

**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE
2015/2016**

**AVALIAÇÃO E MELHORIA DA EFICIÊNCIA E
DA FIABILIDADE EM EMPRESAS DE ÁGUA**

Ricardo Daniel Alves dos Santos

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

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

Orientador na empresa: José João Machado Garcez Moreira
Engenheiro Chefe da Divisão de Águas e Águas Residuais nos Serviços
Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo

Julho, 2016

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2015/2016

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente - 2014/2015 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015.*

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

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

Aos meus Pais e amigos

Cada sonho que se deixa para trás, é um pedaço de futuro que deixa de existir.

Steve Jobs

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação não teria sido possível sem o contributo de diversas pessoas, que tiveram extrema importância ao longo deste período tão intenso e enriquecedor. A elas se deve muito do esforço e dedicação, pelo que gostaria de deixar umas palavras de especial agradecimento e estima.

A nível profissional há, sem dúvida alguma, pessoas que devem ser referidas, pelo acréscimo de conhecimento e experiência que me transmitiram ao longo destes meses:

Ao Professor Doutor Joaquim Poças Martins pela oportunidade que me disponibilizou, em realizar a dissertação, com o seu apoio, sabedoria e conselhos sempre úteis.

A administração dos Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo, em especial ao Engenheiro Vítor Lemos, por me ter recebido tão bem e por me ter dado a oportunidade de desenvolver a minha dissertação em ambiente empresarial.

Ao Engenheiro José Garcez, Chefe da Divisão de Águas e Águas Residuais nos Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo, por ter confiado no meu trabalho, pelos seus conhecimentos transmitidos, experiência, espírito crítico e boa disposição.

A Engenheira Diana da Cunha, pela sua disponibilidade em ajudar-me quando foi necessário e pelo seu constante otimismo.

Ao Engenheiro José Costa pelo fornecimento de todos os dados relevantes para o desenvolvimento da dissertação e pela partilha de conhecimentos.

As Engenheiras Carla, Soraia e Susana, por terem sido um apoio importante ao longo deste período e por terem tornado cada dia mais fácil e descontraído.

Aos técnicos e funcionários dos SMSBVC, devo um merecido reconhecimento pela disponibilidade permanente, esforços incansáveis e ajuda durante todo o trabalho que realizei.

A nível pessoal, existem pessoas que foram preponderantes e decisivas, nas tomadas de decisão e de motivação, para que tudo se tornasse possível. Em primeiro lugar, aos meus pais, por todos os valores que me transmitiram e todo o esforço e carinho que me deram. Este agradecimento é referente a todos os anos da minha vida, onde me ajudaram a superar todas as dificuldades.

A Engenheira Joana Barros, para além de uma amiga, ajudou-me incondicionalmente a nível profissional, com os seus conhecimentos e experiência.

As minhas amigas Ana Teixeira e Mariana Cruz por terem sido um pilar muito importante no meu sucesso académico e pela nossa amizade.

Ao Rafael Martins, João Guedes, Ivo Teixeira e Daniel Dias por terem sido um apoio incondicional e estarem sempre presentes nos melhores e piores momentos.

Por fim e não menos importante, a todos os meus amigos de faculdade que dispensaram um pouco de tempo das suas vidas para tornar este momento especial e real.

RESUMO

O abastecimento de água é um setor que apresenta, desde sempre, um problema relacionado com as perdas de água. Estas perdas de água podem ser designadas como reais ou aparentes, representando grandes volumes de água que não são faturados. Como tal, o foco principal desta dissertação será direcionado para a temática das perdas aparentes, mais concretamente, os erros de medição dos contadores de água.

O estudo desenvolvido e descrito, ao longo desta dissertação, tem como base o sistema de abastecimento de água dos Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo. Através da realização de dois testes de envelhecimento, pretende-se estudar a evolução do desempenho de contadores de água e o respetivo impacto económico para a entidade gestora, a partir da análise de fatores intrínsecos como padrão de consumo e idades volumétricas dos contadores de água.

Um dos testes de envelhecimento foi realizado numa instalação desenvolvida para esse mesmo efeito. Durante este teste conseguiu-se reproduzir consumos de água, de acordo com diferentes tipos de consumidores, ao longo da vida útil de contadores de água.

O outro teste de envelhecimento realizou-se numa banca de ensaios, seguindo todos os procedimentos estipulados na NP EN 14154-3: 2005+A2, direcionada especificamente para testes de envelhecimento de contadores de água.

Posteriormente, estimaram-se as perdas económicas, relativamente ao ano de 2015, baseadas nos testes de envelhecimento. A perda anual foi obtida como volume de água não faturado, onde foram aplicadas tarifas variáveis de água e saneamento e, conseqüentemente, este mesmo volume de água foi traduzido em perdas económicas.

PALAVRAS-CHAVE: PERDAS APARENTES, CONTADORES DE ÁGUA, TESTES DE ENVELHECIMENTO, ERROS DE MEDIÇÃO, SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.

ABSTRACT

The water supply sector has always faced a problem known as water loss. These water losses can be real or apparent, representing large volumes of water that are unbilled. Therefore, the main focus of this thesis will be on apparent water losses theme, specifically related to water meters' errors.

The study developed and described in this thesis is based on the water supply system of *Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo*. The realization of two ageing tests, through which we intend to study the water meters' performance evolution and its economic impact for the utility, from the analysis of intrinsic factors related with consumption pattern and water meters' volumetric ages.

One of these ageing tests was done in a facility has been developed for this purpose. During this test, there were reproduced water consumptions, according to different types of consumers, during water meters' lifespan.

The other ageing test was done in a bench test, following every single procedure on a NP EN 14154-3: 2005+A2 intended for water meters' ageing tests.

Afterwards, economic losses estimation was estimated in comparison to 2015, from the studies advanced on ageing tests. The annual loss was obtained as water volume unbilled that were applied water and sanitation variable fares and, consequently, this water volume was translated in economic losses.

KEYWORDS: APPARENT WATER LOSSES, WATER METERS, AGEING TESTS, REGISTRATION ERRORS, WATER SUPPLY SYSTEM.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA	1
1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	2
1.3 OBJETIVOS GERAIS	3
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
2 ESTADO DA ARTE	5
2.1 SETOR DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA	5
2.1.1 EVOLUÇÃO DO SETOR EM PORTUGAL	5
2.1.2 MODELOS DE GESTÃO	10
2.1.3 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	11
2.1.3.1 Sistemas de abastecimento em “alta”	12
2.1.3.2 Sistemas de abastecimento em “baixa”	13
2.1.4 SUSTENTABILIDADE DO SETOR	15
2.1.5 INDICADORES DE DESEMPENHO	16
2.2 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL	16
2.2.1 DIRETIVA 75/33/CEE	17
2.2.2 DIRETIVA MID	18
2.2.3 MARCAÇÃO E SELAGEM	20
2.3 MEDIÇÃO DE ÁGUA	22
2.3.1 TIPOS DE CONTADORES	24
2.3.1.1 Volumétricos	24
2.3.1.2 Velocidade	25
2.3.2 CURVAS DE ERRO	27
2.3.3 PADRÕES DE CONSUMO	28
2.3.4 TELEMETRIA	30

2.4 PERDAS DE ÁGUA NOS SAA	31
2.4.1 PERDAS REAIS.....	32
2.4.2 PERDAS APARENTES.....	34
2.4.2.1 Erros de medição	35
2.4.2.2 Erros humanos	37
2.4.2.3 Erros informáticos	37
2.4.2.4 Uso não autorizado	38
2.4.3 IMPACTO ECONÓMICO	40
2.5 CONCLUSÃO DO ESTADO DE ARTE	41
3 ESTUDO DESENVOLVIDO	43
3.1 ÂMBITO.....	43
3.2 SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE SANEAMENTO BÁSICO DE VIANA DO CASTELO (SMSBVC)	43
3.2.1 HISTÓRIA	43
3.2.2 SERVIÇOS DISPONIBILIZADOS	44
3.3 TESTES DE ENVELHECIMENTO	47
3.3.1 NP EN 14154-3:2005+A2.....	47
3.3.1.1 Ensaio com escoamento contínuo.....	48
3.3.1.2 Ensaio com escoamento descontínuo.....	49
3.3.1.3 Determinação de erros intrínsecos	49
3.3.2 TESTE DE ENVELHECIMENTO A	50
3.3.2.1 Dimensionamento da instalação	51
3.3.2.2 Análise do consumo de água.....	52
3.3.2.3 Condições de funcionamento	52
3.3.3 TESTE DE ENVELHECIMENTO B	54
3.3.3.1 Condições de funcionamento	55
3.4 RESULTADOS OBTIDOS	56
3.4.1 TESTE DE ENVELHECIMENTO A	56
3.4.2 TESTE DE ENVELHECIMENTO B	59
3.5 PERDAS ECONÓMICAS	60
4 CONCLUSÕES	67

5 RECOMENDAÇÕES FUTURAS	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
ANEXOS	75
ANEXO A - FICHA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SERVIÇO DA SMSBVC	76
ANEXO B – INSTALAÇÃO ATUAL	77
ANEXO C – TESTE DE ENVELHECIMENTO A.....	78
ANEXO D – TESTE DE ENVELHECIMENTO B.....	84
ANEXO E – TARIFAS, VOLUME CONSUMIDO E VOLUME FATURADO NOS SMSBVC	91

Índice de figuras

Figura 2.1– Dados estatísticos resultantes da implementação do PNUEA e metas futuras ...	7
Figura 2.2 – Articulação das vertentes de sustentabilidade do setor de abastecimento de água em função do preço	8
Figura 2.3 – Capacidade de cobertura do serviço de abastecimento de água em Portugal ...	8
Figura 2.4 – Cobertura do serviço de saneamento de águas residuais urbanas em Portugal	9
Figura 2.5 – Evolução da qualidade da água	9
Figura 2.6 – Etapas constituintes de um SAA	11
Figura 2.7 - Evolução do número de EG em “alta” e dos concelhos abastecidos entre 2010 e 2014	12
Figura 2.8 – Distribuição dos tipos de gestão EG em “alta”, em 2014	13
Figura 2.9 - Evolução do número de EG em “baixa” e dos concelhos abastecidos entre 2010 e 2014	14
Figura 2.10 – Distribuição dos tipos de gestão das EG em “baixa”, em 2014	14
Figura 2.11 – Capacidade de recuperação monetária dos serviços prestados por parte das EG	15
Figura 2.12 – Formas de selagem de um contador de água: a) clip plástico, b) tampa plástica, c) arame de selagem e d) parafuso de chumbo	20
Figura 2.13 – Formas de marcação de um contador de água: a) clip de plástico, b) tampa plástica e c) parafuso de chumbo	21
Figura 2.14 – Marcação de aprovação MID	22
Figura 2.15 – Exemplar de contador de água	22
Figura 2.16 – Mostrador de um contador	23
Figura 2.17 – Contador de água do tipo volumétrico.....	24
Figura 2.18 – Câmara volumétrica.....	24
Figura 2.19 – Esquema representativo dos tipos de contadores de velocidade	25
Figura 2.20 – Exemplar ilustrativo de um curva de erros	28
Figura 2.21 – Ilustração gráfica de um padrão de consumo.....	29
Figura 2.22 – Efeitos de dimensionamentos em contadores de água	29
Figura 2.23 – Sistemas de telemetria: a) Rádio fixo e b) Rádio móvel	30
Figura 2.24 – Fatores que influenciam as perdas reais.....	33
Figura 2.25 – Medidas de redução das perdas reais	33
Figura 2.26 – Fatores que influenciam as perdas aparentes.....	35
Figura 2.27 – Tipos de filtros em contadores de água: a) Filtro de nylon; b) Filtro de inox ...	36

Figura 2.28 – Entupimentos em contadores.....	36
Figura 2.29 – Incrustações no interior de contadores.....	37
Figura 2.30 – Ligação ilícita real, nomeadamente uma ligação direta	38
Figura 2.31 – Exemplar real de um bypass	39
Figura 2.32 – Exemplar real de um bypass	39
Figura 2.33 – Furo no totalizador	39
Figura 2.34 – Furo no totalizador com tentativa de dissimulação	40
Figura 4.1 – Representação gráfica dos serviços prestados pelos SMSBVC no ano 2015 ..	44
Figura 4.2 – Representação gráfica do número de clientes abrangido pelos SMSBVC	45
Figura 4.3 – Representação gráfica da distribuição dos consumidores pela tipologia dos seus edifícios	46
Figura 4.4 – Evolução da eficiência do SAA dos SMSBVC	46
Figura 4.5 – Distribuição dos contadores em função do diâmetro do contador de água.....	50
Figura 4.6 – Curva de erros característica dos contadores de água em estudo.....	58
Figura 4.7 - Curva de erros característica do modelo em estudo	60
Figura 4.8 – Padrão de consumo	61
Figura 4.9 – Padrão de consumo ajustado ao teste de envelhecimento A	61
Figura A.1 - Ficha de avaliação da qualidade do serviço da SMSBVC.....	76
Figura B.1 – Instalação atual para realização de testes de envelhecimento.....	77

Índice de tabelas

Tabela 2.1 - Modelos de gestão de SAA.....	10
Tabela 2.2 - Classes de contadores de água.....	18
Tabela 2.3 - Valores de caudais estipulados para Q_3 , em m^3/h	19
Tabela 2.4 - Relação entre R e caudais em dm^3/h	20
Tabela 2.5 – Balanço hídrico	32
Tabela 4.1 – Capacidade de serviço prestado pelos SMSBVC	45
Tabela 4.2 – Balanço hídrico dos SMSBVC em 2015	47
Tabela 4.3 – Métodos e tipo de testes dos contadores de água.....	48
Tabela 4.4 - Caudais característicos do contador	51
Tabela 4.5 – Estimativas de consumo.....	52
Tabela 4.6 – Distribuição dos contadores de água em diferentes grupos	52
Tabela 4.7 – Caudais selecionados na determinação de erros intrínsecos	53
Tabela 4.8 - Funcionamento do primeiro ensaio com escoamento contínuo	54
Tabela 4.9 – Funcionamento do segundo ensaio com escoamento contínuo	54
Tabela 4.10 - Funcionamento do último ensaio com escoamento contínuo	54
Tabela 4.11 - Caudais característicos do contador	55
Tabela 4.12 - Funcionamento na determinação de erros intrínsecos	55
Tabela 4.13 – Funcionamento do ensaio com escoamento descontínuo	56
Tabela 4.14 - Funcionamento do ensaio com escoamento contínuo.....	56
Tabela 4.15 – Erros iniciais.....	56
Tabela 4.16 – Erros resultantes do primeiro ensaio com escoamento contínuo.....	57
Tabela 4.17 - Erros obtidos no final do segundo ensaio com escoamento contínuo	57
Tabela 4.18 - Erros característicos no final do último ensaio com escoamento contínuo	57
Tabela 4.19 – Volumes registados pelos contadores de água durante o teste de envelhecimento.....	58
Tabela 4.20 – Erro iniciais.....	59
Tabela 4.21 – Erros registados no final do ensaio com escoamento descontínuo.....	59
Tabela 4.22 - Erros registados no final do teste de envelhecimento	59
Tabela 4.23 - Volumes registados pelos contadores de água no teste de envelhecimento ..	60
Tabela 4.24 – Rendimentos dos contadores de água no teste de envelhecimento A.....	62
Tabela 4.25 - Rendimentos dos contadores de água no teste de envelhecimento B.....	63
Tabela 4.26 – Distribuição dos consumidores domésticos dos SMSBVC	64

