terá sido realizada no início de Abril. A partir daí nota-se uma estabilização do CMN, contudo há registo de uma certa oscilação, que aparenta ser periódica até ao final da análise, sendo por isso, um provável comportamento típico de algum cliente, ou grupo de clientes, que utilizem um volume significativo da água deste reservatório.

o R32 – Loureiro

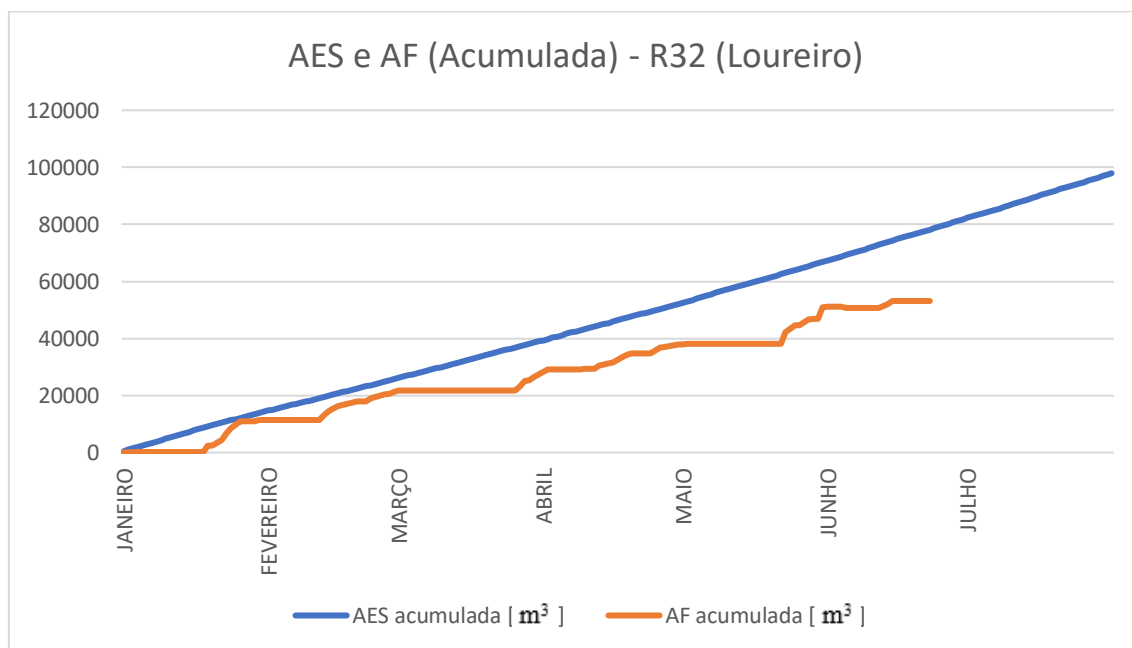


Fig. 95 - Gráfico da AES e AF acumulada - R32 Loureiro.

O subsistema que se denomina de Loureiro, abastecido pelo R32, apresenta um total de clientes que se divide em 1407 clientes domésticos e 128 clientes não domésticos. O abastecimento do reservatório através do sistema em alta, é feito de forma a apresentar uma evolução linear, e totalizando um volume de praticamente 100.000 m³ durante o período analisado. A AF apresenta valores aproximados de 11.000 m³ por mês, no entanto, os meses de Março e Abril a AF foi menor que os restantes meses. Assim, calculou-se ainda uma média mensal por cliente do subsistema, correspondentes a 5,8 m³ para a AF e 8,5 m³ para a AES.

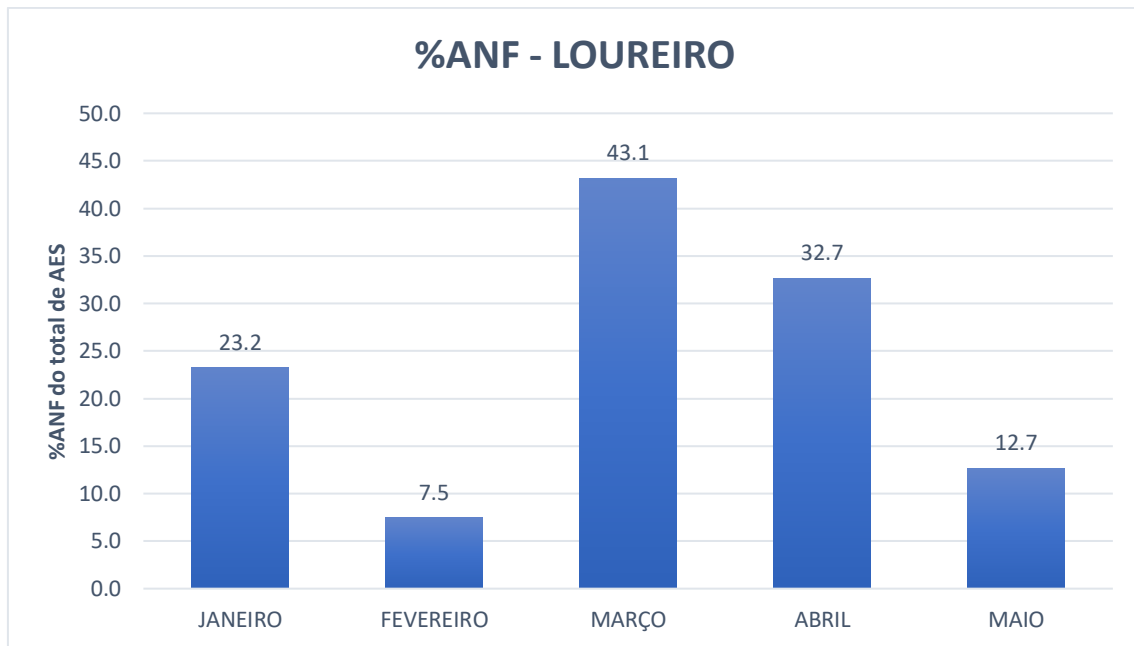


Fig. 96 - Gráfico da percentagem de ANF - R32 Loureiro.

A média de ANF calculada para o subsistema do R32 – Loureiro é de 23,8%, um pequeno desvio dos valores actuais de ANF registada no BH total da EG. Os valores de Março e Abril estão acima da média, com 43,1% e 32,7%, respetivamente, sendo por isso, meses que precisam de uma análise detalhada do sistema de faturação para justificar valores tão elevados.

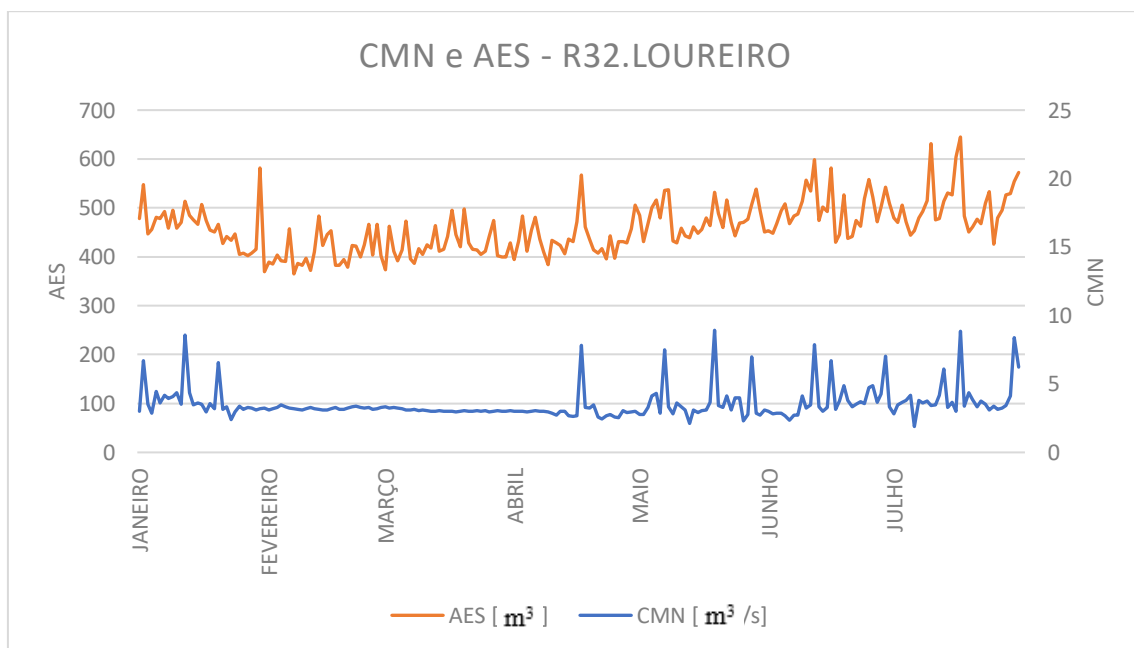


Fig. 97 - Gráfico do CMN e AES - R32 Loureiro.

A AES e CMN registados em cada dia, apresentam um comportamento com flutuações, com uma aparente periodicidade, pelo menos, no que respeita à observação do CMN, excluindo o período entre Fevereiro e Abril, que levam a concluir uma paragem no funcionamento de algum cliente não doméstico

responsável por um volume de água capaz criar alterações no comportamento do CMN de todo o subsistema. A AES nesse mesmo período, caracteriza-se pela adução de volumes menores do que o habitual, cerca de 400 m³ entre Fevereiro e Abril, e aproximadamente 500 m³, nos restantes meses.

o **R35 – Fojo**

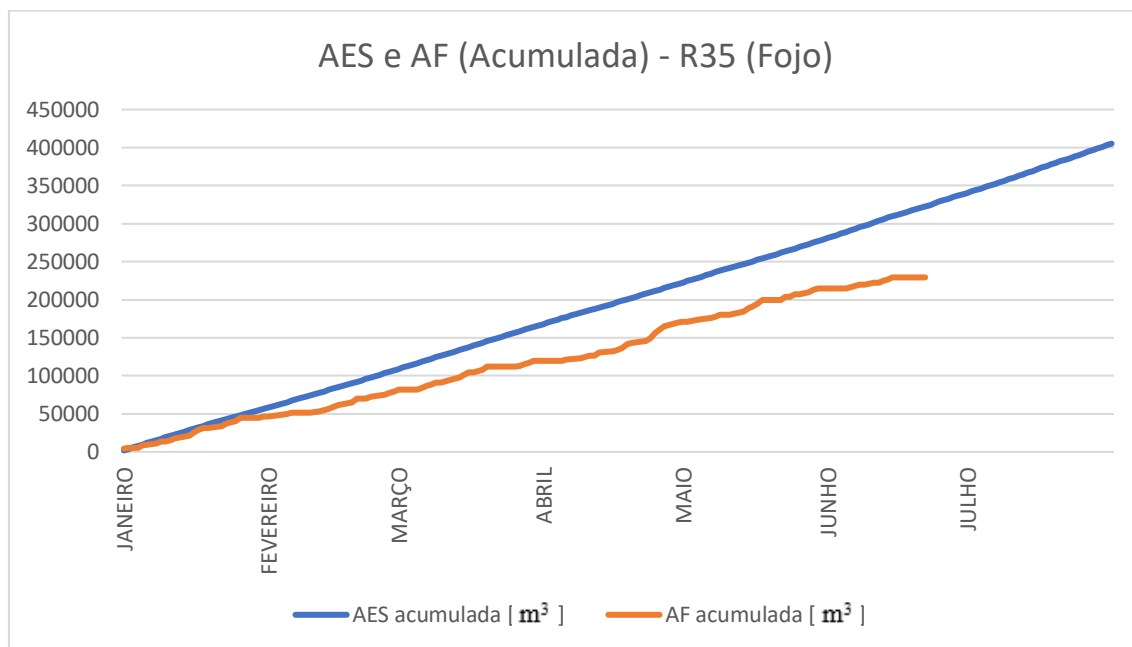


Fig. 98 - Gráfico da AES e AF acumulada - R35 Fojo.

