

MATHEUS MAGALHÃES GONÇALVES DA SILVA

**CONTROLO DE PERDAS DE ÁGUA NOS
SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA –
IMPLICAÇÕES NA SUSTENTABILIDADE SOCIO-
AMBIENTAL**

Orientador: Prof. Doutor Adelino Manuel da Silva Soares

Universidade Lusófona

Lisboa

2023

MATHEUS MAGALHÃES GONÇALVES DA SILVA

**CONTROLO DE PERDAS DE ÁGUA NOS
SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA –
IMPLICAÇÕES NA SUSTENTABILIDADE SOCIO-
AMBIENTAL**

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia do Ambiente, conferido pela
Universidade Lusófona.

Orientador: Prof. Doutor Adelino M. Silva Soares

Universidade Lusófona

VERSÃO FINAL

Tese defendida em provas públicas na Universidade Lusófona, Centro Universitário de Lisboa no dia 13/ 11/2023, perante o júri, nomeado pelo Despacho de Nomeação n.º:383/2023, de 16 de Outubro de 2023, com a seguinte composição:

Presidente: Prof. Doutora Cândida Leonor Pinto Rocha

Arguente: Prof. Doutor António João Carvalho de Albuquerque

Orientador: Prof. Doutor Adelino Manuel da Silva Soares

Lisboa

2023

Dedicatória

A minha família e aos meus amigos por serem
minha fonte de inspiração e motivação permanente.
Sempre dispostos a me ajudar e me apoiar.

Agradecimentos

Para a realização deste trabalho contei com o apoio, a disponibilidade e a pronta ajuda de toda equipa dos SMAS – Sintra. Gostaria de agradecer principalmente ao Jorge Vilela, ao André Neves e a Rute Parente, que não mediram esforços para esclarecer dúvidas ou me disponibilizar materiais de apoio e as informações técnicas necessárias para a realização do trabalho.

Também é importante agradecer ao meu orientador, Professor Adelino Soares, por ter aceitado o desafio de me ajudar e apoiar durante todo o desenvolvimento do trabalho. Por fim, gostaria de agradecer a todos os meus familiares e amigos, sem os quais não seria possível concluir esta etapa.

Resumo

O elevado crescimento populacional, bem como o aumento da expectativa de vida da população, intensificou o consumo de água potável em todo o mundo. Atualmente tem-se o entendimento de que o uso do recurso hídrico deve ser realizado de forma sustentável, considerando que o mesmo é finito e a sua distribuição no território não é uniforme.

Desta forma, o estudo das perdas de água nos sistemas de abastecimento é de fundamental importância para aumentar a eficiência na distribuição de água ao utilizador. O presente trabalho avaliou as perdas reais de água existentes em três zonas de medição e controlo (ZMC) do Sistema de Abastecimento de Água de Sintra através da análise dos caudais mínimos noturnos e de indicadores da ERSAR no que se refere a qualidade do serviço prestado pela Entidade Gestora.

A utilização do caudal mínimo noturno na identificação de roturas ou fugas mostrou-se ineficiente nos meses de maior consumo, principalmente nas zonas de maior densidade demográfica. Os indicadores de sustentabilidade da gestão do serviço e ambiental apresentam uma melhoria crescente no período de análise, 2014 a 2020, em conformidade com o aumento dos investimentos em infraestruturas realizados pela Entidade Gestora.

Palavras-chave: Perda de água, caudal mínimo noturno, indicadores de desempenho.

Abstract

The high population growth, as well as the increase in the life expectancy of the population, has intensified the consumption of drinking water all over the world. Currently, there is an understanding that the use of water resources must be carried out in a sustainable way, considering that it is finite and its distribution in the territory is not uniform.

In this way, the study of water losses in the supply systems is of fundamental importance, to increase the efficiency in the distribution of water to the user. The present work evaluated the actual water losses existing in three measurement and control zones (ZMC) of the Sintra Water Supply System through the analysis of the minimum nocturnal flows and ERSAR indicators regarding the quality of the service provided by Managing Entity.

The use of minimum nocturnal flow to identify ruptures or leaks proved to be inefficient in the months of highest consumption, especially in areas with the highest population density. The service and environmental management sustainability indicators show a growing improvement in the analysis period, 2014 to 2020, in line with the increase in investments in infrastructure made by the Management Entity.

Keywords: Water loss, minimum night flow, indicators.

Abreviaturas

AML - Área Metropolitana de Lisboa

AMLN - Área Metropolitana de Lisboa Norte

APDA - Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas

C_est - Consumo Estimado

CAP - Controlo Ativo de Perdas

EG - Entidade Gestora

ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos

INE - Instituto Nacional de Estatística

IWA - International Water Association

km² - Quilómetros quadrados

kPa - Quilo pascal

kWh - Quilowatt-hora

l/hab./hora - Litro por habitante por dia

m.c.a - Metros de coluna D'água

m³ - Metros cúbicos

m³/dia - Metros cúbicos- dia

NUT - Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

ONU - Organização das Nações Unidas

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

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

PENSAARP- Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais e Pluviais

PERSU - Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos

PPRGRCIC - Plano de Prevenção de Riscos de Gestão incluindo os Riscos de Corrupção e Infrações Conexas

PRI - Perda Real Inevitável

RASARP - Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos

SAA - Sistemas de Abastecimento de Água

SMAS - Serviços Municipalizados de Água e Saneamento

VRP - Válvulas Redutoras de Pressão

ZMC - Zona de Medição e Controlo

Índice

Dedicatória.....	II
Agradecimentos	III
Resumo	IV
Abreviaturas	VI
Índice de Figuras	X
Índice de Tabelas.....	XIII
Capítulo 1 – Introdução.....	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Objetivo Geral	2
1.3. Organização da Dissertação	2
Capítulo 2 – Estado da Arte	4
2.1. Sustentabilidade nos Sistemas de Água.....	4
2.2. Entidade Reguladora e Modelos de Gestão	5
2.3. Situação Atual do Abastecimento de água em Portugal	8
2.4. Sistemas de Abastecimento de Água.....	15
2.5. Rede de Distribuição	16
2.6. Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento.....	19
2.7. Perdas Aparentes de Água no SAA	23
2.7.1. Erros de Medição	24
2.7.2. Erros Humanos.....	25
2.7.3. Consumos não autorizados.....	26
2.7.4. Erros Informáticos	26
2.8. Perdas Reais de Água.....	28
2.9. Medidas de Controlo das Perdas Reais	33
2.9.1. Gestão de Ativos	36
2.9.2. Rapidez e Eficácia da Reparação das Fugas e Roturas	36
2.9.3. Controlo Ativo de Perdas (CAP).....	37
2.9.4. Gestão da Pressão na Rede.....	38
2.10. Caudal Mínimo Noturno	44

2.11. Indicadores de Desempenho de Sistemas de Abastecimento de Água.....	46
Capítulo 3 – Caracterização da Área de Estudo	50
3.1. Conselho de Sintra	50
3.2. SMAS – Sintra	53
3.3. Caracterização das Zonas de Medição e Controlo	61
Capítulo 4 – Metodologia.....	64
4.1. Dados de Consumo	64
4.2. Cálculo do Caudal Mínimo.....	66
4.3. Indicadores.....	68
Capítulo 5 – Resultados e Discussão	72
5.1. Consumo Anual e Mensal	72
5.2. Consumo Diário – Cálculo do Caudal Mínimo Noturno	77
5.3. Inconsistências	85
5.4. Indicadores.....	91
Referências Bibliográficas	105

Índice de Figuras

Figura 1 - Componentes da sustentabilidade do setor da água (Fonte: Adaptado de PEAASAR II, 2007).....	5
Figura 2 - Modelos de gestão dos serviços de água (Fonte: ERSAR, 2020).....	7
Figura 3 - População de Portugal por NUTII (Fonte: INE - CENSO, 2021).	8
Figura 4 - Percentagem de alojamentos servidos por abastecimento de água no Continente (Fonte: Estimativas INE, I. P., tendo por base informação administrativa da ERSAR, I. P.).....	9
Figura 5 - Distribuição geográfica das entidades gestoras de serviços de abastecimento de água em alta (Fonte: ERSAR, 2021).	10
Figura 6 - Panorama dos serviços de abastecimento de água em alta (Fonte: ERSAR, 2021). ..	11
Figura 7 - Panorama dos serviços de abastecimento de água em baixa (Fonte: ERSAR, 2021). 12	
Figura 8 - Distribuição geográfica das entidades gestoras de serviços de abastecimento de água em baixa (Fonte: ERSAR, 2021).....	13
Figura 9 - Quantitativo de Entidades Gestoras por modelo de gestão (Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do ERSAR, 2021).	14
Figura 10 - Modelo de um sistema público de abastecimento de água (Fonte: Alegre, H. et al 2004).	15
Figura 11 - Rede de distribuição do tipo ramificada (Fonte: Carvalho, 2014).....	18
Figura 12 - Rede de distribuição do tipo malhada (Fonte: Carvalho, 2014).	19
Figura 13 - Componentes do balanço hídrico proposto pela Internation Water Association (Fonte: A partir de: ALEGRE, et al., 2005).	21
Figura 14 - Componentes fundamentais e ações para redução das perdas aparentes (Fonte: Adaptado de Farley et al., 2008 e Thornton, 2002).....	24
Figura 15 – Exemplos de roturas em redes de abastecimento. a) Rotura em conduta de fibrocimento DN200 na Abrunheira. b) Rotura em conduta de fibrocimento DN100 na Portela de Sintra (Imagens cedidas pelos SMAS – Sintra, 2022).....	32
Figura 16 - Estratégia para controlo de perdas reais (Oliveira, 2013).....	34
Figura 17 - Estratégia para um controlo eficiente das perdas em SAA (FARLEY, <i>et al.</i> , 2008).	35
Figura 18 - Expoente da lei de caudal de um orifício (Fonte: FARLEY, et al., 2008).	Error!
Bookmark not defined.	
Figura 19 - Esquema de setorização de um sistema de abastecimento de água (Tsutia, 2004). ..	40
Figura 20 - Resultados da redução de pressão com a utilização de uma VRP (Tardelli Filho, 2004).	42
Figura 21 - Elementos constituintes de uma VRP (Saldanha, 2012).....	43
Figura 22 - Comportamento típico do consumo da ZMC de Vigia ao longo de um dia (SMAS – Sintra, 2020).....	45
Figura 23 - Estrutura dos indicadores de desempenho IWA (Fonte: Alegre <i>et al.</i> , 2004).	46
Figura 24 - Exemplos de Indicadores por grupo (Fonte: Elaboração própria a partir de Alegre <i>et al.</i> , 2004).	47
Figura 25 - Indicadores para o serviço de abastecimento de água (Fonte: ERSAR, 2021).....	49

Figura 26 - Área Metropolitana de Lisboa (Fonte: Plano Regional de Ordenamento do Território, 2016).	50
Figura 27 - Inserção do concelho de Sintra na AMLN. (Fonte: MUNISIG-CMS, 2009).	51
Figura 28 - Ocupação do solo do Conselho de Sintra de acordo com as zonas (Silva, 2010).	52
Figura 29 - Repartição das redes de distribuição (a) e adução (b) por material (Fonte: Plano de Redução de Perdas - SMAS, 2018).	54
Figura 30 - Evolução do número de clientes (Fonte: Relatório e Contas SMAS-Sintra, 2021).	55
Figura 31 - Evolução do número de funcionários nos SMAS Sintra (Relatório e Contas SMAS-Sintra, 2021).	56
Figura 32 - Histórico dos volumes anuais de água entrada no sistema entre 2016 e 2021. Água adquirida à EPAL vs Água de Captações Próprias (Fonte: Elaboração própria a partir do Relatório e Contas SMAS-Sintra, 2021).	58
Figura 33 - Áreas de influência dos reservatórios (Fonte: SMAS - Sintra, 2022).	61
Figura 34 - Zonas de Medição e Controlo em estudo apresentadas na carta global do Concelho de Sintra (Fonte: SMAS – Sintra, 2022).	62
Figura 35 - Imagem do ficheiro excel com as informações dos caudais médios do ano 2021 da ZMC Vigia (SMAS - Sintra, 2022).	66
Figura 36 - Caudais médios anuais das ZMC (Fonte: Elaboração própria, 2022).	73
Figura 37 - Médias mensais ZMC Arneiro dos Marinheiros (Fonte: Elaboração própria, 2022).	74
Figura 38 - Médias mensais ZMC Mêrces Tapada (Fonte: Elaboração própria, 2022).	75
Figura 39 - Médias mensais ZMC Vigia (Fonte: Elaboração própria, 2022).	76
Figura 40 - Consumo Janeiro - Arneiro dos Marinheiros (Fonte: Elaboração própria, 2022).	80
Figura 41 - Consumo Agosto - Arneiro dos Marinheiros (Fonte: Elaboração própria, 2022).	81
Figura 42 - Consumo Janeiro - Mercês Tapada (Fonte: Elaboração própria, 2022).	82
Figura 43 - Consumo Agosto - Mercês Tapada (Fonte: Elaboração própria, 2022).	83
Figura 44 - Consumo Março - Vigia (Elaboração Própria, 2022).	84
Figura 45 - Consumo Agosto - Vigia (Elaboração Própria, 2022).	85
Figura 46 - Quantitativo das inconsistências encontradas (Fonte: Elaboração própria, 2022).	90
Figura 47 - Percentual de Água não Faturada. (Fonte: Elaboração própria a partir das informações do RASARP, 2021).	92
Figura 48 - Água não faturada (%) - Serviço em baixa - NUTS Centro e Lisboa. (Fonte: APDA, 2021).	93
Figura 49 - Reabilitação de condutas (Fonte: Elaboração própria a partir das informações do RASARP, 2021).	94
Figura 50 - Reabilitação de Condutas (%/ano) - Serviço em baixa - NUTS Centro e Lisboa. (Fonte: APDA, 2021).	95
Figura 51 - Ocorrência de Avarias em Condutas (Fonte: Elaboração própria a partir das informações do RASARP, 2021).	96
Figura 52 - Ocorrência de avarias em condutas (nº/100km.ano) - Serviço em baixa - NUTS Centro e Lisboa. (Fonte: APDA, 2021).	97
Figura 53 - Perdas Reais de Água (Fonte: Elaboração própria a partir das informações do RASARP, 2021).	98

Figura 54 - Perdas reais de água (L/ramal*dia) - Serviço em baixa - NUTS Centro e Lisboa. (Fonte: APDA, 2020).....	99
Figura 55 - Plano Plurianual para Investimento SMAS - Sintra (Fonte: Elaboração Própria a partir dos Grandes Opções do Plano, Orçamento e Mapa de Pessoal – SMAS Sintra, 2022). .	100

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Panorama geral das entidades gestoras que compõe os serviços de abastecimento público de água em Portugal (Fonte: Elaboração própria a partir dos dados ERSAR, 2021).....	14
Tabela 2 - Perdas reais nas etapas do SAA (Fonte: Adaptado de Silva <i>et al.</i> , 2004).	29
Tabela 3 - Vantagens e Desvantagens associadas à criação de ZMC (A partir de Oliveira, 2013).	41
Tabela 4 - Comparativo entre os volumes anuais de água de entrada no sistema entre 2016 e 2021 (Fonte: Elaboração própria a partir do Relatório e Contas SMAS-Sintra, 2021).....	57
Tabela 5 - Áreas de influência e extensão de redes dos reservatórios dos SMAS de Sintra (Plano de Redução de Perdas 2018-2022, SMAS-Sintra, 2018).	60
Tabela 6 - Características das Zonas de Medição e Controlo (SMAS - Sintra, 2022).	62
Tabela 7 - Exemplo de caudal medido ZMC Vigia (Fonte: Elaboração própria a partir dos dados SMAS Sintra, 2021).....	64
Tabela 8 - Consumo estimado para cada ZMC (Fonte: Elaboração própria, 2022).....	67
Tabela 9 - Características físicas das ZMC (Fonte: Elaboração própria a partir dos dados fornecidos pela SMAS - Sintra, 2022).	68
Tabela 10 - Caudal mínimo noturno mensal para cada ZMC em estudo (Fonte: Elaboração própria, 2022).	78
Tabela 11 - Média dos caudais mínimos noturnos mensais para cada ZMC (Elaboração própria, 2022).	78
Tabela 12 - Consumo Estimado, PRI e Caudal Mínimo Meta por ZMC (Fonte: Elaboração própria, 2022).	79
Tabela 13 - Gravidade da inconsistência (Fonte: Elaboração Própria, 2022).	86
Tabela 14 - Classificação das inconsistências dos caudais das ZMC (Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da SMAS-Sintra, 2022).	90
Tabela 15 - Quantitativo da gravidade das inconsistências por ZMC (Fonte: Elaboração própria, 2022).	91
Tabela 16 - % Água não faturada (Fonte: Elaboração própria a partir das informações do RASARP, 2021).	91
Tabela 17 - Reabilitação de Condutas (Fonte: Elaboração própria a partir das informações do RASARP, 2021).	93
Tabela 18 - Ocorrência de Avarias em Condutas (Fonte: Elaboração própria a partir das informações do RASARP, 2021).	95
Tabela 19 - Perdas Reais de Água (Fonte: Elaboração própria a partir das informações do RASARP, 2021).	97
Tabela 20 - Poupança em euros devido a redução da %ANF (Fonte: Elaboração Própria a partir das informações dos Relatórios e Contas SMAS - Sintra, 2019).	100
Tabela 21 - Análise económica das perdas reais de água (Fonte: Elaboração própria a partir de SMAS – Sintra, 2023).....	101

Capítulo 1 – Introdução

1.1.Introdução

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), em 2010, o acesso à água é direito humano essencial à vida, que deve ser garantido a todos os seres vivos, através de sistemas de abastecimento de água (SAA) de qualidade, regular e respeitando os limites da natureza. Em Sintra, conselho localizado em Portugal continental, na sub-região da Grande Lisboa, Área Metropolitana de Lisboa Norte (AMLN), a Entidade Gestora (EG) responsável pelo sistema de Abastecimento de Água é os Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Sintra (SMAS – Sintra).

O serviço prestado pelas EG deve levar em consideração que nem toda água que é aduzida, ou seja, que entra no sistema é destinada aos seus utilizadores. Uma parcela desta água captada que não chega ao seu destino final é denominada de perda. Atualmente, o maior desafio das EG é a adoção de medidas, análises e estudos que visam reduzir as perdas de água existentes no sistema de abastecimento.

As perdas reais, ou físicas, correspondem a toda água captada, tratada e transportada pela entidade gestora responsável que não foi consumida pelo utilizador final. As principais medidas de controlo das perdas reais são: Gestão de ativos, rapidez e eficácia da reparação das fugas/roturas, controlo ativo e gestão da pressão. A análise do consumo de uma Zona de Medição e Controlo (ZMC) é um meio utilizado para possível identificação de roturas e ou fugas.

Para a realização deste trabalho foram utilizados os dados de consumo horário, fornecidos pela equipa técnica do SMAS – Sintra, de três ZMC: Arneiro dos Marinheiros, Mercês Tapada e Vigia, nos anos de 2019, 2020 e 2021. Através destes dados, foi possível realizar uma análise do caudal mensal, anual e do caudal mínimo noturno para cada ZMC, que apresenta características “físicas” e tipos de utilizadores diferentes entre si.

As análises dos consumos diários, mensais e anuais, apresentaram resultados importantes principalmente com relação a variação do consumo devido às estações do ano, mas principalmente devido à Pandemia da COVID-19 e as medidas restritivas decretadas durante o ano de 2020.

A criação de gráficos de consumo referentes aos caudais mínimos noturnos possibilitou a identificação de possíveis roturas ou fugas, mas também abriu margem para o questionamento se a metodologia utilizada pela SMAS-Sintra para determinação do caudal mínimo noturno e identificação de perdas é eficaz para estas ZMC.

Por fim, foram utilizados indicadores de desempenho da Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (ERSAR) para avaliar a qualidade do serviço de abastecimento de água prestado pela SMAS-Sintra, com enfoque nos de sustentabilidade da gestão do serviço e nos de sustentabilidade ambiental, onde os resultados deste trabalho podem trazer pontos positivos desta gestão, bem como, demonstrar alguns pontos de melhoria onde o serviço pode ser aprimorado para melhor satisfação dos utilizadores.

1.2. Objetivo Geral

A presente dissertação tem como objetivo avaliar as perdas reais de água existentes em três zonas de medição e controlo (ZMC) do Sistema de Abastecimento de Água de Sintra, que diferem entre si no tipo de ocupação, número de clientes, nível socioeconómico e estado de conservação das infraestruturas, através da análise dos caudais mínimos noturnos e de indicadores da ERSAR no que se refere a qualidade do serviço prestado pela Entidade Gestora.

1.3. Organização da Dissertação

Para a melhor compreensão do desenrolar da presente dissertação apresenta-se de seguida uma explicação geral dos assuntos tratados em cada capítulo.

Capítulo 1 – Introdução: Descrição da introdução, objetivo geral do trabalho e a organização do documento.

Capítulo 2 – Estado da Arte: Neste capítulo é apresentado o estado da arte, e/ou revisão bibliográfica, responsável por discorrer sobre importantes definições e trabalhos anteriores sobre o tema em estudo. Primeiramente é apresentado um enquadramento histórico sobre sustentabilidade nos sistemas de abastecimento de água, seguido do ponto situação sobre o abastecimento de água em Portugal e sobre as possíveis formas de gestão destes sistemas de abastecimento. Descrevem-se também importantes metodologias para o controlo das perdas reais em um sistema de distribuição de água.

Capítulo 3 – Caracterização da Área de Estudo: Apresenta e caracteriza as zonas de estudo.

Capítulo 4 – Metodologia: Descreve a metodologia utilizada para a realização deste trabalho. Do levantamento das informações para o referencial teórico ao modelo matemático utilizado para análise da questão problema desta dissertação.

Capítulo 5 – Resultados: Apresenta os principais resultados encontrados no tratamento dos dados e análise das informações.

Capítulo 6 – Conclusão: O capítulo final apresenta as conclusões do trabalho realizado e recomendações para trabalhos futuros.

Capítulo 2 – Estado da Arte

2.1. Sustentabilidade nos Sistemas de Água

A água possui um papel fundamental na sobrevivência e desenvolvimento dos seres vivos, uma vez que sua utilização está vinculada à história da humanidade. A procura por este recurso determinou a localização das comunidades no território, bem como, alterou o modo de vida da sociedade de nómada para sedentária, fundamental para o surgimento posterior das cidades (Heller, 2006).

Com o passar do tempo, o desenvolvimento das cidades foi baseado em elevado padrão de consumo, no progresso da produção industrial e no crescimento populacional, principalmente nos grandes núcleos urbanos. (Andrade Sobrinho & Borja, 2016). De acordo com o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (UNESCO, 2019), a procura pelo uso da água é proveniente da produção de energia, usos industriais, consumo humano e agricultura, sendo esta última responsável por cerca de 70% do total do consumo deste recurso no mundo.

Perante a importância da água para as sociedades a Organização das Nações Unidas (ONU), em 2010, definiu o acesso à água potável como um direito humano essencial à saúde pública e à segurança coletiva das populações, sendo um serviço de carácter estrutural, económico, de protecção do meio ambiente e que por se tratar de um direito deve obedecer a um conjunto de princípios: a universalidade de acesso, a continuidade e a qualidade do serviço, a eficiência e a equidade de preços (ERSAR, 2020).

A implementação destes princípios estabelece que os Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) devem garantir para toda população um fornecimento de água de qualidade, regular, respeitando os limites da natureza e acessível a todos, o que não significa a gratuidade deste serviço prestado (Heller, 2006). De acordo com Martins (2007), deve ser aplicada uma política tarifária sustentável, visando garantir a cobertura total dos custos referentes ao abastecimento de água, levando em consideração os aspetos social, ambiental, político e cultural.

Diante disso, em Portugal, o Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais de 2007 - PEAASAR II, estabeleceu que o preço da água deve ser baseado em três componentes da sustentabilidade: Sustentabilidade ambiental do território, sustentabilidade social e a sustentabilidade económico-financeira das Entidades Gestoras (figura 1).



Figura 1 - Componentes da sustentabilidade do setor da água (Fonte: Adaptado de PEAASAR II, 2007).

2.2. Entidade Reguladora e Modelos de Gestão

O setor águas em Portugal tem como Entidade Reguladora (ER) a ERSAR (Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos), a qual compete assegurar a regulação e supervisão do setor dos serviços de abastecimento público de água, saneamento de águas residuais urbanas e gestão de resíduos urbanos independentemente da titularidade dos respetivos sistemas, estatal ou municipal, e do modelo de gestão adotado, prestação direta do serviço, delegação do serviço ou ainda a sua concessão (ERSAR, 2020).

A Entidade Reguladora tem como objetivo recolher, validar, processar, disponibilizar de forma acessível e divulgar todas as informações pertinentes relativas ao setor e às respetivas Entidades Gestoras (EG) dos serviços de águas e resíduos, contribuindo desta forma para a consolidação de informações concisas, credíveis, de fácil interpretação e acesso dos consumidores (ERSAR, 2020).

O setor de águas e resíduos são reconhecidos como serviços públicos essenciais pela Lei dos Serviços Públicos Essenciais, Lei nº 23/96, de 26 de julho, sendo responsáveis por também contribuir para o desenvolvimento económico e social de Portugal, uma vez que geram empregos e promovem uma melhor qualidade de vida aos utilizadores. A prestação desses serviços são exemplos de monopólios naturais, na medida que apenas uma Entidade Gestora é responsável pela realização do serviço em cada área geográfica onde os utilizadores não possuem a possibilidade de escolha de outra alternativa (ERSAR, 2020).

O serviço de água em Portugal é de responsabilidade compartilhada entre o Estado e os Municípios, sendo o Estado responsável pelos sistemas multimunicipais e os municípios pelos sistemas municipais (Oliveira, 2013). Os sistemas multimunicipais são aqueles que possuem titularidade estatal, servem pelo menos dois municípios e exigem investimento predominante do Estado em função de razões de interesse nacional.

Os sistemas municipais são aqueles em que a titularidade do serviço cabe ao município, isoladamente ou em grupo, através de associações de municípios, ou em parceria com o Estado, de forma a definir o modelo de organização e gestão (ERSAR, 2020).

De acordo com 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), a iniciativa privada pode exercer atividade na gestão dos serviços de água. Desta forma, em Portugal, subsistem entidades de natureza distintas atuando no quadro de diferentes modelos de gestão (figura 2).

Matheus Silva – Controlo das Perdas de água nos Sistemas de Distribuição de água – Implicações na Sustentabilidade Socioambiental

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)

Figura 2 - Modelos de gestão dos serviços de água (Fonte: ERSAR, 2020).

2.3. Situação Atual do Abastecimento de água em Portugal

Com base nos dados do Relatório de Estatísticas Demográficas, de 2021, do Instituto Nacional de Estatística (INE), Portugal apresentava uma população estimada de 10.344.802 habitantes, dos quais 4.921.170 são homens e 5.423.632 mulheres, apresentando um crescimento populacional de 0,47% em relação ao ano de 2019. A população em Portugal Continental está dispersa por cerca de 92.000 km² de área, sendo que Portugal está dividido administrativamente em 18 distritos, 308 municípios e 3092 freguesias.

Portugal encontra-se dividido em sete Unidades Territoriais para Fins Estatísticos – NUTII, sendo elas: Alentejo, Algarve, Área Metropolitana de Lisboa, Centro, Norte, Região Autónoma Açores e Região Autónoma Madeira. A Figura 3 apresenta a divisão da população residente de Portugal por NUT II, de acordo com o CENSO de 2021 do INE.

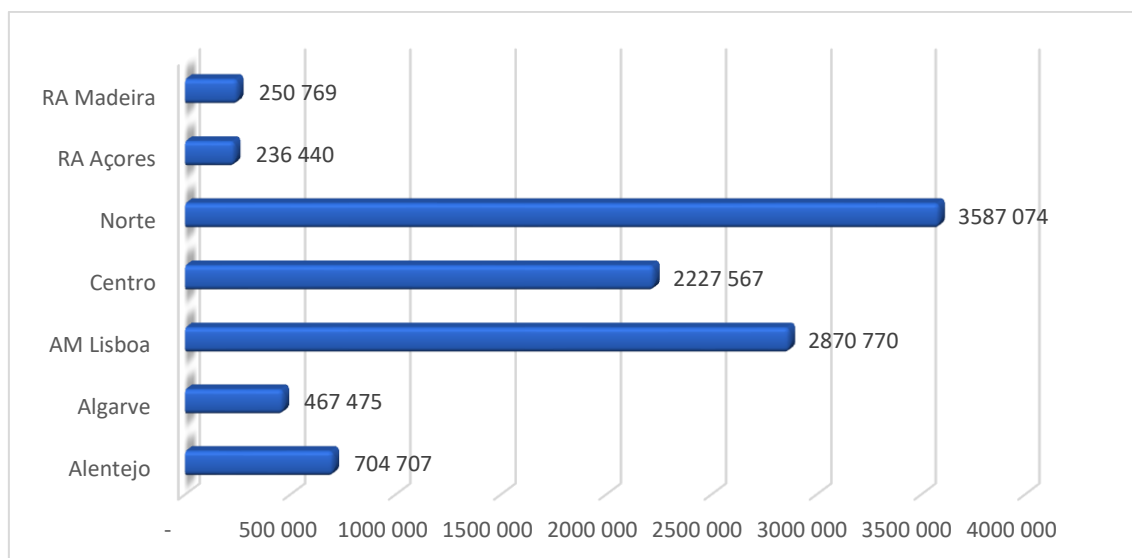


Figura 3 - População de Portugal por NUTII (Fonte: INE - CENSO, 2021).

No que diz respeito ao abastecimento público de água em Portugal Continental, segundo informações da Entidade Reguladora (ERSAR), houve um aumento significativo na cobertura do serviço, onde na década de 90 do século passado, cerca de 80% dos

alojamentos eram servidos pelos sistemas de abastecimento de água, vindo a aumentar contínua e significativamente, atingindo 94% em 2012 e 96% em 2018, conforme figura 4 (ERSAR, 2020).

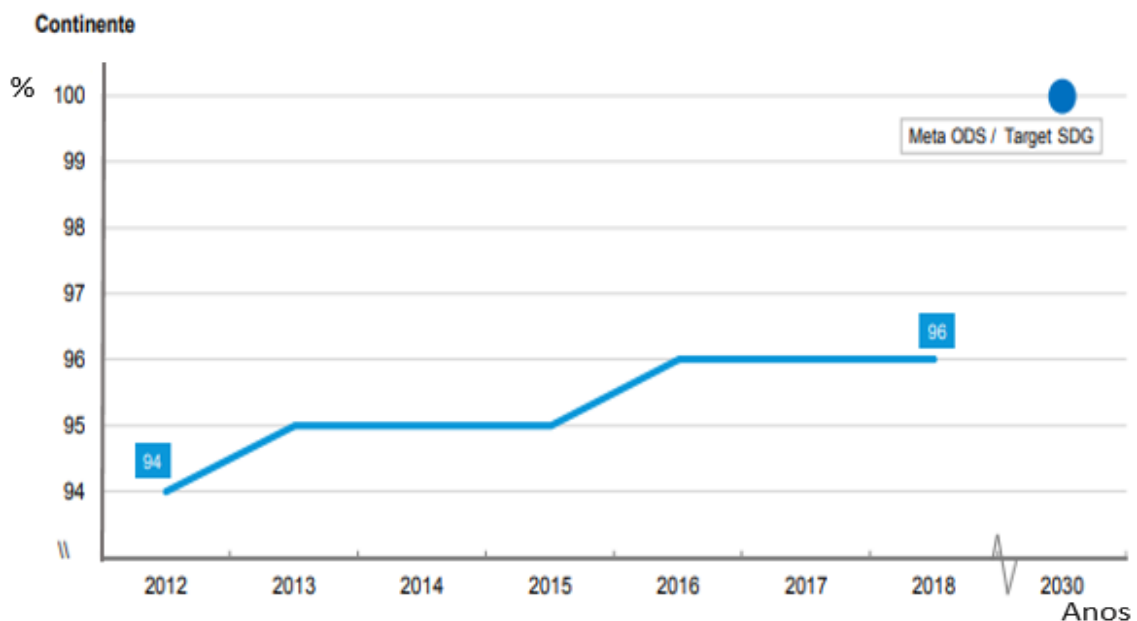


Figura 4 - Percentagem de alojamentos servidos por abastecimento de água no Continente (Fonte: Estimativas INE, I. P., tendo por base informação administrativa da ERSAR, I. P.).