Tabela 4.27 – Perdas associadas aos erros de medição dos contadores de água	65
Tabela C.1 - Registo do primeiro ensaio com escoamento contínuo do grupo 1.....	78
Tabela C.2 - Registo do primeiro ensaio com escoamento contínuo do grupo 2.....	79
Tabela C.3 - Registo do segundo ensaio com escoamento contínuo do grupo 1.....	80
Tabela C.4 - Registo do segundo ensaio com escoamento contínuo do grupo 2.....	81
Tabela C.5 - Registo do último ensaio com escoamento contínuo do grupo 1.....	82
Tabela C.6 - Registo do último ensaio com escoamento contínuo do grupo 2.....	83
Tabela D.1 - Registo do ensaio com escoamento descontínuo.....	84
Tabela D.2 - Registo do ensaio com escoamento contínuo.....	89
Tabela E.1 - Volumes de água consumidos nos SMSBVC em 2015.....	91
Tabela E.2 - Tarifas de abastecimento de água e saneamento aplicáveis nos SMSBVC em 2015.....	91
Tabela E.3 - Volumes faturados, em cada escalão, nos SMSBVC em 2015.....	92
Tabela E.4 - Volumes de água consumidos nos SMSBVC com contadores de água de 100,32% de rendimento.....	93
Tabela E.5 - Volumes faturados, em cada escalão, nos SMSBVC com contadores de água de 100,32% de rendimento.....	94

Símbolos, Acrónimos e Abreviaturas

Q_n	Caudal nominal [m^3/h]
Q_{max}	Caudal máximo [m^3/h]
Q_{min}	Caudal mínimo [m^3/h]
Q_s	Caudal de arranque [m^3/h]
Q_t	Caudal transição [m^3/h]
Q_1	Caudal mínimo [m^3/h]
Q_2	Caudal transição [m^3/h]
Q_3	Caudal permanente [m^3/h]
Q_4	Caudal de sobrecarga [m^3/h]
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
CEE	Comunidade Económica Europeia
DN	Diâmetro Nominal
DQA	Diretiva Quadro da Água
EG	Entidade Gestora
EMA	Erro Máximo Admissível
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
GRC	Grau de Recuperação de Custos
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
INE	Instituto Nacional de Estatística
IPQ	Instituto Português da Qualidade
IRAR	Instituto Regulador das Águas e Resíduos
IWA	<i>International Water Association</i>
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
MID	<i>Measuring Instruments Directive</i>
NEP	Nível Económico de Perdas
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i>
PEAASAR	Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais
PENSAAR	Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais (2014-2020)

PNA	Plano Nacional da Água
PNUEA	Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água
R	Rácio
RAA	Rede de Abastecimento de água
RAC	Relatório de Atividades e Contas
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SMSBVC	Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo.
ZMC	Zona de medição e Controlo

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

A água é um dos elementos fundamentais da vida, sem o qual nenhum ser vivo é capaz de sobreviver. A água é tão indispensável para o ser humano que consegue representar, em média, cerca de 70% da sua massa corporal. De acordo com a Organização da Nações Unidas, todo o ser humano tem o direito de ter acesso a água potável e saneamento.

O crescimento populacional, em conjunto com uma má utilização e crescente poluição dos recursos hídricos, têm vindo a afetar seriamente a qualidade da água doce existente no planeta. Estas situações tornam a água num bem cada vez mais escasso e o seu valor económico atinge valores extraordinariamente elevados.

Um sistema de abastecimento de água (SAA) permite um acesso contínuo a água potável e garante a sua qualidade, desde o tratamento até ao abastecimento ao consumidor final. Contudo, tendo em conta todas as atividades realizadas no dia a dia, desde cuidados pessoais, alimentação, indústria e agricultura, encontra-se sempre associado um desperdício, difícil de controlar e quantificar com precisão. Este desperdício tem adquirido cada vez mais impacto, devido à diminuição significativa deste recurso tão precioso e pela ameaça da sustentabilidade dos SAA.

Apesar dos SAA serem capazes de satisfazer todas as necessidades do consumidor final, estes revelam problemas de ineficiência e insustentabilidade económico-financeira. Um dos exemplos destes mesmos problemas são as tarifas desequilibradas, que muitas das vezes são desajustadas e tornam-se inoportáveis para o consumidor final. Uma das maiores causas para a persistência destes problemas, em parte, são os desperdícios, resultantes das perdas de água, ao longo da rede abastecimento de água (RAA).

Em Portugal, estima-se que o volume de água não faturado, associado a perdas de água nos SAA, possa atingir valores elevados. Em média 35% da água captada, tratada e distribuída pelos sistemas de abastecimento não é faturada, o que corresponde a uma situação claramente insatisfatória. Os casos mais gravosos em termos de água não faturada podem atingir cerca de 70% e surgem nas áreas rurais e mediantemente urbanas, com especial relevância para a região Norte (ERSAR, 2013a).

A temática das perdas de água nos SAA, especificamente as perdas aparentes associadas aos contadores de água, serão o objeto de estudo desta dissertação de mestrado. O foco será direcionado para o estudo das submedições dos mesmos, utilizando uma metodologia adequada para otimizar a fiabilidade de um parque de contadores.

1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação tem como objetivo apresentar, através de testes de envelhecimento, uma metodologia capaz de potenciar uma maior eficiência de um SAA.

Numa primeira fase, elaborou-se o estado de arte, com base numa revisão. Esta revisão bibliográfica torna a interpretação do panorama atual e dos princípios básicos de funcionamento de um SAA mais elucidativa. Seguidamente, definem-se objetivos de estudo e procede-se à apresentação e enquadramento da empresa, onde esta dissertação foi desenvolvida. Numa segunda fase, desenvolve-se o estudo da metodologia propriamente dita, tirando as devidas ilações e recomendações futuras.

De seguida, pode-se observar os temas abordados ao longo da dissertação, através da disposição dos seguintes capítulos:

- **Capítulo 1 - Introdução**

Este capítulo tem um carácter introdutório, no qual se procede a um breve enquadramento e apresentação do tema a ser abordado ao longo da dissertação, incluindo os respetivos objetivos gerais.

- **Capítulo 2 – Estado da Arte**

Neste capítulo é realizada a revisão bibliográfica que sustenta toda a temática dos SAA.

Inicialmente, analisa-se a evolução e o estado atual dos SAA em Portugal, incluindo modelos de gestão, indicadores de avaliação da qualidade de serviço e o principal regime jurídico do setor.

De seguida, as perdas existentes num SAA são alvo de caracterização, enumerando e interpretando os fatores relevantes para o surgimento das mesmas e englobando o respetivo impacto económico numa EG.

Posteriormente, explicita-se a forma como a medição de água é feita por parte das EG, tal como os instrumentos, metodologias e indicadores utilizados para esse mesmo efeito.

Por fim, elabora-se uma pequena conclusão acerca da realização do estado de arte, salientando os pontos-chave resultantes da revisão bibliográfica.

- **Capítulo 3 – Âmbito e Objetivos**

Após a análise da informação, resultante da revisão bibliográfica, no terceiro capítulo encontram-se evidenciados os aspetos de maior importância, a ter em conta num melhoramento da gestão de uma EG.

O âmbito e os objetivos específicos da presente dissertação, em ambiente empresarial, encontram-se definidos, tendo como objetivo principal a realização de uma metodologia de análise de contadores de água com base em testes de envelhecimento.

- **Capítulo 4 – Estudo Desenvolvido**

Este capítulo inicia-se com uma breve apresentação da empresa Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo (SMSBVC), onde o estudo desenvolvido incide.

Dois estudos são desenvolvidos no âmbito da temática das perdas aparentes. Ambos os estudos baseiam-se na realização de testes de envelhecimento, com o intuito de analisar as submedições de contadores de água e o seu respetivo impacto económico no SAA dos SMSBVC. Um teste de envelhecimento será realizado numa instalação desenvolvida para esse mesmo efeito, enquanto outro será realizado numa banca específica de ensaios.

- **Capítulo 5 – Conclusões**

No quinto capítulo são expostas todas as análises e conclusões acerca do estudo desenvolvido ao longo da dissertação.

- **Capítulo 6 – Recomendações Futuras**

Por fim, o último capítulo é dedicado a observações e possíveis recomendações futuras, de modo a otimizar trabalhos futuros, relacionados com a temática das perdas aparentes.

1.3 OBJETIVOS GERAIS

Os objetivos gerais foram definidos, de modo a orientar o trabalho desenvolvido ao longo da dissertação:

- Compreender o funcionamento de uma EG em “baixa”;
- Estimar a fiabilidade da medição dos contadores de água;
- Definir uma estratégia de substituição de contadores.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

No seguimento da definição dos objetivos gerais, pretendeu-se atingir objetivos específicos durante o estudo desenvolvido na empresa SMSBVC:

- Dimensionar uma instalação adequada para a realização de testes de envelhecimento;
- Testar uma metodologia de análise da fiabilidade dos contadores de água;
- Realizar testes de envelhecimento com escoamento contínuo e descontínuo;
- Estimar a curto e longo prazo a precisão dos contadores de água.

2

ESTADO DA ARTE

2.1 SETOR DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Um SAA tem impacto direto e indireto no dia-a-dia de qualquer população, tendo como principal objetivo a satisfação de todas as necessidades essenciais.

A nível doméstico existem três tipos de utilização que podem ser definidos em relação ao abastecimento doméstico: o consumo (preparação de alimentos e beber), higiene (necessidades básicas e limpeza doméstica) e, por último, o uso ocasional (lavagens de carros, regas) (Adaptado de WHO, 2003). Caso o abastecimento de água seja inadequado ou inexistente, a qualidade da saúde pública está comprometida, pois é diretamente afetada. Um seguro, confiável, acessível e fácil acesso a abastecimento de água é essencial para uma boa saúde, mas durante várias décadas, milhões de pessoas, em países em desenvolvimento, não tinham acesso a abastecimento. As razões para o progresso limitado, no sentido do acesso universal a um abastecimento de água adequado, incluem elevadas taxas de crescimento populacional em países em desenvolvimento, taxas de capital de investimento insuficiente, dificuldades de desenvolvimento de recursos de água locais e ineficiência das entidades que gerem os abastecimentos de águas (Hunter et al., 2010).

É uma grande prioridade a concentração no abastecimento de água e saneamento, pois proporciona saúde, qualidade de vida e assegura benefícios económicos (Adaptado de World Water Council, 2016).

Os benefícios económicos são assinaláveis. Os encargos monetários com doenças potencialmente transmissíveis diminuem, a produtividade aumenta, é proporcionada a expansão de empresas, a agricultura pode ser desenvolvida, entre outras. Com o melhoramento da saúde das populações, a mortalidade diminui e, conseqüentemente, a esperança média de vida aumenta (World Water Council, 2016).

2.1.1 EVOLUÇÃO DO SETOR EM PORTUGAL

O abastecimento e saneamento de água começaram a ganhar importância para a sociedade no final do século XIX. A falta de higiene a que a população estava sujeita, associada à presença e propagação de doenças, provocou uma mudança no paradigma existente na sociedade, relativamente à saúde pública. Um dos fatores limitativos para um desenvolvimento mais célere e eficiente, foi o facto de Portugal se encontrar numa situação financeira muito desfavorável. Para além disso, o país seguia uma política de gestão baseada numa divisão entre municípios urbanos e rurais, onde os municípios rurais eram discriminados com frequência face aos urbanos. Como a maioria da população residia em meio rural, os problemas de abastecimento e saneamento continuavam a persistir. Esta visão urbana foi reforçada em 1944 com a apresentação de um Plano de Abastecimento de Águas às sedes dos Concelhos. As

populações que residiam em municípios rurais tiveram de esperar até 1960 para o surgimento do primeiro plano com a designação de Plano de Abastecimento de Águas às Populações Rurais. Contudo, os resultados não foram muito animadores, pois regiam-se por políticas exercidas no início do século XX. Prova disso, em 1972, apenas 40% da população encontrava-se abrangida por um SAA e 17% estava abrangida por saneamento básico (Pato, 2011).

Em 1974, com a alteração do regime político, o investimento a nível de infraestruturas em todo o país foi significativo. No seguimento deste investimento, a criação da Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos e Saneamento Básico e da Direcção-Geral de Saneamento Básico demonstraram uma mudança de política de gestão. A transição entre a década de 80 e 90 foi marcada por um aproveitamento de fundos estruturais do Quadro Comunitário de Apoio I. Os resultados destas novas políticas implementadas foram expressivos. Em 1990 80% e 62% da população estava abrangida por sistemas de abastecimento e saneamento básico de água (Pato, 2011).

Em 1993, entrou em vigor o Decreto-Lei n.º379/93, de 5 de novembro, definindo o regime de exploração e gestão de sistemas municipais e multimunicipais de captação, tratamento e distribuição de água para consumo público. Neste mesmo Decreto-Lei são definidas as condições de concessão dos sistemas de gestão municipais e multimunicipais, encontrando-se autorizados os cinco primeiros sistemas multimunicipais no artigo 3º. De igual forma, definiu-se a recolha, tratamento e rejeição de efluentes e tratamento de resíduos sólidos.

De forma a regular o cumprimento do regime jurídico por parte das concessões, foi criado em 1995 o Observatório Nacional dos Sistemas Municipais e Multimunicipais de Captação, Tratamento e Distribuição de Água para Consumo Público, de Recolha, Tratamento e Rejeição de Efluentes e de Recolha e Tratamento de Resíduos Sólidos. Posteriormente, em 1997, este observatório deu lugar ao Instituto Regulador das Águas e Resíduos (IRAR) (Pato, 2011).

O IRAR, atualmente designado por Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), desempenhou e continua a desempenhar um papel fundamental. No período entre 2000 e 2003, conseguiu regular o funcionamento de 50 entidades gestoras ao nível dos serviços de águas e resíduos. Nos seis anos seguintes, a ERSAR assumiu-se como autoridade responsável pela qualidade da água para consumo humano, abrangendo perto de quinhentas entidades gestoras (ERSAR, 2016a)

No ano 2000 foi aprovado o Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR), que esteve em vigor entre o ano de 2000 e 2006. O PEAASAR I estabeleceu as estratégias a ser adotadas, os objetivos, e as respetivas prioridades, com o intuito de garantir a correta utilização dos fundos comunitários, provenientes do Quadro Comunitário de Apoio III. Objetivos foram definidos, de forma a alcançar uma cobertura de 95% e 90% da população com abastecimento de água potável e saneamento de águas residuais urbanas, respetivamente. Contudo, através do PEAASAR I, o investimento realizado foi direcionado, essencialmente, para a resolução de problemas em EG responsáveis pelo abastecimento em “alta” (MAOTDR, 2007).