O R35, do subsistema do Fojo, tem à sua responsabilidade o abastecimento de 5149 clientes domésticos e ainda 788 clientes não domésticos, sendo assim um subsistema maior do que aqueles analisados até ao momento. Para garantir um armazenamento de água capaz de aguentar as exigências impostas pelos consumos, foram aduzidos até ao final de Julho, cerca de 400.000 m³ de água, isto é, mais de 57.000 m³ aduzidos por mês. A AF corresponde a um volume de quase 230.000 m³ no final do primeiro semestre. Concluído o primeiro semestre, foi possível calcular um valor médio mensal de AF e AES, iguais a 6,4 m³ e 9,1 m³, respetivamente.

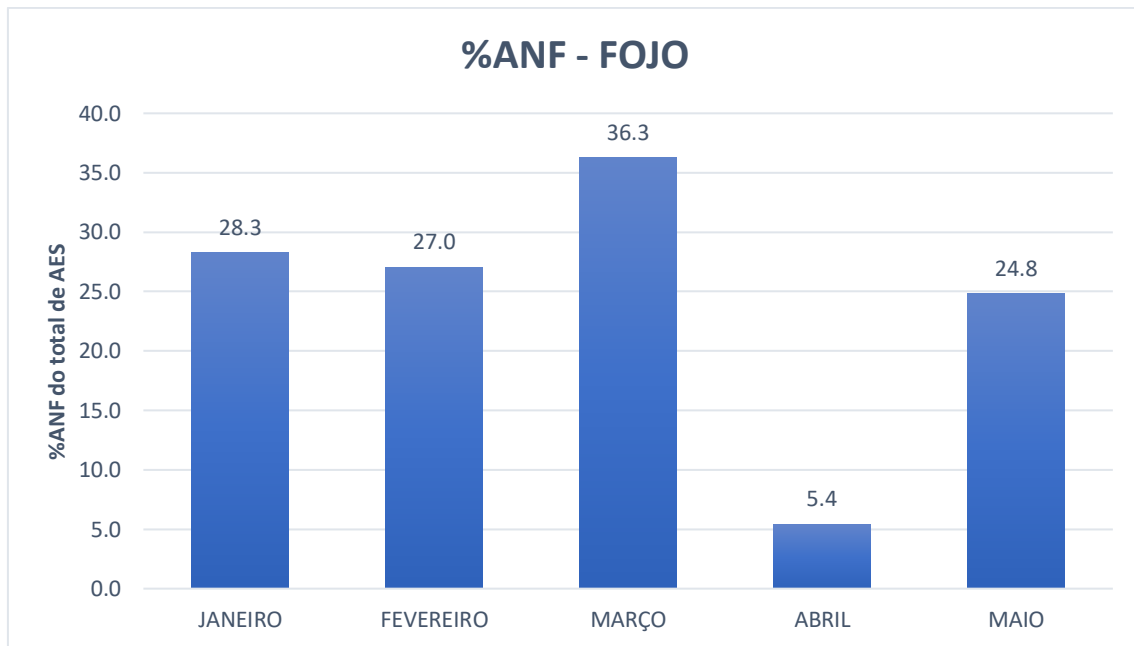


Fig. 99 - Gráfico da percentagem de ANF - R35 Fojo.

A ANF deste subsistema, apresenta um média de 24,4%, no balanço realizado até Maio. Os valores seguem um comportamento, mais ou menos semelhante entre si, com a exceção do mês de Abril, onde se faturou a AES quase na sua totalidade, um resultado que não traduz a realidade, no entanto, alguma alteração no sistema de faturação, acompanhada de acertos às estimativas efetuadas, podem ser responsáveis pelo valor tão reduzido de ANF nesse mês.

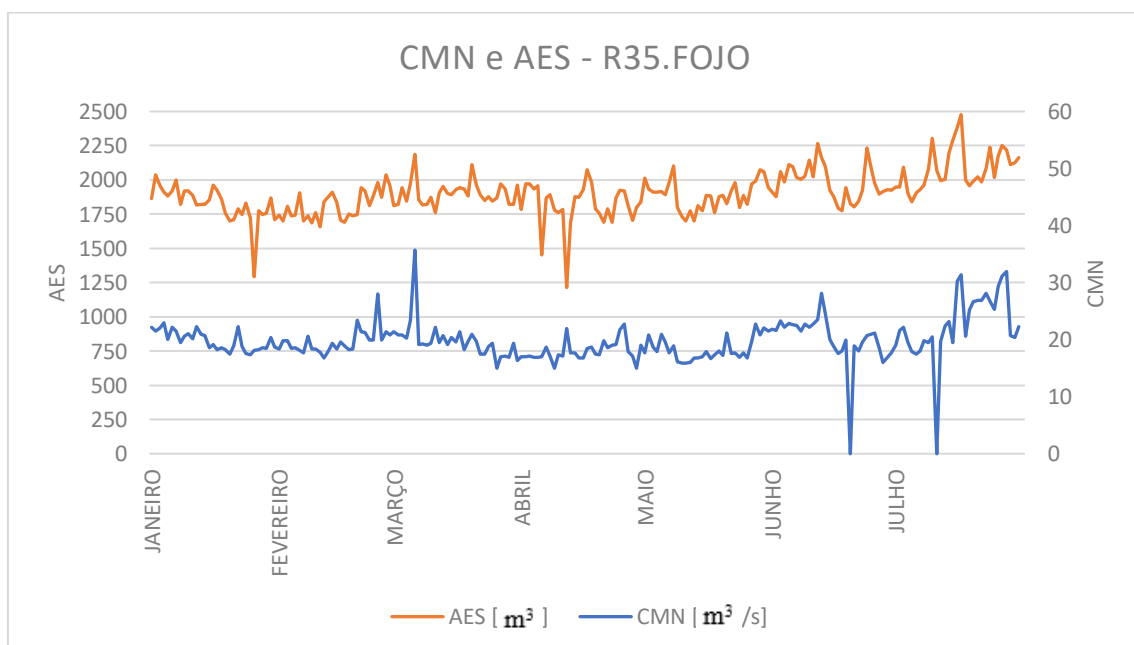


Figura 100 - Gráfico do CMN e AES -R35 Fojo.

O comportamento registado relativamente à AES, apresenta uma oscilação entre os 1750 m³ e os 2000 m³ aduzidos por dia. Com uma tendência de subida no dois meses finais, que podem criar suspeitas de

pequenas perdas de água, acompanhadas de um aumento dos consumos dos clientes nos meses que marcam o início do Verão. O CMN, apresenta valores diários compreendidos entre os 20 m³/s e os 30 m³/s, caudais relativamente elevados quando comparados aos restantes subsistemas, no entanto, verifica-se que o número de clientes é também mais elevado, pelo que se justificam tais caudais noturnos.

5.9. ANÁLISE DA AES POR PONTO DE ENTREGA (PE)

De forma a averiguar as perdas de água nas condutas adutoras, bem como no sistema de adução num todo, foi feita uma análise que permite comparar a água à entrada de cada reservatório, com a água que é registada à saída do sistema gerido pela empresa Águas do Douro e Paiva (AdDP), nos respetivos PE, às Águas de Gaia, EM.

O sistema em alta gerido pelas Águas de Gaia, EM, inicia-se após a passagem pelo reservatório R1-Seixo Alvo, sendo que este ainda é da responsabilidade das AdDP. A partir daí, a rede estende-se ao longo de 111 km de condutas adutoras. Através do reservatório de Seixo Alvo, faz-se o abastecimento através de uma rede emalhada, com a função de alimentar 25 reservatórios de distribuição, sendo que 1 tem a dupla função de, distribuição, mas também regularização de transporte, trata-se do R17- RASA, a partir deste reservatório é feito um abastecimento extra, isto é, além do próprio subsistema, abastece ainda, o Concelho de Espinho. Novamente, partindo do R1, mas também do R27 – Alto Marquinho, igualmente gerido pelas AdDP, faz-se o abastecimento de mais duas ramificações da rede adutora, dos subsistemas localizados na zona Sudeste do SAA, onde se encontram os restantes reservatórios.

Através de contadores implementados na fronteira entre o sistema de abastecimento gerido pelas Águas de Gaia, EM, e o sistema gerido pelas AdDP, existe a possibilidade de quantificar os volumes de água provenientes da segunda entidade para a primeira. Existindo esta informação dos volumes de água que entram no sistema das Águas de Gaia, EM, pode fazer-se uma comparação com a AES em cada um dos reservatórios dos subsistemas de distribuição, com o objetivo de avaliar o desempenho da EG em relação às perdas de água e ANF.

Para isso, foram analisados os volumes aduzidos registados nos PE e a AES dos reservatórios associados a cada um dos PE. O quadro seguinte, apresenta precisamente essa relação existente entre PE e reservatórios.

Quadro 12 - Reservatórios associados a cada um dos PE.

Ponto de Entrega (PE)	Reservatórios
PE005 – Hortas Portelinhas	R6 e R7
PE010 – RASA Gaia	R15, R16, R17, R19, R20, R21, R8 e R9
PE015 – Crestuma	R1 (AdDP)
PE016 – F.C.P.	Direto
PE020 – Alto Marquinho	R27 (AdDP)
PE023 – Outeiro	R2
PE024 – Carvalhos	R30
PE025 – S. Miguel Anjo	R28
PE026 – Seada	R11, R22 e R31
PE027 – Perosinho	R10, R23, R24, R25, R26, R3, R35, R36, R4 e R5
PE028 – Póvoa	R12, R13 e R14
PE060 – Olival Gaia	R29
PE065 – Cabeço e Loureiro	R32 e R33

Assim, realizaram-se gráficos comparativos entre os dois volumes, com os valores registados desde Janeiro 2021 até Julho do mesmo ano, chegando aos seguintes resultados:

○ **PE005 – Hortas Portelinhas**

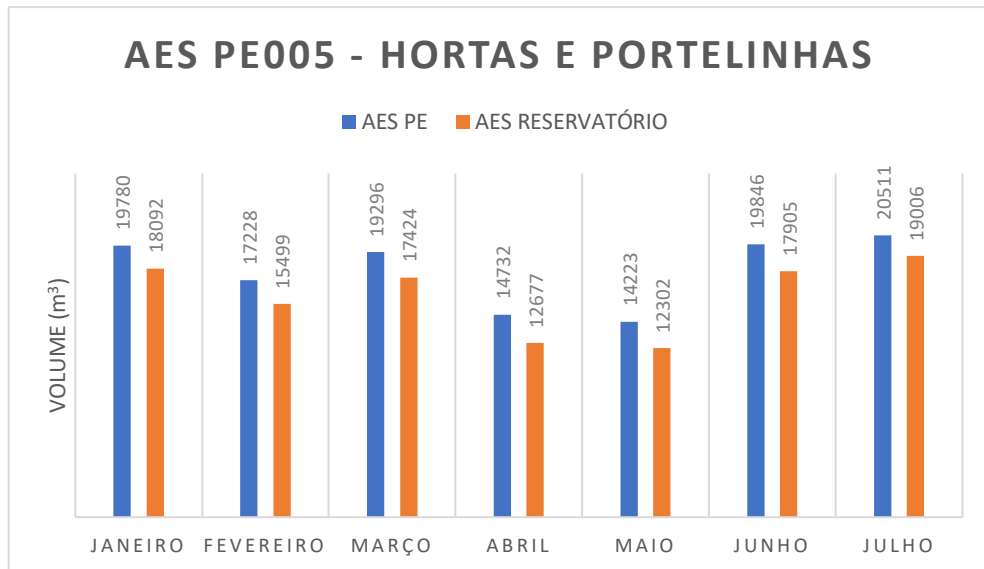


Fig. 101 - AES PE005 - Hortas Portelinhas.

Os volumes aduzidos registados no pontos de entrega, rondaram os 19000 m³ de água mensais, com exceção dos meses de Abril e Maio, cujos volumes distribuídos pelos PE ligeiramente superiores a 14000 m³. Quando comparados com os volumes de AES mensais dos reservatórios R6 e R7, nota-se uma diminuição desse volume em cerca de 1000 a 2000 m³, representam uma média de 10,4% de perdas de água aduzida por mês neste PE.