Em Portugal, as Entidades Gestoras são as responsáveis por estabelecer os critérios e limites de exploração do sistema de abastecimento de água, além disso, os sistemas podem ser classificados como sistema em “Alta” ou em “Baixa”. Existe a possibilidade de Entidades Gestoras em “baixa” e em “alta” coexistirem em série, mas nunca em paralelo, ou seja, há possibilidade de uma Entidade Gestora em baixa gerir um sistema em alta.

Ressalta-se que na mudança de um sistema de “alta” para “baixa”, ocorre, por norma, pela venda/compra de água, sendo que esta pode ser bruta ou tratada, o que interfere diretamente no balanço económico anual das empresas (Miranda, 2010). O SAA em “alta” é composto pela captação, tratamento e adução da água, sendo gerido por sistemas multimunicipais (concessões atribuídas pelo estado). Em Portugal as EG em alta estão distribuídas geograficamente de acordo com a figura 5, sendo estas

Universidade Lusófona

responsáveis pela prestação do serviço de abastecimento público de água a 72% da população e a 79% dos municípios, onde na sua maioria o serviço é prestado através das entidades concessionárias multimunicipais. (ERSAR, 2021).

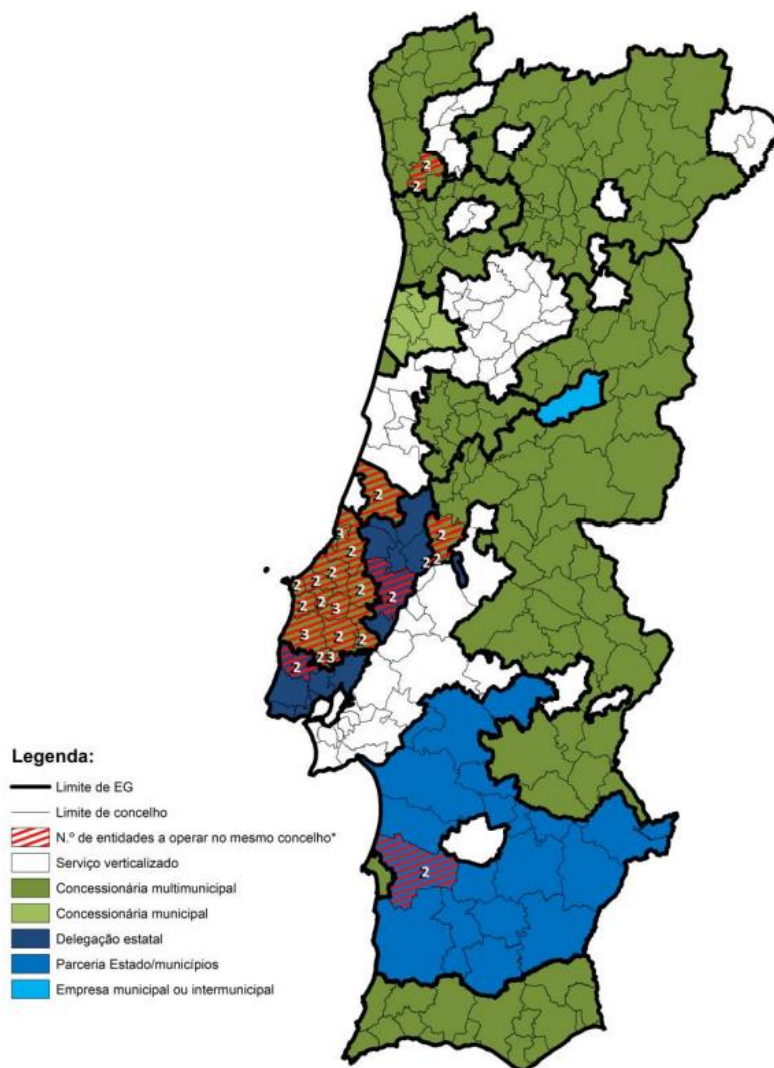


Figura 5 - Distribuição geográfica das entidades gestoras de serviços de abastecimento de água em alta (Fonte: ERSAR, 2021).

A análise da figura 5 demonstra a existência de municípios onde o serviço de abastecimento é verticalizado (regiões em branco no mapa), ou seja, as entidades que realizam o abastecimento público de água têm toda a cadeia de valor incorporada nas

suas operações, realizando a captação e o tratamento de água assim como a sua distribuição ao utilizador final (consumidor). Esta realidade está presente em 120 municípios, totalizando 3 milhões de habitantes, concentrados principalmente no Centro e Norte do País (ERSAR, 2021).

A figura 6 apresenta o panorama dos serviços de abastecimento de água em alta referente aos submodelos de gestão, com destaque para as concessões multimunicipais que abrangem 174 concelhos, com área de abrangência de 51 863 km² e mais de 5,1 milhões de habitantes. No total, são 17 entidades gestoras em Alta, que abrangem 235 concelhos, em uma área de 72 870 km² e que atendem uma população superior a 7,2 milhões de habitantes (ERSAR, 2021).

Submodelo de gestão	Entidades gestoras	Concelhos abrangidos	Área abrangida (km ²)	População abrangida (milhares de hab.)	Densidade populacional (hab./km ²)
Concessões multimunicipais	6	174	51 863	5 105	98
Concessões municipais	4	11	975	190	195
Delegações estatais	1	25	3 885	1 779	458
Parcerias Estado/municípios	1	20	15 533	245	16
Empresas municipais ou intermunicipais	1	1	435	49	112
Serviços municipalizados ou intermunicipalizados	2	2	43	0,40	9
Serviços municipais	2	2	136	0,17	1
Total	17	235	72 870	7 368	101

Figura 6 - Panorama dos serviços de abastecimento de água em alta (Fonte: ERSAR, 2021).

As redes de abastecimento ao consumidor compõem o sistema em baixa e são geridas por serviços municipais, serviços municipalizados, empresas municipais, concessões atribuídas por municípios ou parcerias público/privadas (Miranda, 2010). Em Portugal continental o modelo de gestão, em baixa, que mais se destaca é a gestão direta,

totalizando 62% dos municípios e aproximadamente 48% da população (ERSAR, 2021).

A figura 7 apresenta o panorama dos serviços de abastecimento de água em baixa referente aos submodelos de gestão, com destaque para os serviços municipais que apresentam 158 Entidades Gestoras, em 159 concelhos, com área de abrangência de 57 518 km² e mais de 2,5 milhões de habitantes. No total, são 234 entidades gestoras em baixa, que abrangem 289 concelhos, em uma área de 89 787 km² e que atendem uma população superior a 10 milhões de habitantes (ERSAR, 2021).

Submodelo de gestão	Entidades gestoras	Concelhos abrangidos	Área abrangida (km ²)	População abrangida (milhares de hab.)	Densidade populacional (hab./km ²)
Concessões multimunicipais	1	1	75	11	142
Concessões municipais	27	32	7 252	1 899	262
Delegações estatais	1	1	100	553	5 524
Parcerias Estado/municípios	3	22	4264	683	160
Empresas municipais ou intermunicipais	26	54	13981	2067	148
Serviços municipalizados ou intermunicipalizados	18	20	6597	2221	337
Serviços municipais	158	159	57518	2662	46
Total	234	289	89787	10 094	112

Figura 7 - Panorama dos serviços de abastecimento de água em baixa (Fonte: ERSAR, 2021).

Através da figura 8 é possível observar que o modelo de gestão direta (serviço municipal), em cinzento no mapa, está presente ao longo de todo o território português continental, principalmente em localidades mais rurais e de menor urbanização, enquanto os demais modelos estão localizados predominantemente no litoral ou nos grandes centros urbanos.

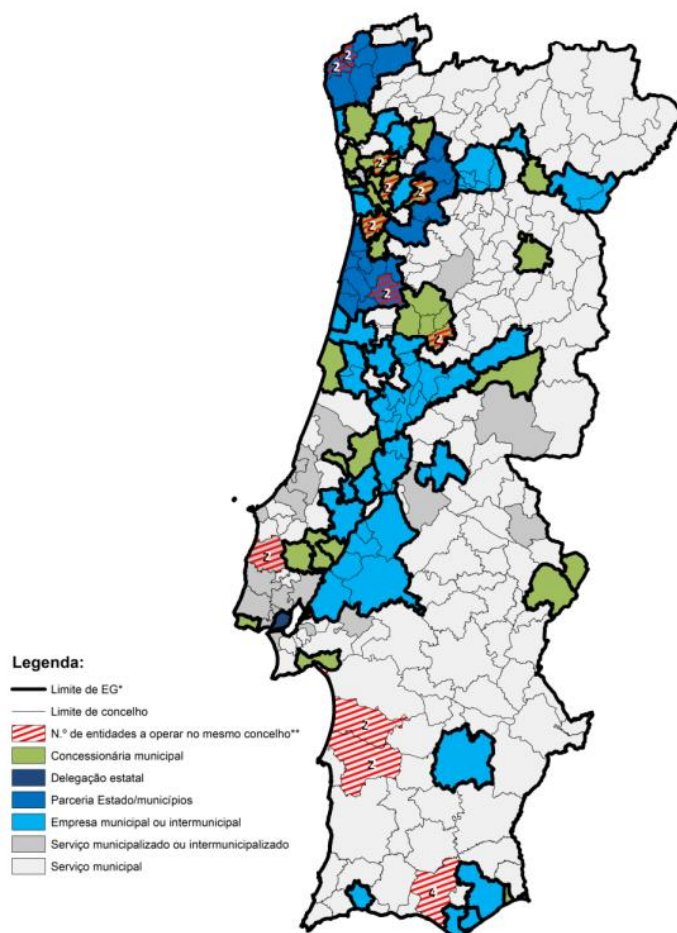


Figura 8 - Distribuição geográfica das entidades gestoras de serviços de abastecimento de água em baixa (Fonte: ERSAR, 2021).

A tabela 1 e a figura 9 apresentam um panorama quantitativo geral das Entidades Gestoras que compõem os serviços de abastecimento de água em Portugal continental, de “alta” e “baixa”, classificadas de acordo com o modelo e submodelo de gestão, pertencentes ao universo regulado pela ERSAR até o ano de 2021.

No que se refere às entidades gestoras em “alta”, do total de 17, 10 seguem modelo de gestão concessionada, sendo 6 multimunicipais e 5 municipais. São contabilizadas 234 entidades gestoras em baixa, sendo que a maior parte são criadas por gestão direta, através de serviços municipais (158) ou serviços municipalizados ou intermunicipalizados (18).

Modelo de gestão	Submodelo de gestão	Alta	Baixa
Gestão concessionada	Concessões multimunicipais	6	1
	Concessões municipais	4	27
Gestão delegada	Delegações estatais	1	1
	Parcerias Estado/município	1	3
	Empresas municipais ou intermunicipais	1	26
	Serviços municipalizados ou intermunicipalizados	2	18
Gestão direta	Serviços municipais	2	158
	Total	17	234

Tabela 1 - Panorama geral das entidades gestoras que compõe os serviços de abastecimento público de água em Portugal (Fonte: Elaboração própria a partir dos dados ERSAR, 2021).

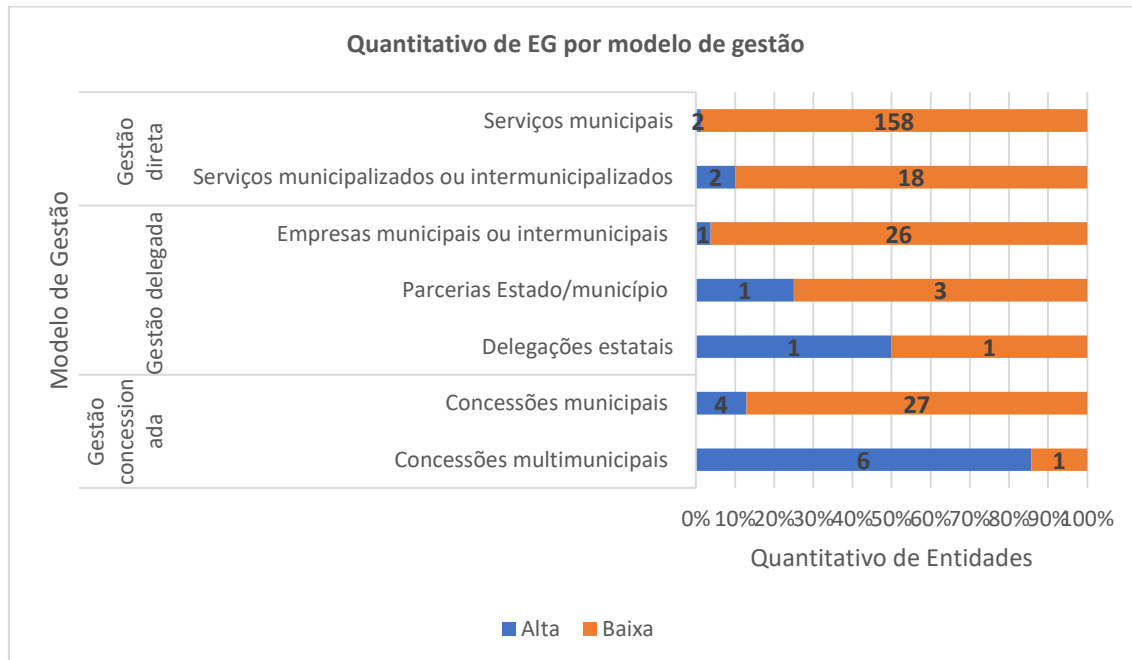


Figura 9 - Quantitativo de Entidades Gestoras por modelo de gestão (Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do ERSAR, 2021).

2.4. Sistemas de Abastecimento de Água

Por definição um sistema de abastecimento de água (SAA) é um conjunto de partes interligadas, com o objetivo de garantir um fornecimento eficiente de água aos utilizadores. De entre as partes constituintes, estão as obras hidráulicas, equipamentos elétricos e eletromecânicos, acessórios, instrumentos e equipamentos de automação e controlo (Oliveira, 2013).

Os sistemas públicos de abastecimento de água são normalmente constituídos pelos pontos de captação, estações de tratamento de água, estações elevatórias, condutas adutoras, reservatórios de armazenamento, condutas de distribuição e ramais domiciliários. A figura 10 demonstra que no SAA todos os pontos de abastecimento de água deveriam apresentar controlo de caudal, o que propiciaria a identificação de possíveis fugas, reduzindo as perdas de água.

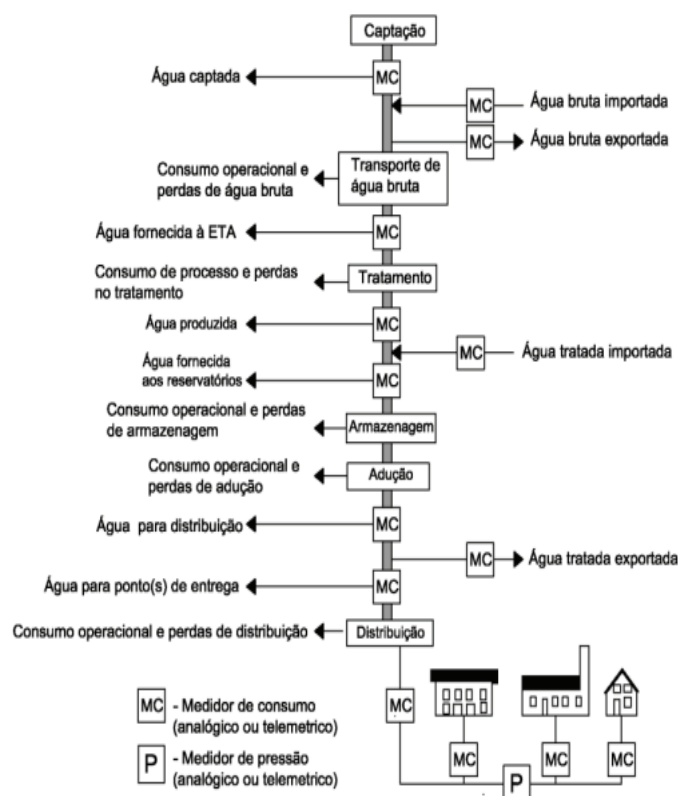


Figura 10 - Modelo de um sistema público de abastecimento de água (Fonte: Alegre, H. et al 2004).

De acordo com Miranda (2010), a utilização diária do SAA estabelece um elevado grau de exigência no nível da qualidade da água que é fornecida ao consumidor, bem como o abastecimento contínuo. Desta forma, o desempenho da SAA é caracterizado pela sua capacidade no fornecimento de água adequado aos clientes, desde a captação até à zona de consumo, dependendo das variações de consumo, interação entre as condutas, o armazenamento e a fiabilidade individual dos componentes.

2.5. Rede de Distribuição

A componente em baixa de um SAA encontra-se a jusante da componente em alta, sendo definida quando a água tratada é fornecida pela componente em alta, através da adutora principal, até o fornecimento aos consumidores finais, através das redes de distribuição. Desta forma, a componente em baixa é constituída pelos reservatórios de distribuição, pelas estações elevatórias de distribuição, pelas condutas adutoras gravíticas ou elevatórias, pela rede de distribuição e, por fim, pelos ramais de entrega domiciliários (Oliveira, 2013).

De acordo com Heller (2006) a rede de distribuição é uma unidade do sistema de abastecimento de água composta pelas condutas de distribuição, ramais de ligação domiciliários (ambas com escoamento sob pressão) e elementos/ acessórios, como juntas, válvulas de seccionamento, de retenção, de redução de pressão, câmaras de perda de carga, ventosas, medidores de caudal, hidrantes, entre outros. Salienta-se que os diâmetros dos elementos da rede de distribuição são menores quando comparados com os das condutas da componente em alta do sistema.

As redes de distribuição são divididas em zonas de pressão, visando garantir as pressões estáticas (máximas) e dinâmicas (mínimas) nas condutas, que de acordo com o Art. 21º do Decreto Regulamentar nº 23/95 de 23 de agosto, devem ser, respetivamente, 600 kPa e 100 kPa (Pereira, 2012). A pressão na rede é definida pela diferença de altura da água no reservatório e a altura piezométrica de cada ponto da rede onde se pretende avaliar a pressão, descontando todas as perdas de cargas localizadas e contínuas (Oliveira, 2013).

A pressão máxima ou estática é associada ao período onde ocorre o menor consumo, normalmente à noite, isto é, quando os consumos são reduzidos. Contrariamente à pressão máxima, a pressão mínima verifica-se nos períodos de maior consumo, para os quais são dimensionadas as condutas da rede através do caudal de ponta horário, em que o reservatório opera à cota mínima da superfície (cota da soleira do reservatório), ou seja, a altura da água no reservatório no momento de maior consumo é mínima (Oliveira, 2013).

O fornecimento de água proveniente da componente em alta pode ser realizado através de pontos de entrega específicos da adutora principal na rede de distribuição ou no abastecimento dos reservatórios de distribuição. O armazenamento da água por meio de reservatórios é justificado pela impossibilidade económica do dimensionamento de condutas suficientemente grandes de forma a garantir o fornecimento ao utilizador em qualquer momento, associado a necessidade de assegurar o acesso à água caso houvesse algum problema de ordem técnica com as adutoras.

Desta forma, os reservatórios estão instalados a jusante da adutora principal imediatamente a montante da rede de distribuição de água, apresentando como função a regularização dos caudais aduzidos e cedidos à rede de distribuição, a garantia do abastecimento e de carácter extraordinário (avarias no sistema de alimentação ou incêndios) e homogeneizar as características da água a distribuir quando da ocorrência de variações na sua qualidade (Oliveira, 2013).

De acordo com o Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de agosto, os reservatórios podem ser classificados de acordo com a sua função, distribuição/equilíbrio ou regularização de bombagem, a sua implantação, enterrados, semiapoiados, apoiados ou elevados (torres de pressão) e consoante com a sua capacidade, pequenos (volume menor que 500 m³), médios (volume entre 500 m³ e 5000 m³) ou grandes (volumes maiores que 5000 m³).

De acordo com Pereira (2012), as redes de distribuição podem ser classificadas através de três especificações: tipo de traçado (ramificada, malhada ou mista), número de zonas de pressão (zona única ou múltiplas zonas) e o número de condutas distribuidoras na mesma rua (única, com condutas auxiliares ou com duas condutas distribuidoras laterais).

São consideradas redes ramificadas, aquelas em que os troços de condutas terminam em extremidades independentes, onde possuem apenas um percurso entre o reservatório e qualquer ponto da rede, desta forma requer uma menor quantidade de acessórios, permitindo a utilização de diâmetros mais económicos (figura 11).

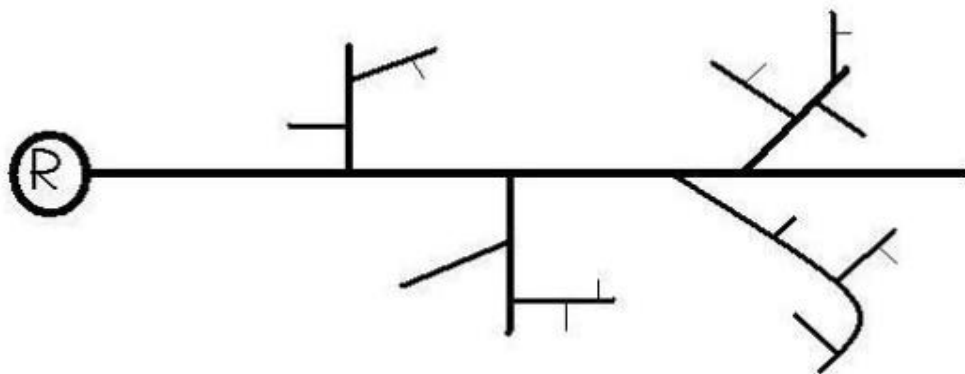


Figura 11 - Rede de distribuição do tipo ramificada (Fonte: Carvalho, 2014).

Por apresentar sentido único na distribuição da água, as redes ramificadas apresentam uma maior probabilidade de acumular sedimentos nos pontos terminais, promovendo obstrução parcial ou total na conduta e possíveis avarias, ocasionando a interrupção de todo o abastecimento a jusante, não satisfazendo as necessidades dos utilizadores (Carvalho, 2014).

A rede de distribuição do tipo malhada é caracterizada pela formação de circuitos fechados, havendo ligação entre os diversos troços, desta forma, as possíveis avarias não impedem o abastecimento dos consumidores a jusante desta e apresentam uma menor variação no valor das pressões (figura 12). Entretanto, este tipo de rede exige

uma maior quantidade de acessórios e um dimensionamento hidráulico mais complexo (Carvalho, 2014).

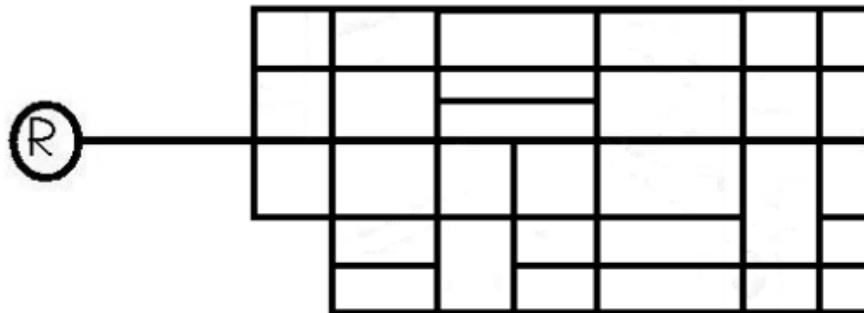


Figura 12 - Rede de distribuição do tipo malhada (Fonte: Carvalho, 2014).

2.6. Perdas de Água em Sistemas de Abastecimento

Por definição, com base na análise do ciclo hidrológico, a água é um recurso renovável que se pode regenerar através dos processos naturais a uma taxa igual ou superior à taxa de consumo. Desta forma, quando a procura for maior que a disponibilidade a água se torna um recurso limitado devendo o seu uso ser racionado de modo a não prejudicar a sua renovação (Oliveira, 2013).

Relativamente à disponibilidade ou oferta do recurso hídrico para o abastecimento de água, é fundamental uma avaliação das variações do caudal dos cursos de água a serem utilizados, principalmente os seus caudais mínimos. A confiabilidade do fornecimento de água é garantida quando a origem escolhida para captação apresenta um caudal mínimo suficiente para suprir a procura em um determinado período hidrológico (Heller, 2006).

Com o aumento da procura e dos custos para exploração, tratamento e distribuição nos sistemas de abastecimento de água, acrescido pelo agravamento da escassez dos recursos hídricos no mundo, leva a que as EG procurem melhorar a eficiência dos sistemas de distribuição, dando principal enfoque às perdas de água, uma vez que esta é a principal fonte de ineficiência do SAA (Mutikanga, 2012).

De acordo com Sobrinho (2012), o grande desafio para as EG de abastecimento público de água é proporcionar a universalização do acesso à água, em condições de qualidade, com a construção e manutenção de infraestruturas que atendam as necessidades dos utilizadores e garantam um controlo das perdas e uso racional da água, de forma a assegurar a sustentabilidade dos recursos hídricos.

No que se refere a questão económica as perdas de água nos SAA promovem um desperdício de recursos públicos, sendo que estes, poderiam ser direcionados à melhoria e expansão dos sistemas (Sobrinho, 2012). Além do gasto do recurso hídrico, deve-se observar uma relação direta entre o consumo de energia e as perdas de água, uma vez que, é necessário cerca de 0,6 a 0,7 kWh para produzir 1 m³ de água potável (Tsutya, 2001). Desta forma, a redução e/ou controlo das perdas de água estabelece uma relação direta com a eficiência energética das EG (CHEUNG et al., 2009).

As perdas de água no SAA são definidas pela diferença entre o volume de água na entrada do sistema e o consumo autorizado, ou seja, representa a água que não é faturada pela EG, retirando a parcela do consumo autorizado não faturado, mas que foi captada, tratada, transportada em infraestruturas e que geraram custos de operação e manutenção, conforme figura 13 (Alegre et al., 2005) .

Sabe-se que não existem redes de distribuição totalmente estanques, as perdas são inevitáveis dentro de um SAA, entretanto, a água não faturada pela EG não é definida apenas pela diferença entre o volume de entrada e as perdas, deve-se levar em consideração o consumo autorizado não faturado, exemplificado pelos usos próprios, autotanque, bombeiros e bairros degradados (Motta, 2010).

É comumente utilizado o método do balanço hídrico, através de uma matriz com estrutura, e terminologia padronizada pela IWA, a fim de identificar, caracterizar e quantificar os diversos tipos de consumos e perdas dentro da rede de distribuição de um SAA, possibilitando desta forma obter uma convergência dos resultados em âmbito internacional (Farley et al., 2008) (figura 13).

Água entrada no sistema [m³/ano]	Consumo autorizado [m³/ano]	Consumo autorizado facturado [m³/ano]	Consumo facturado medido (incluindo água exportada) [m³/ano]	Água facturada
			Consumo facturado não medido [m³/ano]	[m³/ano]
	Consumo autorizado não facturado [m³/ano]		Consumo não facturado medido [m³/ano]	Água não facturada (perdas comerciais) [m³/ano]
			Consumo não facturado não medido [m³/ano]	
	Perdas de água [m³/ano]	Perdas aparentes [m³/ano]	Uso não autorizado [m³/ano]	
			Erros de medição [m³/ano]	
		Perdas reais [m³/ano]	Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição [m³/ano]	
			Fugas e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição [m³/ano]	
			Fugas nos ramais (a montante do ponto de medição) [m³/ano]	

Figura 13 - Componentes do balanço hídrico proposto pela Internation Water Association (Fonte: A partir de: ALEGRE, et al., 2005).

Este método baseia-se na comparação entre o volume de água inserido na rede (captada, importada, tratada, exportada, armazenada e distribuída) com a soma dos volumes de água nos diferentes tipos de consumo e perdas, criando um guia para avaliação quantitativa de água que entra e sai do SAA e da que é faturada ou não pela Entidade Gestora.

De acordo com Oliveira (2013) este método tem como vantagem o conhecimento dos volumes de água discriminados pelas várias componentes, além da possibilidade de aplicar este método em setores e subsectores das redes de abastecimento e o baixo custo, uma vez que os dados são normalmente obtidos através de estudos e medições

preexistentes. Como desvantagem mais evidente é importante salientar a baixa precisão dos valores obtidos, que podem ser refletidos na quantificação final das perdas reais.

As perdas podem ser identificadas ao longo de todo o SAA, desde a captação, passando pelas redes até os ramais domiciliários, promovidas em grande parte pela ausência ou deficiente operação e manutenção das tubagens, além da inadequada gestão comercial das EG (Sobrinho, 2012). No seu estudo, Miranda (2002), apresenta como principais fatores para a ocorrência de perdas de água nos SAA:

- Baixa capacidade institucional e de gestão dos sistemas.
- Pouca disponibilidade de recursos para investimentos em ações de desenvolvimento tecnológico na rede de distribuição e na operação dos sistemas.
- Cultura do aumento da oferta e do consumo individual, sem preocupações com a conservação e o uso racional.
- Decisões de ampliação da carga hidráulica e extensão das redes até áreas mais distantes dos sistemas para atendimento a novos consumidores, sem os devidos estudos de engenharia.

As perdas podem ser classificadas em dois tipos, de acordo com a IWA (Farley et al., 2008):

- Perdas aparentes: volumes consumidos de água, porém não contabilizados, ou seja, volumes provenientes de erros de medição, erros na leitura de contadores, erros na faturação e volumes não autorizados como furtos e ligações clandestinas;
- Perdas reais: volumes de água escoados através de roturas e fugas nas condutas de distribuição e nos ramais de ligação e extravasamentos nos reservatórios.

2.7. Perdas Aparentes de Água no SAA

As perdas aparentes, também denominadas de perdas não físicas ou comerciais, referem-se aos volumes consumidos que não são contabilizados pelas EG, apresentando um carácter comercial e envolvendo aspetos administrativos e sociais. Este tipo de perda está relacionado às ligações clandestinas e/ou irregulares, às fraudes nos hidrómetros, aos erros de micromedição e macromedição, à política tarifária, ao erro cadastral (desatualização do cadastro, inatividade em ligação ativa, ligação não cadastrada por descuido), ao erro de leitura, etc. (Gonçalves & Alvim, 2007).

No seu estudo, Mutikanga (2012), afirma que a ocorrência das perdas aparentes são resultado da ineficiência na medição, no registo, no arquivo e nas incorreções das operações utilizadas para controlar o volume de água das Entidades Gestoras. Estas perdas apresentam impacto financeiro significativo dentro dos SAA, uma vez que a sua redução promove um aumento da receita nas EG, enquanto as reduções das perdas reais reduzem o custo de produção.

As perdas aparentes apresentam quatro componentes fundamentais, que podem interagir e ocorrer ao mesmo tempo: erros de medição, erros humanos, o consumo não autorizado e erros informáticos e de procedimentos (Farley et al., 2008). Para cada uma destas componentes, Thornton (2002) apresentou de forma simplificada as quatro principais ações para o controlo das perdas: gestão da macromedição e micromedição, qualificação da mão-de-obra, melhorias nos sistemas comerciais e redução de fraudes (figura 14).