Em 2000, o Instituto da Água em conjunto com o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) iniciou o desenvolvimento do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA). O PNUEA sofreu alterações ao longo dos anos, mas manteve sempre como objetivo principal o uso eficiente da água em Portugal, especialmente nos setores urbano, agrícola e industrial. As estratégias passam pela redução das perdas nos sistemas de abastecimento, minimização dos riscos de escassez hídrica e melhoramento das condições ambientais nos meios hídricos. O desenvolvimento do uso eficiente da água, independentemente das estratégias, salvaguarda as necessidades vitais e a qualidade de vida das populações, bem como o desenvolvimento socioeconómico do país (APA, 2016).

Desde a criação de planos como o PEAASAR e o PNUEA, a evolução tem sido assinalável, tal como se evidencia na Figura 2.1.

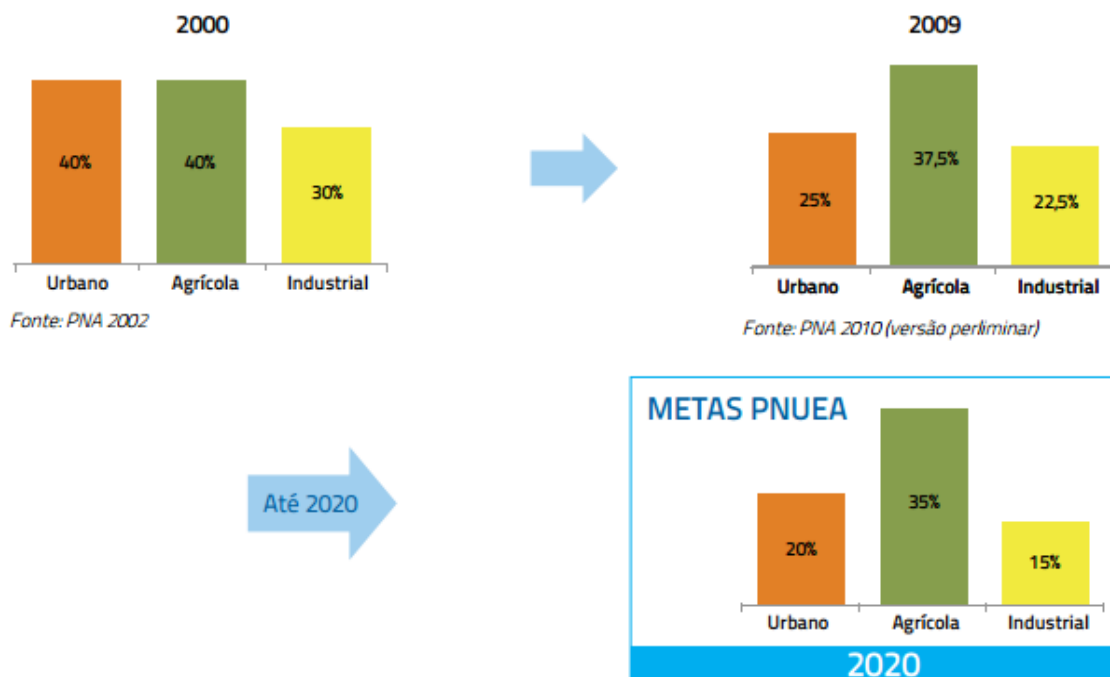


Figura 2.1– Dados estatísticos resultantes da implementação do PNUEA e metas futuras (MAMAOT, 2012)

Em 2002, foi criado o Plano Nacional da Água (PNA), onde se define uma estratégia nacional para a gestão integrada das águas superficiais, naturais, fortemente modificadas e artificiais, designadamente as águas interiores, de transição e costeiras, e as águas subterrâneas. Baseado em planos de gestão de regiões hidrográficas e por outros instrumentos de planeamento das águas, o PNA rege-se pelo uso sustentável da água, proteção dos ecossistemas aquáticos e mitigação de cheias e secas. Em 2015 sofreu uma revisão, com o objetivo de redefinir as grandes opções estratégicas da política nacional da água a aplicar para o período entre 2016-2021 (APA, 2015).

No seguimento do investimento na qualidade de abastecimento e saneamento, e com vista à melhoria da qualidade da água, em 2006 foi aprovado o PEAASAR II que esteve em vigor até 2013. Este documento tinha por base estratégias propostas na Lei da Água, PNA, PNUEA e na Estratégia de Gestão Integrada da Zona Costeira Nacional. As estratégias de melhoramento dos SAA incidiram na resolução das problemáticas dos SAA em “baixa”, a sua respetiva articulação com os SAA em “alta” e uma abordagem à política tarifária a nível nacional. Assim, dando continuidade ao trabalho desenvolvido através do PEAASAR I, as metas a alcançar neste período, em termos de acessibilidade física, seriam de 95% e 90% da população nacional, em termos de abastecimento de água e saneamento de águas residuais respetivamente. Para tal, a questão tarifária tornou-se num aspeto fulcral para garantir a sustentabilidade do setor de abastecimento de água. Um preço justo garantiria um equilíbrio entre as três vertentes da sustentabilidade do setor, como é perceptível na Figura 2.2 (MAOTDR, 2007).

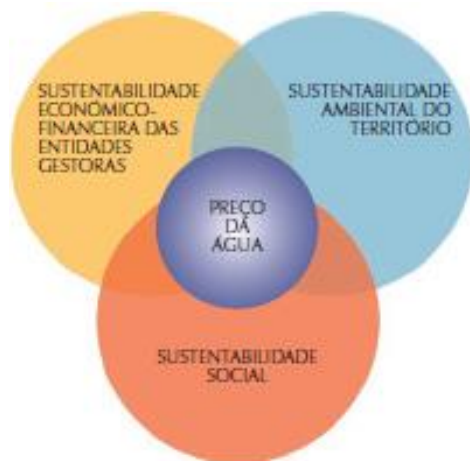


Figura 2.2 – Articulação das vertentes de sustentabilidade do setor de abastecimento de água em função do preço (MAOTDR, 2007)

Como forma de balanço da implementação do PEAASAR I e II, a ERSAR, em 2014, elaborou o Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos. Este relatório contém informação referente à evolução da capacidade de abastecimento de água, saneamento de águas residuais e melhoramento da qualidade da água. Os resultados da informação recolhida podem ser analisados através da Figura 2.3 e Figura 2.4.

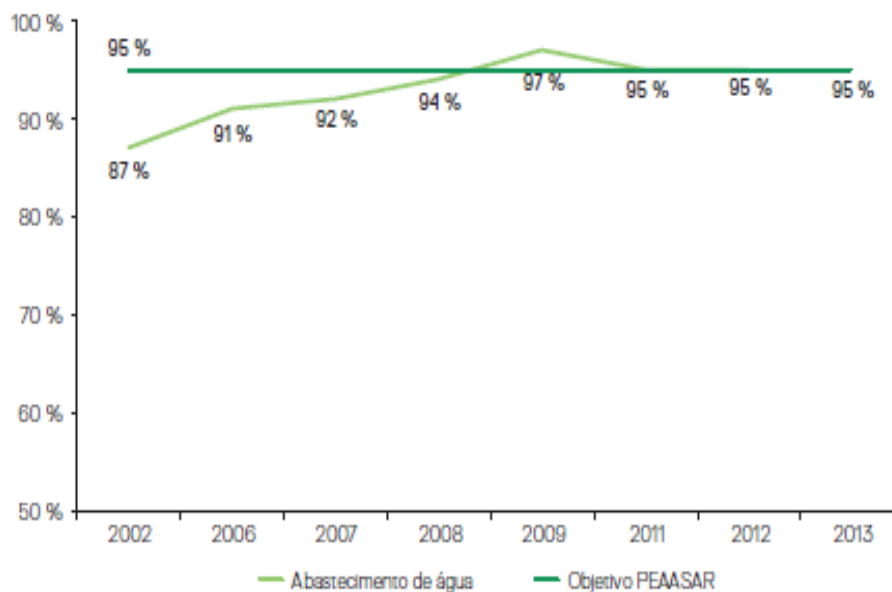


Figura 2.3 – Capacidade de cobertura do serviço de abastecimento de água em Portugal (ERSAR, 2015a)

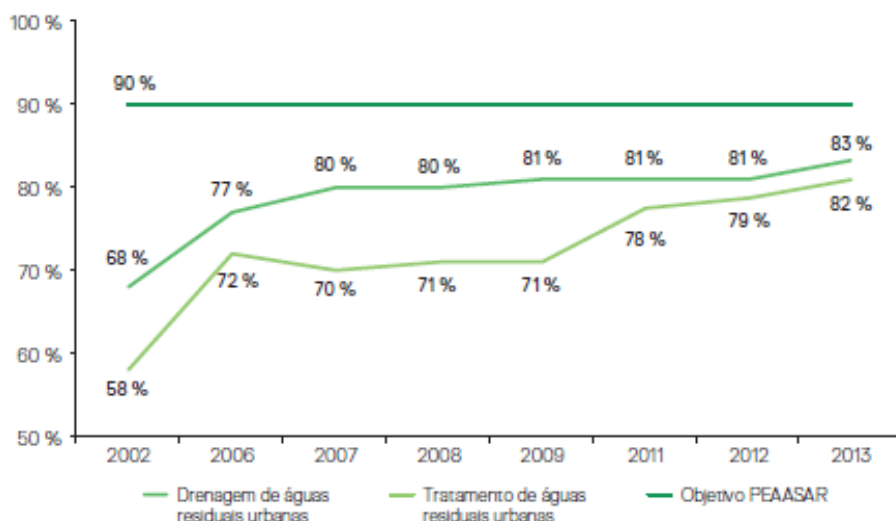


Figura 2.4 – Cobertura do serviço de saneamento de águas residuais urbanas em Portugal (ERSAR, 2015a)

Como é perceptível na Figura 2.3, com a entrada em vigor do PEAASAR II foi possível atingir o objetivo estipulado de 95% da população servida por SAA, em 2011. Relativamente ao saneamento de água residuais urbanas, a Figura 2.4 demonstra que não foi possível atingir as metas estabelecidas. Contudo, a ERSAR realizou um estudo da evolução da qualidade da água. Os dados recolhidos são referentes ao período desde 1993, data em que entrou em vigor o Decreto-Lei n.º379/93, de 5 de novembro até 2013, coincidente com o término do PEAASAR II. Na Figura 2.5 é facilmente verificável a evolução da qualidade da água, garantindo atualmente 98% de água segura para consumo à população abrangida por SAA.

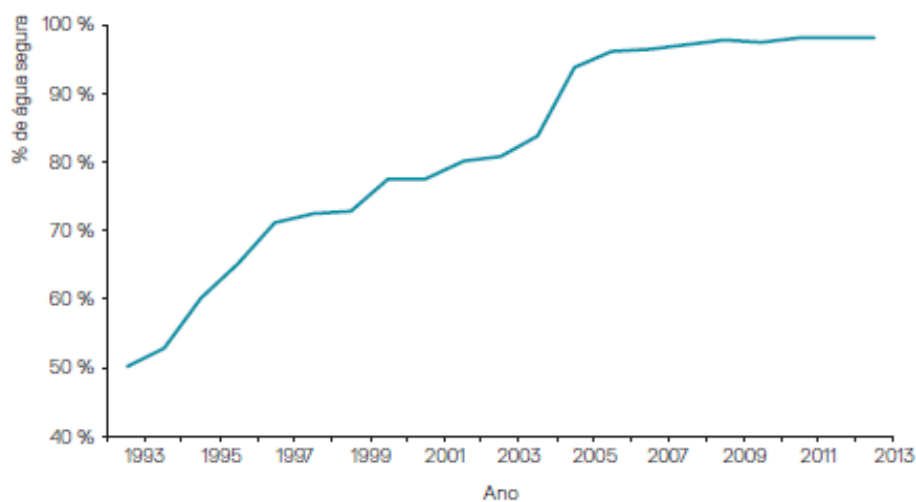


Figura 2.5 – Evolução da qualidade da água (ERSAR, 2014)

Após o término do PEAASAR II houve necessidade de dar continuidade ao trabalho desenvolvido ao longo dos anos. Para tal, em 2014, procedeu-se à criação do Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais (PENSAAR 2020), que foi aprovado pelo Despacho n.º 4385/2015, de 30 de abril, encontrando-se em vigor até 2020. O Plano encontra-se estruturado por

uma análise da situação de referência, definição de um quadro estratégico e elaboração de um plano de ação e gestão.

Contudo, continuaram a subsistir problemas. Estes problemas relacionam-se com o elevado volume de água não faturada, baixa sustentabilidade económica e financeira das EG e falta de articulação entre as EG em “baixa” e em “alta”. A falta de existência de consensos e incentivos para uma melhor profissionalização dos serviços prestados são as principais razões para a não resolução dos problemas referidos anteriormente. Perante estes problemas, no PENSAAR 2020 assiste-se a uma mudança de paradigma, pois Portugal encontrava-se estagnado em termos de organização e respetivo funcionamento das EG. O investimento na expansão de redes foi colocado de lado e, por sua vez, o investimento foi direcionado para a renovação das infraestruturas das redes e aumento da fiabilidade das mesmas. Como objetivos principais para uma gestão e sustentabilidade financeira do setor destacam-se a melhoria da qualidade do abastecimento de água e saneamento de águas residuais, redução de perdas, redução do volume de água não faturada e melhoramento da gestão dos serviços prestados (PENSAAR2020, 2014).

O melhoramento e a excelência podem ser alcançados através de uma prática de gestão cuidada, devendo esta ser acompanhada por uma liderança capaz, de forma a tornar-se numa força consistente por detrás de uma mudança bem-sucedida. A excelência deve ser mantida constantemente, caso contrário, todo o progresso realizado pode facilmente regredir (Poças-Martins, 2014).

Tal como referido anteriormente, a ERSAR tem e terá um papel fulcral na regulação do comportamento das EG. O cumprimento normativo, a gestão da sustentabilidade do setor e a defesa da qualidade da água para o consumidor final são os pilares fundamentais. Sem regulação dos mesmos não há incentivos para o aumento da eficiência e da eficácia das EG, correndo o risco dos utilizadores receberem serviços de menor qualidade e pagarem um preço mais elevado (Mesquita, 2012).