○ **PE010 – Rasa Gaia**

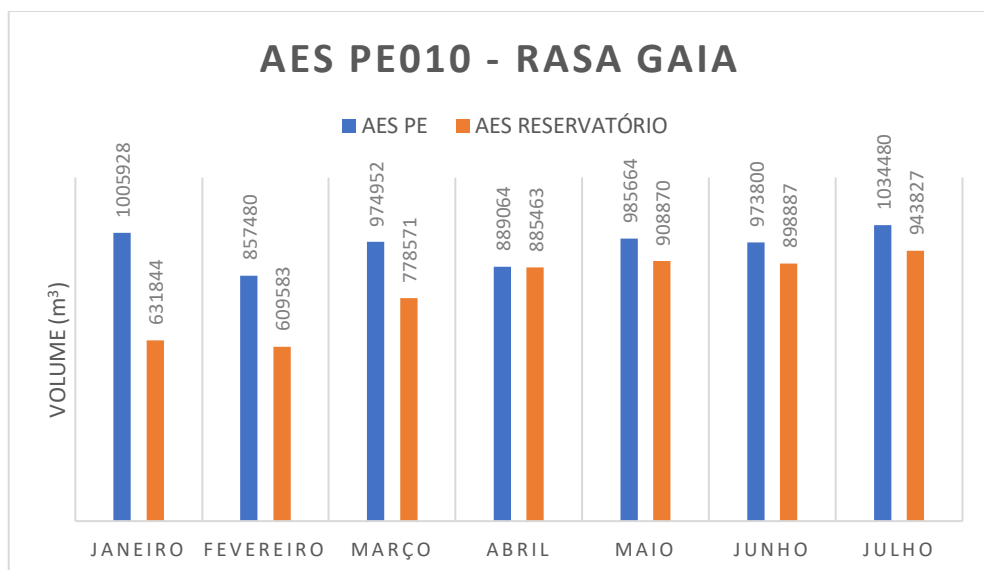


Fig. 102 - AES PE010 - RASA Gaia.

O PE – RASA Gaia, é aquele que apresenta maiores volumes de água aduzidos, isto porque abastece o maior dos subsistemas R17 (RASA), com um número de clientes extremamente elevado, cerca de 30000 clientes. De tal modo que, os volumes registados no PE andam sempre próximos dos 1.000.000 m³. Observando a AES dos reservatórios correspondentes, nota-se uma discrepância nos primeiros três meses, a dificuldade na obtenção dos valores de AES para o R17, nesses meses, justificam a desigualdade dos volumes do início do ano para os meses finais analisados. Assim, a partir do mês de Abril, os valores registados traduzem melhor a realidade e pode-se concluir que há apenas uma pequena diferença nos volumes aduzidos, cerca de 7% por mês, a partir de Abril.

○ **PE023 – Outeiro**

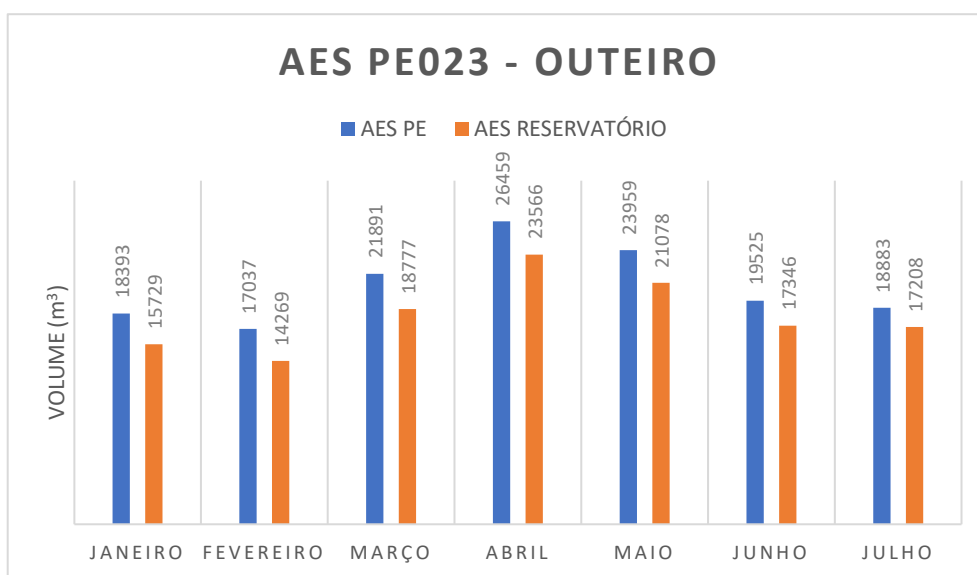


Fig. 103 - AES PE023 - Outeiro.

O PE023 é responsável unicamente pelo abastecimento do reservatório R2 – Outeiro. O volume registado no PE sofre um ligeiro aumento nos meses de Abril e Maio, esta variação depende do consumo dos clientes do sistema em baixa, assim o volume aduzido terá sempre de acompanhar a necessidade de água. Os volumes registados entre os dois pontos de leitura do volume aduzido, apresentam uma diferença aproximada de 3000 m³ por mês, que traduzem em média, por mês, menos 12,5% da água comprada.

○ **PE024 – Carvalhos**

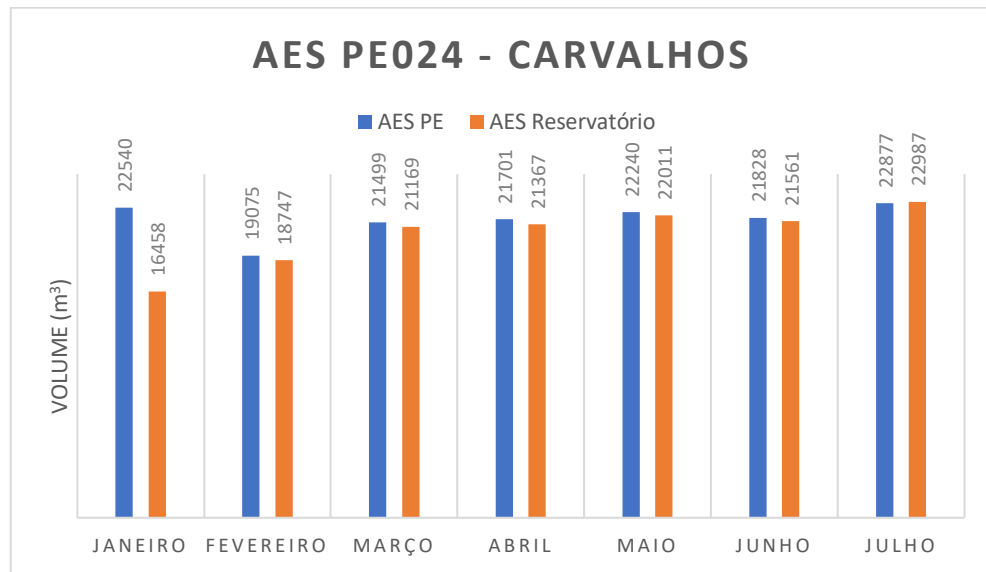


Fig. 104 - AES PE024 - Carvalhos.

Observando o gráfico que diz respeito ao PE024 - Carvalhos, que abastece apenas o R30, é de notar uma grande estabilidade no que respeita aos valores de água aduzidos, quer em volumes, quer quando analisados ao mês. A AES acompanha de forma quase perfeita os volumes registados no PE, com exceção do mês de Janeiro, que sendo uma diferença significativa pode ter-se tratado de uma fuga na conduta adutora. Apesar disso, o valor médio da diferença registada em cada mês é de 4,7%, o que se revela bastante favorável.

○ **PE025 – S. Miguel O Anjo**

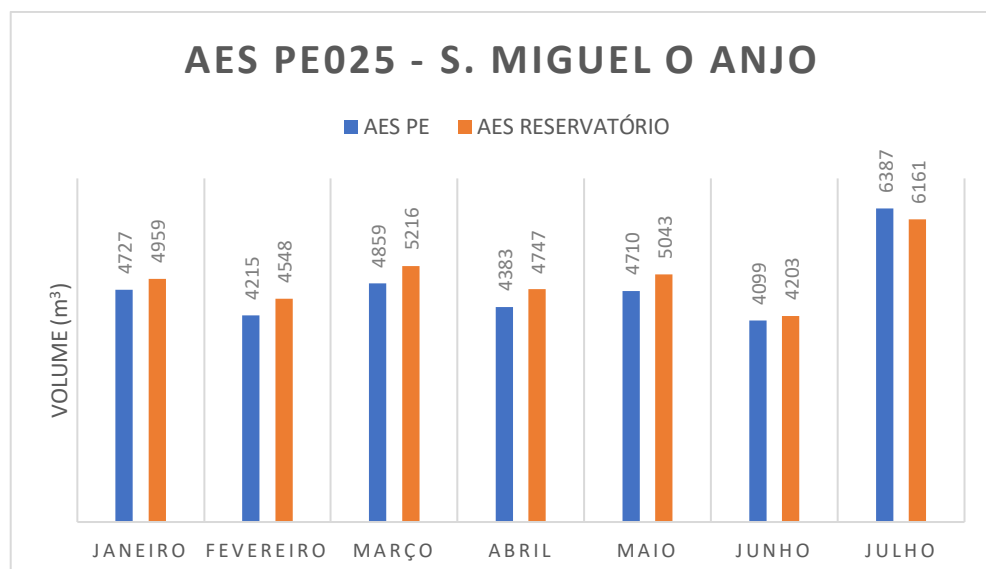


Fig. 105 - AES PE025 - S. Miguel o Anjo.

Uma vez mais, o PE025 – S. Miguel O Anjo, trata do abastecimento do reservatório R28 de forma individual, apresentando valores relativamente baixos, de volumes aduzidos, visto que o subsistema

alimentado por este reservatório é também , por sua vez, de dimensões reduzidas. No entanto, o gráfico demonstra que, os volumes de AES na entrada do reservatório é superior à água que é registada no PE, devido a erros no tratamento de dados por parte da EG, dando origem assim a tal impossibilidade.

○ **PE026 – Seada**

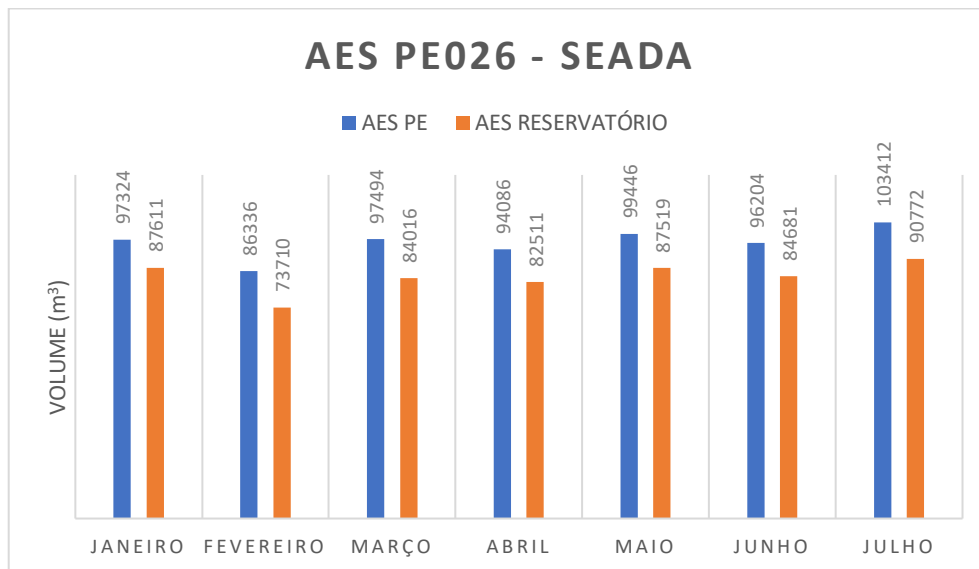


Fig. 106 - AES PE026 - Seada.