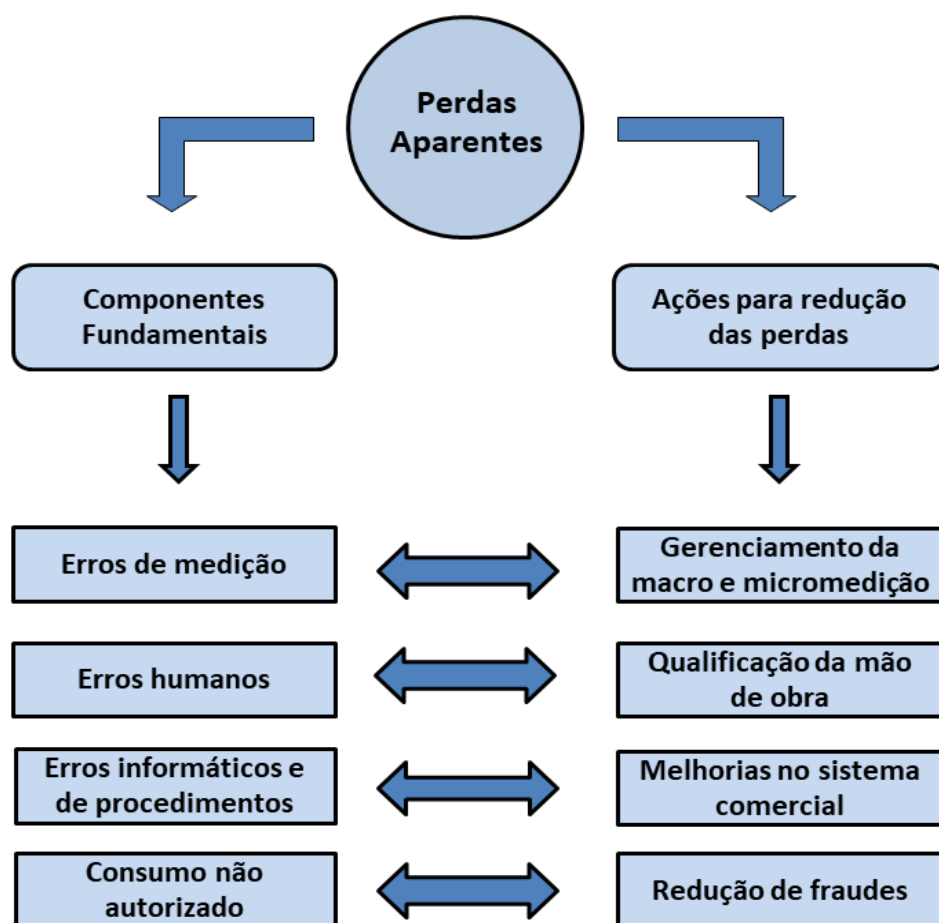


Figura 14 - Componentes fundamentais e ações para redução das perdas aparentes (Fonte: Adaptado de Farley et al., 2008 e Thornton, 2002).

2.7.1. Erros de Medição

Os erros de medição ocorrem tanto na macromedição, relativamente ao valor total de água que entra no SAA e com influência direta no balanço hídrico, como na micromedição, que é a contabilização do volume de água que é fornecido ao utilizador, sendo este utilizado para o cálculo do valor a faturar.

As principais causas dos erros de macro e micromedição, estão relacionados com incorreções de contagem do contador, sendo maiores quanto menor for o caudal. O principal motivo de perdas aparentes por erros de medição provém da instalação

inadequada, da falta de calibração do medidor, dimensionamento inadequado, amplitude elevada entre os caudais máximos e mínimos, erros de leitura do medidor, estimativas incorretas e cálculos incorretos (Sobrinho, 2012).

De acordo com Negrisolli (2009), a instalação adequada dos medidores, a especificação e dimensionamento correto dos medidores (micro e macro), a periodicidade na sua substituição, bem como a sua manutenção adequada e consistência da leitura, são as principais ações de gestão para a redução dos erros de medição num sistema de abastecimento.

2.7.2. Erros Humanos

Os erros humanos na medição ocorrem devido as ações comerciais envolverem um contato direto entre o consumidor e os trabalhadores responsáveis em realizar as leituras e analisar o consumo. Desta forma, é necessário que o leitor seja bem capacitado, bem como, a leitura seja realizada através de aparelhos eletrónicos coletores que permitam a visualização do histórico do consumo do utilizador, promovendo a resolução de possíveis problemas ainda em campo.

Além disso, recomenda-se que seja realizada auditoria aos relatórios de campo, de modo a garantir que as leituras recolhidas sejam efetivamente reais e não estimadas e deve-se garantir que o número de leituras realizadas por estimativa seja menor do que a quantidade de leituras reais, reduzindo os possíveis erros humanos e aumentando a fiabilidade das leituras efetuadas (Pereira, 2007).

Outra medida que pode ser adotada para reduzir os erros humanos é a adoção do sistema de telemetria domiciliária, que permite recolher automaticamente os dados de consumo a partir dos contadores, transferindo e armazenando essas informações numa base de dados central, interna ou externa, da EG para fins de faturação e gestão. Este sistema permite a realização de leituras mais frequentes e fiáveis, reduzindo as estimativas de consumo, promovendo uma faturação mais eficiente e ainda fornece informações relativas a fugas e fraudes (Loureiro et al., 2007).

2.7.3. Consumos não autorizados

A ocorrência de consumos não autorizados em um SAA consiste num problema social e técnico, onde a resolução requer uma abordagem sociocultural para além da intervenção da engenharia, uma vez, que exige uma mudança nos comportamentos e atitudes da comunidade em relação ao uso da água (Mutikanga, 2012). Este tipo de consumo ocorre pelo não pagamento da água consumida, através do estabelecimento de ligações ilícitas, religações não autorizadas, uso de “bypass”, adulteração dos contadores e utilização fraudulenta de marcos e bocas-de-incêndio.

Tais atitudes podem ser coibidas mediante realização de campanhas de consciencialização e sensibilização à população e através de ações técnicas que dificultem e/ou impossibilitem as atuações dos infratores, a exemplo de: instalação de lacres nos hidrômetros, registos com chave de corte, dispositivos especiais para corte de ligação no ramal predial, etc. (Sobrinho, 2012).

Além disso, ao constatar a existência de fraudes por parte dos utilizadores a Entidade Gestora pode efetuar a regularização da ligação clandestina ou “bypass”, adotando procedimentos administrativos através de negociações diretas com o consumidor e aplicando multas contratuais, bem como, solicitar apoio policial para início dos processos jurídicos e comerciais (Tardelli Filho, 2004).

A gestão comercial e informática de uma Entidade Gestora compreende todo o aparato de processos, sistemas informatizados e recursos humanos que possibilita a contabilização do consumo da água tratada e sua faturação. Tem-se como exemplo destes serviços de gestão as respostas às solicitações de ligação do cliente, o cadastro comercial, a programação da leitura, validação do consumo, emissão de contas e a elaboração de relatórios de gestão (Sobrinho, 2012).

2.7.4. Erros Informáticos

Os erros informáticos e de procedimentos ocorrem durante a transmissão e processamento dos dados de leitura e promovem a geração de informações equivocadas,

a exemplo da emissão de faturas sobre volumes de águas irreais, ou envio de faturação para um cliente errado. De acordo com Malheiro (2011), as principais causas dos erros informáticos são as falhas do *software* utilizado, através de erros na sua programação, devendo a Entidade Gestora possuir um bom filtro de dados com a finalidade de detetar e corrigir os erros precocemente, bem como, manter o histórico de clientes atualizado e correto.

A melhoria do sistema comercial através da redução dos erros informáticos e de procedimento passa pela escolha das melhores ferramentas com a finalidade de contabilizar o volume de água consumida (Malheiro, 2011). Com base no estudo de Alegre et al. (2005), um sistema de gestão de clientes eficiente e atualizado é fundamental para a minimização dos erros informáticos, uma vez, que esses dados são a base para a faturação. Os autores supracitados ainda enfatizam o bom desempenho da telemedição domiciliária, que permite medir de forma fiável e sincronizada o caudal fornecido em cada instante para cada cliente.

De forma geral, segundo Kurokawa (2001), para uma maior eficiência no controle das perdas aparentes é necessária a implementação e acompanhamento de processos comerciais de cobrança e faturação eficientes, para isso, é necessário que sejam priorizadas as seguintes ações:

- A instalação da micromedição em todos os clientes.
- O dimensionamento correto do hidrómetro para o consumo do cliente.
- O acompanhamento e a leitura das contas.
- A política de corte de ligações de forma rigorosa e constante para clientes incumpridores.
- Uma política eficiente de combate às fraudes com critérios de punição.
- Um cadastro comercial atualizado, confiável e seguro de todos os utilizadores.

2.8. Perdas Reais de Água

As perdas reais, também denominadas como perdas físicas, correspondem a toda água captada, tratada e transportada pela entidade gestora responsável que não foi consumida pelo utilizador final. As perdas reais representam o volume de água perdido, entre a captação da água bruta e o medidor do consumidor, em um determinado período através de todos os tipos de fugas, roturas ou extravasamentos (Fallis et al., 2011).

De acordo com Sobrinho (2012), as perdas físicas ocorrem através das fugas, visíveis ou não, nas tubagens (adutora, subadutoras e rede de distribuição), instalações (estação de tratamento, reservatórios e estações elevatórias), pelas descargas para limpeza de adutora ou rede e pelas fugas em reservatórios. Desta forma, pode-se afirmar que este tipo de perda ocorre em diversas partes do SAA, com causa, magnitude e natureza diferentes, devendo a identificação e controlo destas serem realizadas por cada unidade do sistema.

Num estudo realizado por Silva *et al* (2004), foi elaborado um quadro resumo das perdas reais (Tabela 2) que podem ocorrer em sistemas de abastecimento de água, classificando-as de acordo com a sua etapa (adução da água bruta, tratamento da água, reserva, adução de água tratada e rede de distribuição), origem e magnitude.

Etapa do SAA	Origem da perda	Magnitude da perda
Adução de água bruta	Vazamentos nas tubagens	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Limpeza do poço de sucção	
Tratamento de água	Vazamentos estruturais	Significativa, função do estado das instalações e da eficiência operacional
	Lavagem de filtros	
	Descarga de lodo	
Reserva	Vazamentos estruturais	Variável, função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Extravasamentos	
	Limpeza de reservatórios	
Adução de água tratada	Vazamentos nas tubagens	Variável, função do estado das tubagens e da eficiência operacional
	Limpeza do poço de sucção	
	Descargas	
Rede de distribuição	Vazamento na rede	Significativa, função do estado das

Etapa do SAA	Origem da perda	Magnitude da perda
	Vazamento em ramais	tubagens e principalmente das pressões
	Descargas	

Tabela 2 - Perdas reais nas etapas do SAA (Fonte: Adaptado de Silva *et al.*, 2004).

Quando se observa apenas a componente em “baixa”, pode afirmar-se que as perdas reais ocorrem entre o ponto de entrega das adutoras da componente em “alta” e os contadores, ou pontos de medição em caso de volumes de água não medidos. É importante ressaltar que quando da ocorrência de perdas físicas situadas em ramais a jusante dos contadores, estas são da responsabilidade dos consumidores. Esses tipos de perdas reais mesmo não sendo de responsabilidade das EG, causam insatisfação do serviço por parte dos consumidores e podem aumentar o volume do consumo não medido ou do medido e não faturado, o que influencia a ineficiência do SAA (Oliveira, 2013).

O indicador de desempenho de perdas reais em um SAA, que irá avaliar a ineficiência na utilização dos recursos hídricos, é calculado através do volume das perdas físicas em percentagem do volume total de água que entra no sistema durante o período de referência (Figueiredo e Martins, 2012).

$$WR1 = \frac{V_{perdas\ reais}}{V_{AES}} * 100 [\%] \quad (1)$$

Em que:

$WR1 = \text{Indicador de desempenho de perdas reais em um SAA } [\%]$

$V_{perdas\ reais} = \text{Volume total de perdas reais } [m^3]$

$V_{AES} = \text{Volume total de água na entrada do sistema } [m^3]$

Segundo Tsutiya (2004), dois aspetos importantes devem ser considerados quanto às perdas reais: a racionalização dos recursos naturais e a saúde pública. Em relação ao primeiro aspecto, ao reduzir o volume de perdas físicas no SAA, menor é o volume necessário a ser captado, reduzindo o impacto ambiental e o consumo de energia. O

segundo especto está relacionado com a redução da pressão na rede de distribuição quando da ocorrência de fugas, o que pode comprometer a qualidade da água fornecida aos consumidores, uma vez que possibilita a entrada de contaminantes na tubagem.

As perdas reais de água que ocorrem em um SAA podem ser divididas em dois grupos:

- roturas e fugas nas condutas distribuidoras e ramais domiciliários;
- roturas, fugas, fissuras e extravasamentos em reservatórios.

O primeiro grupo apresenta uma relação direta entre as perdas, a dimensão dos orifícios de fuga e o tempo de ocorrência. Além disso, este grupo é dividido em três tipos de roturas: facilmente detetáveis, dificilmente detetáveis e as perdas de base.

Perdas por roturas facilmente detetáveis são caracterizadas por apresentarem caudais elevados em curto espaço de tempo, apresentando volumes moderados e tempo de reparação relativamente reduzido, devido a sua dimensão e visibilidade. De acordo com os estudos de Alegre et al (2005) e Farley et al (2008), é possível estimar o volume total deste tipo de perda física, através da identificação e registo das fugas e/ou roturas que foram reparadas em um determinado período de referência.

Contrariamente às roturas supracitadas, as dificilmente detetáveis apresentam menores dimensões, menores caudais médios e não afloram à superfície, sendo identificadas através de diversos tipos de equipamentos de acordo com o Controlo Ativo de Perdas (CAP) adotado pela EG.

As perdas de base são microrroturas e fugas que ocorrem nas juntas de ligação das condutas distribuidoras aos ramais domiciliários e em outras ligações da rede, como entre condutas e acessórios. São caracterizadas por apresentar caudais reduzidos de longa duração, visualmente não detetáveis e nem identificadas com os aparelhos de deteção do CAP, estas apresentam volumes elevados de água perdida (Alegre et al, 2005), (Farley et al, 2008).

No que se refere ao segundo grupo, as perdas por roturas e extravasamentos em reservatórios ocorrem normalmente em períodos de baixo consumo, sendo estas identificadas através de inspeções periódicas às instalações dos dataloggers (responsáveis por registar o nível do reservatório em períodos pré-determinados). Já as perdas ocasionadas por fissuras nas paredes e lajes dos reservatórios podem ter o seu volume calculado através de testes de estanqueidade, em que após o fecho das válvulas de entrada e saída de água, é analisada a variação do nível da água no reservatório.

Os principais efeitos promovidos pelas roturas, e consequentemente pelas perdas físicas, dentro de um SAA, são as implicações financeiras, principalmente pela reparação das condutas, acessórios e reservatórios danificados, o descontentamento por parte dos consumidores, devido à suspensão temporária do serviço para o conserto das avarias e aumento das tarifas, e os riscos com a saúde pública, quando da ocorrência da redução da pressão e adução intermitente que aumenta o risco de contaminação da água devido à introdução de poluentes pelas fissuras nas condutas (Farley et al., 2008).

Quando se estuda as perdas reais de água num SAA, devem ser observados fatores como: a pressão na rede de distribuição e abastecimento, a idade e estado de conservação das infraestruturas, a frequência de ocorrência de roturas e fugas, a qualidade dos materiais, acessórios e da mão-de-obra, as características do solo, bem como as ações e movimentações que ocorrem no mesmo e qual é o método utilizado para o controle deste tipo de perda pela EG.

De acordo com Farley (2001), quando se aumenta a pressão na rede de distribuição a taxa de perda de água através de fugas e roturas nas condutas, acessórios e juntas de ligação aumentam proporcionalmente. O aumento da pressão na rede amplia a velocidade com que a água é transportada, o que juntamente com a dimensão do orifício da fuga, intensifica a quantidade de água perdida. A idade e conservação das condutas são fatores considerados transversais a todos os demais, uma vez, que quanto mais antigas forem as condutas e mais degradadas se encontrarem, todos os outros fatores são potencializados conforme o avanço do tempo.

O estado de conservação das infraestruturas também pode afetar a qualidade da água fornecida. Quando da utilização de condutas metálicas, estas podem sofrer o processo químico da corrosão, tanto na parte interna quanto externa da tubagem, através de elevados níveis de compostos de sulfatos existentes no solo ou na própria água, promovendo assim a ocorrência de roturas (Figura 15, a e b).



Figura 15 – Exemplos de roturas em redes de abastecimento. a) Rotura em conduta de fibrocimento DN200 na Abrunheira. b) Rotura em conduta de fibrocimento DN100 na Portela de Sintra (Imagens cedidas pelos SMAS – Sintra, 2022).

É importante ressaltar, com base nos dados do Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos (RASARP) em Portugal de 2021, que a água não faturada em Portugal Continental representou mais de 30% da água total no ano de 2011 e em 2021 este valor

foi cerca de 29%, apresentando em termos de perdas reais 170 milhões de m³/ano em 2011 e 174 milhões de m³/ano em 2021 (ERSAR, 2021).

2.9. Medidas de Controlo das Perdas Reais

Atualmente existem diversas ações para o combate e controle às perdas reais, entretanto, é necessário a realização de ações prévias, que não apresentam caráter técnico e sim de conhecimento e caracterização do SAA, sem os quais é impossível dar início a programas preventivos ou corretivos de controlo das perdas e mensurar seus efeitos no meio ambiente e na sociedade. As ações preliminares ao controle e combate às perdas reais, de acordo com Motta (2010), são:

- Manter o cadastro técnico atualizado, digitalizado e georreferenciado – consiste em manter uma base de dados referente às estruturas existentes no SAA, a qual deverá ser de fácil atualização quando da necessidade de alteração, manutenção ou realização de nova obra na rede de distribuição;
- Setorização – em posse das características do sistema de distribuição, devem ser criados setores de abastecimento, perfeitamente estanques, onde pode ser necessário a implementação de subsetores tais como: DMC, áreas sob controlo de VRP e micro zonas de manobra;
- Macromedição – através da criação dos setores e subsetores associados a instalação de macro medidores nas linhas de alimentação principal de cada setor e subsetor é possível determinar os volumes disponibilizados, no mínimo, para cada zona de pressão;
- Cadastro comercial – após a definição e implementação dos setores, subsetores e os pontos de macromedição, é necessário realizar a compatibilização do cadastro técnico com o comercial, ou seja, deve-se definir as rotas de leitura dos contadores compatíveis com os períodos de macromedição para diminuir o efeito da discrepância e da sazonalidade.

No seu trabalho, Oliveira (2013), afirma que a chave para o desenvolvimento de estratégias eficientes no controlo das perdas reais inicia-se através de indagações sobre a

rede de distribuição e sua operação, bem como, a seleção de ferramentas corretas com o objetivo de alcançar as melhores soluções possíveis. Estas questões e ferramentas são elencadas na figura 16.

Questão	Ferramenta
Quanta água está a ser perdida?	Quantificação através do cálculo do Balanço Hídrico
Onde está a ser perdida?	Localização através de análises computacionais e sondagens no terreno
Porque está a ser perdida?	Revisão da prática da operacionalidade
Como reduzir as perdas e melhorar a <i>performance</i> do sistema?	Planos de ação e estratégias de desenvolvimento
Como manter a estratégia?	Monitorização e controlo

Figura 16 - Estratégia para controlo de perdas reais (Oliveira, 2013).

O resultado deste processo culmina em quatro pontos fundamentais na estratégia da gestão e controlo das perdas reais de água:

- Gestão de ativos/infraestruturas - manutenção, renovação e substituição das infraestruturas.
- Rapidez e eficácia da reparação das fugas e roturas.
- Controlo Ativo das perdas.
- Gestão da pressão na rede.

A Figura 17 apresenta, de forma esquemática, como a utilização dos quatro pontos fundamentais, representados pelas setas, influenciam na redução das perdas reais de um SAA. O quadrado central representa o volume anual de perdas reais existentes no sistema, a qual tende a aumentar à medida que as instalações e equipamentos vão envelhecendo.

A parte mais escura do quadrado representa as perdas anuais mínimas alcançáveis, isto é, o menor volume de água perdido tecnicamente atingido de acordo com a pressão de serviço. Como um SAA nunca é completamente estanque, é representado pela área vermelha do quadrado as perdas de água impossíveis de serem eliminadas (FARLEY, et al., 2008).

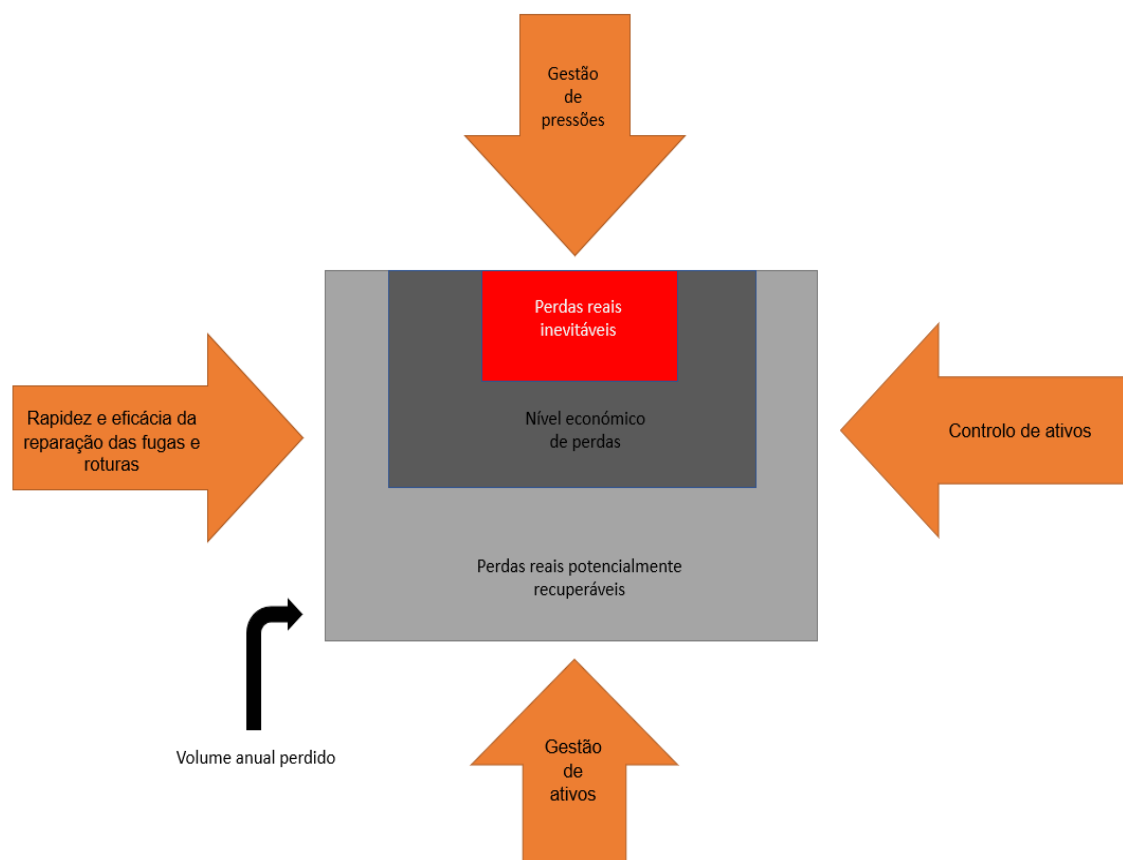


Figura 17 - Estratégia para um controlo eficiente das perdas em SAA (FARLEY, *et al.*, 2008).

Com a aplicação das ações de controlo das perdas o retângulo do volume anual perdido tende a igualar-se ao nível económico de perdas, a partir deste momento não é mais economicamente viável aumentar os recursos com técnicas e tecnologias para a redução das perdas, o limite das perdas inevitáveis foi atingido (Motta, 2010).

2.9.1. Gestão de Ativos

A gestão de ativos consiste no entendimento de que com o passar do tempo as instalações vão se deteriorar, bem como, da possibilidade de ocorrência de fugas e vazamentos. Esta ação depende da realização de um cadastro eficiente de todos os materiais utilizados na rede de distribuição, identificando a idade, o tipo do material, além de apresentar um histórico das rotinas de manutenção (preventiva e corretiva), procedimentos de trabalho e formação (Sobrinho, 2012).

Com o objetivo de satisfazer os consumidores e garantir a eficiência do SAA, deve ser adotado um modelo de gestão pela EG, apresentando locais de intervenção prioritários para as operações de manutenção, renovação e substituição das infraestruturas além de apresentar registos da localização e frequência das fugas e roturas (Teixeira, 2014; Oliveira, 2013).

O modelo de gestão de ativos adotado pela EG deve sempre levar em consideração até que ponto é economicamente vantajosa a reparação de condutas antigas, menor custo a curto prazo, em relação a substituição por condutas novas, que apresentará um retorno a médio/longo prazo. (Oliveira, 2013).

2.9.2. Rapidez e Eficácia da Reparação das Fugas e Roturas

A deteção de uma fuga pode ocorrer através de denúncias ou através do controlo ativo de perdas (CAP) adotado pelas EG. A reparação destas deve ser feita o mais rápido possível, uma vez, que quanto mais tempo é despendido maior é o volume de água perdido, o que promove perdas financeiras cada vez mais elevadas.

Associado à rapidez da reparação das fugas, deve ser realizado um trabalho de qualidade, pois caso a manutenção, renovação ou reabilitação dos equipamentos hidráulicos sejam mal-executada a probabilidade de reincidência de fugas e roturas neste mesmo local é acrescida. Condutas que são mal reparadas e que apresentam em um espaço de tempo curto novas roturas, são consideradas perdas financeiras desnecessárias para a EG (Oliveira, 2013).

Outro objetivo da realização de uma rápida e eficaz reparação das fugas e roturas é a diminuição de danos colaterais que decorrem destes eventos, como as inundações de espaços públicos e movimentações do solo (Oliveira, 2013). De acordo com Farley et al. (2008), os seguintes aspetos correspondem a uma correta política de reparação de condutas:

- Organização e procedimentos eficientes desde o alerta inicial da fuga até à conclusão da reparação da mesma;
- Disponibilidade de equipamentos e de materiais;
- Fundo de financiamento;
- Materiais, equipamentos e mão-de-obra devidamente normalizados;
- Boa gestão das equipas de intervenção.

2.9.3. Controlo Ativo de Perdas (CAP)

De acordo com Fallis et al. (2011), o principal objetivo da implementação do CAP na gestão dos SAA é a redução do tempo de duração das fugas e roturas de água, diminuindo o volume das perdas físicas. Por definição, o CAP é um método de intervenção que tem como finalidade reduzir as perdas reais do SAA, onde a EG disponibiliza capital, pessoal e equipamentos para detetar e reparar fugas e roturas, que não afloram à superfície do solo (Teixeira, 2014).

O CAP é composto por ações programadas de investigação e deteção de fugas não visíveis através de métodos acústicos e de pesquisa. Os principais métodos atualmente utilizados são: hastes de escuta, geofones mecânicos e eletrónicos, loggers acústicos e correlacionador de ruídos (Sobrinho, 2012). É recomendável que as entidades gestoras possuam um departamento responsável pelo CAP, com técnicos capacitados e especializados percorrendo as ruas, realizando sondagens e inspecionando ruídos, a fim de promover uma ação preventiva de redução das perdas.

2.9.4. Gestão da Pressão na Rede

O controlo da pressão nas redes de distribuição de água tem o intuito de reduzir as anomalias que contribuem para criação de transientes hidráulicos, que prejudicam o abastecimento de água, diminuir a probabilidade de ocorrência de perdas por vazamentos e limitar a ocorrência de roturas. Matematicamente, nas tubagens em geral, o caudal perdido é uma função proporcional à raiz quadrada da carga hidráulica, ou seja, o controlo da pressão na rede irá permitir a redução de perdas reais (Sobrinho, 2012).

O caudal perdido por meio de uma fuga ou rotura pode ser calculado através da Lei do caudal de um orifício, em que o fluído em questão está sob pressão:

$$Q = C_V * S * P^N \quad (2)$$

$$Q = \text{Caudal escoado pelo orifício} \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

$$C_V = \text{Coeficiente de caudal} (-)$$

$$S = \text{Secção do orifício} (m^2)$$

$$P = \text{Pressão do fluído naquele ponto (m. c. a.)}$$

$$N = \text{Expoente da lei de caudal} (-s)$$

No que se refere ao coeficiente de caudal, este é um parâmetro que segundo Lencastre (1996) varia de acordo com a pressão, entre 0,59 e 0,65. O expoente da lei de caudal de orifício é um parâmetro tabelado a partir dos diferentes tipos de tubagens e diferentes características das redes de distribuição, conforme figura 18.

Expoente da Lei de Escoamento	N (-s)
Tubagens rígidas e flexíveis com orfícios de área fixa	0,5
Inserções, articulações e juntas de ligação	1,5
Tubagens flexíveis com fendas transversais	2
Tubagens flexíveis com fendaslongitudinais	2,5

Figura 18 - Expoente da lei de caudal de um orifício (Fonte: FARLEY, et al., 2008).

Desta forma, quanto maior for a pressão na rede de distribuição maior será o volume de perdas reais no SAA, onde a percentagem destas perdas é dada em função da pressão que é aplicada pela bombagem de água ou alcançada por gravidade (Oliveira, 2013). Há que procurar que os sistemas de abastecimento de água funcionem por meio de gravidade, aproveitando-se da topografia e reduzindo o custo com a bombagem.

Quando da utilização do modelo gravítico, deve realizar-se o dimensionamento da rede de forma a evitarem-se pressões muito elevadas, que promovem o aumento das perdas reais, bem como pressões muito baixas, que não garantem um padrão razoável de abastecimento, provocando adução intermitente e possível falta de pressão em pontos críticos (Oliveira, 2013). Para o controlo da pressão nas redes, podem ser utilizados alguns métodos, tais como (Sobrinho, 2012):

- Setorização da rede de distribuição.
- Válvulas redutoras de pressão.
- Conjuntos motobombas inseridos diretamente na rede de distribuição (*boosters*).

A figura 19 apresenta um desenho esquemático de um sistema de abastecimento de água que apresenta uma setorização, através de reservatórios apoiados e elevados, válvulas redutoras de pressão e booster.

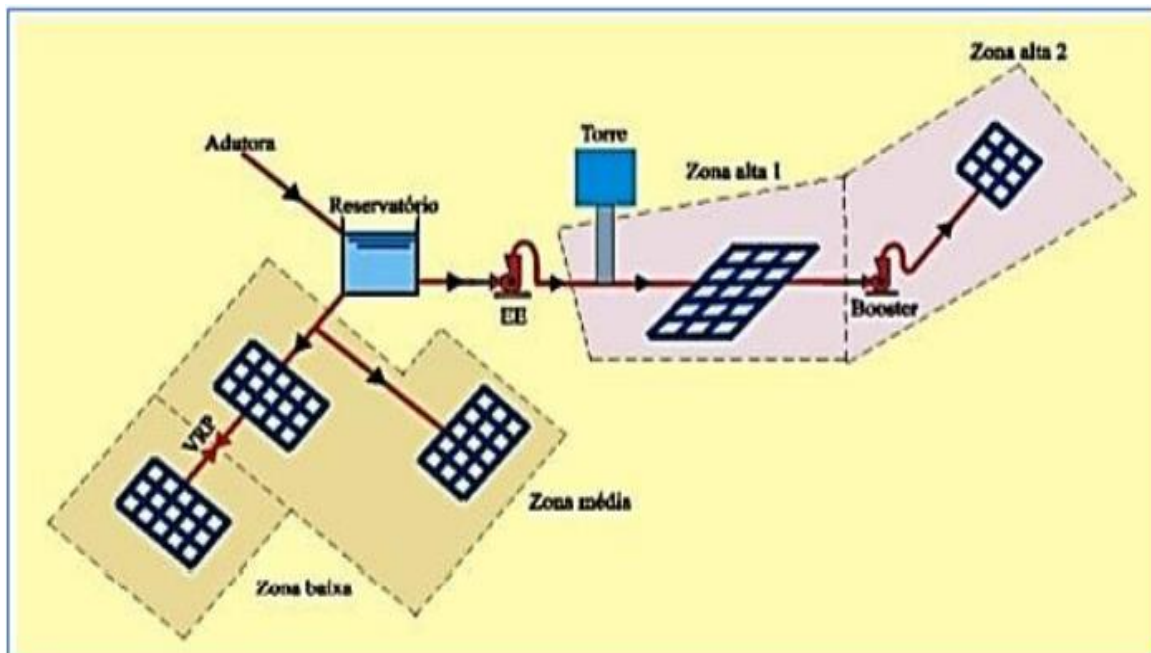


Figura 19 - Esquema de setorização de um sistema de abastecimento de água (Tsutia, 2004).

A delimitação da setorização de um sistema de abastecimento de água é definida a partir de um reservatório apoiado ou enterrado, em zonas baixas ou com a utilização de reservatório elevado em zonas de maior altitude. Desta forma, estabelece-se as zonas de pressão, onde as pressões dentro destas irão oscilar de acordo com o nível de água dos reservatórios (Sobrinho, 2012).