2.1.2 MODELOS DE GESTÃO

Atualmente, existem vários modelos de gestão de SAA, encontrando-se expressos na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Modelos de gestão de SAA (Mesquita, 2012)

Entidade titular	Modelo de gestão	Entidade gestora
Estado	Gestão Direta	Estado
	Gestão Delegada	Empresa do setor empresarial do Estado
	Gestão Concessionada	Empresa de capitais maioritariamente públicos (do Estado ou dos Municípios)
Municípios	Gestão Direta	Serviços municipais ou municipalizados, associações de municípios (Serviços intermunicipalizados)
	Gestão Delegada	Empresa de capitais estatuais e municipais, criada no âmbito de uma parceria entre municípios e o Estado
	Gestão Concessionada	Empresa privada

No caso da gestão direta existe coincidência entre a entidade titular e a entidade gestora. Como gestão delegada existe o exemplo da Empresa Portuguesa das águas Livres (EPAL), que presta serviço de abastecimento em “alta” e em “baixa” a um conjunto de municípios de Lisboa. Duas modalidades podem ser abrangidas: uma empresa do setor empresarial do Estado com participação minoritária dos municípios parceiros ou uma empresa do setor empresarial dos municípios parceiros com uma participação minoritária do Estado. No que diz respeito a concessões, as concessões de titularidade estatal são concessões multimunicipais e as concessões de titularidade municipal são atribuídas a empresas de capital privado (Mesquita, 2012)

Relativamente ao tipo de EG, os serviços municipais não dispõem de autonomia financeira e são diretamente geridos pelos órgãos principais dos municípios. Os serviços municipalizados possuem uma organização autónoma dentro da administração municipal e a gestão é entregue a um conselho de administração privado (Cunha and Rodrigues, 2012). A diferença entre serviços municipais e municipalizados consiste no grau de autonomia administrativa e financeira, sendo maior nos segundos, onde existe orçamento próprio (Mesquita, 2012).

2.1.3 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Um SAA pode ser descrito, de acordo com a Figura 2.6, como um conjunto de etapas que a água percorre até alcançar o consumidor final.

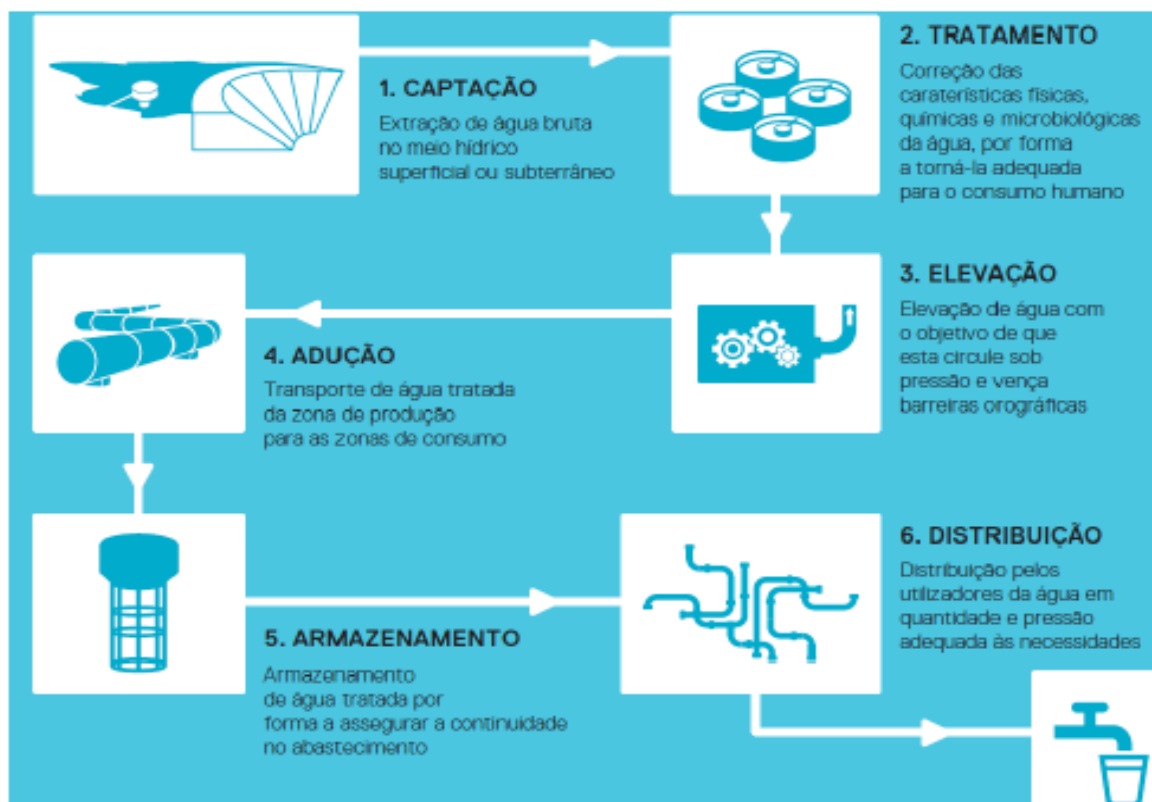


Figura 2.6 – Etapas constituintes de um SAA (Teixeira, 2014)

Em 1993, o Decreto-Lei n.º379/93, de 5 de novembro, conseguiu reunir as condições necessárias para a gestão e exploração de água. No artigo 1º encontra-se definido como sistema multimunicipal aquele que serve pelo menos dois municípios e o seu investimento é predominantemente de origem estatal, ao contrário do sistema municipal, o qual serve apenas um município. A partir deste momento, iniciou-se o processo de evolução das EG responsáveis pelo abastecimento de água.

2.1.3.1 Sistemas de abastecimento em “alta”

O sistema de abastecimento em “alta” é responsável pela captação, tratamento, adução, armazenamento de água. Este tipo de sistema é gerido por uma EG em “alta”, onde no final de todas as etapas referidas, a água armazenada é, posteriormente, vendida.

Na

Figura 2.7 é possível observar graficamente a evolução das EG em “alta” e o respetivo número de concelhos abrangidos. É de salientar que esses dados não englobam os resultados obtidos em 2015, pois o relatório com essas informações ainda não se encontra disponível.

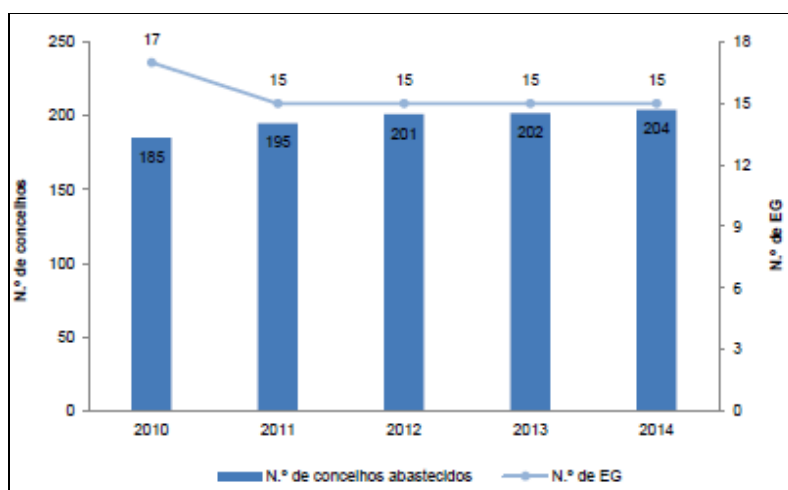


Figura 2.7 - Evolução do número de EG em “alta” e dos concelhos abastecidos entre 2010 e 2014 (ERSAR, 2015b)

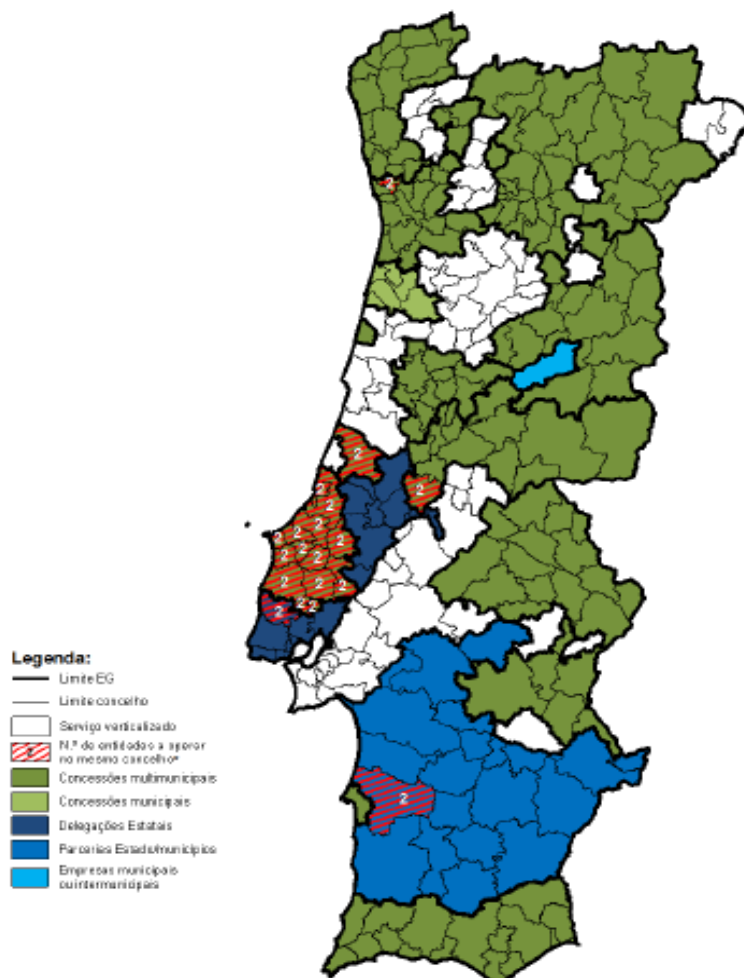


Figura 2.8 – Distribuição dos tipos de gestão EG em “alta”, em 2014 (ERSAR, 2015a)

A Figura 2.8 ilustra a área de influência, a nível de concelhos, das EG em “alta” e os seus modelos de gestão. Através da análise da Figura 2.8, destacam-se as áreas a verde, que representam as concessões multimunicipais e municipais que satisfazem um maior número de concelhos. Em destaque também se encontram áreas a branco que traduzem os serviços verticalizados. Os serviços verticalizados são EG que são responsáveis pela captação, tratamento e posterior distribuição da água até ao consumidor.

2.1.3.2 Sistemas de abastecimento em “baixa”

Estes sistemas são também designados como sistemas de distribuição. Como o próprio nome indica, têm a função de distribuir água e satisfazer as necessidades dos consumidores. Em grande parte das EG em “baixa” a água é comprada às EG em “alta” e, posteriormente, é vendida a um preço mais elevado ao consumidor final. A Figura 2.9 contém informação relativa à evolução das EG em “baixa” e o número de concelhos abrangidos.

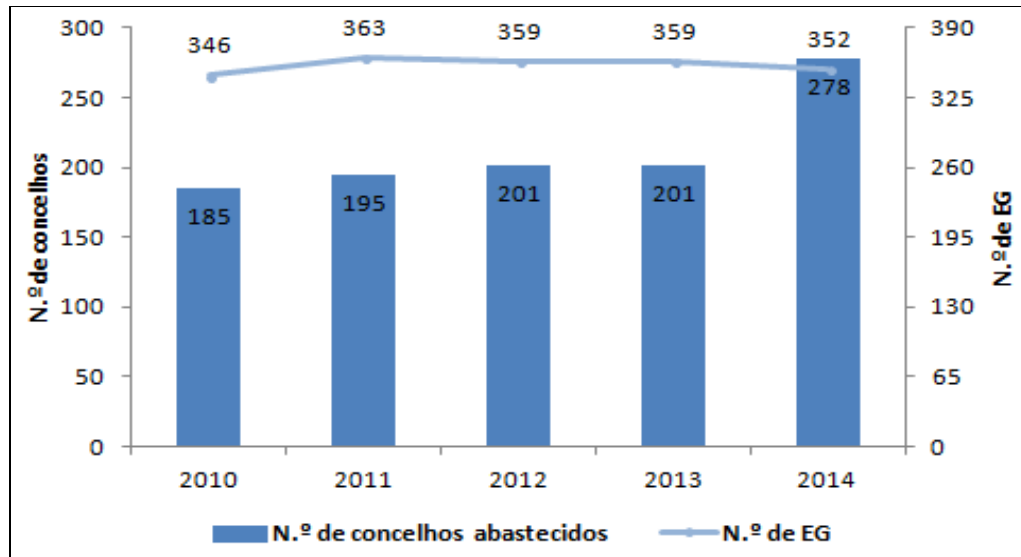


Figura 2.9 - Evolução do número de EG em “baixa” e dos concelhos abastecidos entre 2010 e 2014 (ERSAR, 2015b)

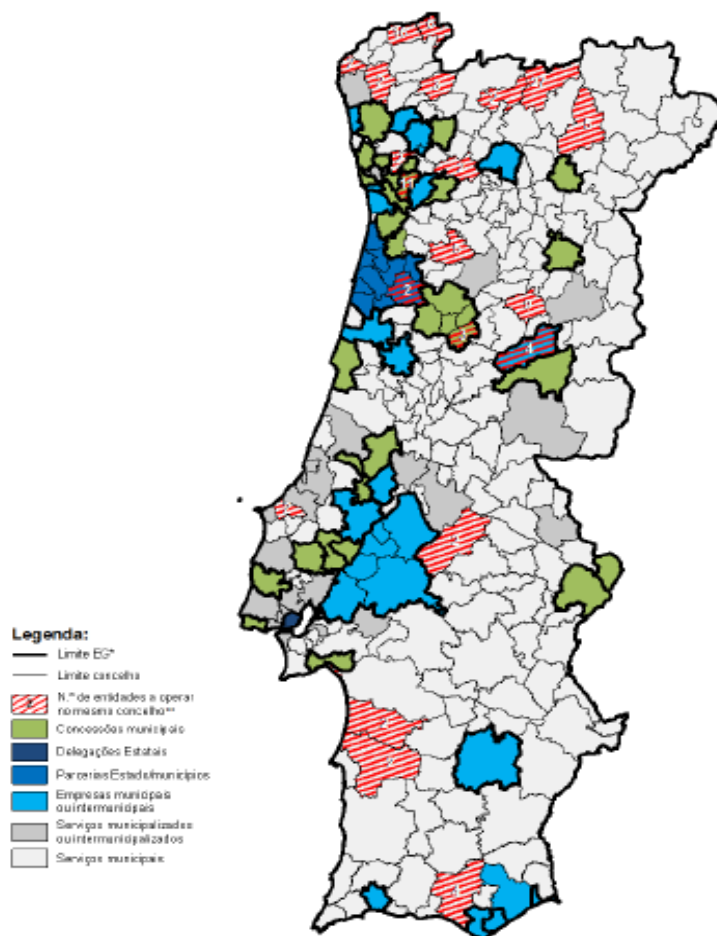


Figura 2.10 – Distribuição dos tipos de gestão das EG em “baixa”, em 2014 (ERSAR, 2015a)

A Figura 2.10 demonstra a cobertura e modelos de gestão inerentes às EG em “baixa”. Contrariamente ao panorama existente relativamente às EG em “alta”, verifica-se que a distribuição da água é gerida maioritariamente por serviços municipais e serviços municipalizados ou intermunicipalizados que se encontram definidos com a cor cinzenta. Com menor influência na rede de distribuição, definidas pela cor verde, são as concessões municipais.