Relativamente ao PE026 – Seada , é responsável por abastecer três reservatórios e aparenta, de acordo com o gráfico, apresentar valores de diferença entre volume registado no PE e somatório da água entrada nos respetivos reservatórios, muito semelhantes ao longo dos meses. De facto, a média dessas perdas é de 12,4% por mês, havendo uma confirmação no sentido em que os valores são todos próximos do valor médio. Os volumes de cada um dos parâmetros, apresenta uma oscilação ao longo dos meses, no entanto com pouca relevância, sendo que os volumes de água registado no PE e AES, se inserem na casa dos 90.000 m³ e 80.000m³, respetivamente.

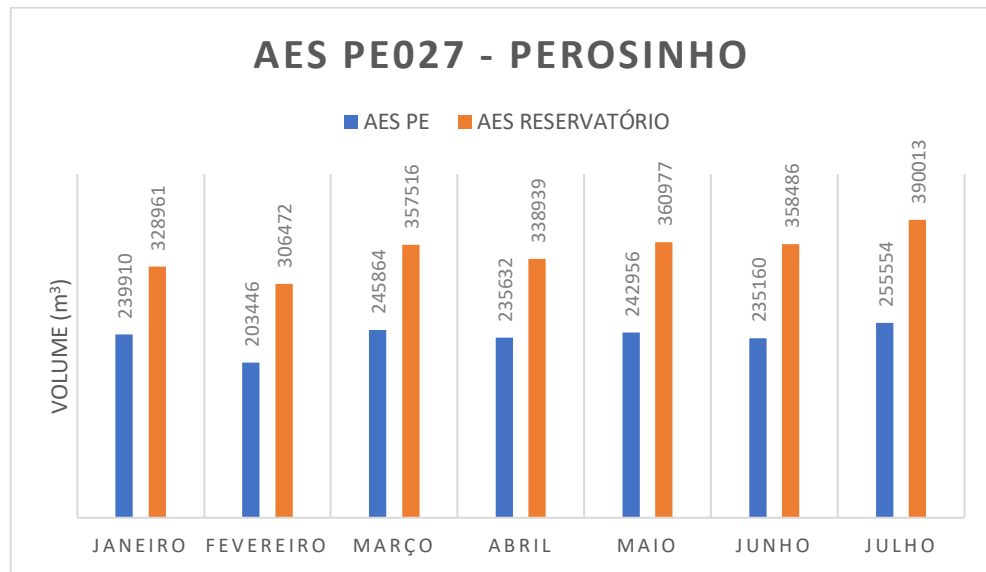
○ **PE027 – Perosinho**

Fig. 107 - AES PE027 - Perosinho.

A água aduzida através do PE027 – Perosinho, é utilizada para abastecer um grupo grande de reservatórios (10 reservatórios), quando comparado com os restantes PE. Contudo, nem sempre é fácil gerir um grupo tão vasto de reservatórios através de um só ponto, o que se pode verificar pela particularidade representada neste gráfico. Este PE apresenta volumes inferiores do que aqueles que se calculam pelo somatório de AES do grupo de reservatórios, trata-se de uma impossibilidade originada por erros no tratamento de dados por parte da EG.

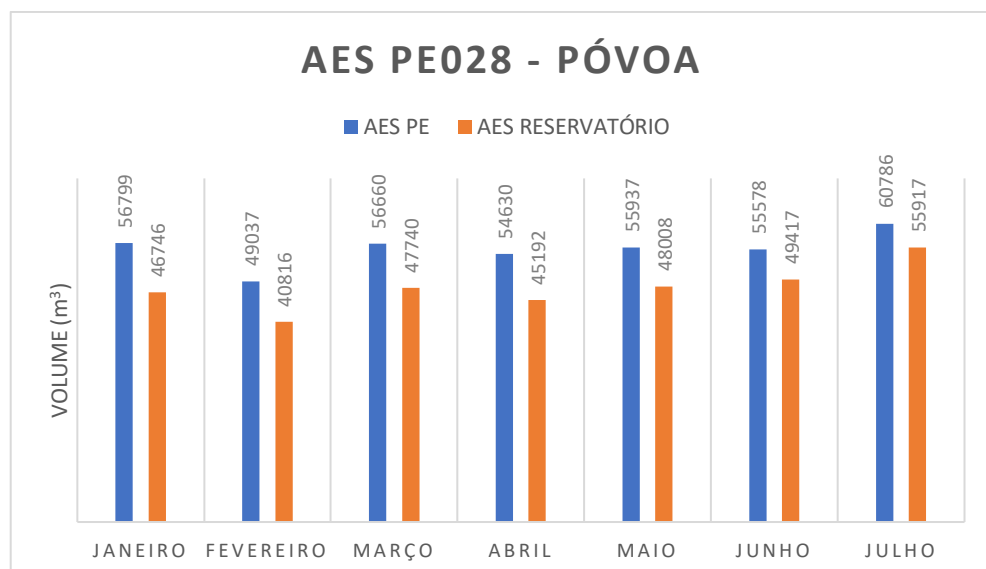
○ **PE028 – Póvoa**

Fig. 108 - AES PE028 - Póvoa.

Fazendo uma análise ao gráfico do PE028 – Póvoa, salienta-se uma estabilidade dos volumes aduzidos ao longo dos meses em estudo, os valores registados no PE mostram-se constantes em aproximadamente

55.000 m³ de água. Da perspetiva da AES nos reservatórios associados, observa-se uma diminuição na diferença entre os dois volumes ao longo dos meses analisados, começando, em Janeiro, com 17,7% de perdas de água entre os dois pontos de leitura e em Julho, apenas 8%, calculou-se assim uma média mensal de 14,5%.

○ **PE060 – Olival Gaia**

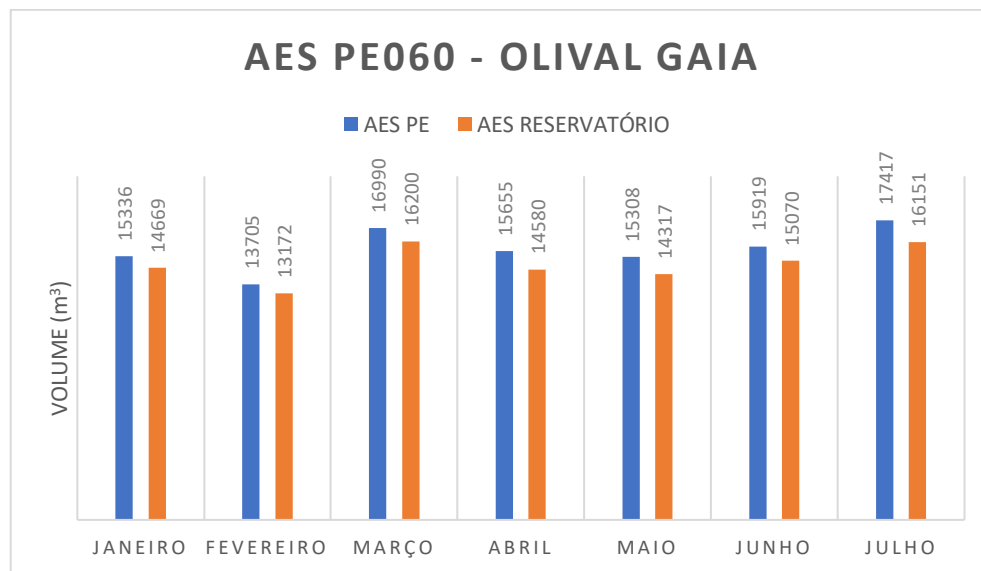


Fig. 109 - AES PE060 - Olival Gaia.

O PE060 , volta a apresentar volumes mais reduzidos de água aduzidos, visto que abastece apenas o R29, do subsistema de Olival. Os volumes medidos no PE apresentam uma variação entre o máximo (Julho, mês de Verão que habitualmente regista maior consumo de água) e mínimo (Fevereiro, mês de Inverno) de 3712 m³ de água importado. De acordo com os dados de AES no reservatório, pode observar-se que evolui com uma dependência uniforme em relação aos registos efetuados no PE. Assim, a média da diferença entre os volumes medidos é de 5,5%, um valor bastante positivo, comparativamente aos restantes.

○ **PE065 – Cabeço e Loureiro**

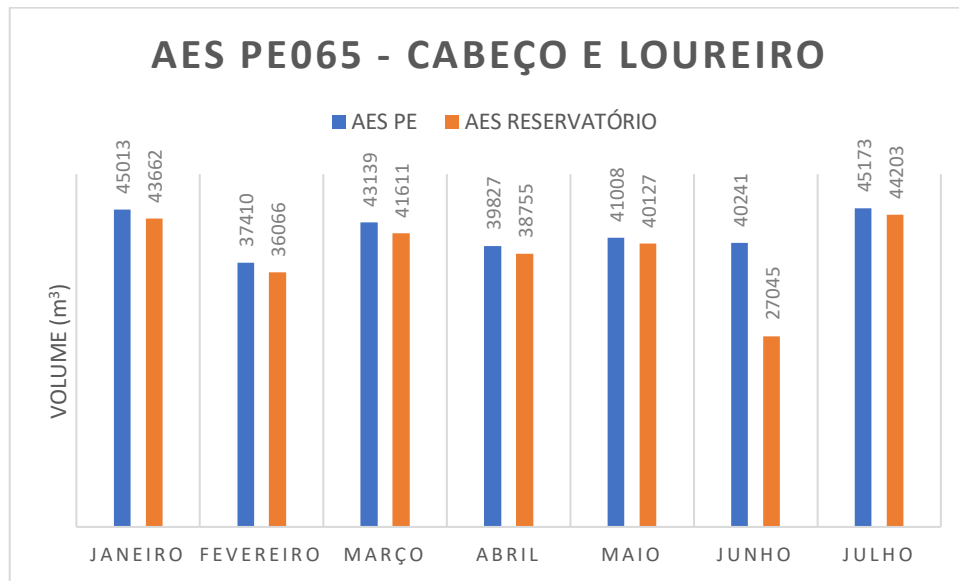


Fig. 110 - AES PE065 - Cabeço e Loureiro.

Por último o PE065, responsável pelo abastecimento dos reservatórios R32 e R33, subsistemas de Loureiro e Cabeço, respetivamente, apresenta uma variação pouco significativa das medições pelo contador do PE, com um mínimo de 37.410m^3 e um máximo de 45.173m^3 , nos meses avaliados. Relativamente aos registos de AES no somatório dos dois reservatórios abastecidos pelo PE065, conclui-se que as perdas de água entre as duas medições são quase inexistentes. No entanto, observa-se uma exceção no bom desempenho quanto a este parâmetro, registada no mês de Junho. Este mês apresenta uma diferença desfasada da tendência habitual ao longo dos restantes meses, avaliada em 32,8% de perdas de água, provavelmente manifestada por uma possível fuga ou rotura na rede adutora, que como já foi referido, estas são responsáveis por perdas de grandes volumes de água. Apesar de um valor muito deslocado do normal, a média das diferenças entre as duas zonas de medição é de 7,1% por mês, do total registado no PE.

Compreende-se com esta análise que os volumes registados pelos medidores de caudal nos PE, quando comparados com os volumes de AES dos reservatórios por eles abastecidos, apresentam diferenças pouco acentuadas quando em percentagem do total registado por PE, no entanto representam um grande volume de água, pelo que devem ser avaliadas com a maior das considerações.

Posto isto, transparecem assim dois aspetos importantes no âmbito do sistema de adução. Por um lado, as perdas de água são geralmente reduzidas, uma vez que, sendo condutas de grandes dimensões, as fugas são facilmente detetadas pelos operadores, com a possibilidade de, em casos extremos, serem facilmente visíveis, por qualquer cidadão. Por esta razão, são alvo de uma intervenção imediata, a operação de reparações deste tipo, devem ser realizadas com a máxima urgência, devido aos volumes desmedidos que são perdidos em caso de uma rotura. Assim este é um problema pouco frequente, mas que causa um grande impacto a nível de perdas de água e operação rápida por parte da EG.