Outra forma de realizar a setorização de uma rede de abastecimento é mediante a instalação de válvulas redutoras de pressão (VRP), que irão criar subsectores perfeitamente isolados através de registos limítrofes, configurando uma ZMC (Oliveira, 2013). Ainda de acordo com o autor supracitado, quando a rede de distribuição estiver totalmente dividida em diversas ZMC, cada uma dotada com uma VRP, apresentando um nível de pressão reduzido ao mínimo aceitável sem comprometer a qualidade do serviço, pode afirmar-se que o SAA é eficiente.

Uma ZMC é composta por um conjunto de pontos de abastecimento e apenas um ponto de entrada e saída para o caudal necessário para a prestação deste serviço (escoamento

em sentido único), onde são instalados medidores de controlo da pressão e caudal (manómetros e caudalímetros, respetivamente). No seu estudo, Oliveira (2013), apresentou vantagens e desvantagens associadas à criação de ZMC, conforme é referido na tabela 3.

VANTAGENS
As áreas dentro do SAA são mais reduzidas, logo mais fáceis de controlar
A implementação de medidas de combate a perdas reais torna-se mais fácil
A identificação de fugas de água é mais rápida
Em caso de fuga, a deteção e a rapidez da resposta é maior, portanto menor o tempo de fuga
Melhor otimização da pressão
Menores volumes de água perdidos
Redução dos encargos financeiros associados às perdas de água
DESVANTAGENS
Diminuição do número de alternativas de abastecimento devido à única entrada de caudal em cada ZMC
Criação de pontos extremos adicionais da rede
Alteração e/ou variação do sentido do escoamento
Modificação da velocidade do escoamento em determinados troços críticos de condutas

Tabela 3 - Vantagens e Desvantagens associadas à criação de ZMC (A partir de Oliveira, 2013).

A VRP é um instrumento mecânico, instalado em locais estratégicos da rede, que provoca uma perda de carga localizada controlada com o objetivo de reduzir, manter ou aumentar, uma pressão variável de montante a uma pressão constante de jusante. É possível utilizar dois mecanismos de controlo para VRP, o mecânico e o eletrónico. A escolha entre eles passa pela análise de critérios como: o tamanho e complexidade do sistema de distribuição, consequências da redução de pressão; custo de instalação e manutenção; previsão da economia de água e condição mínima de serviço (Sobrinho, 2012).

Em 2004, Tardelli Filho realizou um estudo que tinha como objetivo analisar a variação do caudal disponibilizado em um sistema de abastecimento de água, antes e após o controlo da pressão, por meio da instalação de uma VRP, durante o período de um dia. O resultado obtido foi uma redução de 30% no caudal disponibilizado, em que antes do controle de pressão o caudal distribuído apresentava maiores valores (1747 m³/dia), devido à existência de pressões mais significativas no sistema. Após a aplicação da VRP o caudal disponibilizado é restringido, apresentando um valor médio (1.225 m³/dia), devido à redução de pressão no sistema (Sobrinho, 2012).

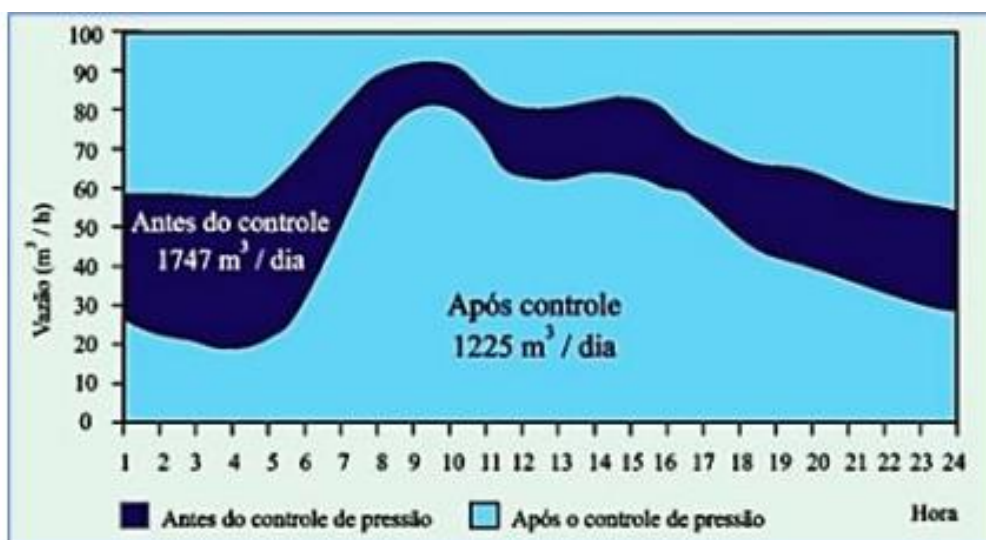


Figura 20 - Resultados da redução de pressão com a utilização de uma VRP (Tardelli Filho, 2004).

A VRP é constituída por duas partes: o corpo principal e o castelo ou veio. A primeira parte está localizada na região inferior da válvula, onde se situa o orifício de passagem do fluído e as extremidades de ligação à conduta de instalação. A segunda parte é constituída pelos elementos responsáveis pelo funcionamento das válvulas, podendo ser desmontada, permitindo assim o acesso interno à VRP para diversas operações (Oliveira, 2013).

A ligação entre as duas partes, castelo com o corpo principal, podem ocorrer de diversas formas, de acordo com Bairros (2008), as principais formas de fixação são: Castelo roscado diretamente ao corpo principal, Castelo preso ao corpo principal por uma rosca

do tipo porca-união e Castelo aparafusado ao corpo principal. Independente do tipo de fixação que se escolha, é necessário a instalação de uma junta de estanqueidade entre as duas partes da VRP.

A constituição interna da VRP é formada por: obturador, o veio que o liga à membrana ou diafragma, a câmara de controlo, o indicador de posição, o piloto, o circuito de pressurização do piloto (1) com filtro protetor, o circuito de pressurização da câmara de controlo (2), o circuito de despressurização (3) e a válvula principal por onde se dá o escoamento, conforme figura 21 (Saldanha, 2012).

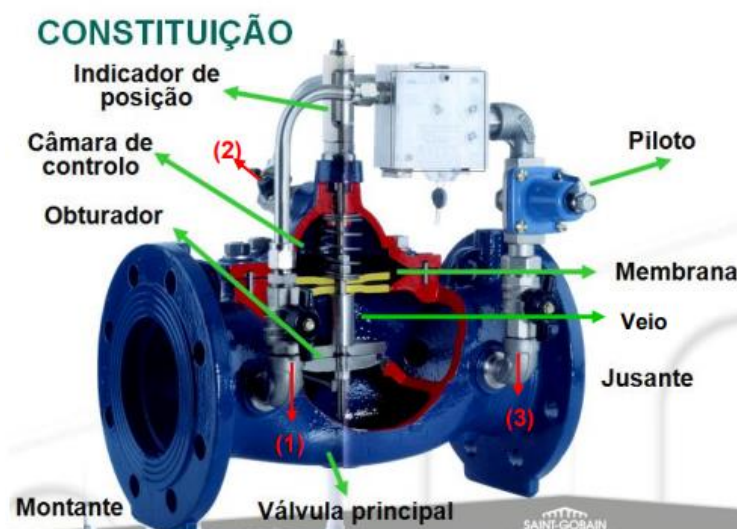


Figura 21 - Elementos constituintes de uma VRP (Saldanha, 2012).

Atualmente a instalação de VRP nos SAA, podem ocorrer em sistemas já existentes ou em novos projetos. Em ambos os casos são necessárias obras complementares para instalação da VRP, tais como prolongamentos e interligações de rede, sendo que estes custos devem ser incluídos no estudo de viabilidade para implantação.

Quando se trata de um projeto novo, ou de criação de uma nova ZMC, é possível determinar através de programas de modelação as áreas de maior potencial para instalação das VRP, simular como será a operação das válvulas e realizar uma análise de viabilidade para criação ou não deste novo subsector. Já a instalação de VRP em

setores ou subsetores já existentes é mais dificultada em função das variáveis e características do sistema já existente, sendo necessária a realização de diversos testes para garantir a viabilidade de aplicação (Motta, 2010).

O potencial de instalação de zonas controladas por VRP no sistema de abastecimento de água é determinado a partir da análise da pressão dinâmica no ponto mais crítico da rede (menor pressão), que estão localizados nas cotas mais altas, nos pontos mais distantes da entrada ou onde esses dois fatores estão combinados (Motta, 2010). De acordo com Yoshimoto, Tardelli Filho e Sarzedas (1999), quando da ocorrência de pressões maiores que 30 m.c.a há potencial para realização do controlo da pressão.

Os booster são normalmente utilizados em situações em que não é possível realizar o abastecimento de água nas regiões mais altas e/ou distantes devido à insuficiência de pressão. Entretanto, como na sua utilização o caudal de jusante é constante, é possível utilizar este dispositivo para controlar a pressão na rede. Deve ser realizada uma verificação adequada na operação deste equipamento, uma vez que o seu uso aumenta a pressão na rede, o que pode promover o aumento de perdas reais (Sobrinho, 2012).

2.10. Caudal Mínimo Noturno

Por definição, o caudal mínimo noturno é um método de monitorização e quantificação das perdas reais em redes de distribuição, em que se observa o comportamento do caudal nas horas de menor consumo, à noite. Quando da ocorrência de consumos noturnos elevados não justificados, estes podem significar perdas reais de água, além disso, a existência de aumentos súbitos do caudal neste período, podem representar a existência de novas fugas (Carvalho, 2014).

Para utilizar este método é necessário primeiramente analisar o consumo diário, durante um período, da rede de distribuição em estudo, permitindo uma caracterização do tipo de consumo e identificação de anomalias, principalmente nas horas de menor consumo. O caudal mínimo noturno varia de sistema para sistema de acordo com o tipo de ocupação (residencial, comercial, serviços públicos, industrial), da dimensão do sistema,

do número de utilizadores, do nível socioeconómico e do estado de conservação das infraestruturas (Carvalho, 2014).

Nos sistemas de abastecimento de tipologia residencial o caudal mínimo noturno apresenta uma variação não muito significativa, uma vez que grande parte dos consumidores não se encontram ativos. Desta forma, é possível visualizar com mais clareza em caso de ocorrências de aumento do consumo, que podem representar fugas no sistema de abastecimento. A figura 22 apresenta o consumo de água do dia 02/01/2020 da ZMC de Vigia.

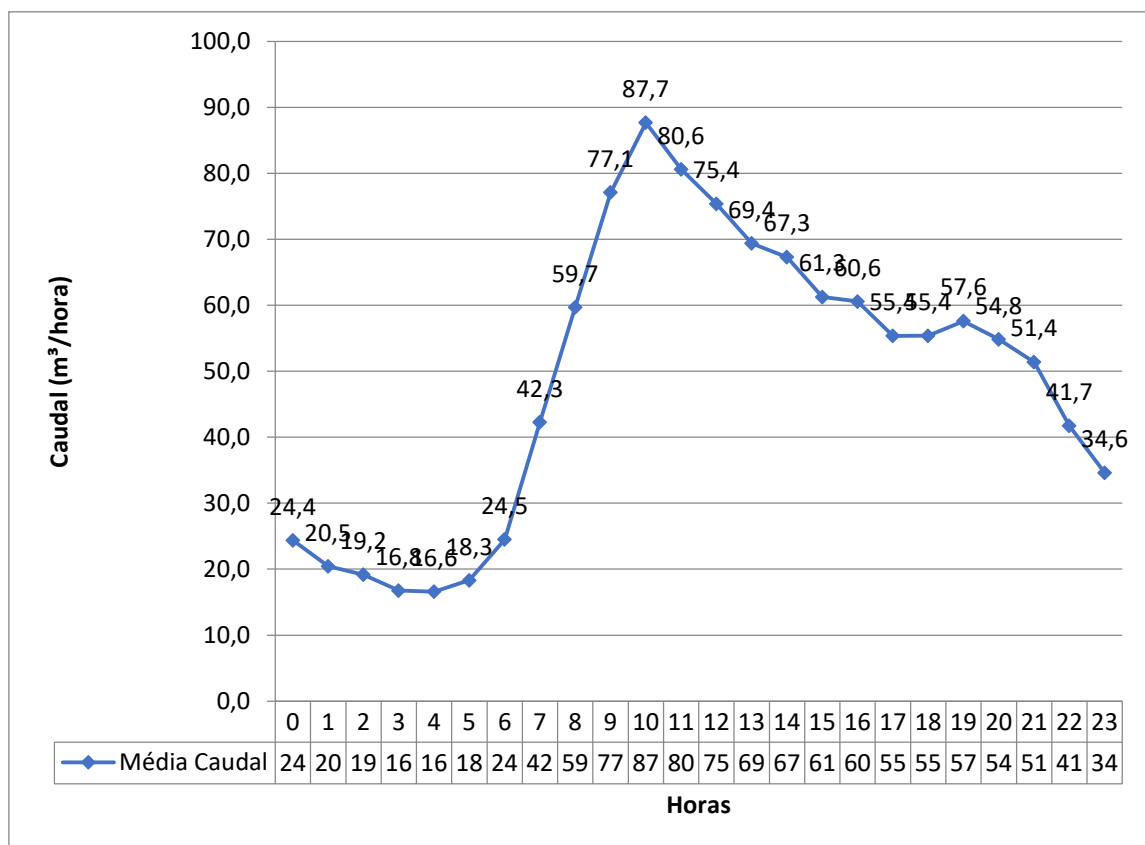


Figura 22 - Comportamento típico do consumo da ZMC de Vigia ao longo de um dia (SMAS – Sintra, 2020).

Observando o gráfico é possível afirmar que o caudal de consumo é menor no período da noite, atingindo o seu valor mínimo, 16,6 m³/h, às 4 horas. Este valor, apesar de não

ser tão elevado, pode ser consequência da existência de fugas, ligações ilícitas ou presença de outras tipologias na zona. O pico do consumo é registado às 10 horas, com valor igual a 87,7 m³.

2.11. Indicadores de Desempenho de Sistemas de Abastecimento de Água

Os indicadores de desempenho são um instrumento de apoio à monitorização da eficiência e da eficácia da entidade gestora no âmbito da sua gestão dos sistemas de abastecimento de água (Alegre et al, 2004). Ainda de acordo com os autores supracitados, cada indicador escolhido deve apresentar, de modo sintético, os aspetos mais relevantes do desempenho do operador, contribuindo para a quantificação do desempenho sob um dado ponto de vista, numa dada área e durante um dado período, facilitando a avaliação do cumprimento de objetivos e a análise de evolução ao longo do tempo.

A IWA definiu linhas-guia sobre os indicadores que deveriam ser adotados no contexto do abastecimento de água e sobre a informação a recolher para a sua avaliação. Foram estabelecidos 158 indicadores e divididos em seis grupos: Indicadores de recursos hídricos, de recursos humanos, infraestruturas, operacionais, de qualidade de serviço e económico-financeiros (Alegre et al, 2004).

Grupo de Indicadores	Código de Identificação ⁴
Indicadores de recursos hídricos	WR
Indicadores de recursos humanos	Pe
Indicadores infra-estruturais	Ph
Indicadores operacionais	Op
Indicadores de qualidade de serviço	QS
Indicadores económico-financeiros	Fi

Figura 23 - Estrutura dos indicadores de desempenho IWA (Fonte: Alegre *et al*, 2004).

A figura 24 apresenta alguns exemplos de indicadores para cada grupo estabelecido pela IWA e seu respetivo código de identificação, com a finalidade de melhor elucidar cada tipo de grupo de indicador de desempenho.

Grupo de Indicadores	Indicadores de desempenho	Código de identificação
Recursos Hídricos	Ineficiência na utilização dos recursos hídricos (%) 20	WR1
	Disponibilidade de recursos hídricos (%)	WR2
	Água reutilizada no abastecimento (%)	WR4
Recursos Humanos	Empregados por ramal (n.º/1000 ramais) 21	Pe1
	Empregados por água produzida (n.º/(106 m³/ano) 21	Pe2
	Pessoal afeto à gestão global (%)	Pe3
Infraestruturas	Utilização das estações de tratamento (%)	Ph1
	Capacidade de reserva de água bruta (dias)	Ph2
	Capacidade de reserva de água tratada (dias)	Ph3
Operacionais	Reabilitação de condutas (%/ano)	Op16
	Perdas de água por ramal (m³/ramal/ano) 23	Op23
	Água não medida (%)	Op39
Qualidade de serviço	Alojamentos servidos (%) 27	QS1
	Adequação da pressão de serviço (%) 28	QS10
	Qualidade da água fornecida (%)	QS18
Económico-financeiros	Proveito unitário (US\$/m³)	Fi1
	Investimento unitário (US\$/m³)	Fi25
	Água não faturada em termos de volume (%)	Fi46

Figura 24 - Exemplos de Indicadores por grupo (Fonte: Elaboração própria a partir de Alegre *et al*, 2004).

A partir dos indicadores propostos pela IWA, cada Entidade Gestora deve selecionar o subconjunto que mais se adequa ao seu caso e que promova a realização dos seus próprios objetivos de gestão. No âmbito da ERSAR, a regulação da qualidade dos serviços prestados de águas e resíduos em Portugal é atualmente realizada pelos indicadores da 4ª geração (ERSAR, 2021).

Os indicadores da 1ª geração foram aplicados entre os anos de 2004 e 2010, sucedidos pelos indicadores de 2ª geração entre 2011 e 2015, quando a ERSAR passou a regular todas as entidades gestoras. Em virtude da necessidade da adaptação às Diretivas Europeias e aos PENSAAR 2020 (Plano Estratégico de Abastecimento de Água e

Saneamento de Águas Residuais) e PERSU 2020 (Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos), a 3ª geração foi implementada em 2016 (ERSAR, 2021).

Com as novas estratégias e metas definidas para o setor de águas e resíduos, nomeadamente no regime jurídico de produção de água para reutilização obtida a partir do tratamento de águas residuais, bem como da sua utilização (Decreto-Lei n.º 119/2019, de 21 de agosto), na estratégia dos bio resíduos, no novo regime geral da gestão de resíduos (aprovado pelo Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro e alterado pela Lei n.º 52/2021, de 10 de agosto) e, ainda, no PENSAARP 2030 (Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais e Pluviais) e PERSU 2030, se fez necessário a atualização para a 4ª geração do sistema de indicadores para avaliação da qualidade do serviço (ERSAR, 2021).

Ressalta-se que esta 4ª geração de indicadores introduz um novo sistema de avaliação para o serviço de gestão de águas pluviais, que para este primeiro momento tem foco na recolha de informações para a caracterização deste serviço e na avaliação do conhecimento cadastral das infraestruturas existentes na área de intervenção das entidades gestoras. Além disso, este novo sistema de avaliação passa a ser aplicado a partir do ano de 2022 (ERSAR, 2021). Os indicadores utilizados pela ERSAR são divididos em três grupos, onde cada um deles também apresenta subgrupos:

1. Adequação do serviço ao utilizador;
 - 1.1. Acessibilidade do serviço aos utilizadores;
 - 1.2. Qualidade do serviço prestado aos utilizadores;
2. Sustentabilidade da gestão do serviço;
 - 2.1. Sustentabilidade económica;
 - 2.2. Sustentabilidade infraestrutural;
 - 2.3. Produtividade física dos recursos humanos;
3. Sustentabilidade ambiental.
 - 3.1. Eficiência na utilização de recursos ambientais;
 - 3.2. Circularidade e Valorização

A figura 25 apresenta os indicadores, separados por grupos e subgrupos, utilizados na 3ª geração para o serviço de abastecimento de água e faz um comparativo com as mudanças ocorridas para os indicadores da 4ª geração.

Indicadores da 3.ª geração	Indicadores da 4.ª geração
Adequação do serviço ao utilizador	
<u>Acessibilidade do serviço aos utilizadores</u>	
AA01a – Acessibilidade física do serviço (%)	Passa para o perfil da entidade gestora, alterado. Mantém designação
AA01b – Acessibilidade física do serviço (%)	Inalterado
AA02ab – Acessibilidade económica do serviço (%)	Alterado. Mantém designação. Avaliado apenas nas entidades gestoras em baixa
<u>Qualidade do serviço prestado aos utilizadores</u>	
AA03a – Ocorrência de falhas [n.º/(ponto de entrega · ano)]	Alterado. Mantém designação
AA03b – Ocorrência de falhas [n.º/(1000 ramais · ano)]	Alterado. Mantém designação. Valores de referência alterados
AA04ab – Água segura (%)	Inalterado
AA05ab – Resposta a reclamações (%)	Alterado. Altera designação: AA05ab – Resposta a reclamações, sugestões e pedidos de informação (%)
Sustentabilidade da gestão do serviço	
<u>Sustentabilidade económica</u>	
AA06ab – Cobertura dos gastos (%)	Alterado. Mantém designação.
AA07a – Adesão ao serviço (%)	Passa para o perfil da entidade gestora, alterado. Mantém designação
AA07b – Adesão ao serviço (%)	Inalterado
AA08ab – Água não faturada (%)	Inalterado
<u>Sustentabilidade infraestrutural</u>	
AA09ab – Reabilitação de condutas (%/ano)	Valores de referência alterados
AA10ab – Ocorrência de avarias em condutas [n.º/(100 km · ano)]	Inalterado
-	Novo. AA11ab – Utilização da infraestrutura de tratamento (%)
<u>Produtividade física dos recursos humanos</u>	
AA11a – Adequação dos recursos humanos [n.º/(10 ⁶ m ³ · ano)]	Inalterado. Alterada a designação. Renumerado: AA12a – Adequação dos recursos humanos na adução e tratamento [n.º/(10 ⁶ m ³ · ano)]
AA11b – Adequação dos recursos humanos [n.º/(100 km · ano)]	Eliminado
-	Novo. AA13b – Adequação dos recursos humanos no tratamento de água [n.º/(10 ⁶ m ³ · ano)]
-	Novo. AA14b – Adequação dos recursos humanos na distribuição de água [n.º/(100 km · ano)]
Sustentabilidade ambiental	
<u>Eficiência na utilização de recursos ambientais</u>	
AA12a – Perdas reais de água [m ³ /(km · dia)]	Inalterado. Renumerado: AA15a
AA12b – Perdas reais de água [l/(ramal · dia)]	Inalterado. Renumerado: AA15b
AA13ab – Eficiência energética de instalações elevatórias [(kWh/(m ³ · 100m)]	Inalterado. Renumerado: AA16ab. Valores de referência alterados
AA14ab – Encaminhamento adequado de lamas do tratamento (%)	Eliminado. Passa para o perfil da entidade gestora
-	Novo. AA17ab – Produção de lamas no tratamento (kg/m ³)
Indicadores da 3.ª geração	Indicadores da 4.ª geração
<u>Circularidade e Valorização</u>	
Perfil da entidade gestora: Produção própria de energia (%)	Novo, proveniente do perfil da entidade gestora, AA18ab – Produção própria de energia (%). Atribuição de valores de referência

Figura 25 - Indicadores para o serviço de abastecimento de água (Fonte: ERSAR, 2021).

Capítulo 3 – Caracterização da Área de Estudo

3.1. Conselho de Sintra

A AML é composta por dezoito conselhos, regista a maior concentração populacional e económica de Portugal, constituindo 3,3% do território nacional, onde residem quase 3 milhões de habitantes, que correspondem a cerca de 25% da população e está subdividida em duas regiões: Grande Lisboa e Península de Setúbal (Silva, 2010).

O conselho de Sintra está localizado na sub-região da Grande Lisboa, na área AMLN, com 319,5 km² de território, divididos em 11 freguesias e encontra-se limitado a Norte pelo conselho de Mafra, ao sul pelos conselhos de Cascais e Oeiras, a oeste pelo oceano Atlântico (sendo o Cabo da Roca o extremo mais ocidental do continente europeu), e a Leste pelos concelhos da Amadora, Loures e Odivelas.



Figura 26 - Área Metropolitana de Lisboa (Fonte: Plano Regional de Ordenamento do Território, 2016).

De acordo com o Censo de 2021, o município de Sintra apresenta 3% da população total nacional, 358.954 habitantes, sendo que este número representa 13% dos habitantes de

toda a AML. Esta população está distribuída ao longo das onze freguesias que integram o conselho de Sintra: Agualva e Mira Sintra, Algueirão-Mem Martins, Almargem do Bispo, Pêro Pinheiro e Montelavar, Cacém e São Marcos, Casal de Cambra, Colares, Massamá e Monte Abraão, Queluz e Belas, Rio de Mouro, São João das Lampas e Terrugem e Sintra, figura 27 (INE, 2019).



Figura 27 - Inserção do concelho de Sintra na AMLN. (Fonte: MUNISIG-CMS, 2009).

Com base nos dados de uso e ocupação do solo é possível dividir o Conselho de Sintra em 3 zonas distintas: rural, turística e urbana. Esta divisão revela uma grande heterogeneidade e o entendimento das diferenças é fundamental para a caracterização do abastecimento de água em cada zona, bem como, no comportamento dos caudais diurnos e noturnos, pressão da rede e consequentemente as perdas de águas reais que podem ocorrer.

A zona rural é composta pelas freguesias localizadas a norte e a oeste do Conselho de Sintra, constituída por pequenas vilas e aldeias com baixa densidade urbanística e populacional, de até 800 habitantes/km². Esta zona corresponde a 45% da área total do conselho e apenas 9% da população total, sendo a agricultura a principal atividade económica da região, seguida de pequenas indústrias ligadas à exploração de pedra (Silva, 2010).

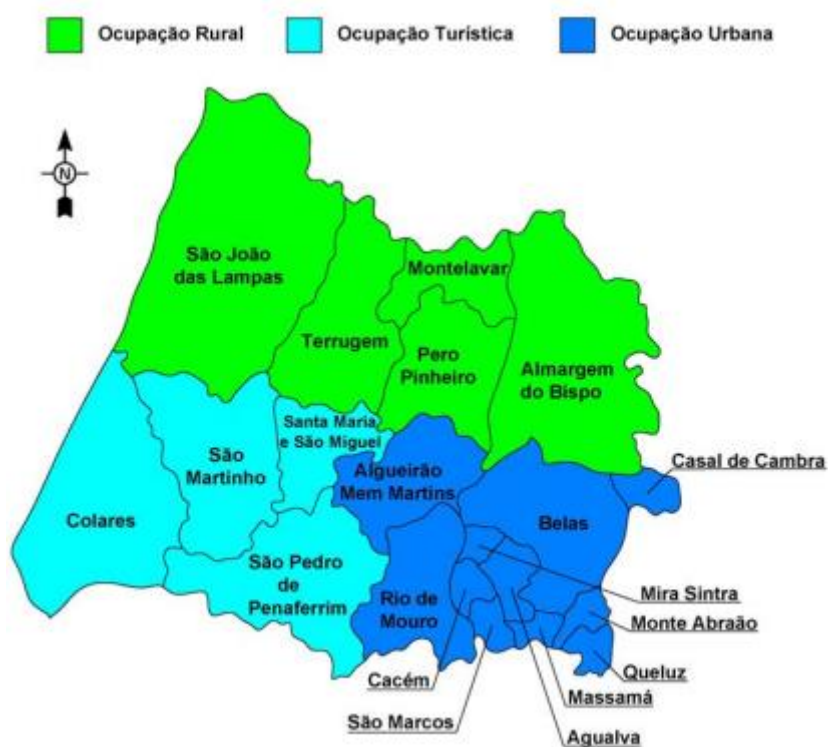


Figura 28 - Ocupação do solo do Conselho de Sintra de acordo com as zonas (Silva, 2010).

A zona mais turística está situada na área sudoeste do conselho de Sintra, caracterizada pelo património histórico, cultural e natural nomeadamente a área classificada pela UNESCO, parte do Parque Natural de Sintra – Cascais e algumas das praias mais populares da Grande Lisboa. Nesta zona reside apenas 9% da população, mas corresponde a 30% da área total do conselho.

A zona urbana está localizada a Sudoeste, apresenta elevada densidade urbanística e populacional, regista o maior crescimento populacional do conselho. Nesta zona reside 82% da população em 25% da área total de Sintra (Silva, 2010). A figura 28 apresenta a ocupação do solo do conselho de Sintra de acordo com as zonas rural, turística e urbana.

3.2. SMAS – Sintra

A primeira rede de abastecimento de água no conselho de Sintra ocorreu através de um regime de concessão à Paulo de Azevedo, em 1888, a fim de resolver os problemas de escassez de água na época de estiagem. Em 1922, devido a problemas de incumprimento das obrigações por parte do concessionário e a consequente falta de água, o sistema de abastecimento do conselho de Sintra passou a ser realizado pela Companhia de Águas de Sintra, através da compra das escrituras de 22 mil escudos de “créditos privilegiados” dos herdeiros do concessionário pela Câmara Municipal de Sintra (Silva, 2010).

Foi em 1946, através do Decreto de Lei nº 356563 do dia 22 de maio, que o abastecimento de água do conselho de Sintra, passou a ser gerido pela Câmara Municipal, realizando o resgate da concessão, tornando-se um regime de serviço municipalizado, através da SMAS – Sintra, com o objetivo de garantir o melhoramento, acesso e ampliação do serviço de água no conselho (Silva, 2010).

Os SMAS – Sintra são um prestador de serviço público de interesse local, com autonomia administrativa, financeira e técnica, que tem como objetivo garantir as necessidades coletivas da população do Concelho de Sintra no âmbito das suas funções. Desta forma, possui autonomia para determinar taxas, tarifas e preços a cobrar, de modo a garantir que os gastos de exploração, gastos administrativos e constituição de reserva para cobertura de despesas de capital para futuros investimentos de ampliação e renovação do sistema sejam garantidos (Silva, 2010).

De acordo com o Plano de Prevenção de Riscos de Gestão, incluindo os de Corrupção e Infrações Conexas – PPRGRCIC (2021), as principais atribuições dos SMAS – Sintra, são:

- Captação, adução, tratamento e distribuição de água para consumo público;
- Construção, ampliação, manutenção e gestão do sistema de abastecimento de água para consumo público;
- Recolha, drenagem, tratamento e destino final das águas residuais urbanas;
- Construção, ampliação, manutenção e gestão dos sistemas de drenagem de águas residuais urbanas.
- Recolha e transporte de resíduos urbanos a destino adequado.

Com base no Relatório de Contas de 2021, o sistema de abastecimento de água do SMAS de Sintra dispõe em exploração de 6 captações próprias, 1 estação de tratamento de água, 34 estações elevatórias e 51 reservatórios (em funcionamento), além disso, apresenta mais de 1800 km de condutas de adução e distribuição, em diversos tipos de materiais.

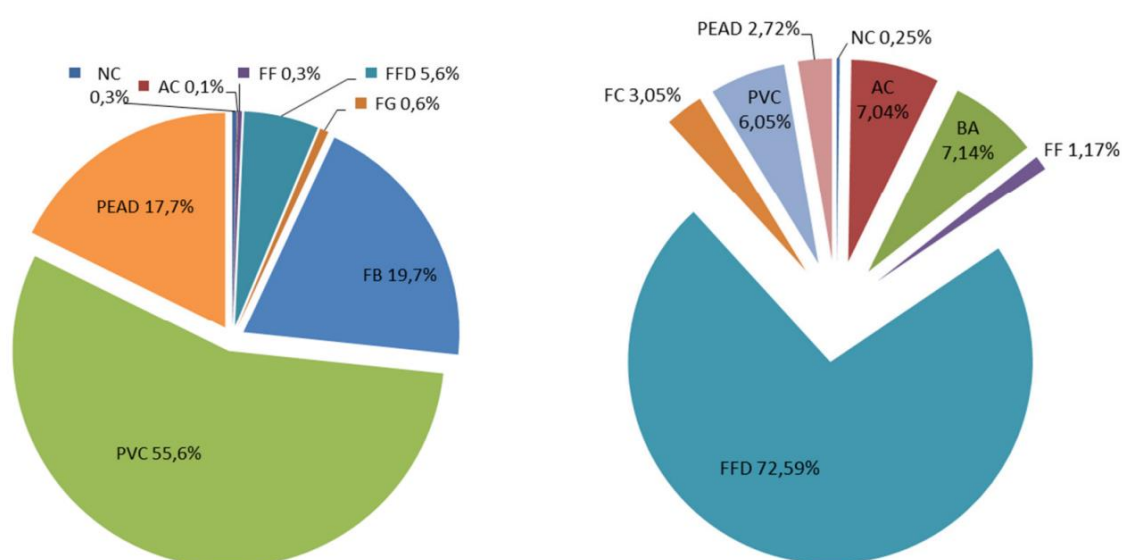


Figura 29 - Repartição das redes de distribuição (a) e adução (b) por material (Fonte: Plano de Redução de Perdas - SMAS, 2018).