2.1.4 SUSTENTABILIDADE DO SETOR

Em 2015, uma nota de imprensa foi emitida, na qual se demonstra que a maioria das EG de águas e resíduos em Portugal não consegue recuperar ou desconhece os custos dos serviços prestados. Na Figura 2.11, observam-se dados relativos a 2012, em que o grau de recuperação de custos (GRC) maior ou igual a 1 representa um bom desempenho e GRC menor que 1 representa a não recuperação de custos. Analisando a informação gráfica, cerca de 35% das EG responsáveis pelo abastecimento de água em Portugal e 19% das EG de saneamento de águas residuais conseguem rentabilizar os seus custos totais. Os serviços prestados pelas restantes EG não conseguem cobrir os custos associados e estão a ser financiadas por outras fontes externas à EG (Adaptado de ERSAR, 2015c).

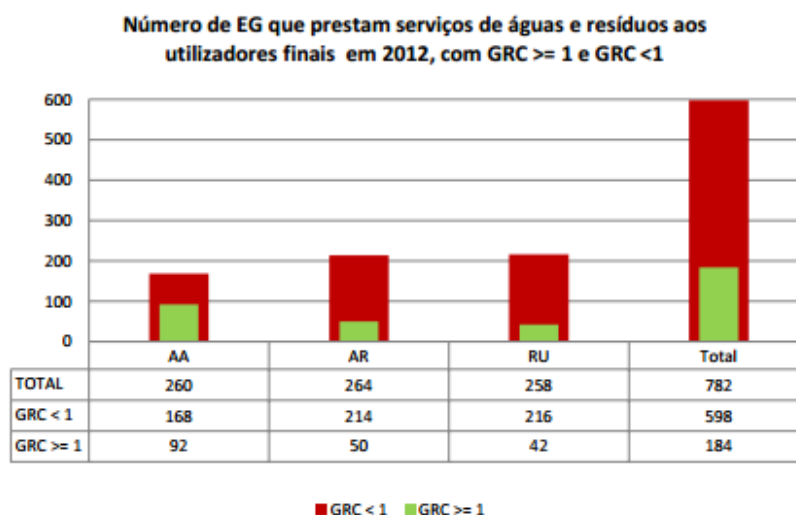


Figura 2.11 – Capacidade de recuperação monetária dos serviços prestados por parte das EG (ERSAR, 2015c)

Face a estas situações não desejáveis e inoportáveis, torna-se evidente que os serviços de abastecimento de água e saneamento básico de muitas EG não estão a funcionar adequadamente. Conjuntamente, a redução significativa de verbas por parte do Estado agrava a sustentabilidade económica e financeira do setor. Como consequência destes dois fatores, assiste-se a um aumento de endividamento de autarquias que não conseguem pagar a água fornecida pelas EG em “alta” e a curto prazo surgirão perdas de água devido a baixa manutenção das infraestruturas (Poças-Martins, 2013)

Atualmente, em Portugal, as EG em “alta” e em “baixa” deparam-se com alguns problemas. Alguns SAA em “alta” foram criados no interior do país com base em SAA em “alta” na zona litoral, dando origem a projeções de consumo de água e projetos irrealistas.

Relativamente aos SAA em “baixa”, os problemas existentes têm um carácter particular. Portugal possui um número muito elevado de EG em “baixa”, cerca de 380 mais precisamente, em que a sua maioria satisfaz pequenas populações. Como resultado desta situação, os problemas de falta de

capacidade de gestão, perdas de água muito elevadas, tarifas muito baixas e incapacidade de pagar às empresas multimunicipais acentuam-se. As fragmentações e dispersões características destas EG podem ser solucionadas através da agregação de municípios, com o intuito de conseguir ganhar economias de escala (Poças-Martins, 2013). Este ganho de economias de escala vai proporcionar às EG uma redução no custo de produção e tratamento de água e, por conseguinte, facilitará a implementação de uma política tarifária adequada à sustentabilidade dos serviços prestados (APDA, 2013). Simultaneamente, deve-se apostar na redução das perdas de água de modo a aumentar a eficiência da EG.

2.1.5 INDICADORES DE DESEMPENHO

Um indicador de desempenho é uma medida quantitativa de um aspeto particular do desempenho da EG ou do seu nível de serviço. É um instrumento de apoio à monitorização da eficiência e da eficácia da EG, simplificando uma avaliação que de outro modo seria mais complexa e subjetiva (Alegre, 2004).

A ERSAR é a entidade responsável pela regulação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados. A avaliação do desempenho das EG é realizada através de um conjunto de 16 indicadores para cada serviço prestado (abastecimento de água, saneamento de águas residuais e gestão de resíduos urbanos), potenciando assim o *benchmarking*. A figura 1 do anexo A contém uma ficha de avaliação de desempenho do serviço de abastecimento de água de uma determinada EG. Esta informação, resultante da avaliação feita às EG, pode ser consultada pelos utilizadores e pode ser utilizada como termo de comparação entre as EG. Os indicadores de avaliação encontram-se distribuídos por três objetivos (ERSAR, 2016b) :

- Adequação da interface com os utilizadores;
- Sustentabilidade da gestão do serviço;
- Sustentabilidade ambiental.

2.2 LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

Em termos de matéria jurídica, a nível europeu e nacional, foi possível observar uma evolução assinalável, desde o início do século XXI, em termos de defesa dos recursos hídricos e salvaguarda da saúde pública. No que diz respeito às normas de qualidade dos recursos hídricos, a Diretiva n.º 2000/60/CE, de 23 de outubro, conhecida como Diretiva Quadro da Água, tornou-se no principal instrumento utilizado pela União Europeia. Esta diretiva comunitária foi transposta para o direito jurídico nacional, através da Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, sendo posteriormente alterada e publicada como Decreto-lei n.º 130/2012, de 22 de junho.

O Decreto-Lei n.º 243/2001, de 5 de setembro, revogou o Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, estabelecendo as normas, critérios e objetivos de qualidade, com o intuito de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas de acordo com os seus respetivos usos.

O Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto, estabelece o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano, procedendo à revisão do Decreto-Lei n.º 243/2001, de 5 de setembro, que transpôs para a ordem jurídica interna como Diretiva n.º 98/83/CE.

Relativamente à utilização dos recursos hídricos, do ponto de vista legislativo, existe legislação com capacidade reguladora.

O Despacho n.º 2339/2007, de 14 de fevereiro, é responsável pela aprovação do PEAASAR II para o período de 2007 até 2013.

O Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio, foi alvo de modificações através dos Decretos-Lei n.º 391-A/2007, de 21 de dezembro e 93/2008, de 4 de junho, no qual existe uma articulação com a Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, estabelecendo o regime jurídico da utilização dos recursos hídricos.

A Portaria n.º 1450/2007, de 12 de novembro, estipula as regras em falta no regime de utilização dos recursos hídricos estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio.

O Decreto-Lei n.º 353/2007, de 26 de outubro, é regulado pelos artigos 10º e 11º do Decreto-Lei 468/72, de 5 de novembro, estabelecendo o procedimento de delimitação do domínio público hídrico.

O Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de junho, no artigo 1º, estabelece os regimes económico e financeiro dos recursos hídricos, as tarifas dos serviços públicos de águas e os contratos-programa em matéria de gestão dos recursos hídricos, previstos na Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro. No artigo 7º, pode-se verificar as taxas de utilização de águas do domínio público hídrico do Estado.

O Despacho n.º 9304/2013, de 2 de julho, aprova a versão preliminar do PENSAAR2020, para o período entre 2014 e 2020.

A Lei n.º 35/2013, de 11 de junho, visa a reorganização do setor de abastecimento de água, saneamento de águas residuais e recolha e tratamento de resíduos sólidos. A Lei n.º 34/2014, de 19 de junho revogou a Lei n.º 78/2013, de 21 de novembro e a Lei n.º 54/2005, de 15 de novembro que estabelece a titularidade dos recursos hídricos.

O Decreto-Lei n.º 23/95, de 23 de Agosto, é responsável pela regulação dos sistemas de distribuição pública e predial de água e drenagem pública e predial de águas residuais, assegurando o bom funcionamento global e preservando a segurança, saúde pública e o conforto dos utentes.

O controlo metrológico em Portugal começou a ser regulado e otimizado em conformidade com os termos europeus aquando da entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 202/83, de 19 de maio. Este documento revogou um acervo significativo de legislação, inclusive alguma vigente desde o século XIX. Atualmente o controlo metrológico rege-se por intermédio de duas principais diretivas, a Diretiva 75/33/CEE e a *Measuring Instruments Directive* (Diretiva MID), as quais serão abordadas com maior pormenor de seguida.

2.2.1 DIRETIVA 75/33/CEE

Esta diretiva, de 17 de dezembro de 1974, de acordo com o artigo 1º, aplica-se a contadores de água fria. Estes instrumentos são capazes de medir o volume que por eles passa, de forma contínua, a uma temperatura inferior a 30 °C. No artigo 3º da presente diretiva, é obrigatória a existência da aprovação de modelo do contador de água, através do sinal de aprovação da Comunidade Económica Europeia (CEE) e da sua primeira verificação CEE, como forma de garantia de qualidade metrológica. Neste mesmo documento, são definidas as classes metrológicas dos contadores de água. Em função do relacionamento entre o caudal nominal (Q_n) e os respetivos caudais mínimo (Q_{min}) e de transição (Q_t) a classe seria determinada tal como se pode verificar na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Classes de contadores de água (Janz, 2016)

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

Visto que na Europa atravessa-se um período de transição, com a publicação de novas diretivas que se encontram em vigor, os instrumentos que tenham aprovação de modelo concedida ao abrigo da Diretiva 75/33/CEE podem continuar a ser fabricados, comercializados e instalados até ao final da validade da respetiva aprovação de modelo. Quer isto dizer que um instrumento que tenha sido aprovado nos últimos dias de vigência da legislação anterior poderá ser fabricado e estar válido para instalação até 2016. Assim, durante muitos anos, de acordo com o tempo de vida útil dos contadores instalados, vão coexistir contadores de diferentes conceitos sob o ponto de vista metrológico correspondentes à antiga e à nova legislação. (Janz, 2016)

Como complemento à Diretiva 75/33/CEE, foi criada a Portaria n.º 331/87, de 23 de abril, igualmente responsável pela regulação da comercialização e verificações periódicas. Posteriormente, foi criada a Portaria n.º 962/90, de 9 de outubro, que define as respetivas normas de verificação dos instrumentos metrológicos.

2.2.2 DIRETIVA MID

A Diretiva 2004/22/CE foi a primeira diretiva emitida no qual estabeleceram-se requisitos essenciais ao qual os instrumentos de medição deveriam obedecer. Nos anexos MI0-01 a MI-010, da norma referida anteriormente, pode-se observar os tipos de instrumentos de medição, incluindo os contadores de água, que se encontram abrangidos por esta legislação. Tendo em vista a sua comercialização e/ou colocação no mercado, os instrumentos de medição devem cumprir os requisitos estabelecidos no Anexo I e no anexo específico relevante, desta mesma norma. Como complemento, relativamente a métodos de teste, equipamento necessário e instalações, foi criada a norma EN 14154:2005, posteriormente transposta para a legislação nacional como NP EN 14154:2008. O Decreto-Lei n.º 192/2006, de 26 de setembro, resulta da transposição da Diretiva 2004/22/CE para o ordenamento jurídico nacional.

A Portaria n.º 21/2007, de 5 de janeiro, revoga a Portaria n.º 331/87, de 23 de abril, referente à antiga abordagem do regulamento do controlo metrológico. A atual portaria, conjuntamente com o Decreto-Lei n.º 291/90, de 20 de Setembro, e com a Portaria n.º 962/90, de 9 de Outubro, aprovam o regulamento aplicado aos contadores de água limpa, fria ou quente, estabelecendo requisitos essenciais e verificações periódicas (Janz, 2016).

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

O Decreto-Lei n.º 71/2011, de 16 de junho, revoga o Decreto-Lei n.º 192/2006, de 26 de setembro, e a transposição integral para o ordenamento jurídico nacional da Diretiva 2004/22/CE, alterada pela Diretiva 2009/137/CE, de 10 de novembro. Este Decreto-Lei harmonizou os requisitos para a comercialização e a colocação em serviço dos instrumentos definidos nos seus anexos específicos.

A Diretiva 2014/32/EU, de 26 de fevereiro, substituiu a Diretiva 2009/137/CE, de 10 de novembro. Esta diretiva foi enquadrada de acordo com o novo quadro legislativo. Estabelece normas de fiscalização do mercado e requisitos de acreditação em conformidade com os ensaios tipo realizados, com vista à comercialização dos produtos.

A nova abordagem, para além das alterações referidas anteriormente, modificou algumas denominações características dos contadores de água. O Q_n passou a designar-se caudal permanente (Q_3), o $Q_{máx}$ designa-se caudal de sobrecarga (Q_4) e por fim, o Q_{min} e o Q_t mantêm as mesmas designações, apesar de terem mudado a sua simbologia para Q_1 e Q_2 .

A classe dos contadores de água, de acordo com esta nova diretiva não se baseia no Q_n , Q_{min} e no Q_t , tal como acontecia na Diretiva 75/33/CEE. A caracterização dos contadores de água agora é realizada através do Q_3 e do seu rácio (R). O valor de Q_3 deve ser escolhido de acordo com os valores expressos na Tabela 2.3 e que se encontram presentes na Diretiva 2014/32/EU.

Tabela 2.3 - Valores de caudais estipulados para Q_3 , em m^3/h

1,0	1,6	2,5	4,0	6,3
10	16	25	40	63
100	160	250	400	630
1000	1600	2500	4000	6300

Os restantes caudais característicos, Q_1 , Q_2 e Q_4 encontram-se relacionados através das equações 1 e 2:

$$Q_2/Q_1 = 1,6 \quad (1)$$

$$Q_4/Q_3 = 1,2 \quad (2)$$

Como consequência desta relação fixa, surge o conceito de gama de medição. A gama de medição ilustra a amplitude de funcionamento de um contador de água a diferentes caudais, entre Q_1 e Q_4 , determinando-se através da equação 3:

$$R = Q_3/Q_1 \quad (3)$$

Desta forma, o valor de R torna-se num conceito comparável com outras classes definidas pela antiga abordagem (Janz, 2016). Através da Tabela 2.4 verifica-se o relacionamento anteriormente referido, de forma a estabelecer as classes de contadores de água.

Tabela 2.4 - Relação entre R e caudais em dm^3/h (Janz, 2016)

R	200	200	200	250	250	400	400	630	630
Q_3	1600	2500	4000	1600	2500	1600	2500	1600	2500
Q_4	2000	3125	5000	20000	3125	2000	3125	2000	3125
Q_2	12,80	20,00	32,00	10,24	16,00	6,40	10,00	4,06	6,35
Q_1	8,00	12,50	20,00	6,40	10,00	4,00	6,25	2,54	3,97

2.2.3 MARCAÇÃO E SELAGEM

Um contador de água deve possuir sempre um selo na sua estrutura física. Este selo é um elemento constituinte do contador de água, que permite verificar se o contador foi alvo de adulteração ou tentativa de violação por parte do consumidor. O selo pode estar presente sobre a forma de um simples clip plástico, a própria tampa plástica do contador, arame de selagem ou parafusos de chumbo, tal como é perceptível na Figura 2.12.