Em contrapartida, pode acrescentar-se outro ponto nesta análise e concluir também que, as diferenças nos volumes estudados, nem sempre resultam de perdas reais, por vezes, grande parte desta diferença resulta de erros de medição, bem como de erros no tratamento de dados, erros esses, derivados do intimidante desafio de gerir um SAA tão extenso e ter responsabilidade de numerosos volumes, que requerem um tratamento e organização minuciosos.

6

CASO DE ESTUDO: TELECONTAGEM QUINTA DA BELA VISTA

6.1. ENQUADRAMENTO

As Águas de Gaia, EM, SA. , tem realizado uma gestão que visa em melhorar o seu serviço optando por investir em estratégias, muitas das vezes, pioneiras em Portugal. De entre tantas medidas adotadas para garantir o sucesso no setor, a empresa tem optado pela redução de erros associados ao sistema de faturação, para isso um dos objetivos é reduzir o volume de ANF a partir do funcionamento preciso dos contadores, visto que estes são fundamentais na faturação da água fornecida aos clientes. A EG pretende certificar-se que os contadores funcionam corretamente, sem erros significativos de medição na contagem, que como consequência, diminuem as receitas. Assim, são selecionadas zonas piloto para a implementação de um sistema de telecontagem, para que seja monitorizado e controlado a gestão dessa zona e avaliadas as condições para a implementação, numa percentagem cada vez maior do SAA.

A medição zonada, representada na Fig. 111, é uma técnica capaz de controlar caudais e facilita o trabalho de controlo de perdas de água, é necessária uma divisão estratégica da rede de distribuição em zonas bem identificadas, de contornos fixos, com o controlo das entradas e saídas de água, através de medição de caudais, que permite obter informação pormenorizada sobre o BH, bem como comportamento dos consumos. A esta monitorização de caudais por zona, dá-se o nome de Zona de Medição e Controlo (ZMC), é uma técnica de sucesso, uma vez que os custos associados e pouca eficácia de resultados na deteção de fugas por toda a rede não justificavam tal investimento, este sistema permite uma monitorização do caudal da rede por zonas, sendo mais acessível analisar os dados e por sua vez, uma localização de fugas consideravelmente mais rápida e eficaz. Todas estas vantagens permitem mais rapidez na identificação e resolução de problemas, que se traduzem num aumento da qualidade de gestão por parte da EG.

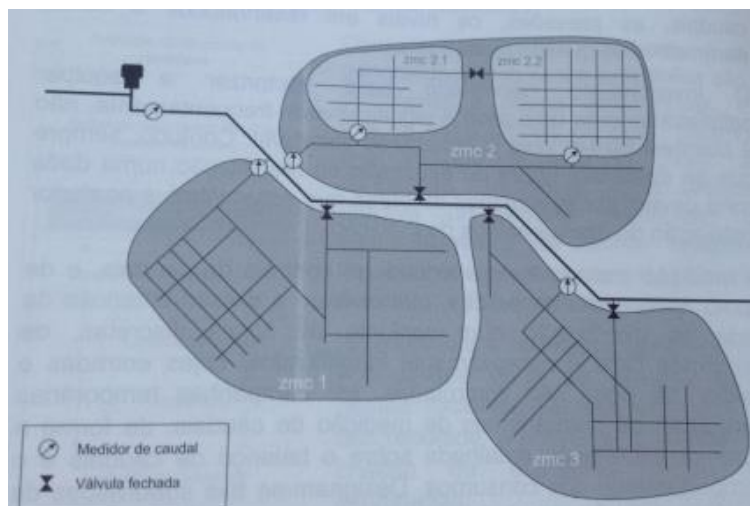


Fig. 111 - Divisão da rede em ZMC.

6.2. SISTEMA DE TELEMETRIA

Para qualquer EG, é uma vantagem com enorme peso, dispor de um sistema de leitura correta de consumos domésticos, fundamental para uma próspera gestão económica e técnica. Tendo em vista esse objetivo, os sistemas de telemetria são, nos dias de hoje, uma tecnologia bastante atrativa.

A telemetria permite, não só a recolha de um modo automático dos dados de consumo, registados pelos contadores implementados a cada cliente, como ainda transferi-los e armazená-los numa base de dados central, que pode ser interna ou externa à EG, para efeitos de faturação, ou outras aplicações de engenharia.

A implementação de sistemas de telemetria, oferece um vasto leque de possibilidades à EG, destacando-se, a capacidade de leituras com maior frequência e mais rigorosas, não existindo a necessidade de recorrer a estimativas de consumo, garantindo uma faturação mais eficiente e consequentemente, maior satisfação da parte dos clientes. É concedida à EG informação relevante para um gestão favorável, tais como, alertas de fugas, ou consumos fraudulentos, que podem vir a ser alvo de novos investimentos com grande potencial de retorno, através de melhorias na faturação, consumos, uso eficiente de água. Esta é uma tecnologia que não permite apenas avaliar o sistema de faturação e a gestão de clientes, uma vez que a informação obtida, pode e deve ter uma vertente técnica, permitindo melhorias na gestão do parque de contadores, planeamento e dimensionamento de eventuais expansões da rede, e ainda na manutenção da rede existente, por meio de auditorias de perdas de água e controlo de perdas reais.

Este sistema é habitualmente composto, de uma forma generalizada, pelas seguintes unidades essenciais:

- **Unidade Local:** responsável pela leitura, registo e transmissão de dados, composta pelo contador-totalizador, pelo emissor de impulsos e pelo módulo de comunicação remota, *Remote Terminal Unit* (RTU);
- **Unidade Intermédia:** designa-se por concentrador, com a função de receber as leituras de um conjunto de contadores, armazená-las e transmiti-las para a unidade remota de recolha e processamento de dados;
- **Sistema de Comunicações:** encontra-se subdividido em duas partes, a primeira faz a comunicação entre a unidade local e o concentrador. A segunda parte, dá seguimento à

informação, fazendo a comunicação entre o concentrador e a unidade remota de recolha e processamento de dados e pode utilizar múltiplas redes de comunicação;

- **Unidade Remota:** trata da recolha e processamento de dados de consumo, esta pode estar integrada no sistema de faturação e de gestão de clientes da EG;

A Fig. 112 pretende dar a conhecer de forma simplificada, recorrendo a um esquema, o funcionamento de um sistema de telemetria, bem como evidenciar as diferentes unidades constituintes:



Fig. 112 - Principais componentes de um sistema de telemetria.

Quanto ao sistema de comunicações, observa-se que a rede sem fios é uma alternativa às comunicações por cabo. Sabe-se que, um dos tipos de comunicação mais utilizada é via rádio, sendo que, a única exigência desta abordagem é que o contador esteja a uma distância relativamente próxima do concentrador, de modo a permitir a transmissão de dados. A possibilidade de um sistema sem cabos, torna a instalação e também a manutenção economicamente mais rentável, quando comparada à utilização via cabo, com a possibilidade de cobertura de áreas extensas e distâncias significativas entre os contadores. Em contrapartida, a comunicação via rádio está sujeita a interferências, causadas por diversas razões, nomeadamente, elementos metálicos, aparelhos eletrónicos, obstáculos físicos e até mesmo condições atmosféricas, que podem diminuir o correto funcionamento do sistema. A comunicação via rádio pode assumir várias configurações. Relativamente à comunicação individual de cada um dos contadores ao concentrador, tem a imposição de que todos os contadores se encontrem suficientemente perto dos concentradores, para que a transmissão dos dados seja adequada.

Na tentativa de ultrapassar esta limitação, está, atualmente disponível no mercado, um novo sistema de rádio capaz de fazer ligação de todas as unidades locais ao concentrador, através de um sistema de comunicação em malha, rede *mesh* (Fig. 113). Assim, a comunicação entre contadores dispersos e o concentrador é feita com o apoio de repetidores, que fazem a retransmissão do sinal, ou utilizando módulos rádio, acoplados aos próprios contadores. Este inovador sistema de telemetria, *meshing*, com a comunicação em malha, revela-se muito útil para a resolução do problema das distâncias entre as unidades locais ao concentrador e tem ainda outras possibilidades, que o tornam um sistema competente e versátil na resolução de problemas, que por vezes não se podem prever. Por exemplo, o sistema oferece

a possibilidade de reconfigurar o “roteiro” de comunicação se o “roteiro” normal estiver interrompido. As frequências de transmissão variam entre os 400 e 900 MHz, de igual modo, também a distância entre comunicações pode variar entre 20 e 50 m, se os contadores estiverem no interior de edifícios, ou entre 100 e 300 m, para contadores que se localizem no exterior. Quanto às baterias deste módulos de comunicação remota, tem uma durabilidade de, aproximadamente, 10 anos, sendo que existe uma relação entre a vida útil das baterias e a frequência entre leituras de consumos.

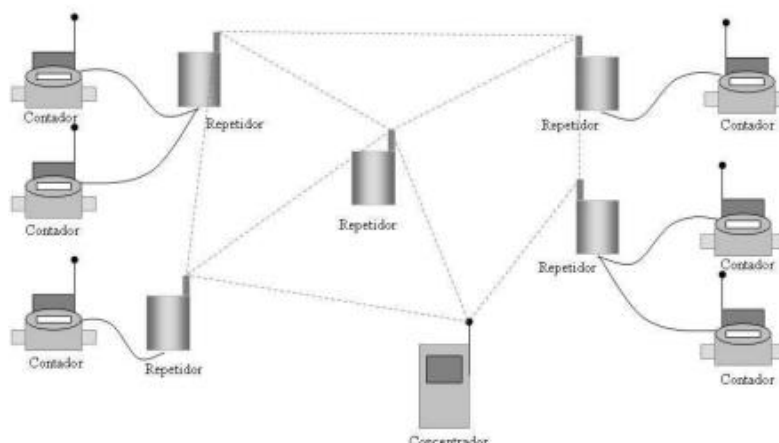


Fig. 113 - Sistema de comunicação em malha por rádio frequência (rede mesh).

Ainda assim, a implementação deste tipo de tecnologia, vem desencadear importantes desafios às EG, que inicialmente surgem com a necessidade de formar os técnicos e operadores responsáveis pelas leituras e manutenção destes equipamentos.

6.3. QUINTA DA BELA VISTA

As Águas de Gaia, EM, SA, tendo em vista uma melhoria contínua no serviço prestado e investindo no progresso e inovação para que a gestão acompanhe as novas tecnologias, iniciou em 2021, a implementação de telecontagem. Trata-se de um projeto de telemetria com contadores inteligentes, para registo e leitura dos consumos de clientes domésticos, a implementar em duas zonas piloto, Quinta da Bela Vista, já em funcionamento, e Afurada, ainda em confirmação, definidas pelas características diversas relativas à localização de contadores.

Esta nova tecnologia, permite tornar o sistema mais eficiente, eliminando erros de leitura, mas também uma redução dos custos envolvidos nas leituras no local e faturação por estimativa. Além das vantagens assinaladas anteriormente, o uso de contadores inteligentes, permite uma deteção de consumos ilícitos eficaz, também uma deteção de fugas impercetíveis aos clientes e ainda de fugas não visíveis existentes nos arruamentos da zona, contribuindo para uma poupança efetiva de consumos e perdas de água, que se refletem na faturação.

Deste modo, foram implementados na zona referida 713 contadores monitorizados, com os dados confirmados desde o dia 1 de Agosto de 2021.

Este sistema permite a realização de um BH em tempo real, ou seja, obter a cada momento, mas também para um determinado período de tempo, o volume de AES, do consumo e as perdas associadas a esses valores.

Assim, é possível ter acesso a um registo a cada 15 minutos, o que permite criar uma evolução ao longo do tempo, daqueles que são os valores medidos, como se pode observar na Fig. 114, que diz respeito a

dados reais do mês de Agosto, ou seja, dados pioneiros deste investimento piloto, que demonstra um grande potencial e continuará a ser implementado pelas Águas de Gaia, EM,SA.