De acordo com a figura 29 é possível identificar que as condutas das redes de distribuição são na sua maioria em PVC (55,6%), seguido pelos materiais de FIB (19,7%) e PEAD (17,7%), enquanto as redes de condutas para adução apresentam o ferro fundido dúctil – FFD (72,6%) como o principal material utilizado.

Os SMAS-Sintra servem a população residente do Concelho de Sintra, aproximadamente 358 mil habitantes, cobrindo todas as freguesias, sendo o segundo maior distribuidor de água de Portugal com mais de 191 mil contadores de clientes ativos. Com base nos Relatórios e Contas dos SMAS-Sintra, entre anos de 2010 e 2021, foi possível construir os gráficos referentes ao quantitativo do número de clientes e ao número de trabalhadores neste período.

A análise da figura 30 permite observar que do ano 2010 a 2013 o número de clientes reduziu aproximadamente 4%, de 187.452 para 179.801 contadores ativos. A partir de 2014 há um crescimento contínuo em todos os anos, atingindo o seu maior valor em 2021, com 193.070 clientes.

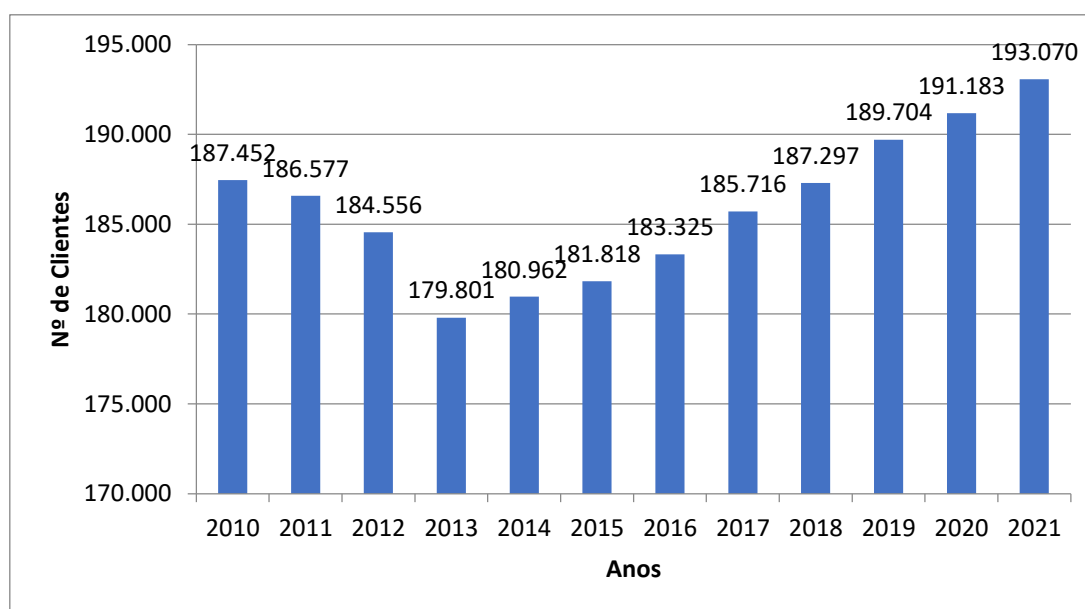


Figura 30 - Evolução do número de clientes (Fonte: Relatório e Contas SMAS-Sintra, 2021).

Visando garantir a qualidade do serviço prestado, o crescimento do número de clientes tem sido acompanhado pelo contínuo investimento em infraestruturas, na aplicação de novas tecnologias, na modernização dos métodos de trabalho e na formação contínua dos seus funcionários (Silva, 2010). A figura 31 apresenta a evolução do número de funcionários entre 2010 e 2021, sendo elaborado com as informações contidas nos Relatórios e Contas dos SMAS-Sintra.

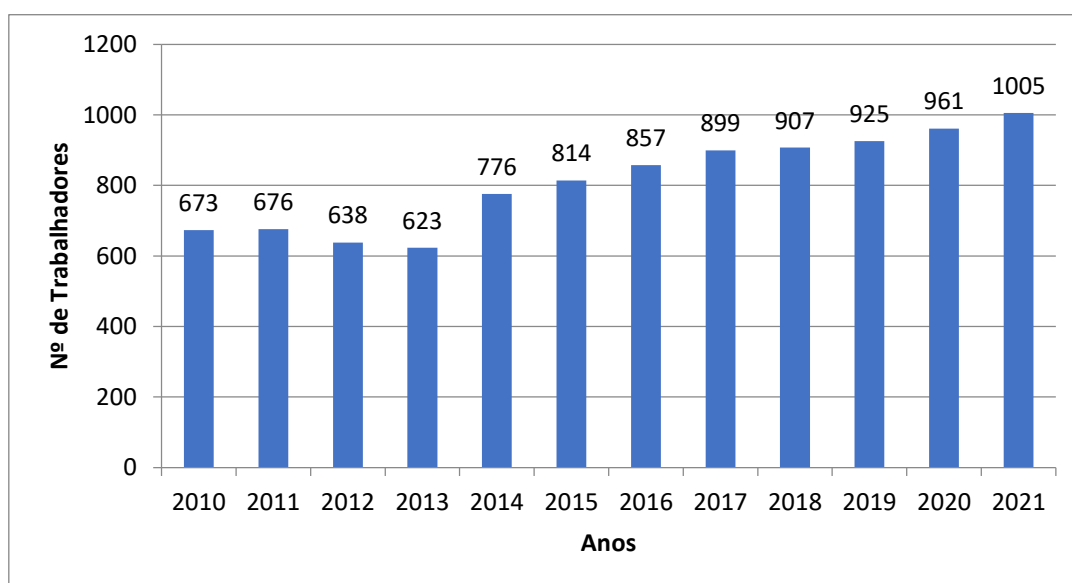


Figura 31 - Evolução do número de funcionários nos SMAS Sintra (Relatório e Contas SMAS-Sintra, 2021).

É possível observar que o número de funcionários ao longo desses 12 anos apresenta um comportamento similar ao número de clientes. O número de funcionários reduz de 2011 a 2013, chegando a SMAS-Sintra apresentar 623 trabalhadores. A partir do ano de 2014 há um crescimento contínuo em todos os anos, atingindo o seu maior valor em 2021, com 1005 funcionários.

É possível realizar uma associação entre o número de clientes e funcionários com os dados da população de Sintra. Com o aumento gradual da população nos últimos 20 anos, de acordo com os dados do CENSO 2021, houve um crescimento no número de contadores ativos. Devido ao aumento no número de clientes, há necessidade de

aumentar o quadro de funcionários por parte da SMAS-Sintra, para garantir a prestação do serviço.

O sistema de abastecimento de água de Sintra é servido, na sua quase totalidade, através da compra de água à EG em Alta, neste caso a EPAL. Existem captações próprias no conselho, que representam uma fração muito pequena do volume anual total de água que entra no sistema para abastecimento humano, perfazendo apenas 0,54% em 2021, entre os anos de 2016 e 2021, sendo este seu maior valor conforme apresentado na tabela 4 e Figura 32.

Ano	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Água aduzida EPAL (m³)	26 310 453	27 029 970	25 140 850	25 534 680	26 470 677	26 123 069
Água aduzida Captações Próprias (m³)	119 419	95 242	120 728	83 133	96 155	140 699
% de água aduzida ao sistema com origem em captações próprias	0.45%	0.35%	0.48%	0.33%	0.36%	0.54%

Tabela 4 - Comparativo entre os volumes anuais de água de entrada no sistema entre 2016 e 2021 (Fonte: Elaboração própria a partir do Relatório e Contas SMAS-Sintra, 2021).

A figura 32 e o quadro 4 demonstram que houve um decréscimo na entrada de água do sistema por meio da compra à EPAL, de 2017 para 2018, quando este atingiu seu menor valor 25 140 850 m³. De 2018 a 2020 os valores de água adquiridos à EPAL cresceram gradualmente, com o seu maior valor em 2020, 26 470 677 m³.

Nos anos de 2019 e 2020, observa-se que o volume de captação adquirido à EPAL apresentou um aumento significativo com relação ao volume captado em 2018, sendo em 2019 de aproximadamente 2% (393 830 m³) e em 2020 de 5% (1 329 827 m³). Este comportamento pode ser justificado pelo aumento do número de clientes nestes dois anos (figura 30), sendo necessário um maior volume de água para garantir o abastecimento dos utilizadores.

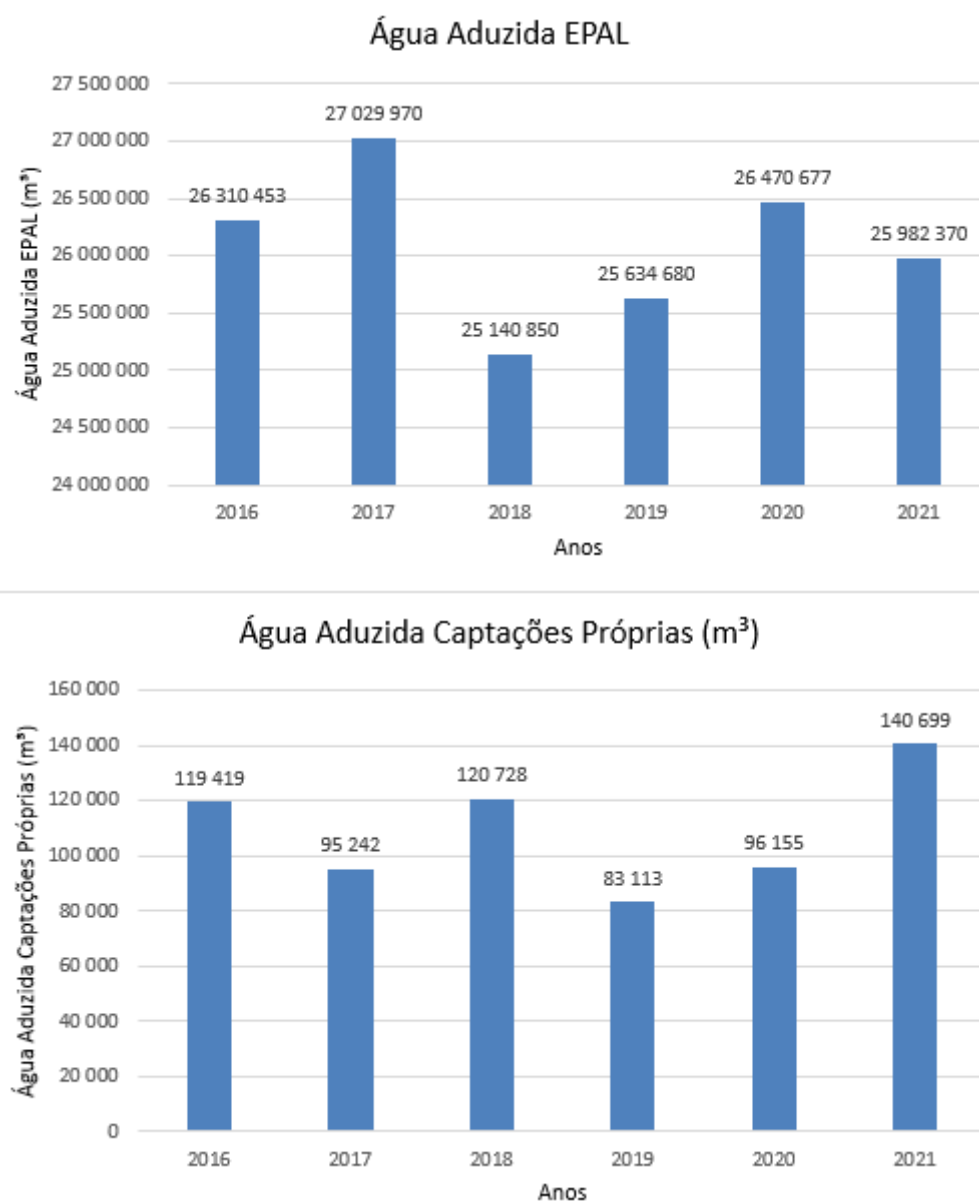


Figura 32 - Histórico dos volumes anuais de água entrada no sistema entre 2016 e 2021. Água adquirida à EPAL vs Água de Captações Próprias (Fonte: Elaboração própria a partir do Relatório e Contas SMAS-Sintra, 2021).

Do ano 2020 para 2021 o quantitativo de água adquirido da EPAL reduziu em torno de 2%, de 26 470 677 m³ para 25 982 370 m³, promovendo o aumento do valor de adução própria por parte dos SMAS Sintra, de 96 155 m³ para 140 699 m³, sendo este o maior valor de adução por captação própria no período de 2016 a 2021.

A tabela 5 apresenta a divisão da rede de distribuição de água gerida pelos SMAS Sintra, por área de influência de reservatório, com as suas extensões. De acordo com o Plano de Redução das Perdas 2018 e 2020 dos SMAS, o sistema possui na sua grande maioria redes de distribuição com extensão menor que 50 km.

Área de Influência		Extensão da rede de distribuição (km)
R00	Carenque	73,74
R01	Pendão	23,42
R02	Gémeos	37,07
R03	Pimenta	7,16
R05	Carregueira	19,32
R06	Mira-Sintra	14,5
R07	Merces Velho	13,12
R08	Vale dos Lobos	15,69
R09	Sabugo	29,03
R12	Montelavar	39,15
R14	D. Maria	13,13
R16	Terrugem	11,72
R17	Arneiro dos Marinheiros	35,16
R18	Amoreira	89,91
R19	Eugaria	4,53
R20	Casas Novas	24,46
R23	Quinta Velha	5,53
R25	Vigia	25,09
R26	Campo	25,17
R27	Santa Eufémia	13,61
RESV28	Ranholas	25,15
RESV29	Ouressa	19,44
RESV30	Abarraque	65,36
RESV33	Casal de Cambra	63,24
RESV35	Azóia	25,3
RESV37	Praia das Maças	24,14
RESV38	Rinchoa	54,35
RESV39	Merces Apoiado Novo	125,61
RESV40	Camarões	21,15
RESV41	Anços	30,58
RESV42	Colaride	17,59

Área de Influência		Extensão da rede de distribuição (km)
RESV43	Cotão	96,82
RESV44	Mercês Elevado	7,17
RESV46	Pedras da Granja Apoiado	20,07
RESV48	Linhó	30,32
RESV51	Penedo	10,49
RESV52	Belas Club Campo	18,84
RESV53	Massamá Norte	41,33
RESV55	Cavaleira Elevado	14,24
RESV56	Serra Casal de Cambra	22,85
RESV58	Almargem de Bispo	39,82
RESV59	Pernigem	23,82
RESV60	Mucifal	34,98
RESV61	Morelinho	30,06
RESV62	Várzea de Sinta	29,57
RESV63	Covas Ferro	5,45
RESV65	Negrais	15,79
RESV66	Janas	23,4
	Não conhecido	77,15

Tabela 5 - Áreas de influência e extensão de redes dos reservatórios dos SMAS de Sintra (Plano de Redução de Perdas 2018-2022, SMAS-Sintra, 2018).

A área de influência de menor extensão é a de Eugaria, com apenas 4,5 km. Se destacam, por apresentar uma maior extensão de rede as áreas dos reservatórios de Amoreira, Cotão e Mercês Apoiado Novo, com 89,81; 96,82 e 125,61 km, respetivamente. A figura 33 apresenta a disposição das áreas de influência e a localização dos reservatórios dentro de cada ZMC.

3.3. Caracterização das Zonas de Medição e Controlo

- Arneiro dos Marinheiros,
- Mercês Tapada;
- Vigia.

Universidade Lusófona

	Arneiro dos Marinheiros	Mercês Tapada	Vigia
Km de rede (km)	35,16	7,17	25,09
Nº de Clientes	1579	2739	2830
Nº de habitantes	3948	6848	7075
Pressão média (mca)	35	35	35

Tabela 6 - Características das Zonas de Medição e Controlo (SMAS - Sintra, 2022).

A figura 34 apresenta uma noção espacial da disposição das Zonas de Medição e Controlo escolhidas para serem estudadas neste trabalho. Esta planta encontra-se em anexo para uma melhor visualização.



Figura 34 - Zonas de Medição e Controlo em estudo apresentadas na carta global do Concelho de Sintra (Fonte: SMAS – Sintra, 2022).

Estas ZMC foram escolhidas por apresentarem características de ocupação de solo, tipos de utilizadores e dimensões de rede totalmente diferentes. A ZMC de Arneiro dos Marinheiros está localizada em zona rural, na zona da costa, sem indústrias relevantes, apresentando a maior dimensão de rede (35,16 km) e a topografia da região apresenta-se plana até à zona da praia.

A Mercês Tapada é uma ZMC localizada numa área 100% urbana, apresentando a menor dimensão de rede (7,17 km) de entre as escolhidas, mas que apresenta uma elevada densidade populacional.

A ZMC de Vigia é uma rede de distribuição antiga, que se encontra em remodelação. Classificada como uma zona mista (turística e urbana), o seu consumo é na maior parte habitacional, mas também apresenta algumas indústrias. A Zona de Vigia possui o maior número de clientes e o maior número de habitantes de entre as três zonas escolhidas, com 25 km de rede.

Capítulo 4 – Metodologia

O presente trabalho tem como finalidade avaliar as perdas reais existentes em três ZMC, do sistema de abastecimento de água gerido pelos SMAS – Sintra, através da análise dos caudais mínimos noturnos e de indicadores da ERSAR. O estudo é desenvolvido a partir do levantamento de informações referentes ao consumo diário dos utilizadores, disponibilizados SMAS.

Assim, de modo a atingir os objetivos deste trabalho, a metodologia foi delineada em três etapas: (1) Dados de consumo; (2) Cálculo do caudal mínimo e (3) Indicadores a utilizar.

4.1. Dados de Consumo

Foram fornecidos pela equipa técnica dos SMAS – Sintra os dados de consumo diário de água das três ZMC em três anos consecutivos, 2019, 2020 e 2021. As informações foram exportadas do sistema de Telegestão utilizado pela EG, Waternet, e disponibilizadas em ficheiro Excel, com os consumos de água medidos de 01 de janeiro a 31 de dezembro de cada ano, com leituras do caudal realizadas em intervalos de 15 em 15 minutos.

Para cada hora são identificados quatro caudais a cada 15 minutos. Como exemplo para destes dados é apresentada a tabela 7 com informações dos caudais medidos referentes ao dia 01/05/2020 na ZMC Vigia, para 01:00 hora.

Dia	Horário	Caudal medido (m ³ /h)
01/05/2020	01:00	26,23
	01:15	22,28
	01:30	22,25
	01:45	22,79

Tabela 7 - Exemplo de caudal medido ZMC Vigia (Fonte: Elaboração própria a partir dos dados SMAS Sintra, 2021).

A determinação dos consumos horários é realizada através da média aritmética dos caudais medidos a cada 15 minutos.

$$X = \frac{\sum Q}{n} \quad (3)$$

$$X = \frac{26,23 + 22,28 + 22,25 + 22,79}{4}$$

$$X = 22,538 \, m^3/h$$

Sendo:

$$Q = \text{Caudal medido para cada intervalo horário } \left(\frac{m^3}{h}\right)$$

Em posse das médias horárias é calculada a média diária, seguida da média mensal e posteriormente é determina uma média anual para cada ano em estudo referente a cada ZMC.

A partir das médias anuais, mensais e diárias, foram construídos tabelas e gráficos para uma melhor caracterização do consumo de água em cada ZMC, bem como, a realização de uma análise de seu comportamento ao longo dos anos em estudo. A figura 35 apresenta um exemplo do ficheiro Excel com as informações dos consumos enviados pela equipa técnica SMAS – Sintra, somado à determinação das médias diárias, horárias e mensais.

A	B	C	D	E	F
DATA	HORA	Vigia-Q1 Méc	HORA	DIA	MÊS
01/01/2021	00:00	38,689	43,319	48,331	66,5
01/01/2021	00:15	43,575			
01/01/2021	00:30	43,063			
01/01/2021	00:45	45,86			
01/01/2021	01:00	43,95	40,4055		
01/01/2021	01:15	41,022			
01/01/2021	01:30	39,789			
01/01/2021	01:45	38,956			
01/01/2021	02:00	38,156	38,032		
01/01/2021	02:15	39,414			
01/01/2021	02:30	37,908			
01/01/2021	02:45	37			
01/01/2021	03:00	45,19	40,4785		
01/01/2021	03:15	42,043			
01/01/2021	03:30	38,142			
01/01/2021	03:45	38,914			

Figura 35 - Imagem do ficheiro excel com as informações dos caudais médios do ano 2021 da ZMC Vigia (SMAS - Sintra, 2022).

4.2. Cálculo do Caudal Mínimo

A análise do consumo horário para a identificação de perdas reais, será baseada na comparação entre o caudal mínimo noturno real, caudal mínimo ideal “meta” e a média mensal do caudal mínimo noturno real. Serão objetos de estudo dois meses de cada ZMC, o de maior e menor consumo, referentes ao ano de 2021.

Para a ZMC Vigia os meses de análise serão março (menor consumo) e agosto (maior consumo), enquanto para a ZMC Mercês Tapada e Arneiro dos Marinhos os meses em estudo serão janeiro (menor consumo) e agosto (maior consumo). O caudal mínimo noturno é identificado, para as três ZMC, através do cálculo da média aritmética da hora de menor consumo observado, entre 4 e 5 da manhã.

$$X = \frac{\sum q}{n}$$

$$X = \frac{\sum \text{caudal 4 às 5}}{n} \quad (4)$$

Universidade Lusófona

No que se refere o caudal meta “ideal”, este é determinado através da soma entre a Perda Real Inevitável (PRI) e o Consumo Estimado (C_{est}). Por sua vez, o consumo estimado é calculado através da adoção de que cada habitante consome 0,6 litros por hora (l/hab./hora), multiplicado pela população de cada ZMC (P_{zmc}).

$$C_{est} = 0,6 * P_{zmc} \quad (5)$$

Os resultados estão expressos em m³/h na tabela 8.

	Vigia	Mercês Tapada	Arneiro dos Marinheiros
População - 2021 (hab)	7075	6848	3948
Consumo Estimado (m ³ /h)	4,2	4,1	2,4

Tabela 8 - Consumo estimado para cada ZMC (Fonte: Elaboração própria, 2022).

O cálculo da perda real inevitável é feito admitindo que haja uma perda de 18 litros por cada km de extensão da rede, 0,8 litros por cada ligação de ramal e 25 litros por cada ramal. A adoção destes valores estabelece a equação para determinar a perda inevitável para cada ZMC, expressa a seguir.

$$PRI = (18 * L_m + 0,8 * N_c + 25 * L_c * N_c) * P_m \quad (6)$$

Sendo:

$L_m =$ Extensão da rede (km)

$N_c =$ N^o de ramais

$L_c =$ Comprimento médio dos ramais (km)

$P_m =$ Pressão média (m. c. a)

É importante referir que foi considerada a pressão média constante de 35 m.c.a. para todas as ZMC, e que os resultados desta equação são obtidos em l/h, devendo ser realizada uma conversão de unidade para m³/h. As informações referentes à extensão da

rede, número de ramais e comprimento dos mesmos, foram fornecidas pela equipa técnica dos SMAS – Sintra e encontram-se na tabela 9.

	Vigia	Mercês Tapada	Arneiro dos Marinheiros
Extensão da rede (km)	25,09	7,17	35,16
Nº de ramais	1432	200	1579
Comprimento médio dos ramais (km)	0,005	0,004	0,005
Pressão média (m.c.a.)	35	35	35

Tabela 9 - Características físicas das ZMC (Fonte: Elaboração própria a partir dos dados fornecidos pela SMAS - Sintra, 2022).

Em posse destes resultados é realizada uma soma entre a Perda Real Inevitável (*PRI*) e o Consumo Estimado (C_{est}), determinando o caudal mínimo ideal “meta”, que será comparado com os valores reais do menor consumo noturno medido, entre as 4:00 e 4:45, e com a média aritmética do caudal mínimo noturno para cada mês de análise e ZMC.

É importante referir que tanto o valor do consumo de cada habitante por hora (0,6 l/hab./hora), quanto o valor constante da pressão na rede (35 m.c.a), foram adotados neste trabalho de acordo com as informações fornecidas pela equipa técnica da SMAS-Sintra.

4.3. Indicadores

Com a finalidade de analisar a sustentabilidade da gestão do serviço e a sustentabilidade ambiental no abastecimento público de água realizado pelo SMAS – Sintra, foram selecionados quatro indicadores da 3ª geração do sistema de avaliação da qualidade do serviço da ERSAR. Estes indicadores foram escolhidos visando dar maior visibilidade a análise das perdas de água que ocorrem no sistema de abastecimento, com principal enfoque nas perdas reais.

Para este trabalho foram escolhidos três indicadores do grupo de sustentabilidade da gestão do serviço, sendo o indicador A08ab – Água não faturada pertencente ao subgrupo da sustentabilidade económica e os indicadores AA09ab – Reabilitação de condutas e AA10ab – Ocorrência de avarias em condutas do subgrupo sustentabilidade

infraestrutural. O quarto indicador, AA15ab – Perdas reais de água, pertence ao grupo da sustentabilidade ambiental e do subgrupo eficiência na utilização de recursos ambientais.

Estes indicadores apresentam ligação direta com as perdas reais de água que ocorrem em um sistema de abastecimento de água e por isso é que foram escolhidos para serem analisados neste trabalho. Para os quatro indicadores são apresentados a seguir as equações para suas determinações, bem como, os valores de referência para identificar a qualidade do serviço prestado, sendo esta dividida em 3 níveis: boa, mediana e satisfatória.

- AA08ab – Água não faturada

Este indicador visa avaliar o nível de perdas económicas correspondentes à água que, apesar de ser captada, tratada, transportada, armazenada e distribuída, não chega a ser faturada aos utilizadores.

$$AA08ab = \frac{dAA60b}{dAA48ab} \times 100 \quad (7)$$

Sendo:

$$dAA60b = \text{Água não faturada} \left(\frac{m^3}{ano} \right)$$

$$dAA48ab = \text{Água entrada no sistema} \left(\frac{m^3}{ano} \right)$$

Os valores de referência para sistemas em baixa são (%):

- Qualidade do serviço boa: [0,0; 20,0]
- Qualidade do serviço mediana:]20,0; 30,0]
- Qualidade do serviço insatisfatória:]30,0; 100,0]

- AA09ab – Reabilitação de condutas

Tem como objetivo avaliar a prática de reabilitação das condutas, garantindo a renovação gradual de acordo com uma idade média aceitável da rede. Desta forma, este indicador será definido através da percentagem média anual das condutas de adução e distribuição com idade superior a dez anos que foram reabilitadas nos últimos cinco anos.

$$AA09ab = \frac{dAA28ab}{dAA27ab} \times 100/5 \quad (8)$$

Sendo:

$dAA28ab$ = Condutas reabilitadas nos últimos cinco anos (km)

$dAA27ab$ = Comprimento médio de condutas (km)

Os valores de referência são (%/ano):

- Qualidade do serviço boa: [1,5; 4,0]
 - Qualidade do serviço mediana [0,8;1,5[ou]4,0; 20]
 - Qualidade do serviço insatisfatória: [0; 0,8[
-
- AA10ab – Ocorrência de avarias em condutas

Definido através do quantitativo de avarias em condutas a cada 100 km. Avalia desta forma como a ocorrência de avarias na tubagem originam perdas de água e possivelmente falhas no abastecimento.

$$AA10ab = \frac{dAA43ab}{dAA26ab} \times 100 \quad (9)$$

Sendo:

$dAA43b$ = Avarias em condutas (n.º/ano)

$dAA26b$ = Comprimento total de condutas (km)

Os valores de referência para sistemas em baixa [n.º/(100km.ano)] são:

- Qualidade do serviço boa: [0; 30]
- Qualidade do serviço mediana:]30; 60]
- Qualidade do serviço insatisfatória:]60; $+\infty$

- AA15ab – Perdas reais de água

O indicador é definido pelo volume de perdas de água, fugas e extravasamentos, no ano por ramal.

$$AA15ab = \frac{dAA62b}{dAA29b} \times (1000 / 365) \quad (10)$$

Sendo:

$$dAA62ab = \text{Perdas reais} \left(\frac{m^3}{ano} \right)$$

$$dAA29b = N^{\circ} \text{ Ramais de ligação}$$

Os valores de referência para sistemas em baixa com uma densidade de ramais igual ou superior a 20 ramais/km de rede [l/(ramal.dia)] são:

- Qualidade do serviço boa: [0; 100]
- Qualidade do serviço mediana:]100; 150]
- Qualidade do serviço insatisfatória:]150; $+\infty$ [

Foi feita uma análise entre os anos de 2014 e 2021, de acordo com os dados encontrados no Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP) e no site da Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas – APDA. A partir destes, foram criados gráficos comparativos para uma melhor compreensão do comportamento da qualidade de serviço prestado pela Entidade Gestora.

Capítulo 5 – Resultados e Discussão

5.1. Consumo Anual e Mensal

A figura 36 apresenta os resultados das médias anuais do consumo de água referente as três ZMC nos anos em estudo. É possível observar um aumento das médias anuais para as três zonas entre os anos de 2019 e 2020, enquanto entre os anos de 2020 e 2021 observa-se uma redução nas ZMC da Mercês Tapada e Vigia.

Os resultados apresentam coerência quando analisados em conjunto com as características descritas de cada ZMC no capítulo 4, onde as maiores médias de caudais foram encontradas na ZMC de Vigia, que apresenta um maior número de clientes e maior número de habitantes, seguida pela ZMC Mercês Tapada, que apesar de apresentar a menor rede em extensão, possui uma elevada densidade populacional.

O aumento da média anual entre 2019 e 2020 nas ZMC pode estar relacionado ao aumento do número de clientes da SMAS - Sintra neste período (de 189 704 para 191 183 cliente, de acordo com a figura 30), somado ao fato de que em março de 2020 a Organização Mundial de Saúde declarou à Pandemia de Covid-19, que interferiu nos hábitos da população gerando impactos no consumo de água com medidas de isolamento social e restrições para serviços não-essenciais (Tavares, L.C. *et al*, 2021).

Esta relação pode ser confirmada ao observar que após o relaxamento das medidas restritivas e retorno de atividades para serviços não-essenciais, fazendo com que a população voltasse aos antigos hábitos no início do ano de 2021, houve uma redução da média anual entre 2020 e 2021 na ZMC Mercês Tapada, que tem como característica utilizadores de perfil residencial e apresenta elevada densidade demográfica.

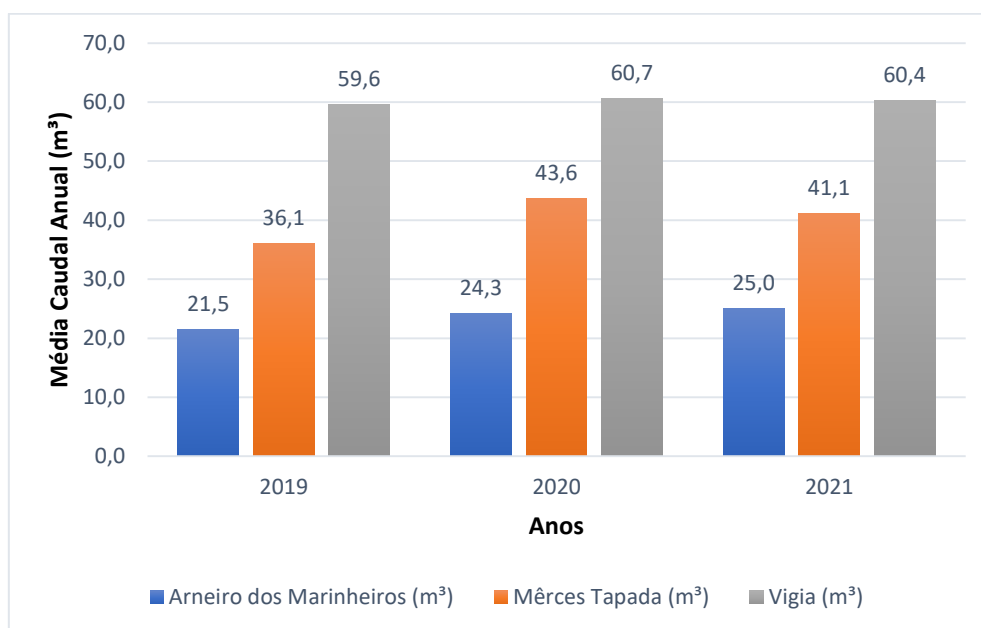


Figura 36 - Caudais médios anuais das ZMC (Fonte: Elaboração própria, 2022).