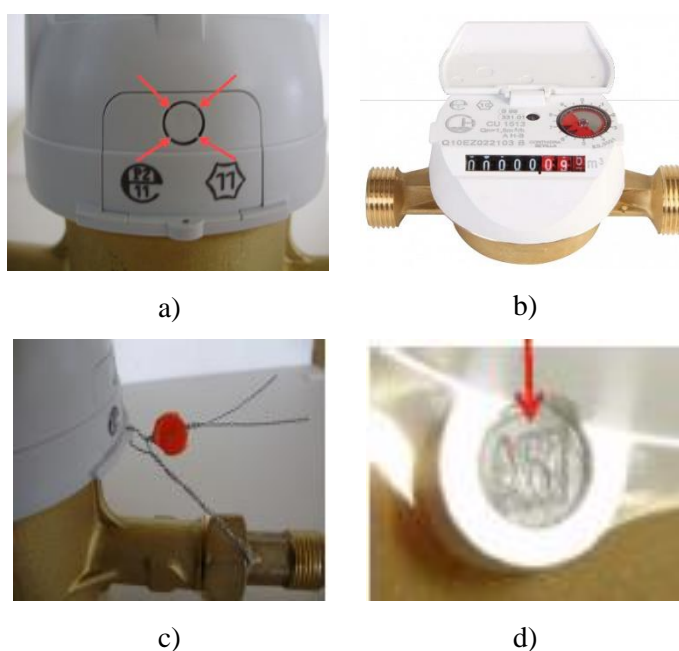


Figura 2.12 – Formas de selagem de um contador de água: a) clip plástico, b) tampa plástica, c) arame de selagem e d) parafuso de chumbo (Ribeiro, 2016)

Na Figura 2.12 a), são visíveis as quatro nervuras do clip de plástico, facilmente quebráveis quando o contador é alvo de violação. No caso da tampa plástica há necessidade de quebrá-la para conseguir violar o contador. Por outro lado, o arame tem de ser cortado e o parafuso perderia as marcações que possui, caso houvesse uma tentativa de ilícito.

Para além da selagem, o modelo do contador deve ser alvo de uma aprovação ao abrigo da regulamentação específica nacional ou ao abrigo da diretiva CEE. A aprovação de modelo da CEE e a marcação da primeira verificação CEE são as marcações mais utilizadas, uma vez que raramente se fazem verificações periódicas ou extraordinárias (Ribeiro, 2016).

A aprovação do modelo corresponde a uma marcação específica que deve cumprir as seguintes regras estipuladas na Portaria 962/90, de 9 de outubro:

- Símbolo de aprovação, acompanhado pelos dois últimos números do ano de aprovação e de um número característico, definido pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ), para aprovações nacionais;
- Símbolos e respetivas indicações numéricas ao abrigo da diretiva CEE.

A primeira verificação da CEE deve conter um símbolo que deve igualmente respeitar a Portaria 962/90, de 9 de outubro, contendo:

- Dois últimos números do ano em que se executa a operação, com o último algarismo envolvido por uma semicircunferência, para a verificação nacional;
- Marca composta por uma letra minúscula e um hexágono com inscrições alfanuméricas.

A marcação do contador pode ser efetuada num clip plástico, na própria tampa plástica do contador ou num selo de chumbo tal como é comprovado através da Figura 2.13.

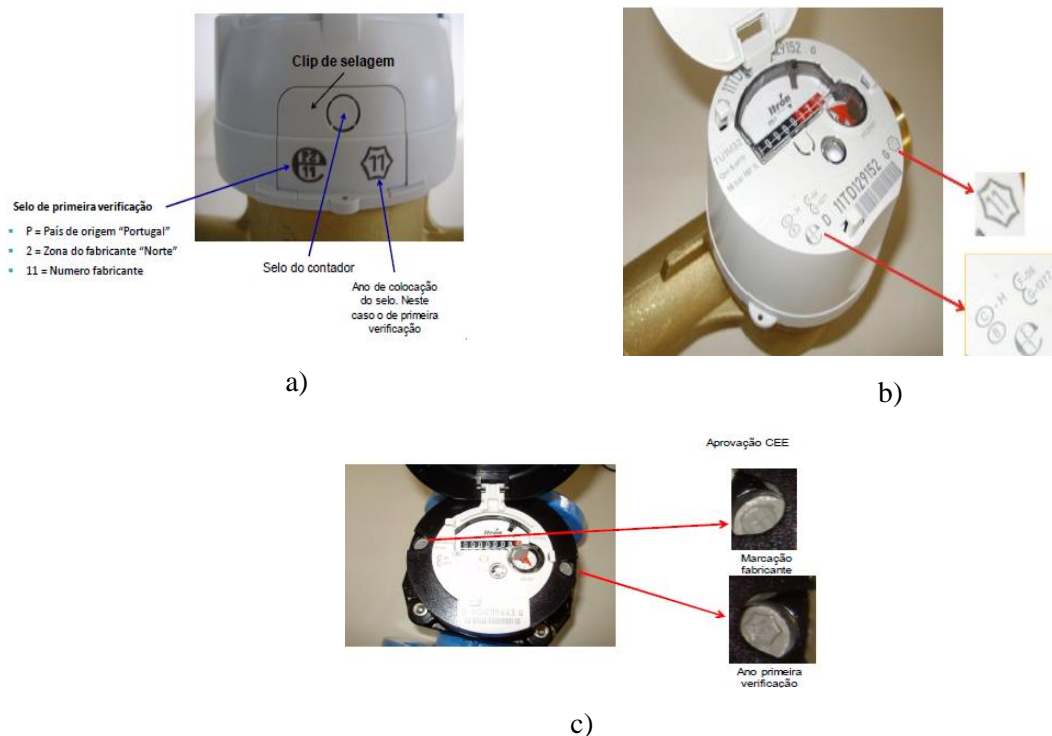


Figura 2.13 – Formas de marcação de um contador de água: a) clip de plástico, b) tampa plástica e c) parafuso de chumbo (Ribeiro, 2016)

Atualmente, de acordo com a Diretiva MID em vigor, os novos modelos de contadores possuem uma marcação de aprovação MID, onde se inclui o ano da marcação e o número de identificação do contador, tal como se encontra explícito na Figura 2.14.



Figura 2.14 – Marcação de aprovação MID (Ribeiro, 2016)

2.3 MEDIÇÃO DE ÁGUA

O contador de água é um instrumento de medição concebido para, de forma contínua, registar e indicar o volume de água que passa através dele. O contador de água é o elemento chave na relação comercial entre o consumidor e a EG do serviço de abastecimento de água, pois é ele que permite medir o produto fornecido, a água, de modo a que o respetivo consumo possa ser faturado (ERSAR, 2013b).

A existência do contador de água permite, por um lado, a aplicação do princípio do consumidor pagador e, por outro lado, a utilização mais eficiente da água pelo consumidor, o que é vital para a preservação do importante recurso natural que é a água (ERSAR, 2013b).

Um contador de água é diferente de um caudalímetro, pois regista o volume total de água e não regista o valor instantâneo do caudal. Contudo, existem alguns caudalímetros capazes de registar o volume total que passou e o respetivo caudal instantâneo. Na Figura 2.15 está ilustrado um exemplar de contador de água.



Figura 2.15 – Exemplar de contador de água (ERSAR, 2013b)

A EG tem responsabilidades perante o consumidor, no que diz respeito aos contadores de água, colocando, mantendo e substituindo os contadores, de acordo com a lei, deve ser garantida. Deste modo consegue-se salvaguardar o bom funcionamento dos contadores e, por sua vez, garantir contagens fidedignas.

Por outro lado, o consumidor tem obrigações para com a EG relativamente ao contador de água. A EG deve ser sempre avisada de anomalias que detetem no contador de água, nomeadamente caso se apercebam que a respetiva selagem está em mau estado ou que o mesmo não mede corretamente, assim como comunicar imediatamente à EG a sua eventual violação ou desaparecimento, para efeitos

de participação da ocorrência às autoridades policiais. Os contadores de água devem ainda ser instalados em caixas ou nichos que garantam a sua proteção e segurança, construídos de acordo com as especificações definidas pela EG, no regulamento de serviços ou noutra documentação fornecida para o efeito para evitar danos no contador de água. Por fim, deve ser permitido o acesso aos funcionários da EG para a realização de leituras aos contadores (ERSAR, 2013b).

Para efeitos de faturação, apenas têm interesse os valores inteiros dos metros cúbicos que se encontram com cor preta ou branca, no mostrador. Os valores a cor vermelha apenas têm interesse para ensaios laboratoriais (ERSAR, 2013b). Para uma melhor compreensão acerca do que foi escrito anteriormente, na Figura 2.16 é possível perceber o significado de cada elemento constituinte do mostrador.

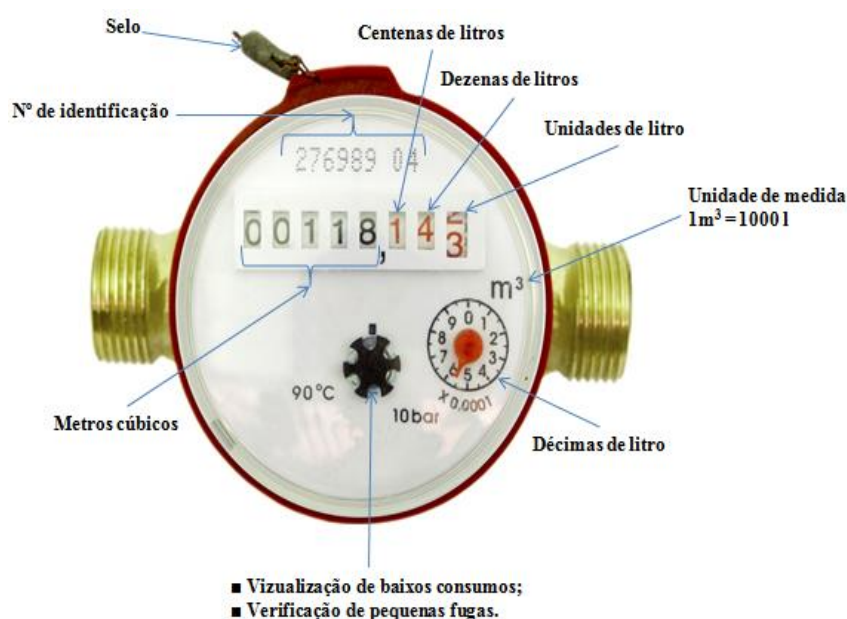


Figura 2.16 – Mostrador de um contador

O contador, para além do mostrador, possui ainda vários elementos constituintes que são fundamentais para o seu correto funcionamento durante a faturação de água. De seguida serão apresentados componentes que constituem a maioria dos contadores de água (Vimagua, 2016):

- **Corpo:** representa o invólucro do contador, usualmente em latão ou em bronze, no caso de pequenos contadores, ou em aço vazado ou ferro fundido, no caso dos grandes contadores. O corpo dos contadores com diâmetro igual ou superior a 50 mm apresenta, normalmente, uma ligação flanqueada, enquanto nos contadores de diâmetro igual ou inferior a 40 mm a ligação é geralmente roscada.
- **Elemento medidor:** converte a passagem da água, em movimento de rotação, permitindo determinar o volume que passa no contador.
- **Câmara volumétrica:** Local onde há redução da velocidade de rotação do elemento medidor, podendo ser constituído por um ou mais andares de redução. A solução construtiva adotada pode incluir câmaras volumétricas a funcionar submersas e outras a funcionar na zona seca do contador.
- **Placa de separação:** Elemento divisório que separa as zonas molhada e seca do contador.

- **Eixo de transmissão:** Dispositivo que assegura a passagem do movimento de rotação entre as zonas molhadas e seca do contador. Esta passagem é feita através da placa de separação por transmissão mecânica, ou por transmissão magnética.
- **Totalizador:** elemento responsável pela conversão do movimento de rotação em unidade de volume. Os totalizadores podem ser de ponteiros e escalas circulares (indicação analógica), rolos (indicação digital) e de ponteiros e rolos (indicação mista).

2.3.1 TIPOS DE CONTADORES

2.3.1.1 Volumétricos

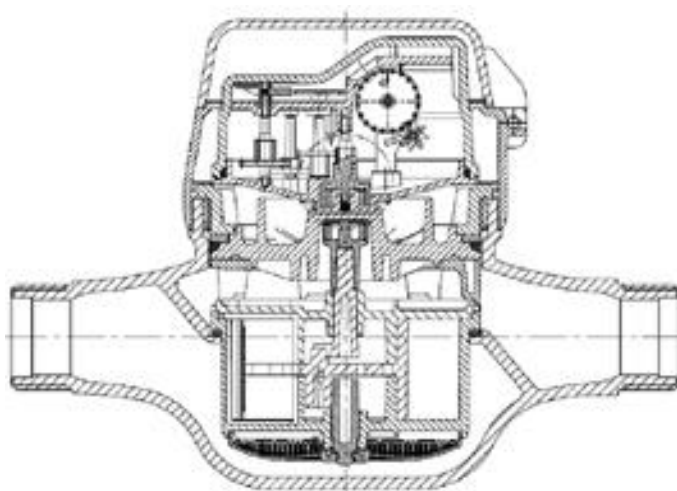


Figura 2.17 – Contador de água do tipo volumétrico (Janz, 2016)

O tipo de contador volumétrico é o mais utilizado na Europa, especialmente para medições de consumos domésticos. O funcionamento de um contador volumétrico consiste no enchimento e esvaziamento de uma câmara móvel de volume conhecido, aquando da passagem de água, tal como é perceptível na Figura 2.18. À medida que a câmara móvel se enche, desenvolve-se um movimento oscilatório que é convertido em movimento rotacional e transmitido ao totalizador. Assim, a medição é realizada de forma direta, conseguindo medir o volume efetivo de água (Janz, 2016).



Figura 2.18 – Câmara volumétrica (Janz, 2016)

Como principal vantagem apresentam uma elevada sensibilidade na medição de caudais baixos. Para além disso, possuem caudais de arranque baixos, uma amplitude de medição alargada e não possuem

restrições relativamente ao posicionamento da sua instalação. Por outro lado, como principais desvantagens apresenta uma baixa resistência a caudais acima do caudal máximo e é muito sensível à entrada de pequenas partículas.

2.3.1.2 Velocidade

Os contadores do tipo velocidade consistem na medição de água através da velocidade do escoamento de água. Ou seja, a leitura do volume de água é feita através de medição indireta. De acordo com o meio de transmissão do volume que passa pelo contador, os contadores de velocidade dividem-se com base em meios mecânicos e não mecânicos (Janz, 2016). Através do esquema presente na Figura 2.19, pode-se identificar as diferentes tecnologias de funcionamento.