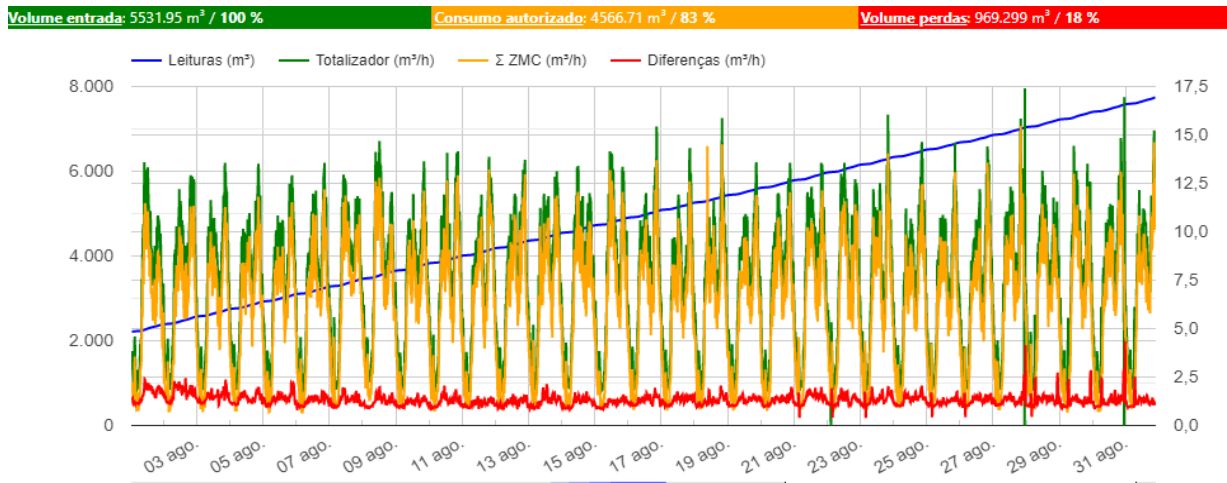


Fig. 114 - Registo da telecontagem implementado na Quinta da Bela Vista (Águas de Gaia, 2021).

Fazendo uma análise ao registo apresentado na figura, tem-se acesso a quatro parâmetros diferentes.

As “Leituras” (azul), apresenta um aumento praticamente constante da AES, em m^3 , na zona em estudo, ou seja, a água que chega para o abastecimento não sofre grandes alterações de dia para dia, ao longo do mês.

Legendado como “Totalizador” (verde), pode observar-se o gráfico do caudal registado pelo contador da AES, em m^3/h , este apresenta uma variação periódica (diária).

Tal como seria de esperar, o gráfico (amarelo) do caudal registado pelo somatório dos contadores na área monitorizada, em m^3/h , acompanha, obviamente, o caudal da AES, isto é, havendo uma solicitação de água dos consumidores, além de registada no contador do cliente, passou anteriormente no contador da AES. Como foi verificado acima, estes dois gráficos seguem um padrão idêntico todos os dias, mesmo que com volumes um pouco diferentes, o volume de AES é ligeiramente superior ao volume do Consumo Autorizado. Este padrão deve-se à utilização típica diária de água, de manhã inicia-se o consumo de água que tende a abrandar até ao fim da manhã e atinge um pico à hora de almoço, de seguida, o consumo vai abrandar significativamente, mas uma vez mais, pela hora de jantar é atingido um segundo pico diário, o que leva a concluir que as horas das refeições são as que registam maiores consumos de água, no caso dos clientes domésticos. Quanto aos consumos mínimos são registados durante a noite, visto que a solicitação de água pode ser, em muitos casos, inexistente. Este é um padrão típico dos clientes domésticos, sendo que outros tipos de clientes, têm variações de consumos diferentes deste, no entanto, podem também ser semelhantes entre a mesma tipologia.

Assim, segundo a teoria, estes dois gráficos deveriam estar sobrepostos, contudo, o quarto e último parâmetro representado na figura, mostra o gráfico (vermelho) do registo relativo à diferença entre o caudal da AES e o somatório dos contadores, em m^3/h . Esta diferença é composta por toda a água que não passa nos contadores dos clientes, ou seja, água que não é faturada. Tipicamente, este volume de ANF é composta de forma muito simplificada, como visto no segundo capítulo, por perdas de água ou utilização de água com consumo autorizado mas não faturado.

De acordo com os dados registados pela telecontagem, pode fazer-se uma análise aos volumes totais de AES na zona da Bela Vista.

A figura seguinte pretende demonstrar isso mesmo, de forma gráfica:

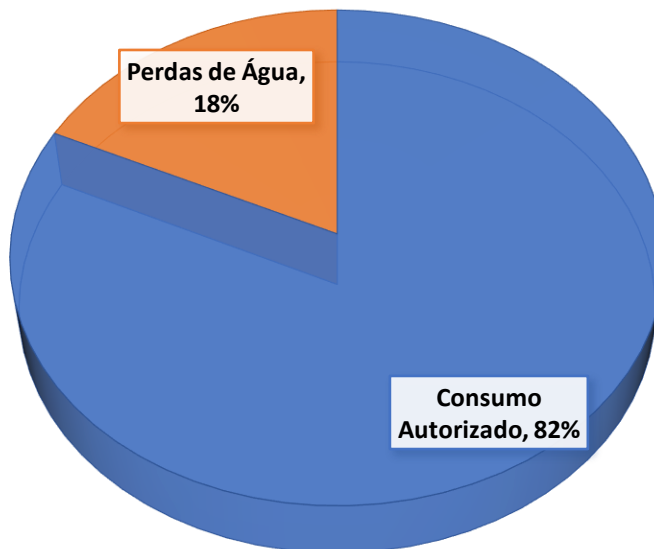


Fig. 115 - Decomposição da AES (Bela Vista, Agosto 2021).

No mês em estudo, a AES registada na Quinta da Bela Vista, utilizando o sistema de telecontagem, foi de 5532 m³, sendo que o volume se divide nas duas componentes referidas, consumo autorizado, que passa pelos contadores inteligentes instalados para medição do consumo doméstico, que representa 82% do volume total, que corresponde a 4567 m³. O restante, 18% da AES, trata-se da diferença entre a AES e o consumo contabilizado, isto é, perdas de água, com um volume de 969 m³. Contudo, é errado assumir que todo este volume são perdas de água, quer isto dizer que, os 18% não são por inteiro perdas de água, parte deste volume corresponde, eventualmente, a regas de jardins e outros espaços verdes pela Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia, como também a lavagens de arruamentos efetuados pela SUMA, SA., sendo que estas atividades utilizam água distribuída pela empresa Águas de Gaia, cujo valor não é registado, contudo, o volume deve ser estimado recorrendo aos indicadores da IWA, para efeitos do BH anual efetuado pela empresa.

Conhecidos estes valores, podem ser estudados vários aspetos que podem influenciar não só os custos de instalação e substituição de equipamento, mas também necessários para o correto dimensionamento da rede.

Exemplificando, sabendo que existem 713 contadores inteligentes responsáveis pela medição do consumo doméstico na zona da Bela Vista, pode fazer-se uma análise ao volume médio registado por contador, ou seja, se o volume fosse dividido uniformemente por todos os contadores instalados. Assim:

- Volume médio de Consumo Autorizado mensal por contador:

$$\frac{4567 \text{ (Consumo Autorizado)}}{713 \text{ (nº de contadores)}} = 6,4 \text{ m}^3/\text{mês/contador}$$

- Volume médio de Perdas de Água mensal não registado por contador:

$$\frac{969 \text{ (Perdas de Água)}}{713 \text{ (nº de contadores)}} = 1,4 \text{ m}^3/\text{mês/contador}$$

Conclui-se que, durante o mês de Agosto, cada contador foi responsável por registar em média, 6,4 m³ de água, sendo que, se não existisse qualquer tipo de perdas de água, e todo o volume de AES acabasse por ser utilizado pelos clientes, cada contador registava, em média, mais 1,4 m³ de água, um total de 7,8 m³ de água por contador, unicamente se o consumo de todos os clientes fosse exatamente o mesmo, visto que se trata de um volume médio.

Do mesmo modo, pode também calcular-se o volume médio diário de cada um dos parâmetros que constituem o sistema de telecontagem, para isso, faz-se simplesmente o seguinte:

$$\text{AES média diária} = \frac{5532 \text{ m}^3 \text{ (AES total)}}{31 \text{ (dias)}} = 178 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$\text{Consumo Autorizado médio diário} = \frac{4567 \text{ m}^3 \text{ (Consumo Autorizado)}}{31 \text{ (dias)}} = 147 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$\text{Perdas de Água média diária} = \frac{969 \text{ m}^3 \text{ (Perdas de Água)}}{31 \text{ (dias)}} = 31 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Observando novamente a Fig. 114, é de salientar que o gráfico correspondente à diferença entre a AES e Consumo Autorizado, nos últimos dias do mês foram registados valores que atingiram os 10 m³/h, significativamente mais elevado do que o habitual comparativamente ao início do mês, evidenciando a presença de fugas ou roturas na rede. De modo a diminuir ao máximo as diferenças entre a AES e o Consumo Autorizado registado nos contadores, e localizar, o mais rapidamente possível, o local da perda de água, é verificada toda a zona da Bela Vista com recurso a um sistema de geofone.

O geofone (Fig. 116) é um instrumento acústico de grande importância para o controlo ativo de perdas, com o auxílio deste equipamento existe a capacidade de detetar e localizar uma fuga, a partir do som emitido pela água a ser libertada pela conduta em pressão. Embora seja um instrumento muito útil, os operadores que utilizam estes aparelhos devem conhecer todas as suas funcionalidades, para que seja maximizado o seu uso.



Figura 116 - Equipamento de deteção acústica: sistema de geofone - amplificador (esquerda) e sonda (direita).

De modo a fazer uma interpretação da capacidade de faturação na zona da Bela Vista, para que seja realizada uma estimativa daquele que será o volume de ANF, bem como da sua evolução num determinado período de tempo, realizou-se o gráfico da figura seguinte, onde se pode observar o comportamento da ANF, calculada para cada dia, desde que foi implementado o sistema de telecontagem.

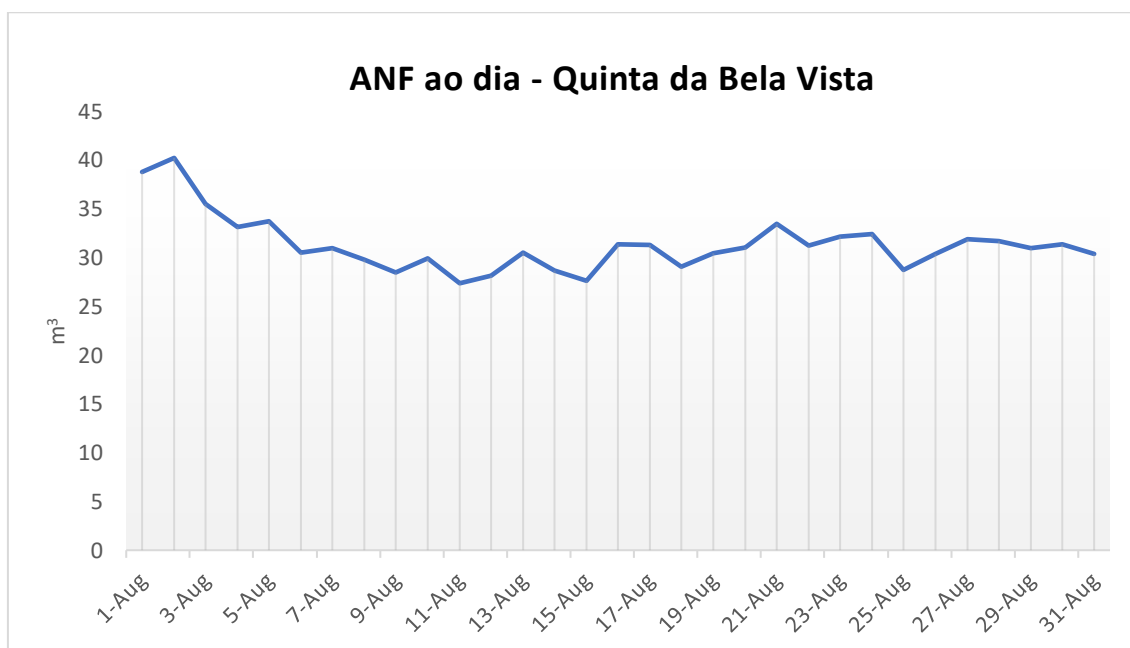


Fig. 117 - Evolução da ANF por dia, durante o mês de Agosto.