O estudo realizado por Silva Filho (2021) na cidade de Natal, Rio Grande do Norte – Brasil, confirma o comportamento do consumo de água na ZMC da Tapada das Mercês, uma vez que apresenta como resultado do impacte da pandemia de COVID-19, a alteração nos hábitos da população, que promove a redução do consumo de água dos utilizadores de perfil comercial, pública e industrial e um aumento do consumo residencial.

A análise do consumo mensal da ZMC Arneiro dos Marinheiros demonstra que em todos os três anos em estudo o maior consumo é registado entre os meses de maio a setembro, ou seja, durante a época de temperaturas mais elevadas do ano, o verão. As maiores médias são identificadas nos meses de julho e agosto no ano de 2021, apresentando os valores de 32,8 e 33,2 m³ respetivamente, conforme figura 37.

Ainda de acordo com a Figura 37, os menores valores de consumo mensal são identificados entre os meses de novembro e fevereiro, período de temperaturas mais baixas. O valor mais baixo apresentado foi o de 18,1 m³ em novembro de 2019. Este comportamento do consumo, de maiores consumos no verão, pode ser explicado pelo

fato da ZMC estar localizada junto a costa, onde há maior circulação de pessoas durante a época de temperaturas mais elevadas.

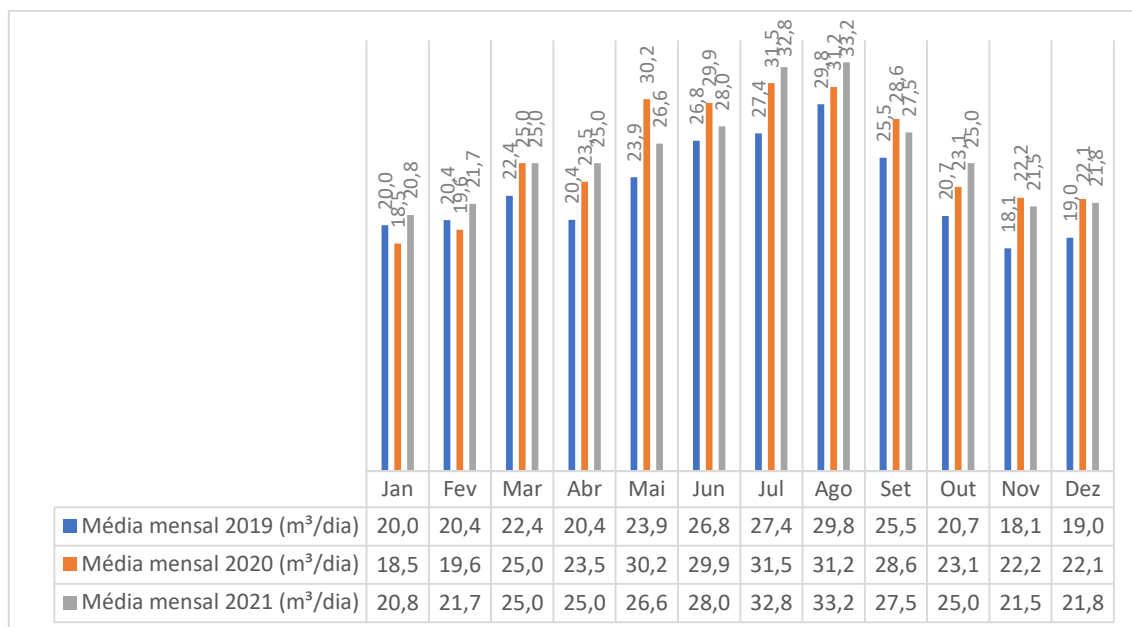


Figura 37 - Médias mensais ZMC Arneiro dos Marinheiros (Fonte: Elaboração própria, 2022).

O gráfico do consumo mensal da ZMC Mercês Tapada apresenta um comportamento mais regular, com valores de consumo com baixa variação ao longo de todo o ano, conforme Figura 38. Este fato pode ser explicado devido esta zona ser em sua totalidade urbana, com utilizadores maioritariamente residenciais e apresentar uma elevada densidade populacional.

Tal como observado no consumo anual, os valores de consumo mensal referente ao ano de 2020 da ZMC Mercês Tapada, apresentaram valores superiores aos outros anos, exceto nos meses de janeiro e fevereiro, período em que ainda não havia sido implementada as medidas de isolamento social e restrições para serviços não essenciais. O comportamento deste consumo também pode ser considerado como um indicador de como a pandemia de Covid-19 e as medidas adotadas para seu controlo, influenciaram diretamente no comportamento da população e consequentemente no consumo de água.

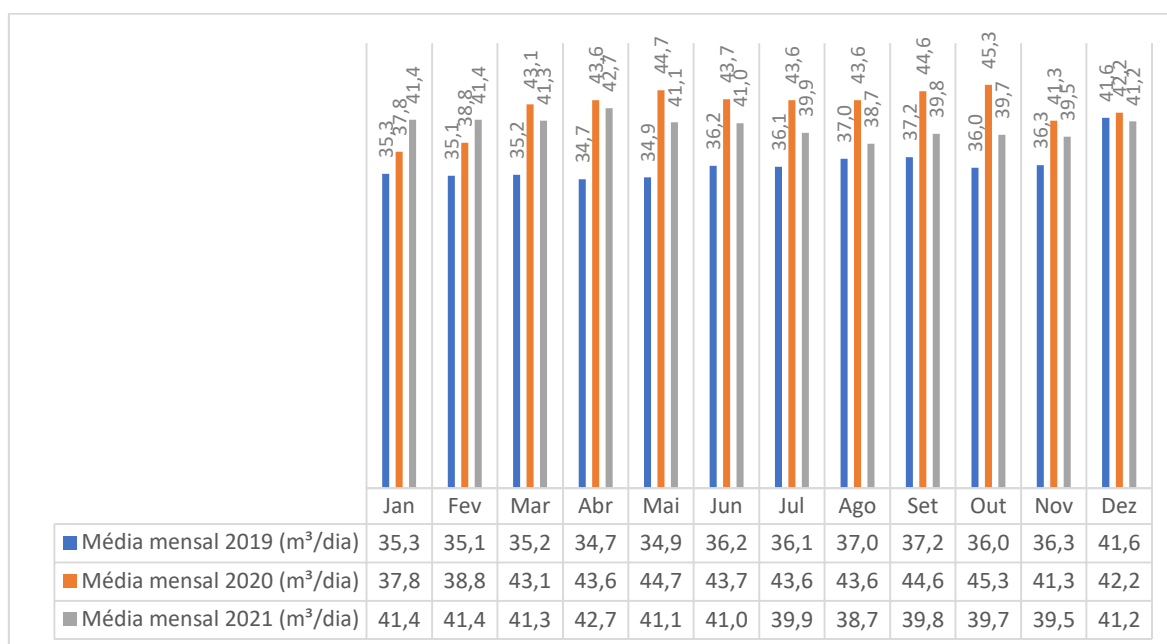


Figura 38 - Médias mensais ZMC Mercês Tapada (Fonte: Elaboração própria, 2022).

O comportamento do consumo mensal referente a ZMC Vigia apresenta uma oscilação com picos na época de temperaturas mais elevadas e de menor consumo na época de temperaturas mais baixas. É possível observar que a medida que o verão se aproxima os consumos aumentam, com maior valor obtido no mês de setembro de 2020, conforme Figura 39. Este comportamento pode ser explicado por essa ZMC estar localizada numa zona turística, onde os consumos irão variar de acordo com a quantidade de visitantes.

O menor valor de consumo foi registado no mês de março de 2021, 46,4 m³, período final do inverno e de baixa taxa de visitação turística em Portugal. No que se refere ao período de medidas restritivas devido a Pandemia de COVID-19, é possível observar uma redução do consumo no ano de 2020 em relação aos anos de 2019 e 2021, que pode estar relacionado com as proibições de viagens e fechamento de espaços turísticos.

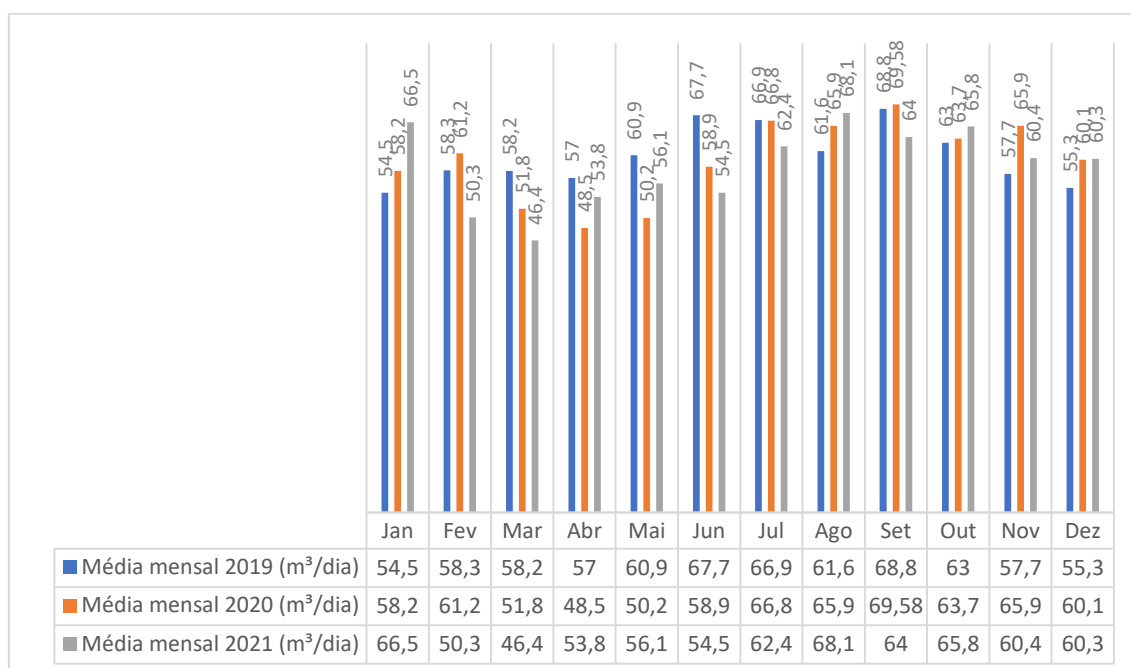


Figura 39 - Médias mensais ZMC Vigia (Fonte: Elaboração própria, 2022).

Em posse dos gráficos dos consumos mensais de casa ZMC é possível realizar uma análise do comportamento consumo relacionado com as estações do ano e suas características de ocupação do solo. Enquanto a ZMC Mercês Tapada, que apresenta uma característica urbana, apresenta um consumo mais homogêneo durante todo ano, a ZMC Arneiro dos Marinheiros que apresenta uma característica de zona rural, apresenta consumos mais elevados durante o verão, que pode estar relacionado com a necessidade de realizar as regas com maior frequência.

A ZMC Vigia também apresenta um comportamento no consumo que varia com as estações do ano, com maiores valores durante o verão e menores valores no inverno. Este comportamento pode estar relacionado com o aumento da taxa de turismo durante a época mais quente do ano, uma vez que esta ZMC é caracterizada quanto ao tipo de ocupação do solo como uma zona mista, urbana e turística.

5.2. Consumo Diário – Cálculo do Caudal Mínimo Noturno

O caudal mínimo meta é o valor teórico admitido pelos SMAS – Sintra para representar o menor valor de consumo para cada ZMC ao longo do dia. Sua determinação tem como finalidade ser instrumento de comparação com o menor consumo horário medido (real), uma vez que, caso o caudal real apresente valores próximos da meta, este comportamento pode ser um indicativo de possíveis roturas ou fugas no sistema, devendo ser investigada para promoção da redução de perdas reais.

Contudo, o consumo maior do que a meta pode não representar uma perda e sim o consumo real que ocorreu neste dia, devendo ser analisado o comportamento do consumo ao longo dos dias e meses, levando em consideração que o consumo de água varia de acordo com as estações do ano e características dos utentes.

A tabela 10 apresenta o resultado das médias aritméticas para a determinação do caudal mínimo noturno real, referente ao horário de 4 às 4:45 da manhã, nos meses de menor e maior consumo para cada ZMC. Como esperado, é possível observar um aumento do consumo no mês de agosto em todas as Zonas em estudo, mês referente às altas temperaturas no país, o que eleva o consumo de água.

	Arneiro dos Marinheiros		Mercês Tapada		Vigia	
	Janeiro	Agosto	Janeiro	Agosto	Março	Agosto
Dia	Qmin Real (m³/h)		Qmin Real (m³/h)		Qmin Real (m³/h)	
1	6,7	8,1	9,8	5,9	21,8	46,6
2	4,9	11,6	5,7	5,5	20,4	36,8
3	4,4	8,6	4,6	7,3	22,5	50,6
4	5,4	10,4	6,5	7,2	21,7	45,1
5	3,8	9,5	6,5	6,6	17,3	51,3
6	5,4	10,2	5,6	7,2	18,7	44,2
7	3,4	10,2	3,9	6,8	18,5	52,45
8	4,4	11	4,6	11,3	15,6	53,1
9	3,5	11,2	3,5	6,2	17,9	43,4
10	4,7	9,4	6,1	5,6	17,5	54,1
11	4,9	10,9	4,3	6,6	16,7	48,6
12	3,8	7,9	4,9	6,9	16,4	51,9

	Arneiro dos Marinheiros		Mercês Tapada		Vigia	
	Janeiro	Agosto	Janeiro	Agosto	Março	Agosto
Dia	Qmin Real (m³/h)		Qmin Real (m³/h)		Qmin Real (m³/h)	
13	4,7	10,1	6,1	7,1	19,4	39,4
14	3,9	10,4	5,7	5,7	19,9	48,9
15	4,2	9,6	6,3	6,5	19,5	53,1
16	4,1	10,9	5,5	5,3	17,9	45,1
17	3	9,3	5,3	8,2	16,9	52,9
18	3,3	10,7	3,9	6,5	18,7	50
19	4,2	8,7	4,6	6,8	17,3	52,7
20	4,8	10,2	4,9	9,3	18,4	43,5
21	4,6	11,5	4,2	6,8	16,6	54,1
22	5,4	9,2	3,4	6,4	15,5	51,2
23	5,3	10,9	5,8	4,9	17,3	44,2
24	2,9	8,6	4,6	6,3	19,9	50,2
25	4,1	9,9	5,7	8,6	22,1	49,5
26	3,4	7	7,9	7,8	18,3	49,1
27	3,9	10,3	5,6	8,6	19,9	39,3
28	3,8	11,4	4,7	8	16,1	48,6
29	4,2	8,9	5,8	8,5	14,6	47,7
30	3,9	11,9	9,5	7	19,6	41,5
31	5,3	7,2	8,2	7,2	19,1	58,3

Tabela 10 - Caudal mínimo noturno mensal para cada ZMC em estudo (Fonte: Elaboração própria, 2022).

Em posse dos valores referentes aos consumos mínimos reais, foi possível realizar a média destes valores para cada mês em análise, determinando uma constante que representaria o valor médio de consumo de cada ZMC em cada mês de análise referente ao caudal mínimo noturno. Os resultados estão apresentados na tabela 11.

Arneiro dos Marinheiros		Mercês Tapada		Vigia	
Janeiro	Agosto	Janeiro	Agosto	Março	Agosto
Qmin Real (m³/h)		Qmin Real (m³/h)		Qmin Real (m³/h)	
4,2	10,2	5,6	6,8	18,4	49,1

Tabela 11 - Média dos caudais mínimos noturnos mensais para cada ZMC (Elaboração própria, 2022).

Com base nas equações descritas no capítulo da metodologia foi possível determinar o consumo estimado (m³/h) e a perda real inevitável (m³/h) para cada ZMC. Através da

soma destas duas variáveis é determinado o caudal mínimo noturno meta (m^3/h). Os resultados estão expressos na tabela 12.

	Arneiro dos Marinheiros	Mercês Tapada	Vigia
População - 2021 (hab)	3948	6848	7075
Consumo Estimado (m^3/h)	2,4	4,1	4,2
Perda Real Inevitável - PRI (m^3/h)	3,1	0,5	2,6
Caudal Mínimo Meta (m^3/h)	5,4	4,6	6,8

Tabela 12 - Consumo Estimado, PRI e Caudal Mínimo Meta por ZMC (Fonte: Elaboração própria, 2022).

Em posse destes resultados foi possível a construção dos gráficos que apresentam os valores do caudal mínimo noturno real ($Q_{\text{min real}}$), caudal mínimo noturno meta ($Q_{\text{min meta}}$) e o valor da média do caudal mínimo noturno mensal (Média $Q_{\text{min Real}}$ mensal), por mês e para cada ZMC. É possível observar diferenças no comportamento do consumo dos utentes, bem como, discrepâncias entre os valores reais medidos e o valor meta desejado.

Com base na Figura 40, que expressa o comportamento do consumo na ZMC Arneiro dos Marinheiros no mês de janeiro de 2021, é possível afirmar que apenas no dia 01/01 o $Q_{\text{min real}}$ foi maior que o $Q_{\text{min meta}}$ e que nos dias 04, 06 e 22/01 o $Q_{\text{min real}}$ foi igual ao Q_{meta} . Nos demais dias o comportamento do consumo real se manteve abaixo do $Q_{\text{min meta}}$ e da média do $Q_{\text{min real}}$ mensal.

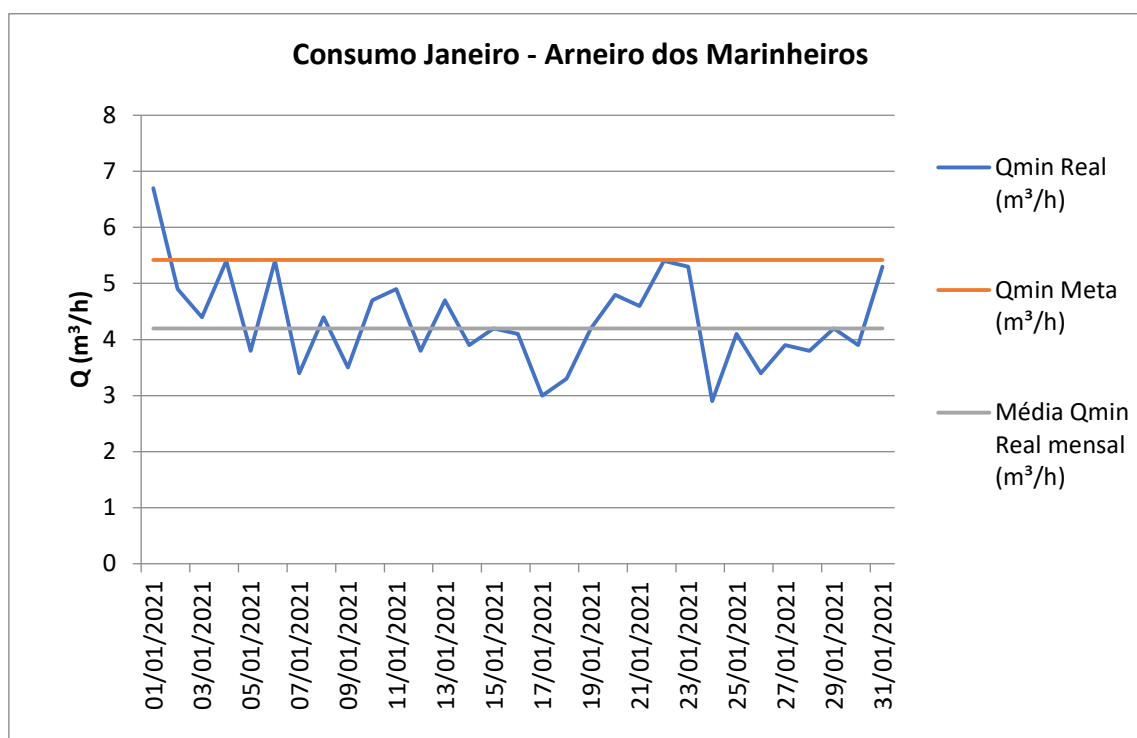


Figura 40 - Consumo Janeiro - Arneiro dos Marinheiros (Fonte: Elaboração própria, 2022).

É possível observar um aumento contínuo do consumo a partir do dia 17/01, até o dia 23/01 (5,3 m³/h), atingindo o pico no dia 22/01 (5,4 m³/h), seguido de uma queda acentuada para 2,9 m³/h no dia 24/01. Este comportamento pode ser identificado como uma possível rutura ou fuga de água no período entre os dias 17 e 23/01, que após ser identificada e reparada, o consumo voltou ao padrão.

Em comparação, ao observar o gráfico do consumo de Arneiro dos Marinheiros em agosto de 2021, época de maior consumo, é verificado que o Qmin real foi maior do que Qmin meta durante todo o mês. Outro ponto de análise é que o valor da média Qmin real mensal (10,2 m³/h) é praticamente o dobro do valor da Qmin meta (5,42 m³/h). O mês de agosto apresentou como maior consumo 11,9 m³/h no dia 30/08 e 7 m³/h como menor consumo no dia 26/08 (figura 41).

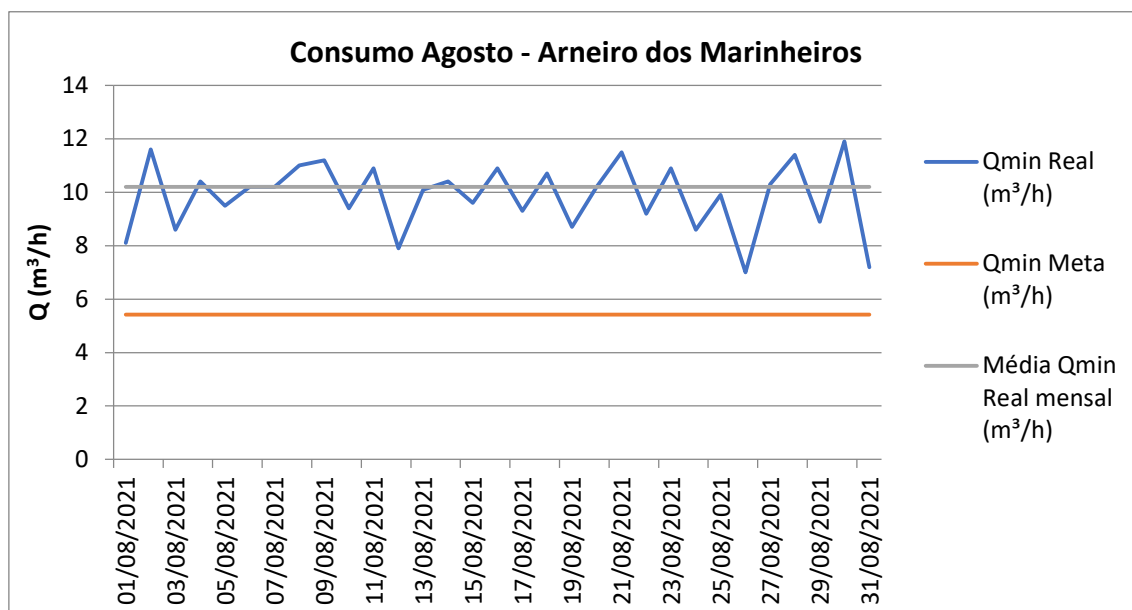


Figura 41 - Consumo Agosto - Arneiro dos Marinheiros (Fonte: Elaboração própria, 2022).

Ao comparar os gráficos dos consumos entre dois meses é possível observar que o valor referente a Média Qmin real mensal em janeiro é mais próximo do valor calculado para a Qmin meta do que no mês de agosto, sendo que neste mês o valor é o dobro do valor meta. Desta forma, é possível afirmar que para o mês de maior consumo o valor calculado para Qmin meta não se apresenta como um valor possível de ser atingido, ficando muito distante do consumo real apresentado nesta ZMC, não sendo um bom indicador para observar a ocorrência de roturas/fugas.

No que diz respeito ao consumo da ZMC Mercês Tapada, em janeiro, apresentou uma Qmin meta (4,6 m³/h) menor que a média Qmin real mensal (5,6 m³/h), mas com valores muito próximos. Os valores obtidos de Qmin real apresentou picos de grandes consumos no dia 01/01, 26/01 e 30/01 e o menor consumo foi registado no dia 22/01, com 3,4 m³/h.

Observando a figura 42, é possível afirmar que o comportamento do consumo no mês de janeiro da ZMC Mercês se comportou mais uniforme entre os dias 03 e 20/01, apresentando valores entre 3,5 e 6,5 m³/h. Os picos de consumo no mês de janeiro

podem representar perdas no sistema ou consumos atípicos, o que referente ao dia 01/01, pode estar vinculado a festa de final de ano, onde existe a possibilidade de ocorrer uma maior concentração de pessoas em reuniões para fins de celebração.

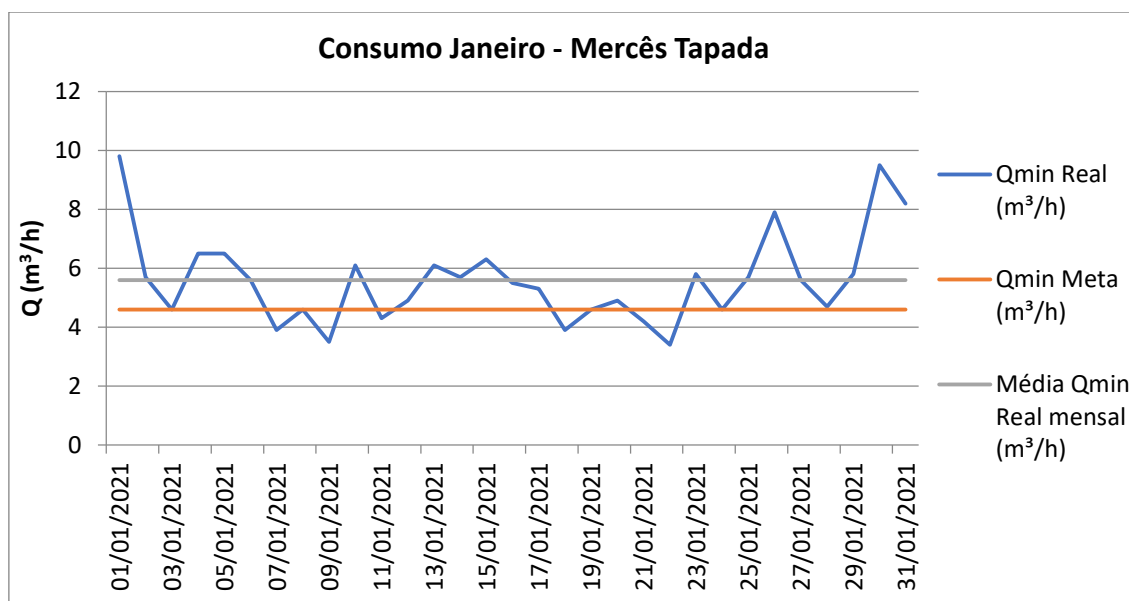


Figura 42 - Consumo Janeiro - Mercês Tapada (Fonte: Elaboração própria, 2022).

O consumo do mês de agosto, expresso na figura 43, apresenta valores do Qmin real sempre acima do valor Qmin meta. Apesar desse comportamento, o consumo do dia 08/08 se mostrou muito mais elevado que os demais, atingindo o valor de 11,3 m³/h. Esse comportamento pode ser justificado por um consumo atípico ou uma rotura no sistema, uma vez que, os consumos dos dias posteriores voltaram ao padrão.

Igualmente ao que ocorreu no mês de maior consumo da ZMC Arneiro dos Marinheiros, a Qmin meta do mês de agosto na ZMC Mercês apresentou um valor muito abaixo da Média Qmin real mensal, não representando um consumo real para o mês de análise, e desta forma não é um bom indicador para observar a ocorrência de roturas/fugas.

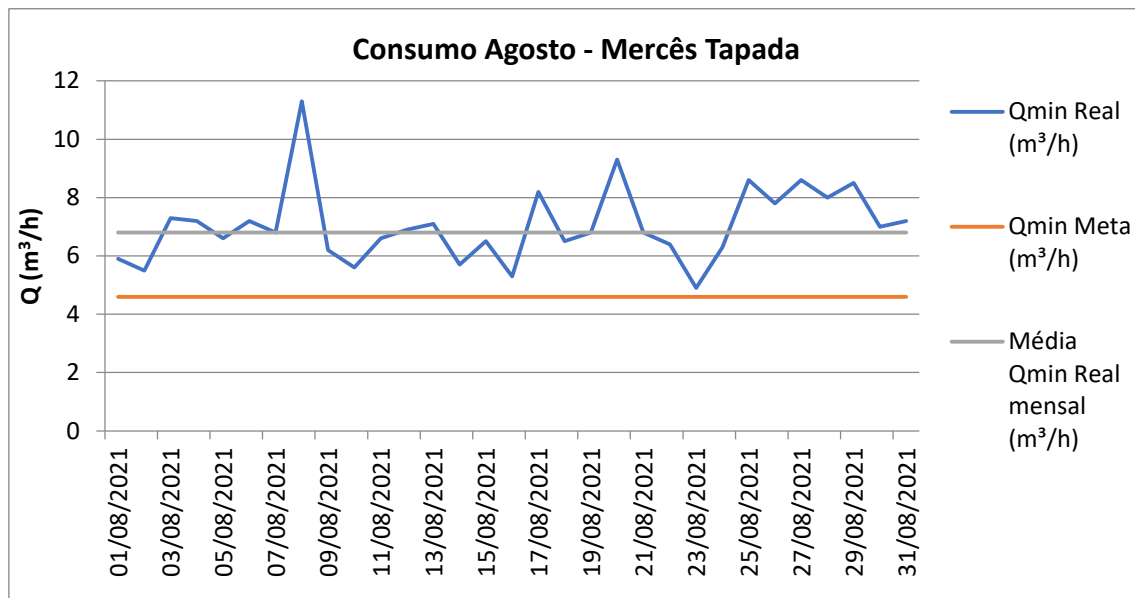


Figura 43 - Consumo Agosto - Mercês Tapada (Fonte: Elaboração própria, 2022).

A ZMC Vigia apresenta março como o mês de menor consumo, o que já difere das demais ZMC em estudo. Mesmo sendo o mês que em análise com os demais apresenta o menor consumo, é possível observar através da figura 44 que o Qmin meta calculado não corresponde ao consumo real apresentado. O valor da Média Qmin Real mensal é praticamente 3 vezes o valor da Qmin meta.

No mês de março o consumo mínimo real varia entre 14,6 m³/h, encontrado no dia 29/03, e 22,3 m³/h do dia 03/03. Desta forma, o menor caudal identificado, no mês de menor consumo, é ao menos duas vezes maior do que o caudal mínimo meta estabelecido como parâmetro de análise. Se para o mês de menor consumo a diferença entre a meta e a média do consumo mínimo real já foi elevada, quando observado os valores para o mês de maior consumo (agosto), encontra-se que a Média Qmin real mensal é 7,5 vezes maior do que a Qmin meta.