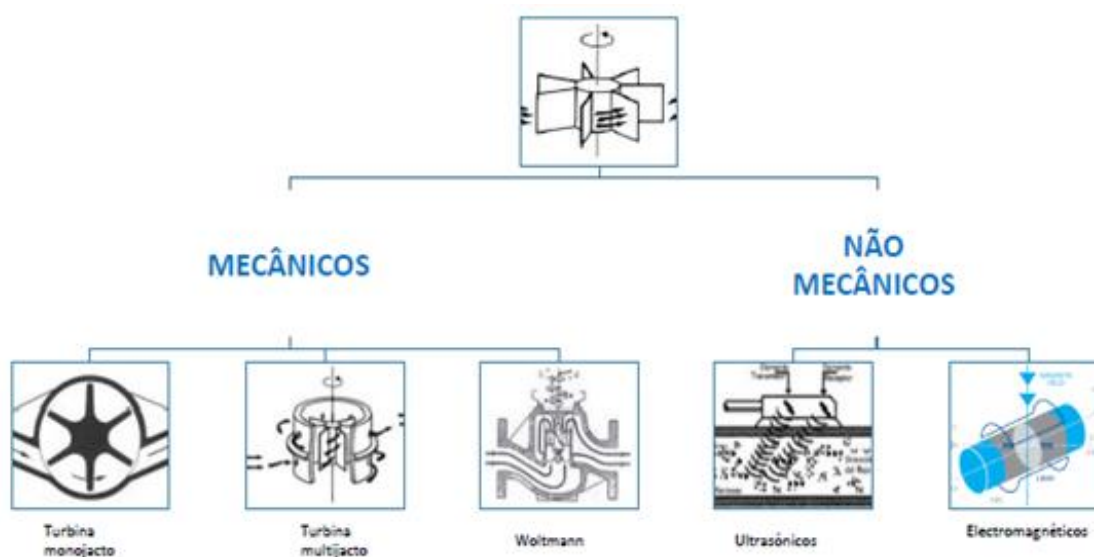


Figura 2.19 – Esquema representativo dos tipos de contadores de velocidade (Barros, 2015)

O tipo de funcionamento deste tipo de contadores de água possui características comuns entre eles, isto é, perante caudais de pico, ou até mesmo a caudais muito elevados, possuem uma maior resistência face aos outros contadores existentes no mercado. Porém, o tempo de utilização deve ser tido em atenção para não danificar ou prejudicar o bom funcionamento do contador. Quanto maior o valor de R melhor, pois não existem problemas relacionados com as folgas entre as parte móveis do contador (Ribeiro, 2016).

○ Contador monojato

Os contadores monojato caracterizam-se pelo modo como a água atinge as pás da turbina no interior do contador. A entrada da água é feita de forma oblíqua, com o intuito de se conseguir direcionar o jato de água o máximo possível para as extremidades das pás da turbina. Esta particularidade tem como objetivo aumentar a sensibilidade de leitura (Janz, 2016).

Este tipo de contador apresenta uma elevada amplitude de medição e sensibilidade a caudais baixos. Apesar da sua sensibilidade ser baixa, esta é inferior à apresentada pelos contadores volumétricos. Em contrapartida, deve-se garantir que o contador trabalha em conduta cheia para evitar a existência de ar e, conseqüente, a faturação do mesmo. A ocorrência de acumulações de sedimentos pode diminuir o diâmetro útil dos orifícios. Este efeito provoca uma maior velocidade e pode ocorrer sobremedição de

água. Por fim, deve-se garantir que a instalação é realizada na horizontal, para que o eixo da turbina se mantenha alinhado com a horizontal. (Ribeiro, 2016)

- Contador multijacto

Este tipo de contadores atinge igualmente as pás no interior do contador mas de uma forma diferente. A água passa através de uma placa perfurada que envolve as pás, atingindo as mesmas em diversos pontos.

Como vantagem, o seu custo associado à performance é razoável. Contudo a sua sensibilidade é inferior à dos contadores volumétricos e monojato. À medida que a idade de funcionamento aumenta, o desgaste por atrito e acumulação de sedimentos provocarão erros de medição cada vez maiores. A probabilidade de entupimento da placa perfurada aumenta e o risco de perda de precisão também aumenta com o aumento da velocidade da turbina. Por fim, é aconselhável que os contadores sejam instalados na horizontal, para não comprometerem a sensibilidade dos mesmos. (Ribeiro, 2016).

- Contador Woltmann

Os contadores Woltmann são mais complexos relativamente ao seu sistema de medição. O escoamento da água ocorre de forma axial no interior do contador, devido à existência de um rotor com pás helicoidais. Estes contadores são utilizados essencialmente para medir volumes de água elevados, apresentando um desempenho muito satisfatório. Assim a sua instalação é feita essencialmente em pontos de controlo na RAA. A instalação deste tipo de contador em consumidores não é aconselhável porque apresentam precisões baixas a baixos caudais (Ribeiro, 2016).

Estes contadores funcionam em disposição horizontal ou vertical. Independentemente da disposição é aconselhável garantir distâncias de, no mínimo, 10 diâmetros relativamente ao contador, como forma de garantir a estabilidade do fluxo de água e evitar perturbações na medição da água.

Os contadores horizontais apresentam um rotor com eixo de rotação paralelo ao escoamento. A sua instalação deve assegurar que existem tubagens retas e sem irregularidades para não criar perturbações no escoamento. A sua gama de diâmetros é ampla, variando desde DN 50 até DN 800 (Barros, 2015).

Os contadores verticais são pouco utilizados, apresentando igualmente um rotor que gira em torno de um eixo de rotação perpendicular ao escoamento da água. Apresentam uma perda carga superior à dos contadores horizontais, mas são mais precisos com caudais mais baixos. A sua gama de diâmetros varia entre DN 50 e DN 150 (Ribeiro, 2016).

- Contador ultrassónico

Os contadores deste tipo, consideram-se não mecânicos ou estáticos, pois não possuem nenhum mecanismo capaz de gerar movimento no seu sistema de medição de água. O mecanismo de medição concentra-se na deteção da velocidade das ondas acústicas emitidas pelo movimento do fluído, no qual apresentam uma relação de proporcionalidade (HRC, 2016).

Os contadores ultrassónicos são ideais para medir a água que está a percorrer na rede de distribuição e em águas que contêm partículas, pois não são sensíveis a estas. Não necessita de manutenção exaustiva e deve-se assegurar que este tipo de contador seja instalado em troços retos para evitar perturbações na leitura dos caudais (Barros, 2015).

○ Contador eletromagnético

O funcionamento consiste na existência de um campo magnético perpendicular ao escoamento capaz de detetar mudanças elétricas. Quando ocorre a passagem de um fluido, gera-se uma força eletromotriz proporcional à velocidade do fluido (HRC, 2016).

Visto que este tipo de contador não é mecânico, não possui nenhum elemento no seu interior que influencie o escoamento do fluido. Assim, uma das vantagens deste contador é não contribuir com perdas de carga elevadas, sendo utilizado no controlo das redes de abastecimento. As suas dimensões têm uma ampla gama, variando desde DN 10 até DN 3000. Contudo, é suscetível a perturbações do escoamento, caso as tubagens não sejam retas.

○ Contador conjugado

Os contadores conjugados são utilizados quando há grandes variações de caudais. Este tipo de contador é constituído por três elementos. O contador principal é do tipo Woltmann na maioria dos casos, sendo de grande calibre e é acionado quando o caudal que está a circular é elevado. O contador secundário, normalmente do tipo volumétrico ou turbina, é de menor calibre e funciona quando o caudal é pequeno. A válvula de comutação consegue fazer a regulação entre os dois contadores, podendo ser instalada em paralelo ou em *bypass*, funcionando por gravidade ou por mola.

A válvula de comutação é o elemento chave deste conjunto de contadores. Esta peça é a responsável por regular a qualidade de medição do volume de água. Ou seja, quando o caudal é baixo, a válvula de comutação encontra-se fechada para que o contador secundário trabalhe. Desta forma garante-se uma maior sensibilidade para medir baixos caudais. Quando o caudal de água se aproxima do caudal máximo que o contador secundário consegue suportar, a válvula de comutação abre-se e o contador principal realiza a medição dos caudais de água mais elevados.

A principal vantagem do tipo de contador conjugado concentra-se na obtenção de elevadas amplitudes de medição, graças à utilização dos dois contadores. Contudo, este sistema só é eficiente enquanto a válvula de comutação funcionar corretamente. Se houver uma avaria na válvula, podem-se gerar danos e perdas significativas.

2.3.2 CURVAS DE ERRO

Um contador de água deve ser capaz de funcionar corretamente em regimes muito diversos, que vão desde o menor caudal que ele é capaz de medir com a exatidão requerida (caudal mínimo), até ao maior caudal que ele pode suportar (caudal máximo ou caudal de sobrecarga). (Janz, 2016). Para tal, as curvas de erro para cada tipo de contador tornam-se essenciais para se conseguir compreender o desempenho do contador.

A elaboração de curvas de erros não é fácil, pois é necessário um grande número de testes e é muito dispendioso. Por estas razões, os contadores são testados através de caudais específicos (Arregui et al., 2006a). Estes mesmos caudais são definidos de seguida (Janz, 2016):

- Caudal de arranque (Q_s): menor caudal ao qual o dispositivo medidor entra e permanece em funcionamento contínuo;
- Q_{\min} ou Q_1 : menor caudal em que o contador não deve exceder os erros máximos admissíveis, $\pm 5\%$;
- Q_t ou Q_2 : valor do caudal onde os erros máximos admissíveis do contador mudam de valor, de $\pm 5\%$ para $\pm 2\%$ para água até 30 °C, ou $\pm 3\%$, para água a temperatura superior a 30 °C;

- Q_n : caudal correspondente a metade do valor do Q_4 ;
- Q_3 : caudal correspondente a 75% do valor do Q_4 . Serve como referência para designar o contador;
- Q_{max} ou Q_4 : caudal mais elevado em que o contador deve poder funcionar sem deterioração, durante períodos de tempo limitados e sem exceder os erros máximos admissíveis.

As curvas de erros não são iguais para todos os contadores de água. As curvas de erros são características de um tipo, marca e modelo de contador de água específico. Um contador de água possui diversos erros, que variam de acordo com o caudal. Logo, um contador de água não possui um único erro característico. Na Figura 2.20, encontra-se explícito um exemplo de uma curva de erros obtida com base na antiga abordagem normativa.

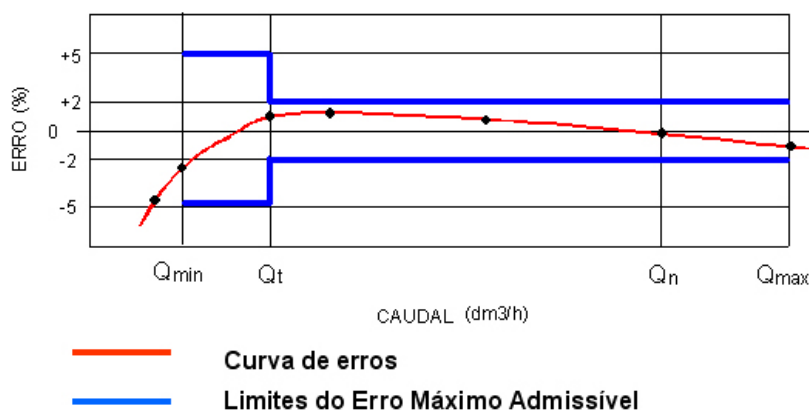


Figura 2.20 – Exemplar ilustrativo de uma curva de erros (Janz, 2016)

Através da Figura 2.20 verifica-se a presença de erros máximos admissíveis (EMA). Estes assumem valores de $\pm 5\%$ na zona baixa e de $\pm 2\%$ na zona alta, definindo o chamado “túnel de erro”. Idealmente, o desempenho de um contador deve manter-se sempre dentro deste mesmo “túnel de erro”. À medida que a idade do contador aumenta é possível verificar a descida da curva de erro devido ao desgaste associado. Conjuntamente, assiste-se à deslocação da curva para a direita, pois o caudal de arranque aumenta devido à perda de sensibilidade (Adaptado de Ribeiro, 2016).

2.3.3 PADRÕES DE CONSUMO

Os padrões de consumo representam o consumo de água de um consumidor, de acordo com gamas de caudais ou períodos ao longo do dia, obtendo a percentagem de água consumida, tal como se pode observar na Figura 2.21.

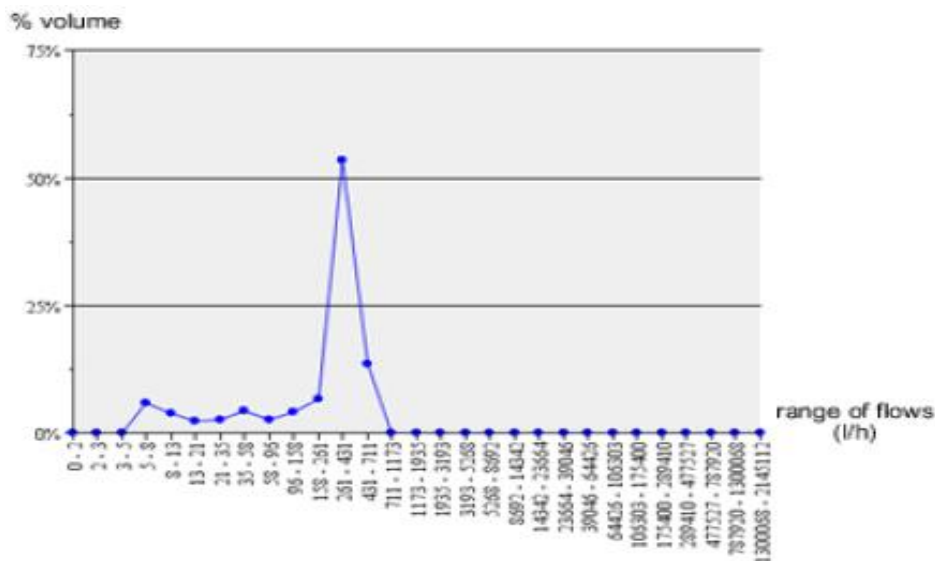


Figura 2.21 – Ilustração gráfica de um padrão de consumo (Ferréol, 2005)

No caso dos padrões de consumo de consumidores domésticos (exceto consumidores com usos exteriores) raramente atingem caudais na ordem dos 1500 litros por hora. Os erros que os contadores de água apresentam, acima deste valor, podem ser considerados aproximadamente idênticos (Arregui, F.J. et al., 2006a).

O adequado dimensionamento de um contador de água é muito importante para a correta faturação de água, durante o seu tempo de vida útil. Caso o diâmetro do contador de água seja demasiado grande, os caudais de consumo tornar-se-ão baixos e o erro de medição será significativo desde o primeiro dia de funcionamento. Contrariamente, se o diâmetro do contador de água for muito pequeno o desgaste será mais elevado. Embora, no início, os registos de consumo de água sejam precisos, num curto espaço de tempo as peças começarão a acusar desgaste por entrarem em contacto entre si, dando origem a erros de medição significativos (Arregui et al., 2005). Exemplo do que foi referido anteriormente, encontra-se na Figura 2.22, uma ilustração de uma curva de erros com uma demonstração do que acontece quando ocorre um mau dimensionamento do contador de água.