De acordo com a análise feita à ANF por dia, calculou-se um valor de ANF médio diário de 31 m^3 , sendo que o valor máximo foi registado logo no segundo dia do mês, um volume de ANF igual a 40 m^3 , da mesma forma, verificou-se que o dia com o menor volume não faturado foi dia 11 de Agosto, ao qual corresponde um valor de 27 m^3 . Assim, o valor de ANF diário, tem uma amplitude máxima de 13 m^3 , isto corresponde a uma oscilação de, aproximadamente, 41% do volume médio. Esta oscilação deve-se à reunião de dois parâmetros, por um lado, às diferenças de dia para dia, do consumo de água não faturado, como rega e lavagens por parte da Câmara Municipal e empresas competentes, por outro, a um consumo autorizado maior ou menor, que como já se verificou, tem uma relação direta com o volume

de perdas de água. Contudo, é muito provável que nos primeiros dias tenham sido efetuadas algumas reparações em locais de perdas de água, visto que, o volume diminui nos primeiros dias e estabiliza-se em valores menores, de forma mais ou menos constante.

Para o caudal mínimo noturno (CMN), foi realizada uma análise semelhante, tal como para a ANF, foi identificado o CMN em cada dia, do presente registo de telecontagem, este caudal por ser observado no sistema de medição, habitualmente entre as 2h e as 5h, o comportamento ao dia pode ser observado na Fig. 118.

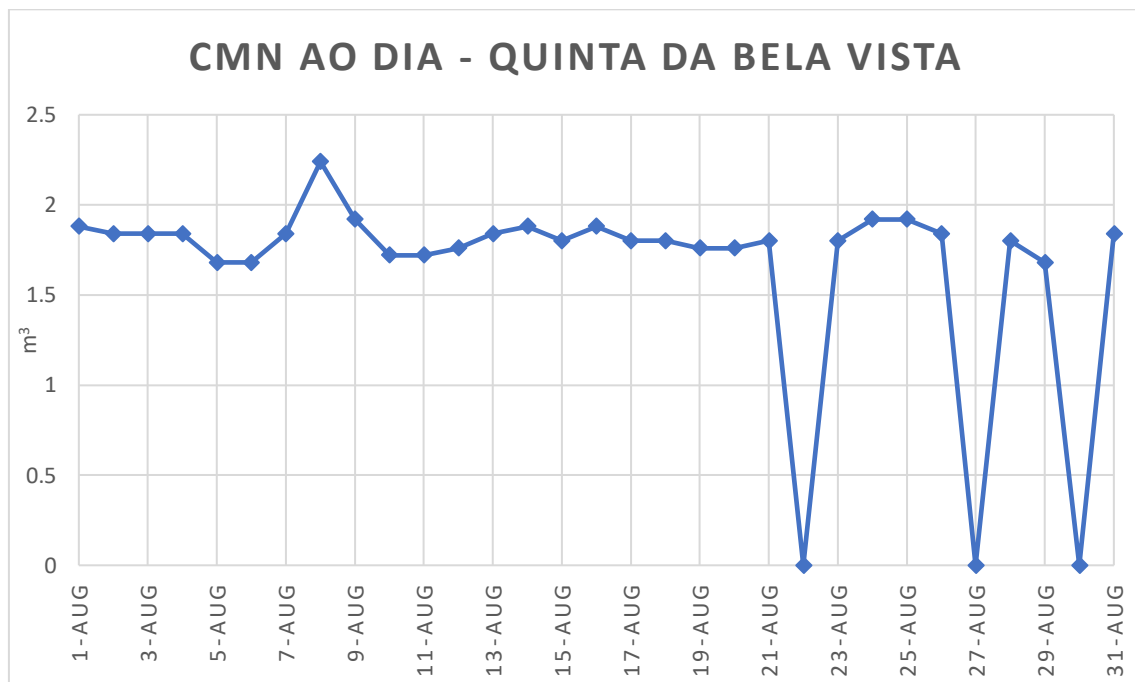


Fig. 118 - Evolução do CMN diário, ao longo do mês de Agosto.

Depois da manipulação dos dados registados pelos contadores inteligentes, foi capaz de se calcular o CMN diário médio, que corresponde a um caudal aproximado de $1,6 \text{ m}^3/\text{h}$, sendo que este valor está equivocado, mesmo que ligeiramente, devido aos caudais iguais a $0 \text{ m}^3/\text{h}$, registados em três dias distintos. O caudal que se observa nesses três dias, está provavelmente associado a um corte no abastecimento. Assim, o menor valor de caudal é, tal como referido, $0 \text{ m}^3/\text{h}$, mas excluindo esses três registos, o menor valor corresponde a um caudal de $1,7 \text{ m}^3/\text{h}$, nos dias 5, 6 e 29 de Agosto. Quanto ao CMN máximo, observa-se no dia 8 de Agosto, com um valor de $2,2 \text{ m}^3/\text{h}$.

A análise do CMN tem grande importância, pois a partir destes valores, permitem que a EG determine o valor de perdas que podem ser recuperadas, bem como avaliar o nível de perdas existente, possibilitando também averiguar se o investimento para a redução das perdas existentes terá um retorno significativo, que justifique a intervenção necessária.

Para uma visão mais detalhada da variação dos registos efetuados com o sistema da telecontagem, é possível restringir o gráfico da Fig. 114, ao intervalo de tempo que se pretende analisar, sendo que assim, também os parâmetros de na parte superior da figura, totais de volume entrado no sistema, volume de consumo autorizado e ainda volume de perdas, são relativos ao intervalo de tempo em questão.

A figura seguinte, trata-se uma vez mais, dos dados da telecontagem, no entanto, como referido acima, quando o objetivo é estudar um certo período de tempo, seleciona-se esse intervalo de tempo, neste caso, os registos têm duração de uma semana, dizem respeito aos valores do dia 15 a 22 de Agosto de 2021.

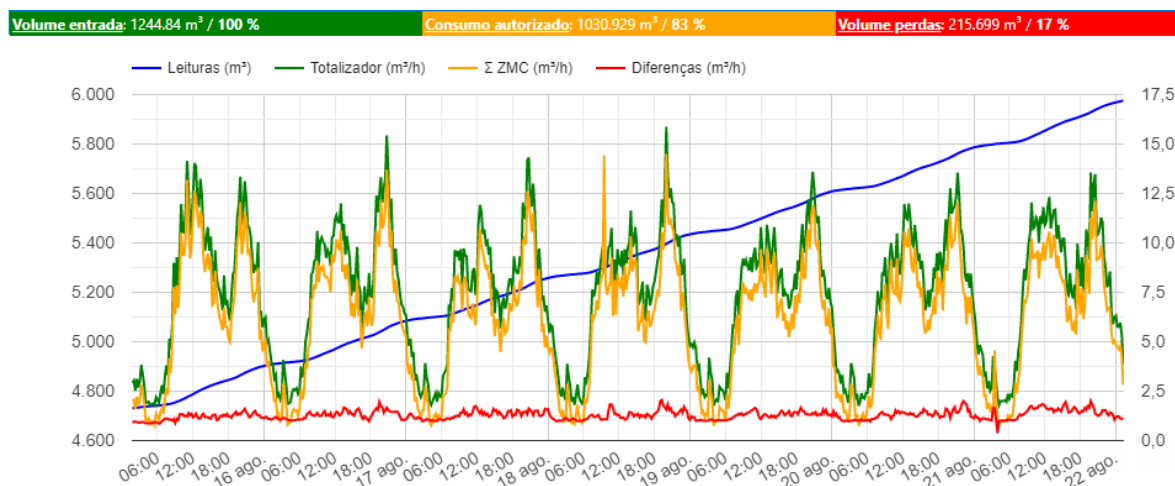


Fig. 119 - Registo da telecontagem na Quinta da Bela Vista, 15 a 22 de Agosto (Águas de Gaia, 2021).

Observa-se um comportamento idêntico ao registado durante todo o mês, quer isto dizer que, esta semana corresponde ao comportamento típico dos consumos da zona da Bela Vista, de tal modo que o volume do consumo autorizado e o volume de perdas correspondem, respetivamente, a 83% e 17%, ou seja, praticamente a mesma percentagem quando comparada com o total do mês. Estas percentagens traduzem volumes de AES de 1245 m³, consumo autorizado igual a 1031 m³ e finalmente, um volume de perdas de 216 m³.

De notar que, o gráfico responsável pelas diferenças entre AES e consumo autorizado, onde estão evidenciadas as perdas de água, tem tendência a aumentar ligeiramente quando a solicitação de água pelos utilizadores é maior, ou seja, quando o consumo é maior, maiores são as perdas de água, conclui-se assim que, há uma relação entre o caudal do consumo autorizado e o caudal de perdas. Da mesma forma, durante o horário noturno, quando o caudal de consumo é mínimo, o caudal de perdas, é habitualmente menor. Contudo, como visto anteriormente, o caudal de perdas não se resume apenas a perdas de água em si, mas também a utilizações pontuais cujos consumos não são registados, assim esta é uma análise que pode, em certos momentos, não corresponder ao padrão esperado.

Relativamente à linha do gráfico que representa o acumular de leituras (m³) dos consumos por parte dos clientes, pode observar-se que aumenta de acordo com o consumo autorizado, tal como é de esperar. A cada um destes aumentos, provenientes da utilização de água ao longo do dia, seguem-se curtos espaços em que o gráfico se mantém constante, normalmente, quando se tratam de clientes domésticos, tem a duração equivalente ao período noturno em que não há consumos significativos de água. Desta forma, o gráfico do acumular das leituras é crescente ao longo do tempo, mas vai sendo intercalado com curtos períodos de estagnação, onde o volume registado é praticamente nulo e sem flutuações.

Numa outra perspetiva, o sistema de telecontagem, oferece ainda a possibilidade de que a monitorização seja feita a cada um dos seus clientes, isto é, a cada contador em separado. É, sem dúvida mais uma vantagem, uma vez que permite criar a evolução de cada cliente, e que esta seja comparada com os consumos dos restantes utilizadores da rede. Desta forma, há uma certa facilidade, na deteção não só de fugas não visíveis, como também de consumos ilícitos, sempre que existir uma variação atípica no consumo, para caudais maiores ou menores, de acordo com o problema detetado.

A figura seguinte permite conhecer o aspeto da evolução, ao longo de uma semana, do consumo de um cliente pertencente à zona da Quinta da Bela Vista.

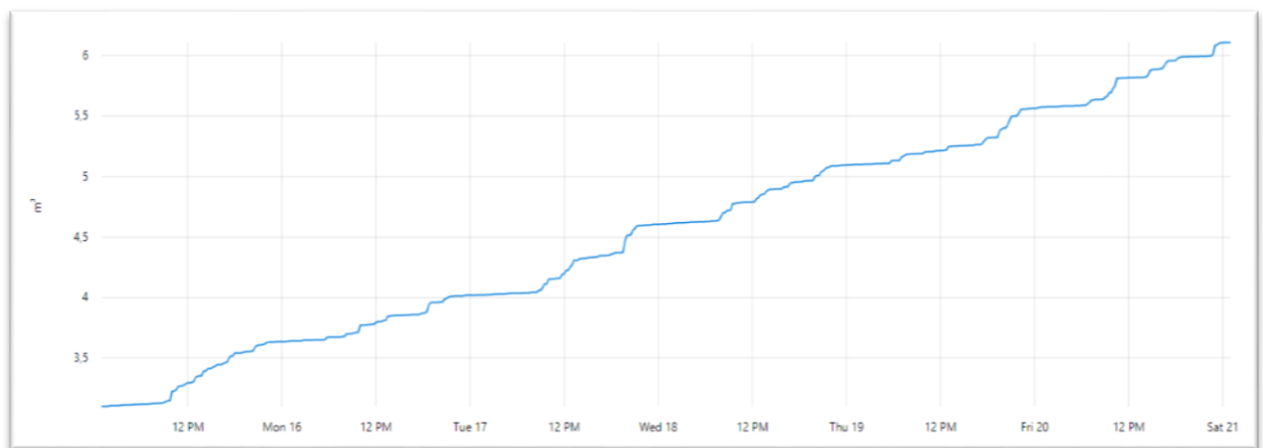


Fig. 120 - Exemplo de consumo totalizado de um cliente (Águas de Gaia, 2021).