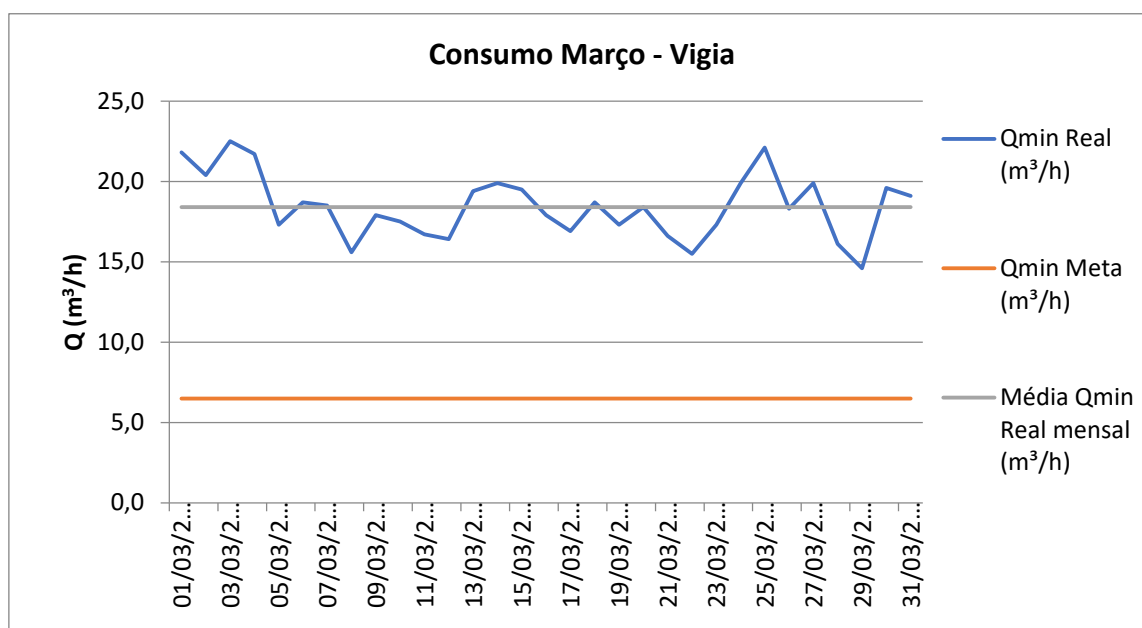


Figura 44 - Consumo Março - Vigia (Elaboração Própria, 2022).

Em agosto o consumo mínimo real varia entre 36,8 m³/h, encontrado no dia 02/08, e 58,3 m³/h do dia 31/08. Desta forma, o menor caudal identificado, no mês de maior consumo é ao menos cinco vezes maior do que o caudal mínimo meta estabelecido como parâmetro de análise.

A análise do comportamento do consumo da ZMC Vigia pode demonstrar um equívoco na determinação das constantes utilizadas para o cálculo da PRI nesta zona de estudo. A perda de 18 litros por cada km de extensão da rede, 0,8 litros por cada ligação de ramal e 25 litros por cada ramal, não correspondem ao valor real da perda de água que ocorre nesta ZMC. Entretanto, deve ser analisado a quantidade e frequência de roturas e fugas identificadas nesta zona para poder afirmar que o cálculo da Q min meta esteja subestimado.

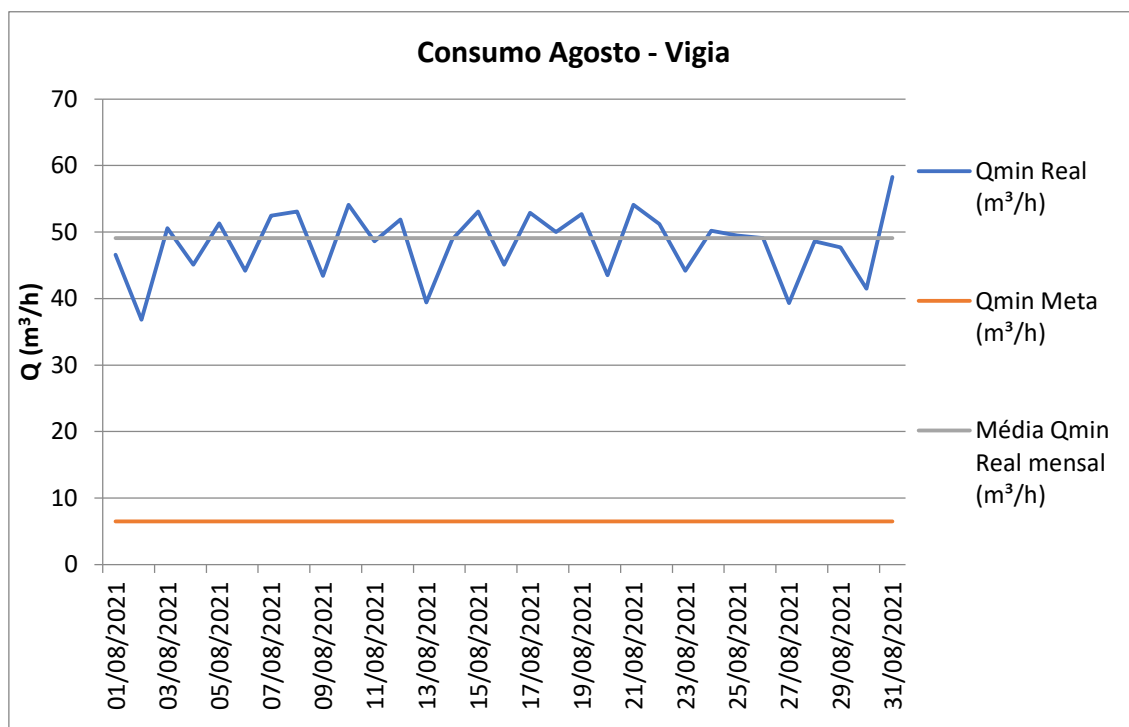


Figura 45 - Consumo Agosto - Vigia (Elaboração Própria, 2022).

No que se refere as demais ZMC em análise neste trabalho (Arneiro dos Marinheiros e Mercês Tapada), o caudal mínimo noturno se mostrou eficiente em identificar possíveis casos de perdas de água para os meses de menor consumo, entretanto, para os meses de maior consumo o indicador apresentou valor abaixo dos valores reais calculados, não se mostrando eficiente para identificação de perdas reais no sistema de abastecimento.

5.3. Inconsistências

Com base nos dados dos caudais fornecidos foram identificadas algumas ausências de informações ao longo dos anos. Essas ausências de dados de medição foram denominadas como inconsistências e foram separadas em quatro grupos de acordo com a gravidade com que essa falta de informação pode atrapalhar a análise do consumo e identificação das possíveis perdas reais nas ZMC.

Para cada grupo criado foi designada uma cor específica, como pode ser observada na Tabela 13.

Gravidade da Inconsistência	Cor
baixa	Verde
leve	Amarelo
moderada	Laranja
elevada	Vermelho

Tabela 13 - Gravidade da inconsistência (Fonte: Elaboração Própria, 2022).

A gravidade do tipo baixa (verde), foi relacionada as ausências de informações que não impedem o cálculo das médias horárias. Quando a falta de informação faz com que não seja possível calcular a média horária, esta é considerada como média leve (amarela).

O grau de inconsistência moderada (laranja) é designado quando não há medições de caudais em várias horas do mesmo dia, e a média é calculada com as informações que se tem. Quando não há medições de caudais em nenhum horário do dia, sendo impossível a realização do cálculo das médias diárias, estas inconsistências são de grau elevada (vermelho).

É importante ressaltar que quando da ocorrência de inconsistências de gravidade leve, para que não houvesse prejuízo ou para reduzir erros na determinação das médias diárias e mensais, foram utilizados valores de horário seguintes para preencher os que estavam em falta. Entretanto, quando da ausência de dados de grau moderada, as médias diárias foram calculadas com os dados existentes, devido ao elevado número de valores a serem “substituídos”.

A seguir, a tabela 14 apresenta a lista por ZMC e por data, das inconsistências encontradas, sua classificação de acordo com a gravidade e as medidas adotadas para que fosse possível determinar as médias horárias, diárias e mensais.

ZMC	Data	Inconsistências	Medidas adotadas
Arneiro dos Marinheiros	31/03/2019	Sem informação do caudal entre 01:00 a 1:45	Utilizado o valor da hora anterior (00:00 a 00:45)
Arneiro dos Marinheiros	26/10/2019	Sem informação do caudal entre 07:00 a 07:45	Utilizado o valor da hora anterior (06:00 a 06:45)
Arneiro dos Marinheiros	26/10/2019	Sem informação do caudal no horário 18:00	Realizada a média do caudal com os demais valores
Arneiro dos	29/03/	Sem informação do caudal entre	Utilizado o valor da hora anterior

Matheus Silva – Controlo das Perdas de água nos Sistemas de Distribuição de água – Implicações na Sustentabilidade Socioambiental

ZMC	Data	Inconsistências	Medidas adotadas
Marinheiros	2020	01:00 a 1:45	(00:00 a 00:45)
Arneiro dos Marinheiros	09/05/2020	Sem informação do caudal no horário de 15:30 e 15:45	Realizada a média do caudal com os demais valores
Arneiro dos Marinheiros	15/12/2020	Só há informação do caudal de 00:00 até 6:45	Realizada a média diária com os valores existentes
Arneiro dos Marinheiros	16/12/2020	Só há informação do caudal de 07:00 até 23:45	Realizada a média diária com os valores existentes
Arneiro dos Marinheiros	03/01/2021	Não há informação no horário de 20:15	Realizada a média do caudal com os demais valores
Arneiro dos Marinheiros	22/01/2021	Não há informação no horário de 13:45	Realizada a média do caudal com os demais valores
Arneiro dos Marinheiros	28/03/2021	Sem informação do caudal entre 01:00 a 01:45	Utilizado o valor da hora anterior (00:00 a 00:45)
Arneiro dos Marinheiros	27/06/2021	Não há informação entre os horários de 03:00 e às 10:00	Realizada a média diária com os valores existentes
Arneiro dos Marinheiros	27/06/2021	Não há informação no horário de 00:45	Realizada a média do caudal com os demais valores
Arneiro dos Marinheiros	30/10/2021	Sem informação do caudal entre 07:00 a 07:45	Utilizado o valor da hora posterior (08:00 a 08:45)
Arneiro dos Marinheiros	01/12/2021	Não há informação do caudal entre 15:00 a 17:15	Realizada a média diária com os valores existentes
Arneiro dos Marinheiros	29/12/2021	Só há informação neste dia de 00:00 até 6:45	Realizada a média diária com os valores existentes
Arneiro dos Marinheiros	30/12/2021	Não há informações referentes a este dia	Não foi possível realizar a média diária
Arneiro dos Marinheiros	31/12/2021	Não há informações referentes a este dia	Não foi possível realizar a média diária
Mercês Tapada	15/02/2019	Não há informação no horário de 01:45	Realizada a média diária com os valores existentes
Mercês Tapada	15/02/2019	Não há informação do caudal entre 02:00 a 02:45	Utilizado o valor da hora anterior (01:00 a 00:30)
Mercês Tapada	15/02/2019	Não há informação no horário de 03:00 e 03:15	Realizada a média diária com os valores existentes
Mercês Tapada	31/03/2019	Não há informação do caudal entre 01:00 a 01:45	Utilizado o valor da hora anterior (00:00 a 00:45)
Mercês Tapada	21/06/2019	Não há informação no horário de 17:45	Realizada a média do caudal com os demais valores
Mercês Tapada	26/10/2019	Não há informação no horário de 17:45	Realizada a média do caudal com os demais valores
Mercês Tapada	29/03/2020	Não há informação do caudal entre 01:00 a 01:45	Utilizado o valor da hora anterior (00:00 a 00:45)
Mercês Tapada	09/05/2020	Não há informação no horário de 15:15, 15:30 e 15:45	O valor do caudal no horário de 15:00 é a média horária

ZMC	Data	Inconsistências	Medidas adotadas
Mercês Tapada	20/11/2020	Não há informação no horário de 15:15, 15:30 e 15:45	O valor do caudal no horário de 15:00 é a média horária
Mercês Tapada	20/11/2020	Não há informação entre os horários de 16:00 e 17:00	Realizada a média diária com os valores existentes
Mercês Tapada	03/01/2021	Não há informação no horário de 15:00	Realizada a média do caudal com os demais valores
Mercês Tapada	22/01/2021	Não há informação no horário de 23:45	Realizada a média do caudal com os demais valores
Mercês Tapada	23/01/2021	Não há informação no horário de 01:30	Realizada a média do caudal com os demais valores
Mercês Tapada	28/03/2021	Não há informação do caudal entre 01:00 a 01:45	Utilizado o valor da hora anterior (00:00 a 00:45)
Mercês Tapada	27/06/2021	Não há informação entre os horários de 03:00 e 10:00	Realizada a média diária com os valores existentes
Mercês Tapada	27/06/2021	Não há informação no horário de 10:00 e 10:45	Realizada a média do caudal com os demais valores
Mercês Tapada	08/09/2021	Não há informação no horário de 14:30 e 14:45	Realizada a média do caudal com os demais valores
Mercês Tapada	08/09/2021	Não há informação entre os horários de 14:30 e 23:45	Realizada a média diária com os valores existentes
Mercês Tapada	09/09/2021	Não há informação entre os horários de 00:00 e 10:45	Realizada a média diária com os valores existentes
Mercês Tapada	30/10/2021	Não há informação do caudal entre 07:00 a 07:45	Utilizado o valor da hora anterior (06:00 a 06:45)
Vigia	31/03/2019	Não há informação do caudal entre 01:00 a 01:45	Utilizado o valor da hora anterior (00:00 a 00:45)
Vigia	18/04/2019	Não há informação no horário de 01:30 e 01:45	Realizada a média do caudal com os demais valores
Vigia	18/04/2019	Não há informação no horário de 02:00	Realizada a média do caudal com os demais valores
Vigia	26/10/2019	Não há informação do caudal entre 07:00 a 07:45	Utilizado o valor da hora anterior (08:00 a 08:45)
Vigia	27/10/2019	Não há informação no horário de 01:45	Realizada a média do caudal com os demais valores
Vigia	29/03/2020	Não há informação do caudal entre 01:00 a 01:45	Utilizado o valor da hora anterior (00:00 a 00:45)
Vigia	25/10/2020	Não há informação do caudal entre 01:00 a 01:45	Utilizado o valor da hora anterior (00:00 a 00:45)
Vigia	02/01/2021	Não há informação no horário de 11:30	Realizada a média do caudal com os demais valores
Vigia	02/01/2021	Não há informação no horário de 21:15	Realizada a média do caudal com os demais valores
Vigia	09/01/2021	Não há informação no horário de	Realizada a média do caudal com

Matheus Silva – Controlo das Perdas de água nos Sistemas de Distribuição de água – Implicações na Sustentabilidade Socioambiental

ZMC	Data	Inconsistências	Medidas adotadas
	2021	14:45	os demais valores
Vigia	11/01/2021	Não há informação no horário de 18:30	Realizada a média do caudal com os demais valores
Vigia	16/01/2021	Não há informação no horário de 04:30	Realizada a média do caudal com os demais valores
Vigia	16/01/2021	Não há informação no horário de 05:30	Realizada a média do caudal com os demais valores
Vigia	20/01/2021	Não há informação no horário de 05:30	Realizada a média do caudal com os demais valores
Vigia	20/01/2021	Não há informação no horário de 14:45	Realizada a média do caudal com os demais valores
Vigia	21/01/2021	Não há informação no horário de 10:15	Realizada a média do caudal com os demais valores
Vigia	23/01/2021	Não há informação no horário de 11:15	Realizada a média do caudal com os demais valores
Vigia	23/01/2021	Não há informação no horário de 19:15	Realizada a média do caudal com os demais valores
Vigia	24/01/2021	Não há informação no horário de 14:30	Realizada a média do caudal com os demais valores
Vigia	08/02/2021	Não há informação entre os horários de 09:00 e às 11:30	Realizada a média diária com os valores existentes
Vigia	08/02/2021	Não há informação no horário de 11:00, 11:15 e 11:30	O valor do caudal no horário de 11:45 é a média horária
Vigia	02/03/2021	Não há informação no horário de 11:00 e 11:15	Realizada a média do caudal com os demais valores
Vigia	28/03/2021	Não há informação do caudal entre 01:00 a 01:45	Utilizado o valor da hora anterior (00:00 a 00:45)
Vigia	27/06/2021	Não há informação no horário de 10:00	Realizada a média do caudal com os demais valores
Vigia	27/06/2021	Não há informação no horário de 14:00	Realizada a média do caudal com os demais valores
Vigia	13/09/2021	Não há informação no horário de 06:30 e 06:45	Realizada a média do caudal com os demais valores
Vigia	27/10/2021	Não há informação no horário de 00:45	Realizada a média do caudal com os demais valores
Vigia	30/10/2021	Não há informação no horário de 17:15, 17:30 e 17:45	O valor do caudal no horário de 17:00 é a média horária
Vigia	01/12/2021	Não há informação no horário de 17:00 e 17:15	Realizada a média do caudal com os demais valores
Vigia	29/12/2021	Só há informação neste dia de 00:00 até 6:45	Realizada a média diária com os valores existentes
Vigia	30/12/2021	Não há informações referentes a este dia	Não foi possível realizar a média diária

ZMC	Data	Inconsistências	Medidas adotadas
Vigia	31/12/2021	Não há informações referentes a este dia	Não foi possível realizar a média diária

Tabela 14 - Classificação das inconsistências dos caudais das ZMC (Fonte: Elaboração própria a partir dos dados da SMAS-Sintra, 2022).

Ao todo foram identificadas e classificadas 69 inconsistências, sendo que destas 39 foram de gravidade baixa, representando 56% do total. Foram 15 de gravidade leve (22%), 11 de gravidade moderada (16%) e apenas 4 de gravidade elevada (6%), conforme apresentado na figura 46.

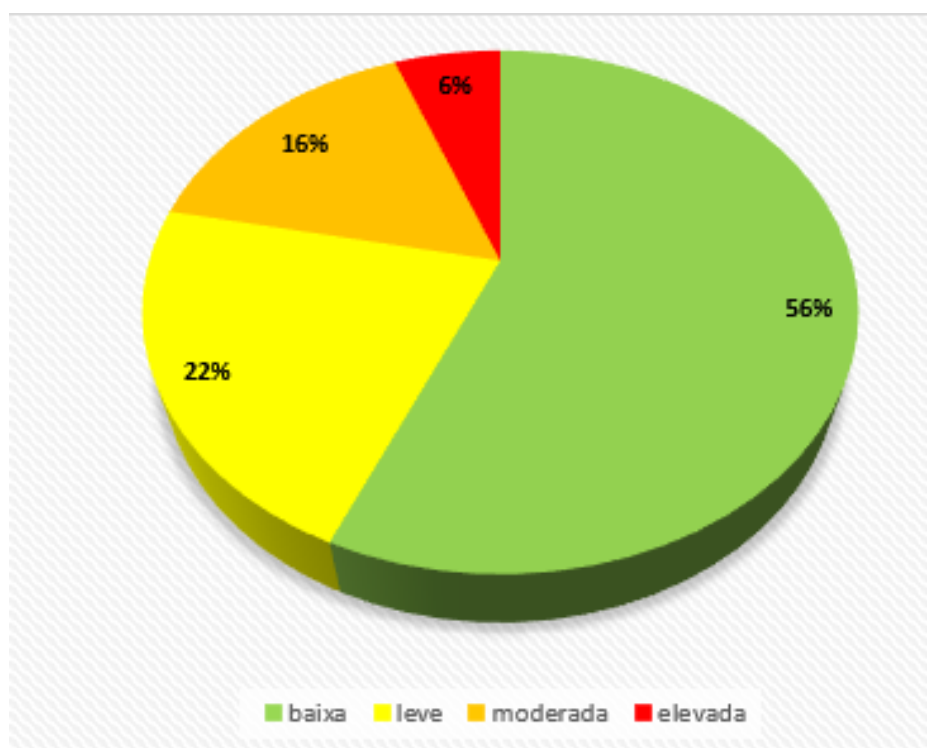


Figura 46 - Quantitativo das inconsistências encontradas (Fonte: Elaboração própria, 2022).

As inconsistências também foram divididas pelas Zonas de Medição e Controlo em estudo e pelo tipo de gravidade. Do valor total identificado, 32 correspondem a ZMC de Vigia, 20 da ZMC da Mercês Tapada e 17 da ZMC Arneiro dos Marinheiros. A tabela 15 apresenta o quantitativo da gravidade das inconsistências por ZMC.

ZMC	Baixa	Leve	Moderada	Grave	Total
Arneiro dos Marinheiros	5	4	5	2	17

ZMC	Baixa	Leve	Moderada	Grave	Total
Mercês Tapada	11	5	4	0	20
Vigia	23	5	2	2	32

Tabela 15 - Quantitativo da gravidade das inconsistências por ZMC (Fonte: Elaboração própria, 2022).

É importante ressaltar que a ZMC de Mercês Tapada não apresenta inconsistências de gravidade grave, e que apesar de não ser a ZMC com a menor quantidade de falhas, apresenta em sua maioria ausências de baixa gravidade, o que pode demonstrar uma boa qualidade nas medições dos caudais, contribuindo para a análise de possíveis perdas.

As inconsistências de grau grave que foram detetados nas ZMC de Arneiro dos Marinheiros e Vigia, ocorreram nos mesmos dias dos mesmos anos, 30/12/2022 e 31/12/2022. Tal evento pode representar uma possível falha no sistema de medição durante este período, sendo recomendado a análise da ocorrência de casos similares nas informações dos caudais de outras ZMC.

5.4. Indicadores

A tabela 16 apresenta os valores referentes ao quantitativo de água não faturada ao ano (m^3 /ano), a água de entrada no sistema da SMAS Sintra (m^3 /ano) e o %ANF (percentual de água não faturada), para os anos de 2014 a 2021.

Anos	Água não faturada (m^3 /ano)	Água entrada no sistema (m^3 /ano)	%ANF
2014	8 475 162	27 696 608	30,6%
2015	7 362 151	27 267 226	27,0%
2016	6 692 113	26 451 040	25,3%
2017	6 359 839	27 178 799	23,4%
2018	5 244 725	25 261 578	20,7%
2019	4 791 600	25 617 795	18,7%
2020	4 895 704	26 566 832	18,4%
2021	4 785 700	26 123 069	18,3%

Tabela 16 - % Água não faturada (Fonte: Elaboração própria a partir das informações do RASARP, 2021).

Como resultado para o indicador de água não faturada é possível observar através da Figura 47, que a partir de 2014 até o ano de 2021, ocorreu uma redução gradual deste percentual, de 30,6% para 18,3%. Este comportamento, de acordo com os valores de

referência descritos no capítulo 4, demonstra que o serviço prestado pelos SMAS Sintra passou de insatisfatório (valores acima de 30%) para um serviço de boa qualidade (valores entre 0 e 20%).

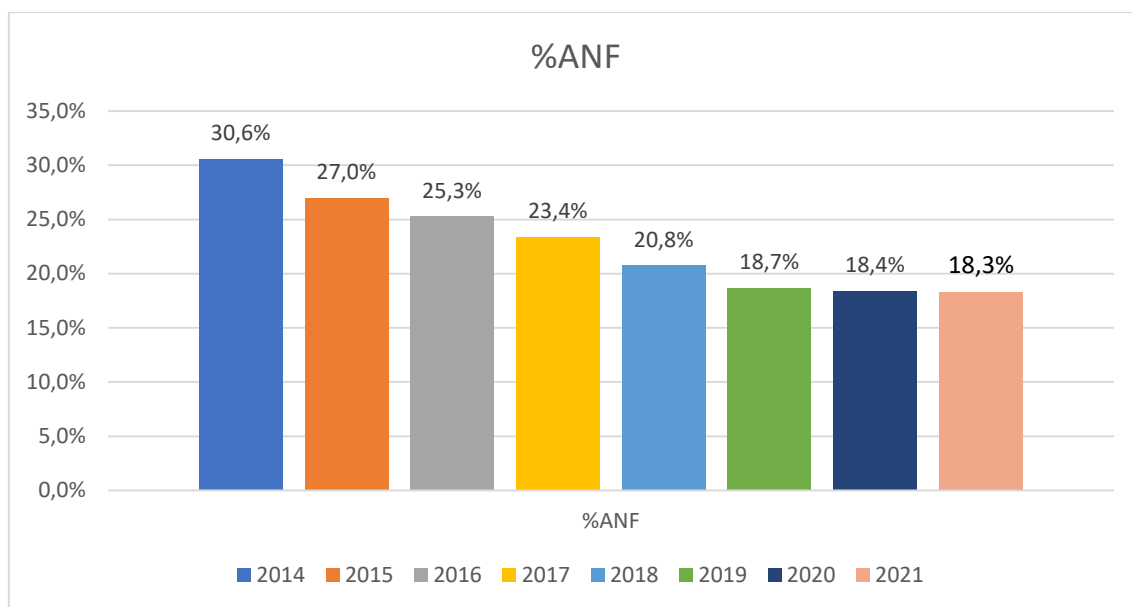


Figura 47 - Percentual de Água não Faturada. (Fonte: Elaboração própria a partir das informações do RASARP, 2021).

A figura 48 apresenta uma comparação entre valores de água não faturada da SMAS – Sintra com outras Entidades Gestoras de serviços em baixa da região Centro e Lisboa em áreas predominantemente urbana, para o ano de 2021. É observado que os SMAS – Sintra apresenta o terceiro menor valor (18,3%) entre as EG, ficando atrás apenas da EPAL (11,3%) e da AdCascais (12,0%).

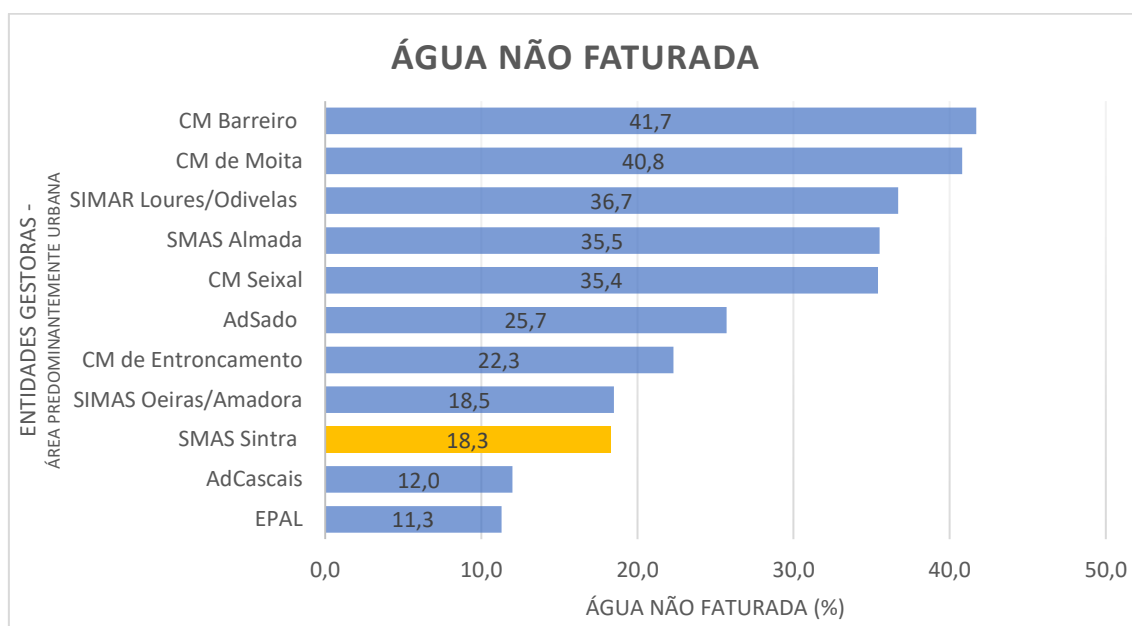


Figura 48 - Água não faturada (%) - Serviço em baixa - NUTS Centro e Lisboa. (Fonte: APDA, 2021).

A tabela 17 apresenta os valores referentes ao quantitativo de condutas reabilitadas nos últimos cinco anos (km), o comprimento médio de condutas (km) e o valor correspondente à reabilitação de condutas (%/ano), para os anos de 2014 a 2021.

Anos	Condutas reabilitadas nos últimos cinco anos (km)	Comprimento médio de condutas (km)	Reabilitação de condutas (%)
2014	62,4	1534,9	0,81
2015	65,1	1523,5	0,85
2016	59,1	1511,3	0,78
2017	18,0	1514,2	0,24
2018	32,7	1554,4	0,42
2019	27,1	1571,6	0,34
2020	35,5	1590,2	0,45
2021	43,1	1610,6	0,54

Tabela 17 - Reabilitação de Condutas (Fonte: Elaboração própria a partir das informações do RASARP, 2021).

De acordo com os valores encontrados e com base nos valores de referência para a reabilitação das condutas, é possível afirmar que para este indicador a SMAS – Sintra apresenta um serviço mediano nos anos 2014 e 2015 e insatisfatório entre 2016 e 2021. Entretanto, é importante salientar a redução significativa do percentual de reabilitação

de condutas entre o ano de 2016 (0,78%/ano e 2017 (0,24%/ano), sendo este último, o menor valor encontrado entre os anos de 2014 e 2021.

Entre os anos de 2014 e 2016 este indicador apresentava valores iguais ou superior à 0,78%/ano, sendo em 2015 a maior percentagem identificada, 0,85%/ano. Após a redução significativa no ano de 2017, os percentuais deste indicador voltam a aumentar, entretanto, apresentam valores que correspondem quase à metade dos observados entre os anos de 2014 e 2016 (figura 49).

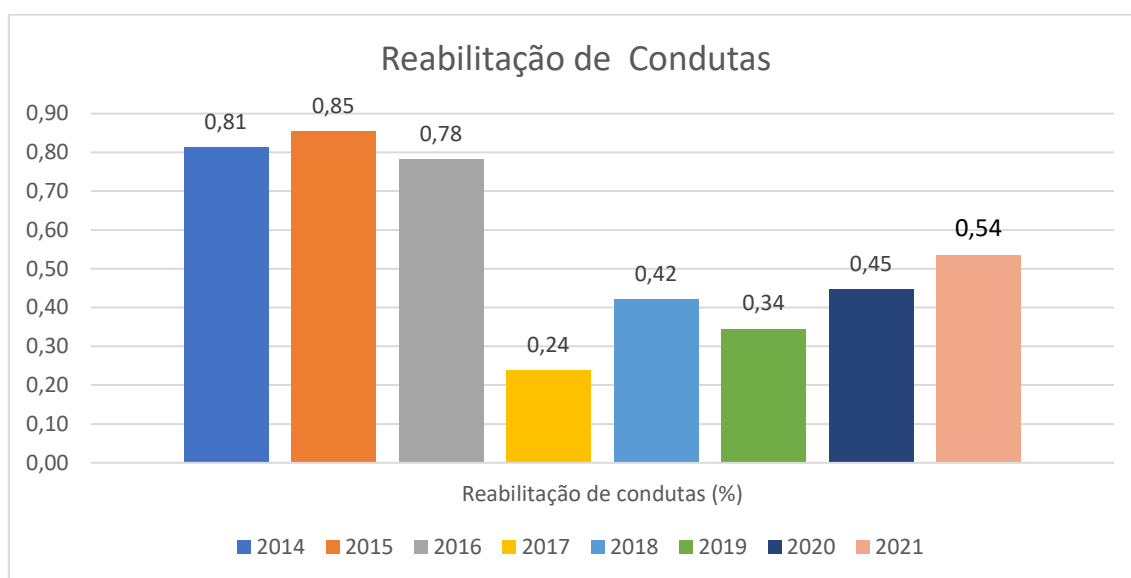


Figura 49 - Reabilitação de condutas (Fonte: Elaboração própria a partir das informações do RASARP, 2021).

A figura 50 apresenta uma comparação entre valores de Reabilitação de Condutas dos SMAS – Sintra com outras Entidades Gestoras de serviços em baixa da região Centro e Lisboa em áreas predominantemente urbana, para o ano de 2021. É observado que a SMAS – Sintra apresenta valor o quarto valor mais baixos entre as EG (0,54%/ano), ficando atrás da CM Entroncamento (0,14%/ano), SMAS Almada (0,24%/ano) e CM Moita (0,30%/ano).