Uma vez mais, através do gráfico do consumo de apenas um cliente (Fig. 120), é bastante mais fácil compreender a distinção entre o consumo registado durante o dia e durante a noite. Definitivamente, há um aumento do do volume, que se inicia por volta das 10h e que se prolonga até cerca das 22h (hora estimada a partir da leitura do gráfico), com maior ou menor caudal, que depende da utilização do consumidor. Este aumento está representado pelos trechos crescentes do gráfico em questão. A separar esses aumentos, encontram-se nitidamente períodos, aproximadamente entre as 22h e as 10h, que traduzem o horário noturno, onde não existe solicitação de água, sendo por isso a sua representação gráfica uma linha praticamente horizontal, criando assim uma zona de “patamar” no gráfico. A interpretação do gráfico durante o período noturno é de extrema importância na identificação de perdas de água, visto que, assumindo que não existe consumo por parte dos clientes, o caudal de consumo deveria ser, do ponto de vista teórico, igual a zero. No entanto, existem sempre, independentemente da qualidade do SAA e respetiva gestão, um volume de perdas associado.

Ainda pela interpretação do gráfico da Fig. 120, pode ler-se um valor de consumo diário deste cliente, que oscilou durante a semana entre valores aproximados de $0,4 \text{ m}^3/\text{dia}$ a $0,6 \text{ m}^3/\text{dia}$.

De um ponto de vista geral, espera-se que os valores registados de qualquer um dos parâmetros analisados, venha a diminuir nos próximos meses, sendo que o mês de Agosto, sendo um mês de Verão, é habitualmente um mês com elevados consumos de água, associados a atividades sazonais características, assim a tendência será de descida ao longo dos próximos meses.

Conclui-se assim, que o sistema inovador implementado na Quinta da Bela Vista, é evidentemente, produtivo do ponto de vista de gerar bons resultados, trata-se por isso de um investimento que oferece um retorno com grande potencial, que deverá ser implementado em tantas zonas quanto possível.

7

CONCLUSÃO

As perdas de água são a principal causa de ineficiência de um SAA, sendo um desafio para todas as EG. Contudo, ao longo deste trabalho, conclui-se que as perdas de água podem ser geridas de forma eficaz, de forma a serem controladas e reduzidas, seguindo uma aplicação de diversas estratégias desenvolvidas para esse objetivo. Assim, devem ser adotadas medidas que sejam fundamentais para garantir progressos em quatros aspetos de importância evidente: aumento da rapidez e eficácia das reparações e deteção de fugas, melhorias na gestão da pressão, desenvolvimento e atualização de um controlo ativo de perdas e adequada gestão dos ativos da empresa.

Relativamente aos resultados obtidos, bem como através da interação da realidade da empresa, permitem assinalar algumas conclusões e recomendações para que as Águas de Gaia, EM, continuem a diminuir com grande sucesso a ANF.

A análise individual dos subsistemas, possibilitou uma verificação do desempenho de cada um, a nível da faturação, evidenciando os setores com maior urgência de intervenção, para que os valores de ANF sejam reduzidos, iniciando esse trabalho, pelos setores que apresentam maior poder de redução deste parâmetro. Foram observadas bastantes diferenças entre os subsistemas, desde número e tipologia de clientes, a volumes aduzidos e distribuídos, que requerem, indiscutivelmente, uma análise individual por parte da EG.

Salienta-se a importância de uma análise ao desempenho da EG, a realizar durante todo o ano, para que seja possível estimar valores anuais de BH, permitindo a implementação de medidas ou alterações, que venham melhorar o desempenho estimado.

A constante atualização do SIG, permite que a gestão do SAA seja efetuada com maior facilidade, sendo um apoio essencial para a setorização da rede, armazenando todos os detalhes necessários para uma avaliação individual aos subsistemas.

A tentativa permanente de melhorias no sistema de faturação, nomeadamente reduzir o número de estimativas, ou ainda conseguir leituras com tanta frequência quanto possível.

Revela-se benéfico para a EG, a divisão de toda a rede em ZMC, de modo a facilitar a gestão e garantir um maior poder de monitorização, tornando-se mais fácil aplicar medidas de controlo ativo de perdas de forma eficaz, como a deteção acústica de fugas mais localizada e uma deteção simples através da observação de registos constantes de cada zona.

A implementação do sistema de telemetria nas zonas experimentais, nomeadamente no caso analisado da Quinta da Bela Vista, mostram-se um sucesso para a EG, visto que permitem uma monitorização constante da rede. A redução de ANF pode ser efetuada de forma mais eficiente, sabendo sempre, onde

e como atuar. A continuação da implementação deste sistema, bem como a substituição de contadores, revela-se imensamente favorável, pois garantem um registo mais exato dos consumos, permitindo que uma parte considerável da ANF venha a ser faturada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Águas de Gaia, (2019). *Relatório e Contas 2019*. Águas de Gaia, EM, S.A.
- Águas de Gaia, (2020). *Relatório e Contas 2020*. Águas de Gaia, EM, S.A.
- Águas de Gaia, EM. (2021) Sítio Internet: www.aguasgaia.pt/empresas/historia; www.aguasgaia.pt/quemsomos; www.aguasgaia.pt/empresas/agua. Em Junho 2021.
- Alegre, H., Coelho, S.T., Almeida M., Vieira P. (2005). *Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR), Instituto da Água (INAG), Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). Lisboa.
- Almeida, M., Baptista, J.M., Vieira, P., Silva, A., Ribeiro, R. (2001). *O uso eficiente da água em Portugal no sector urbano: Que medidas e que estratégias de implementação? Uma gestão para o Séc. XXI*. Encontro Nacional das Entidades Gestoras. Lisboa.
- Carvalho, H. (2014). *Redução de perdas reais de água em sistemas de abastecimento de água: Definição de critérios para delimitação de zonas de medição e controlo*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em Hidráulica. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).
- Cichon, T., Królikowska, J. (2017). *Reduction of water losses through metering of water supply network districts*. Taylor e Francis Group. Londres.
- Coelho, S. T., Loureiro, D., Alegre, H. (2006). *Modelação e análise de sistemas de abastecimento de água*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR), Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).
- Comissão Especializada de Sistemas de Distribuição de Água (CESDA), (2014). *Ficha de Boas Práticas: Eficiência dos sistemas de abastecimento de água*. Tema- Balanço Hídrico. Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas (APDA).
- Cunha, S. (2017). *Redução das perdas reais num sistema de abastecimento de água: Controlo ativo de perdas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).
- Decreto Regulamentar n.º 23/95 (de 23 de Agosto). Diário da República n.º 194/95 - I Série B. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 10/2014 (de 6 de Março). Diário da República n.º 15/2014, Série I. Ministério da Administração Interna. Lisboa.
- ERSAR (2020). *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (2019): Volume 1 – Caracterização do setor de águas e resíduos*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.
- ERSAR (2021). *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (2020): Volume 1 – Caracterização do setor de águas e resíduos*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.
- ERSAR (2021b). *Relatório de Monitorização do PENSAAR 2020 – Uma nova estratégia para o setor de abastecimento de água e saneamento de águas residuais*. ERSAR.
- ERSAR. Sítio Internet: <http://www.ersar.pt/pt/setor/caracterizacao>. Em: Abril, 2021.
- Farley, M. (2001). *Leakage management and control, A best practice training manual*. World Health Organization. Genebra.

- Farley, M., Trow, S. (2003). *Losses in Water Distribution Networks*. IWA Publishing. Londres.
- Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, Z., Istandar, A., Singh, S. (2008). *The Manager's Non-Revenue Water Handbook - A Guide to Understanding Water Losses*. Ranthill Utilities Berhad e the United States Agency for International Development (USAID).
- Ferreira, J. (2017). *Redução de perdas de água: Definição dos limites de ZMC*. Dissertação de Mestrado – Especialização em Hidráulica. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).
- Gonçalves, R. (2013). *Evolução dos sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).
- Lambert, A., Brown, G., Takizawa, M., Weimer, D. (1999). *A review of performance indicators for real losses from water supply systems*. Journal of Water Supply: Research and Technology – Aqua. IWA Publishing. Londres.
- Lima, D. (2011). *Controlo de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento de Água – substituição de condutas sem abertura de vala*. 6.^{as} Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente. Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Malheiro, R. (2011). *Controlo de perdas aparentes em sistemas de abastecimento de água com utilização de telecontagem*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em Hidráulica. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).
- Marques, R. (1999). *Avaliação e gestão de empreendimentos de abastecimento de água*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra. Coimbra.
- Martins, M. (2007). *Regulação económica no sector das águas: promoção da concorrência e sustentabilidade tarifária*. Dissertação de Doutoramento em Economia. Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra (FEUC).
- Mckenzie, R., Hamilton, S. (2014). *Get back to basics with water loss management*. Water 21 Magazine. IWA Publishing. Londres.
- Medeiros, N., Loureiro, D., Mugeiro, J., Coelho, S., Branco, L. (2007). *Concepção, instalação e exploração de sistemas de telemetria domiciliária para apoio à gestão técnica de sistemas de distribuição de água*. I Conferência INSSAA – Modelação de Sistemas de Abastecimento de Água. Barcelos.
- Morrison, J., Tooms, S., Rogers, D. (2002). *District Metered Areas: Guidance Notes*. DMA Team of the IWA Water Loss Task Force, Specialty Conference. Chipre.
- Paixão, M. (1999). *Águas e esgotos em urbanizações e instalações prediais*. Orion. Alfragide
- Pato, J. (2011). *História das Políticas Públicas de Abastecimento e Saneamento de Águas em Portugal*. ERSAR. Lisboa.
- Piqueiro, F. (2019). *Escoamentos Interiores – Sob Pressão: Redes de Distribuição*. Mecânica de Fluidos II. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).
- Poças Martins, J. (2014). *Management of change in water companies - in search of sustainability and excellence*. IWA Publishing. Londres.
- Poças Martins, J. (2016). *Gestão de Perdas de Água*. Apontamentos da unidade curricular Gestão de Sistemas Ambientais, MIEA, FEUP.

- Prodanović, D. (2002). *Rational use of water as an alternative to new sources*. Predavanje, Univerzitet u Beogradu.
- Sardinha, J., Serranito, F., Donnelly A., Marmelo, V., Saraiva, P., Dias, N., Guimarães, R., Morais, D., Rocha, V.(2017). *Controlo Ativo de Perdas de Água*. Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A. (EPAL). Lisboa.
- Shklomanov, L.A.(1993). *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*. Peter H. Gleick. Nova Iorque.
- Silva, S. (2018). *Implementação de medidas de controlo de perdas de água em sistemas urbanos de abastecimento*. Dissertação de Mestrado, Especialização em Saúde Pública. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra.
- Sousa, Eduardo. (2001). *Sistemas de abastecimento de água: constituição e bases quantitativas de dimensionamento*. Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Tentúgal Valente, J., Pacheco Figueiredo, M. (2015). *Apontamentos de Hidráulica Urbana e Ambiental*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Uzcategui, J. (2017). *Redução de perdas aparentes em sistemas de abastecimento de água: Submedição dos contadores e consumos ilícitos*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).
- Valente, J. P., 2008. *Modelação Hidráulica do Comportamento de uma Fuga de Água: Mecanismos para a Sua Detecção no Caso de uma Conduta Elevatória*. Relatório de Projecto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil - Especialização em Hidráulica. FEUP. Porto.
- Valente Neves, M. (2007). *Apontamentos de Hidráulica Urbana e Ambiental*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Vilas-Boas, P. (2008). *Modelação de uma rede de distribuição de água*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em Hidráulica. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).