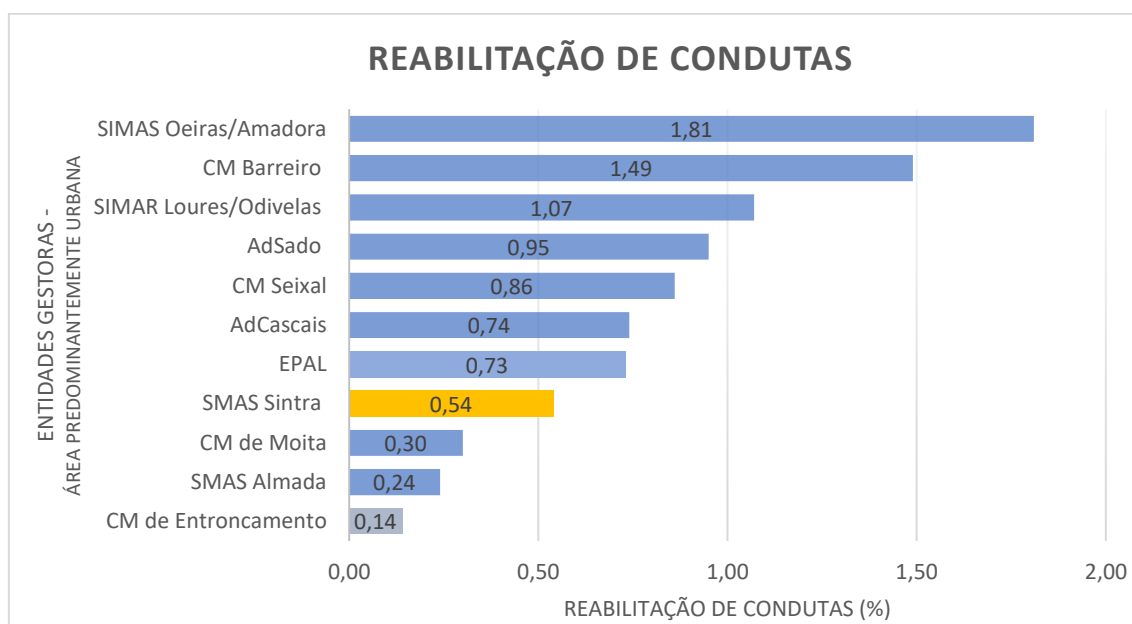


Figura 50 - Reabilitação de Condutas (%/ano) - Serviço em baixa - NUTS Centro e Lisboa. (Fonte: APDA, 2021).

A tabela 18 apresenta os valores referentes ao número de avarias no ano, o comprimento total de condutas do sistema de abastecimento (km) e o valor correspondente ao percentual de ocorrências de avarias nas condutas, para os anos de 2014 a 2020.

Anos	Avarias em condutas (nº/ano)	Comprimento total de condutas (km)	Ocorrência de avarias em condutas (nº/100km.ano)
2014	821	1 751	47
2015	561	1 761	32
2016	615	1 772	35
2017	583	1 776	33
2018	409	1 787	23
2019	471	1 802	26
2020	414	1 820	23
2021	412	1 832	22

Tabela 18 - Ocorrência de Avarias em Condutas (Fonte: Elaboração própria a partir das informações do RASARP, 2021).

Em posse dos resultados encontrados e dos valores de referências utilizados, é possível classificar o sistema de abastecimento de água gerido pelos SMAS – Sintra, no que se refere ao indicador ocorrência de avarias em condutas, como mediano entre os anos de

2014 e 2017 e como bom entre 2018 e 2021. O ano de 2014 apresentou o maior valor em ocorrência de avarias, 47 avarias/100km.ano, enquanto o ano de 2021 apresentou o menor quantitativo, 22 avarias/100km.ano (figura 51).

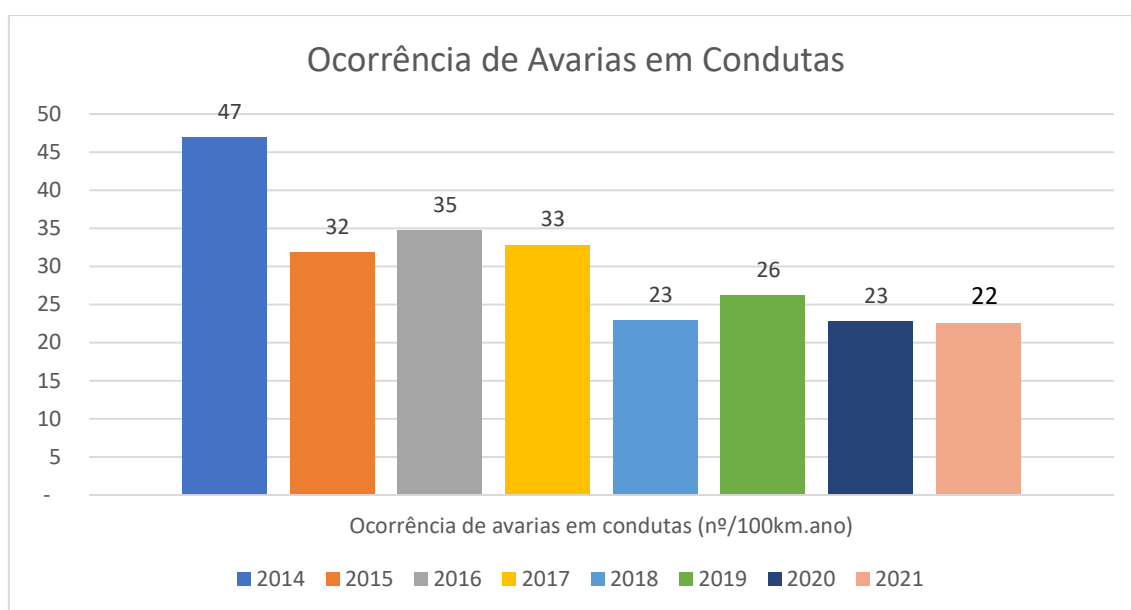


Figura 51 - Ocorrência de Avarias em Condutas (Fonte: Elaboração própria a partir das informações do RASARP, 2021).

Através da figura 51 é possível perceber uma redução significativa no número de avarias em condutas a partir do ano de 2016, sendo que a partir deste ano os quantitativos ficaram sempre abaixo de 35 ocorrências de avarias (nº/100km.ano), com variações pouco significativas até o ano de 2021.

A figura 52 apresenta uma comparação entre valores de Ocorrência de avarias em condutas dos SMAS – Sintra com outras Entidades Gestoras de serviços em baixa da região Centro e Lisboa em áreas predominantemente urbana, para o ano de 2021. É observado que os SMAS – Sintra apresentam o segundo menor valor (22 nº/100km.ano) entre as demais EG, ficando atrás apenas dos SIMAS Oeiras/Amadora (13 nº/100km.ano).

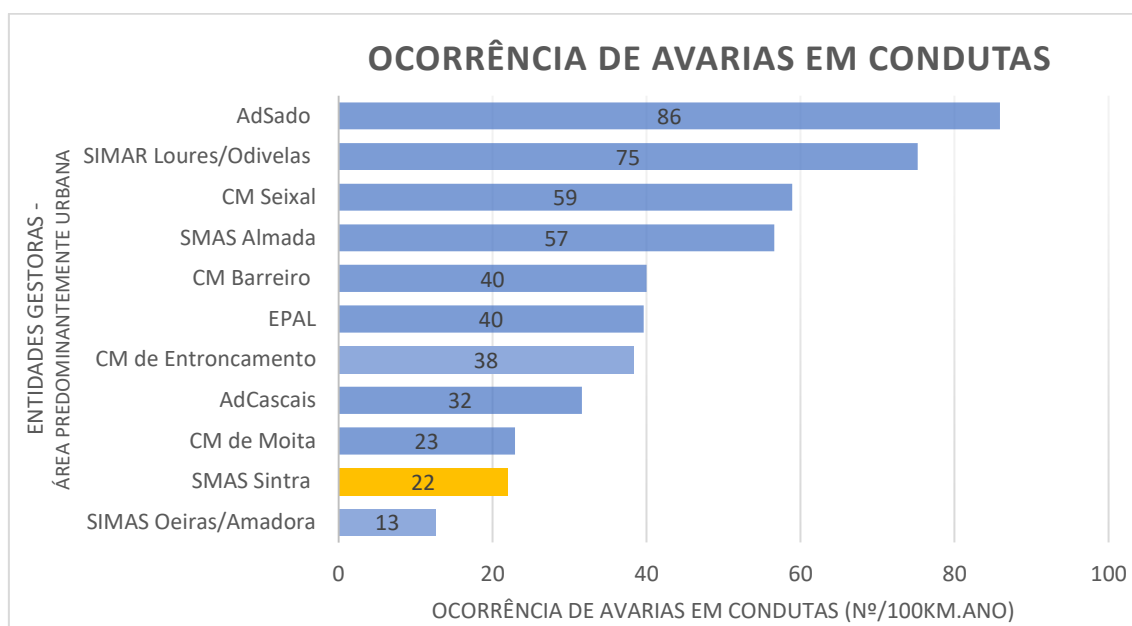


Figura 52 - Ocorrência de avarias em condutas (nº/100km.ano) - Serviço em baixa - NUTS Centro e Lisboa. (Fonte: APDA, 2021).

A tabela 19 apresenta os valores referentes ao quantitativo de perdas reais no ano, o quantitativo de ramais de ligação e o valor correspondente as perdas reais de água (L/ramal*dia), para os anos de 2014 a 2021.

Anos	Perdas reais (m³/ano)	Ramais de ligação	Perdas reais de água (L/ramal*dia)
2014	6 672 725	67 044	272,7
2015	4 645 262	67 196	189,4
2016	4 584 293	68 947	182,2
2017	4 169 728	70 392	162,3
2018	3 138 543	68 823	124,9
2019	2 660 445	66 216	110,1
2020	2 678 218	66 593	110,2
2021	2 601 520	67 209	106,0

Tabela 19 - Perdas Reais de Água (Fonte: Elaboração própria a partir das informações do RASARP, 2021).

Os resultados obtidos para o indicador de perdas reais de água quando comparados com os valores de referência, permitem classificar o sistema de abastecimento de água gerido pelos SMAS – Sintra, como insatisfatória entre os anos de 2014 e 2017 e como mediana

entre os anos de 2018 e 2021. O pior resultado é observado no ano de 2014, quando foram perdidos cerca de 273 (L/ramal*dia), enquanto no ano de 2021 apresentou-se o menor valor em perda real do período em análise, 106 L/ramal*dia.

Através da figura 53 é possível visualizar que durante o período avaliado a quantidade de perda de água no sistema gerido pelos SMAS – Sintra foi reduzindo com o decorrer dos anos. É identificada uma redução mais acentuada no montante de água perdido entre os anos de 2014 e 2015, cerca de 83 L/ramal*dia, e entre os anos 2017 e 2018, cerca 37 L/ramal*dia.

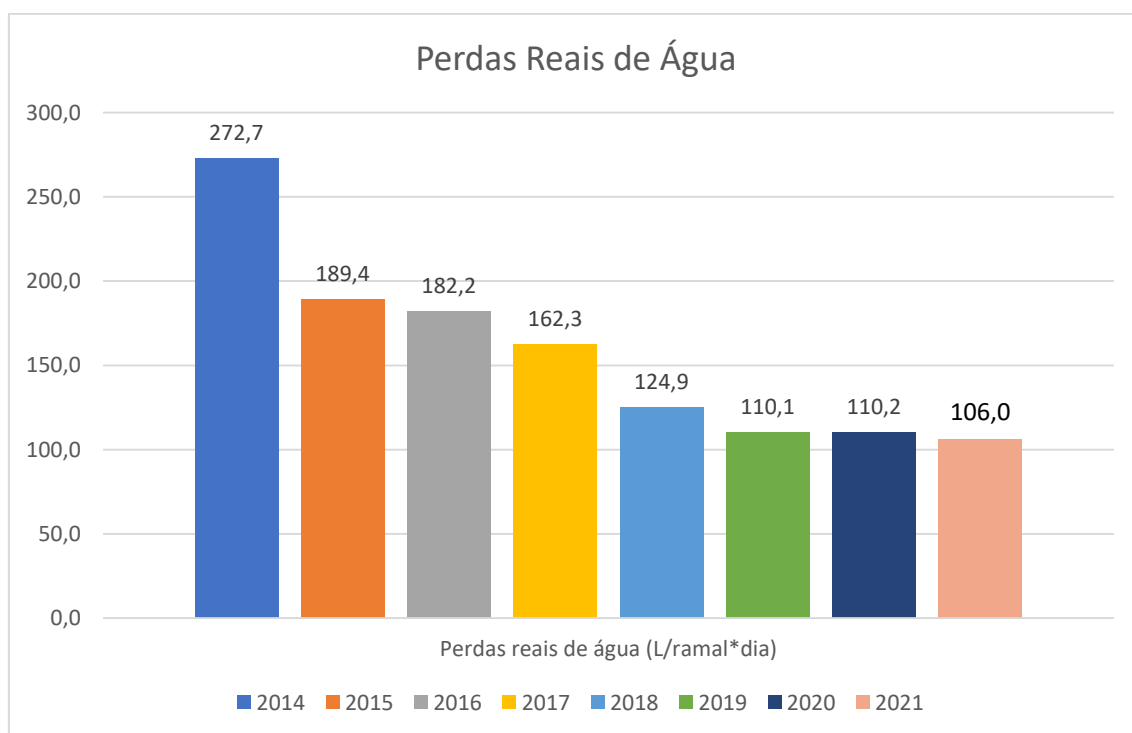


Figura 53 - Perdas Reais de Água (Fonte: Elaboração própria a partir das informações do RASARP, 2021).

A figura 54 apresenta uma comparação entre valores de perdas reais de água dos SMAS – Sintra com outras Entidades Gestoras de serviços em baixa da região Centro e Lisboa em área predominantemente urbana, para o ano de 2021. É observado que os SMAS – Sintra apresenta o segundo menor valor (106 L/ramal*dia) entre as demais EG, ficando atrás apenas da AdCascais (85 L/ramal*dia).

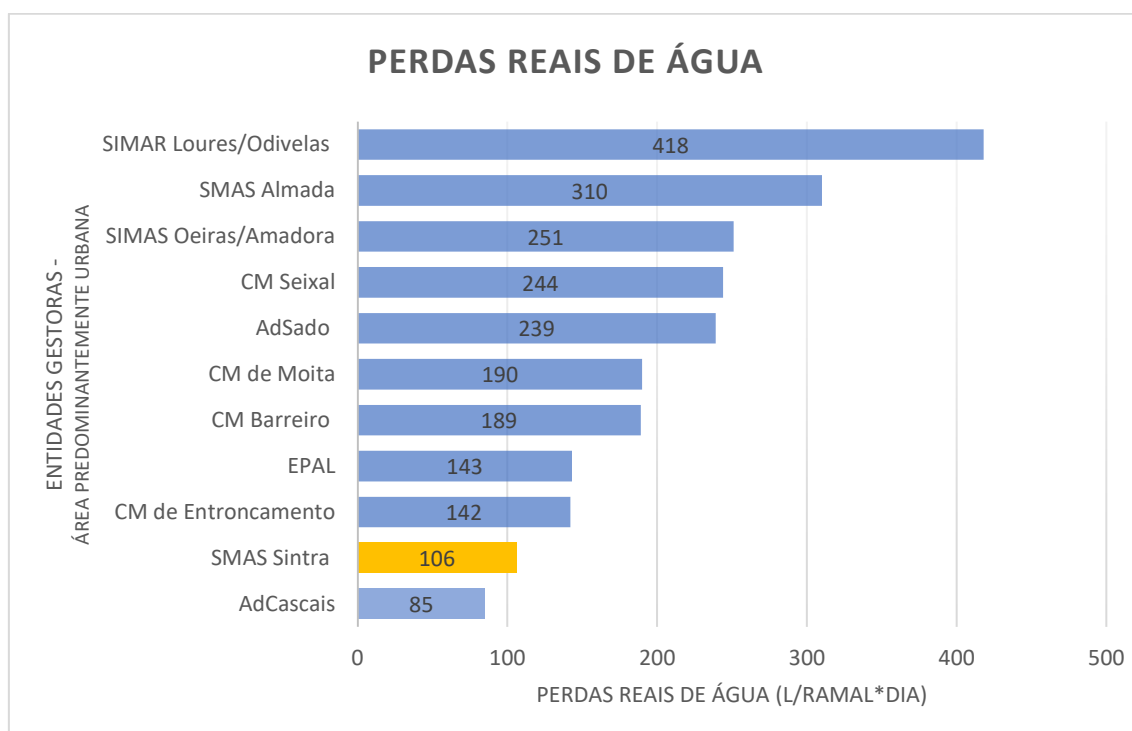


Figura 54 - Perdas reais de água (L/ramal*dia) - Serviço em baixa - NUTS Centro e Lisboa. (Fonte: APDA, 2020).

Ao analisar os indicadores em conjunto é possível observar que com exceção da reabilitação de condutas, todos os outros apresentam quantitativos mais elevados no ano de 2014. Além disso há uma tendência que a partir de 2017 todos os indicadores apresentassem uma melhor classificação no que se refere a qualidade do serviço prestado pelos SMAS – Sintra.

Este comportamento pode ser relacionado com os valores estabelecidos para investimento na área de infraestruturas em águas de abastecimento encontrados nos planos plurianuais da EG, principalmente na rede de distribuição a fim de reduzir a ocorrência de roturas. Onde é possível observar que foram programados investimentos significativos na área, principalmente nos anos de 2014, 2017 e 2018, com valores acima dos 7 milhões de euros, conforme figura 55.



Figura 55 - Plano Plurianual para Investimento SMAS - Sintra (Fonte: Elaboração Própria a partir dos Grandes Opções do Plano, Orçamento e Mapa de Pessoal – SMAS Sintra, 2022).

Os resultados dos investimentos realizados na área de infraestrutura e a adoção de boas práticas em continuidade podem ser verificados através da redução no volume de água não faturada, de 8.475.162 m³ em 2014, para 4.785.700 m³ em 2021 (figura 47), que corresponde a uma poupança na ordem dos 3.689.462 m³. De acordo com os Relatórios e Contas de 2017, 2018 e 2019, a redução da água não faturada nesses três anos representou uma redução no volume de perdas maior que 960.000 m³, que corresponde a uma poupança superior a 1.181.000 de euros (tabela 20).

POUPANÇA			
Ano	2017	2018	2019
%ANF	23,4%	20,8%	18,7%
Redução do volume de perdas (1000 m ³)	332	100	528
Poupança (1000 €)	200	639	342

Tabela 20 - Poupança em euros devido a redução da %ANF (Fonte: Elaboração Própria a partir das informações dos Relatórios e Contas SMAS - Sintra, 2019).

Em comparação, os SMAS – Sintra registaram em 2021 um valor de água não faturada de 18,3%, o mais baixo de sempre, apresentando uma redução do volume de 110.000 m³, o que equivale a uma poupança de 71.000 euros (SMAS, 2021b).

É possível realizar uma análise económica sobre as perdas reais de água através do conhecimento do volume perdido e do custo da água aduzida, uma vez que, a água de entrada no sistema de abastecimento é 99% adquirida à EPAL. Os valores referente ao custo de aquisição de água entre os anos de 2014 a 2020, foram obtidos através da equipa técnica dos SMAS – Sintra.

Em posse desses valores, é possível determinar o quanto corresponde em termos económicos as perdas de água reais no sistema de distribuição de água gerido pelos SMAS – Sintra (tabela 21). Ao todo foram perdidos entre 2014 e 2021 um total de 31 150 733 m³, que corresponde a 16 707 684 euros.

Anos	Custo de aquisição de água (€/m ³)	Perdas Reais (m ³ /ano)	Perdas Reais (€/ano)
2014	0,485	6 672 725	3 236 272
2015	0,485	4 645 262	2 252 952
2016	0,522	4 584 293	2 393 001
2017	0,542	4 169 728	2 259 993
2018	0,564	3 138 543	1 770 138
2019	0,587	2 660 445	1 561 681
2020	0,610	2 678 218	1 633 713
2021	0,615	2 601 519	1 599 934
Total		31 150 733 m³	16 707 684 €

Tabela 21 - Análise económica das perdas reais de água (Fonte: Elaboração própria a partir de SMAS – Sintra, 2023)

Ao realizar a diferença entre o volume das perdas reais entre os anos de 2021 e 2014 é determinado o volume de água poupado neste período (4 071 206 m³), que ao ser multiplicado pelo custo de água aduzida referente a 2021 representa uma economia de 2 503 792 euros no sistema de distribuição de água gerido pelos SMAS - Sintra.

Capítulo 6 – Conclusão

Diante dos resultados obtidos e descritos no capítulo anterior, é possível apontar algumas conclusões no que se refere ao consumo de água dos utilizadores, a análise das perdas de água mediante a utilização do caudal mínimo noturno como valor de referência e uma análise do serviço prestado pela Entidade Gestora, SMAS – Sintra, através dos indicadores escolhidos.

No que se refere à análise do consumo mensal e anual das ZMC em estudo, pode-se afirmar que os maiores consumos foram observados no mês de maiores temperaturas (verão), sendo influenciadas pelas atividades turísticas e de lazer nesta época do ano. Também é possível afirmar que as medidas sanitárias aplicadas em 2020, decorrente da COVID 19, afetaram significativamente no comportamento da população e promoveu o aumento no consumo de água principalmente na ZMC Mercês Tapada devido ao seu perfil urbano com elevada densidade demográfica.

Através da análise do consumo horário por meio do caudal mínimo noturno foi possível identificar a ocorrência de possíveis perdas reais, nas ZMC Arneiro dos Marinheiros e Mercês Tapada, ao observar consumos superiores ao caudal mínimo noturno nos meses de menor consumo. Entretanto, a utilização do caudal mínimo noturno não se mostrou eficiente na identificação de possíveis perdas para os meses de maiores consumos, nas ZMC de Arneiro dos Marinheiros e Mercês Tapada.

Para a ZMC de Vigia para ambos os meses, menor e maior consumo, os valores de caudal mínimo noturno meta foram muito menores que os caudais reais. Isso pode ser decorrente de fugas e/ou roturas constantes nessa ZMC ou expressar que o valor, das constantes adotadas, para o cálculo do caudal mínimo noturno meta não representam o real consumo que ocorre nesta ZMC.

Foram encontradas algumas inconsistências ou falta de informações referentes ao consumo nas ZMC aqui em estudo. Entretanto, apenas 2 foram classificadas como

grave e 11 como moderadas, sendo a maior parte delas de classificação fraca ou leve (53). Desta forma, não houve qualquer prejuízo na análise realizada por este estudo.

Através dos indicadores da ERSAR escolhidos para serem analisados neste trabalho é possível afirmar, no que se refere a sustentabilidade da gestão do serviço e ambiental dos SMAS – Sintra, que há uma melhoria crescente ao longo dos anos na qualidade do serviço prestado, o que pode estar relacionado com os valores investidos ao longo do período em análise nas infraestruturas em águas de abastecimento pela EG.

Prova disso é a melhoria dos indicadores água não faturada e avarias em condutas que em 2014 apresentavam valores que classificavam o serviço como insatisfatório e que em 2021 passou a ser de boa qualidade. Há também uma evolução no indicador perdas de água que deixou de ser um serviço classificado como insatisfatório para ser mediano.

No que se refere o indicador reabilitação de condutas, apesar de em 2021 ainda apresentar valores que o classifique como insatisfatório, é preciso reconhecer a redução da taxa de ocorrência a partir de 2017, e que apresentou em 2020 aproximadamente a metade do valor de 2014, entretanto, fica evidente a necessidade da EG investir em medidas que promovam a melhoria crescente deste indicador para a prestação de um serviço de boa qualidade.

É importante ressaltar que quando comparado com as demais EG em baixa em área predominantemente urbana, os resultados dos indicadores do SMAS – Sintra são extremamente positivos, estando sempre entre os 5 melhores desempenhos referentes os indicadores estudados nestes trabalho. Além disso, as reduções contínuas das perdas de águas reais promoveram uma poupança de 2 503 792 euros no sistema de distribuição de água gerido pelos SMAS - Sintra.

Os resultados obtidos demonstram que a realização de uma análise e monitorização dos caudais cada vez mais eficiente e continua, bem como, a realização de investimentos, promove uma redução das perdas de água e consequentemente uma melhoria na

qualidade na sustentabilidade da gestão do serviço e na sustentabilidade ambiental da EG e satisfação dos utilizadores.

Referências Bibliográficas

Alegre, H., Hirner, W., Baptista, J. M., & Parena, R. (2004). Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água. *IWA, Versão portuguesa de: Performance indicators for water supply services, Instituto Regulador de Águas e Climas.*

Alegre, H., Coelho, S. T., Almeida, M. D. C., & Vieira, P. (2005). Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição. *Série guias técnicos*, 3.

Andrade Sobrinho, R., & Borja, P. C. (2016). Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 21, 783-795.

Andrade Sobrinho, R. (2013). Gestão das Perdas de água e Energia em Sistemas de Abastecimento de Água da EMBASA: Um Estudo dos fatores Intervenientes na RMS.

APDA, Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas (2020). Serviços em Baixa – Análise de Indicadores. Disponível a partir de: www.apda.pt/pt/noticia/3580/nova-versao-do-siipa-sistema-de-informacao-de-indicadores-de-perdas-de-agua/.

Bairos, A. (2008). *Válvulas de Controlo Automático na Segurança e Gestão Operacional de Sistemas de Abastecimento e Drenagem: o comportamento das VRP* (Doctoral dissertation, Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa).

Carvalho, H. R. F. (2014). Redução de perdas reais de água em sistemas de abastecimento de água. Definição de critérios para delimitação de zonas de medição e controlo.

CHEUNG, P., KIPERSTOK, A., COHIM, E., ALVES, W., PHILIPPI, L., & ZANELLA, L. (2009). ABEN.; GOMES, HP; SILVA, BC; PERTEL, M.; GONÇALVES, RF Consumo de água. *Uso Racional de Água e Energia: conservação*

de água e energia em sistemas prediais de abastecimento de água. Vitória: ABES-PROSAB.

Decreto de Lei nº 23/96 de 26 de julho. Lei dos Serviços Públicos.

Decreto de Lei nº 88-A/97 de 25 de julho. Acesso da Iniciativa Económica Privada a Determinadas Atividades Económicas.

Decreto Regulamentar nº23/95 de agosto. Regulamento geral dos sistemas públicos e de drenagem de águas residuais e prediais de distribuição de água. Suplemento de legislação. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações.

Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (2021). *Relatório Anual do Setor de Águas e Resíduos em Portugal – Caracterização do Setor de Águas e Resíduos.*

Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos (2021). *Guias Técnicos: Guia de Avaliação da Qualidade dos Serviços de Água e Resíduos Prestados aos Utilizadores – 4ª geração do sistema de avaliação.*

Fallis, P., Hübschen, K., Oertlé, E., Ziegler, D., Klingel, P., Knobloch, A., Baader, J., Trujillo, R., Laures, C. (2011). *Guidelines for Water Loss Reduction – A Focus on Pressure Management.*

Farley, M., Water, S., Supply, W., Council, S. C., & World Health Organization. (2001). *Leakage management and control: a best practice training manual* (No. WHO/SDE/WSH/01.1). World Health Organization.

Farley, M., Wyeth, G., Ghazali, Z., Istandar, A., Singh, S. (2008). A Guide to Understanding Water Losses. *The Manager's Non-Revenue Water Handbook.*

Figueiredo, M. P., & Martins, J. P. (2012). Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água—Quantificação das perdas de água.

GONÇALVES, E., & ALVIM, P. R. A. (2007). Pesquisa e combate a vazamentos não visíveis. *Guias práticos: técnicas de operação em sistemas de Abastecimento de água*, 3.

de Pádua, V. L. (2006). *Abastecimento de água para consumo humano*. Editora UFMG.

Instituto Nacional de Estatística (2021). *Estatísticas Demográficas*.

Kurokawa, E. (2001). Sistemática para avaliação de dados e indicadores de perdas em sistemas de distribuição de água.

Lencastre, A. (1996), “Hidráulica Geral”. Gráfica de Coimbra, Lda.

Loureiro, D., Álvares, A., & Coelho, S. T. (2007, May). Aplicação de sistemas de telemetria domiciliária em sistemas de distribuição de água. In *I Conferência INSSAA-Modelação de sistemas de abastecimento de água*, Barcelos.

Malheiro, R. M. G. (2011). Controlo de perdas aparentes em sistemas de abastecimento de água com utilização de telecontagem.

Martins, M. R. V. (2007). *Regulação económica no sector das águas: promoção da concorrência e sustentabilidade tarifária* (Doctoral dissertation, Universidade de Coimbra (Portugal)).

MIRANDA, E. C. D. (2002). Avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água—Indicadores de perdas e metodologias para análise de confiabilidade. *Universidade de Brasília. Brasília*, 200.

MIRANDA, E. C. D. (2002). Avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água—Indicadores de perdas e metodologias para análise de confiabilidade. *Universidade de Brasília. Brasília*, 200.

Miranda, A. M. D. S. (2010). Fiabilidade de uma rede de abastecimento público de água.

Motta, R. G. D. (2010). *Importância da setorização adequada para combate às perdas reais de água de abastecimento público* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

MUNISIG-CMS. (2009). Sistema Municipal de Informação Geográfica da Câmara Municipal de Sintra. Ed. Câmara Municipal de Sintra, Sintra.

Mutikanga, H. E. (2012). Water loss management: tools and methods for developing countries.

NEGRISOLLI, R. (2009). Análise de dados e indicadores de perdas em sistema de abastecimento de água–Estudo de caso. *Campo Grande. 191p. Dissertação (Mestrado). UFMS, Brasil.*

Oliveira, F. M. R. (2013). Redução de perdas reais em sistemas de abastecimento de água: Otimização das pressões numa grande rede de distribuição de água-aplicação ao caso do Porto.

Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais II (2007). *Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.*

Pereira, L. G., & de Oliveira Ilha, M. S. (2008). Avaliação da submedição de água em edificações residenciais unifamiliares: o caso das unidades de interesse social localizadas em Campinas, no estado de São Paulo. *Ambiente Construído*, 8(2), 7-21.

Pereira, M. V. F. G. (2012). *Implementação e Monitorização de uma Zona de Medição e Controlo no Sistema de Abastecimento de Matosinhos* (Doctoral dissertation, Universidade do Porto (Portugal)).

Saldanha, J. (2012). Válvulas de Regulação 2012.

Silva Filho, M. A. D. (2021). *Impacto da pandemia de covid-19 no perfil de consumo de água em Natal/RN* (Bachelor's thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Norte).

Silva, G. F. M. D. (2010). *Redes de abastecimento de água e drenagem de águas residuais no concelho de Sintra* (Doctoral dissertation).

SILVA, F. (2004). Panorama de perdas em sistemas de abastecimento de água. *SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE*, 7, 1-11.

Serviços Municipalizados de Água e Saneamento – SMAS (2018). *Plano de Redução de Perdas*. Sintra.

Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Sintra – SMAS (2021a). *Plano de Prevenção de Riscos de Gestão, incluindo os de Corrupção e Infrações Conexas*. Sintra.

Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Sintra – SMAS (2021b). *Relatório e Contas*. Sintra.

Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Sintra - SMAS (2022). *Grandes Opções do Plano, Orçamento e Mapa de Pessoal*. Sintra.

Tardelli Filho, J. (2004). Controle e redução de perdas. *TSUTIYA, MILTON T. ET al. Abastecimento de Água. 3a ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*, 457-525.

Tavares, L. C., Bravo, J. M., Almeida, I. R. D., Paixão, M. A., Jesus, R. T. D., Barroso Júnior, J. C. A., & Silva, M. C. D. A. (2021). Impacto da ocorrência do coronavírus (Covid-19) no consumo não residencial de água. *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (24.: 2021: Belo Horizonte). Anais [recurso eletrônico]. Porto Alegre: ABRHidro, 2021.*

Teixeira, J. R. S. (2014). *Redução das Perdas Aparentes em Sistemas de Abastecimento de Água Através da Detecção e Controlo de Consumos Ilícitos* (Doctoral dissertation, Universidade do Porto (Portugal)).

Julian, T. (2002). Water Loss control manual. *McGraw Hill Professional*.

Tsutiya, M. T. (2001). Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água. São Paulo: ABES.

Tsutiya, M.T. (2004). Abastecimento de água. São Paulo: ABES. 634p.

Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (2019). *Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos - WWDR 4*.

Yoshimoto Filho, P. M., & JT, S. (1999). GL" Controle da pressão na rede. *Documento técnico de apoio D1-Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, Brasília*.