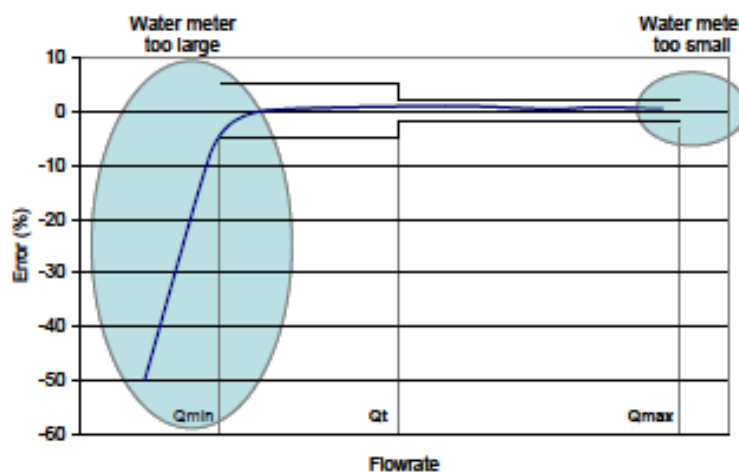


Figura 2.22 – Efeitos de dimensionamentos em contadores de água (Arregui et al., 2005)

Conhecida a curva de erros específica e o padrão de consumo de um consumidor é possível dimensionar corretamente o contador de água a ser instalado e determinar a percentagem de água consumida que os contadores não estão a registar. O volume de água que não está a ser faturado é facilmente obtido multiplicando a percentagem de água consumida pelo consumidor numa determinada gama de caudais e a média do erro do contador durante essa mesma gama de caudais.

2.3.4 TELEMETRIA

A telemetria é uma tecnologia que surge com o objetivo de automatizar e melhorar a recolha dos registos feitos pelos contadores de água, substituindo as equipas que realizavam as leituras porta a porta.

A telemetria apresenta-se como uma ferramenta capaz de adquirir dados referentes a volumes de água consumidos durante um determinado período de tempo, permite determinar padrões de consumo, fugas, sobre e subdimensionamento de contadores de água, refluxos e ilícitos. O sistema de telemetria, tal como se encontra explícito no esquema da Figura 2.23, pode ser constituído de duas maneiras possíveis.



Figura 2.23 – Sistemas de telemetria: a) Rádio fixo (ITRON, 2009) e b) Rádio móvel (ITRON, 2011)

O sistema de telemetria de rádio fixo, presente na Figura 2.23, é usado em zonas com elevada densidade populacional. É um método que acarreta custos elevados para a EG, mas por outro lado consegue recolher uma grande quantidade de informação.

O primeiro elemento constituinte do sistema é um contador com uma cabeça de impulsos acoplada. As leituras são recolhidas, registadas e transmitidas, via rádio, através da cabeça de impulsos, para um coletor de dados.

Os coletores de dados recolhem, armazenam e transmitem, estas mesmas informações de um conjunto de contadores que lhe estão associados. Um ponto de acesso encontra-se localizado numa zona central da região de leituras, recebendo toda a informação recolhida por parte dos coletores de dados, via rádio. Toda a informação recolhida pelos pontos de acesso existentes é enviada para um servidor FTP através de uma tecnologia de transferência de dados designada *General Packet Radio Service* (GPRS). (Adaptado de ITRON, 2009).

O GPRS faz parte da rede *Global System for Mobile Communications* (GSM), tendo capacidade para aumentar a taxa de transferência de dados e a cobertura de todas as unidades do sistema. As frequências específicas emitidas são compatíveis com um servidor *File Transfer Protocol* (FTP). Com um *software* adequado, consegue-se fazer a leitura e gestão de toda a informação acumulada.

Por outro lado, em zonas de baixa densidade populacional e com elevada dispersão utiliza-se um método de telemetria designado rádio móvel. Este método consiste na recolha dos dados registados por uma cabeça de impulsos ou *datalogger*, por parte de equipas especializadas, que andam no terreno com um PDA. Estas equipas podem deslocar-se a pé, onde a recolha é designada por *walk by*, ou em viaturas, designando-se por *drive-by*.

O PDA, após recolher toda a informação, transmite essa mesma informação, por rádio ou cabo, para um computador. Computador deve estar equipado com um *software* apropriado e compatível com o modelo de PDA para conseguir fazer as leituras dos dados recolhidos. Toda esta informação pode ser agregada num sistema de informação da EG e, posteriormente, faturar os respetivos volumes de água (Adaptado de ITRON, 2011).

Os clientes que têm grandes consumos de água e os contadores à entrada das ZMC possuem um *datalogger* associado. Este *datalogger* tem capacidade de acumular toda a informação registada no contador, com uma determinada periodicidade, e transmitir por GPRS diretamente para o servidor FTP. A EG, com um *software* adequado, consegue criar uma base de dados com toda a informação correspondente a cada contador de água, existente na RAA, e consegue adquirir um maior controlo na gestão do parque de contadores de água.

O elevado investimento inicial e manutenção periódica contribuem para uma lenta implementação desta tecnologia. Associado a estes dois fatores, ainda se encontram muitos contadores antigos em funcionamento, onde não faz sentido instalar a telemetria. No caso do parque de contadores dos SMSBVC, cerca de 35% da sua RAA já se encontra coberta por telemetria.

2.4 PERDAS DE ÁGUA NOS SAA

Como parte integrante de qualquer SAA, as perdas de água, existentes ao longo do trajeto percorrido pela água, são as principais fontes de ineficiência das EG de abastecimento de água. Comparativamente com outros setores produtivos, as perdas são muito significativas durante o transporte e distribuição (Alegre et al., 2005).

De forma a facilitar a análise da eficiência de um SAA, a *International Water Association* (IWA) desenvolveu uma metodologia eficaz, atualmente, aceite a nível mundial. Esta metodologia baseia-se na criação de um balanço hídrico capaz de relacionar todas as componentes existentes num SAA. Com base nesta metodologia é possível determinar o volume anual (m^3 /ano) correspondente a cada parcela

no balanço hídrico de um determinado SAA. Este mesmo balanço hídrico encontra-se explícito na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Balanço hídrico (Poças-Martins, 2014)

Água que entra no sistema	Consumo autorizado	Consumo autorizado faturado	Consumo faturado medido	Água faturada
			Consumo faturado não medido	
		Consumo autorizado não faturado	Consumo não faturado medido	Água não faturada
			Consumo não faturado não medido	
	Perdas de água	Perdas aparentes	Uso não autorizado	
			Erros de medição	
		Perdas reais	Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição	
			Fugas e extravasamentos nos reservatórios de adução e distribuição	
			Fugas nos ramais	

Idealmente, o volume de água que é introduzido deveria ser igual ao consumo autorizado faturado. Porém, na realidade isso nunca acontece. Para começar, é virtualmente impossível medir todos os consumidores, sendo necessária a realização de estimativas na ausência de contadores. Portanto, o consumo autorizado não medido é sempre superior e, se for significativo, afeta a precisão e o uso prático do balanço hídrico para o desenvolvimento de uma estratégia de redução de água não faturada (Poças-Martins, 2014).

O consumo autorizado não faturado representa água introduzida no sistema que é fornecida a consumidores e não é cobrada. Igualmente associadas à água não faturada, as perdas de água são estimadas pela diferença entre a água introduzida no sistema e o consumo autorizado, dividindo-se em perdas aparentes e perdas reais (Poças-Martins, 2014).

2.4.1 PERDAS REAIS

As perdas reais representam o volume de água correspondente às perdas físicas até ao contador de água do cliente, quando o sistema está pressurizado (Alegre et al., 2005). Tal como se encontra explícito na Figura 2.24, as perdas reais surgem devido a fugas nas condutas e reservatórios de adução e/ou distribuição e nos ramais. Estas fugas são resultado de fatores que se encontram presentes no esquema da Figura 2.24.

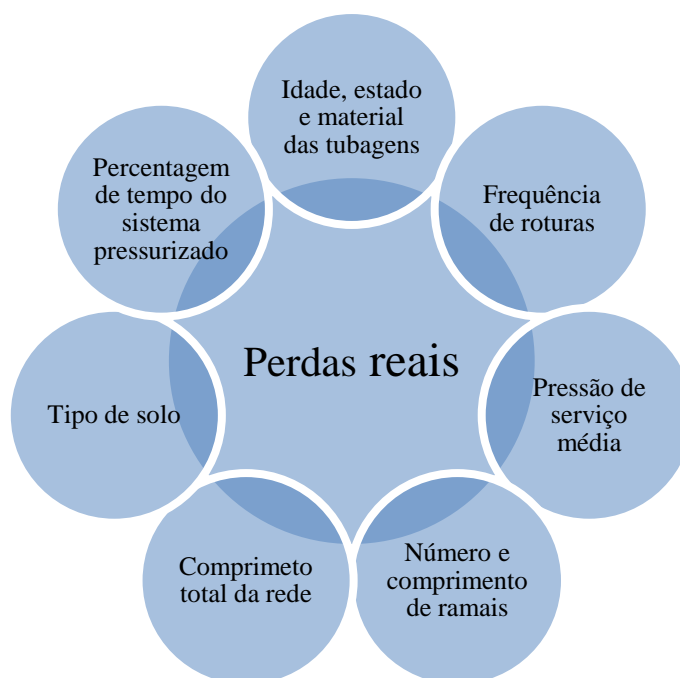


Figura 2.24 – Fatores que influenciam as perdas reais (Adaptado de Poças-Martins, 2014)

As perdas reais podem ser minimizadas, mas não totalmente eliminadas. O objetivo principal é reduzir o volume de água associado às perdas reais e, conseqüentemente, diminuir o seu impacto no balanço hídrico. Quando a soma do valor de custo da água perdida no sistema de abastecimento e o custo das atividades de controlo de fugas atingirem o mínimo, consegue-se atingir o nível económico de perdas (NEP) (EPAL, 2015). Com base no cumprimento desse mesmo objetivo, na Figura 2.25 estão expressas as quatro principais medidas básicas de gestão.

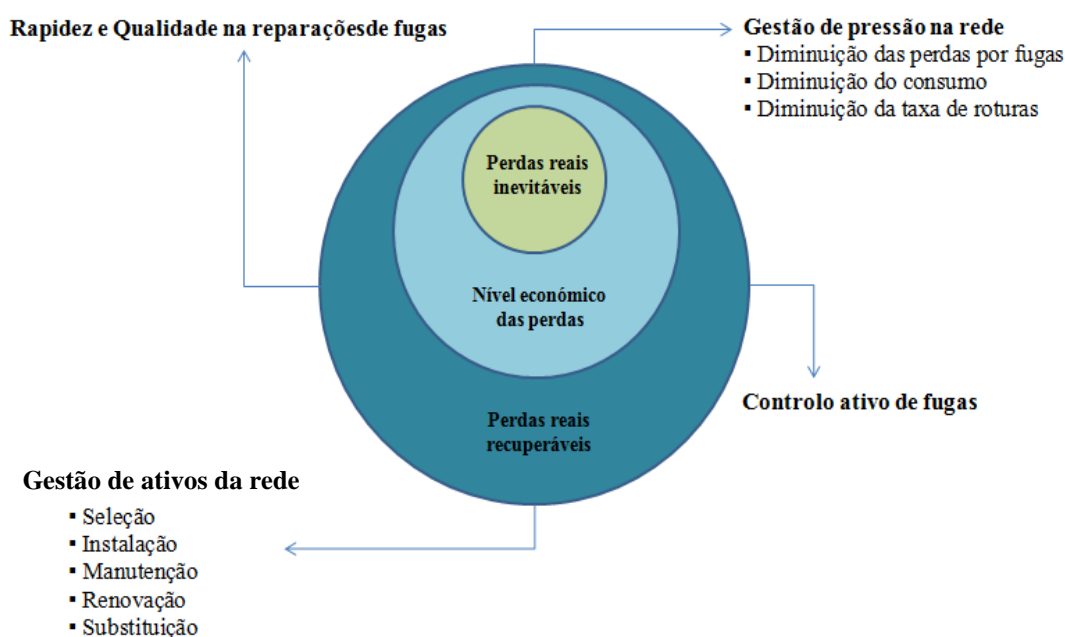


Figura 2.25 – Medidas de redução das perdas reais (EPAL, 2015)

A gestão da pressão na rede de distribuição pode produzir resultados rápidos e significativos. Existe uma relação física entre a taxa de roturas e a pressão. Quanto maior a pressão, mais roturas existirão nas condutas e ramais e as fugas tornam-se inevitáveis (Farley et al., 2008). A pressão deve ser mantida o mais baixo possível, de modo a não comprometer a pressão necessária para o fornecimento de água. Com esta medida consegue-se reduzir, em simultâneo, o desgaste da RAA, as roturas e o consumo excessivo de água.

O controlo ativo de fugas é outra medida importante, na medida em que se consegue detetar fugas invisíveis à superfície. Dispositivos acústicos são utilizados para detetar o som produzido pela água quando esta escapa por roturas ou fissuras nas condutas. Assim, as fugas são rapidamente localizadas e prontamente reparadas (Farley et al., 2008).

A rapidez e qualidade das reparações permitem diminuir o volume de água que é desperdiçado numa rotura ou fissura de uma conduta.

A gestão dos ativos de rede permite o desenvolvimento de uma estratégia de redução de água não faturada com base no conhecimento das infraestruturas da RAA. Este conhecimento pode ser obtido através da recolha de dados sobre taxas de deterioração, roturas e locais de reparações. Os dados recolhidos sustentarão as decisões a ser tomadas, de forma a determinar quando a substituição/renovação das infraestruturas deverá ser efetuada (Adaptado de Farley, 2008). Como resultado da gestão de redes surgem zonas de medição e controlo (ZMC) que facilitam a análise das zonas críticas nas redes de abastecimento de água.

2.4.2 PERDAS APARENTES

As perdas aparentes são perdas não físicas que ocorrem devido a erros de medição nos contadores de água dos consumidores, erros de manipulação de dados em sistemas de faturação dos consumidores e uso não autorizado (AWWA, 2012).

Estes volumes de água resultam em grandes impactos económicos na EG. O valor de venda é muito superior aos custos de produção, pois a fatura da água, muitas das vezes, inclui o serviço de águas e resíduos sólidos (Poças-Martins, 2014). Em alguns casos, a EG não recebe uma compensação económica pelo serviço prestado (Arregui et al., 2006a).

A redução das perdas aparentes permite o aumento da faturação por parte da EG, enquanto a redução das perdas reais permite diminuir os custos de produção. Mesmo que um pequeno volume de perdas aparentes seja recuperado, o seu impacto é muito significativo e favorável para a EG (Farley, 2008).

No caso da parcela dos erros de medição, estes podem ser de macro ou micromedição. No caso das macromedições, estas estão relacionadas com erros de medição desde a captação de água até junto ao contador de água, em saídas de reservatórios ou à entrada de ZMC. No que diz respeito às micromedições, estas acontecem nas zonas de abastecimento ao consumidor final, mais especificamente nos contadores de água.

No esquema presente na Figura 2.26, estão presentes os fatores que contribuem em grande parte para a expressividade das perdas aparentes.

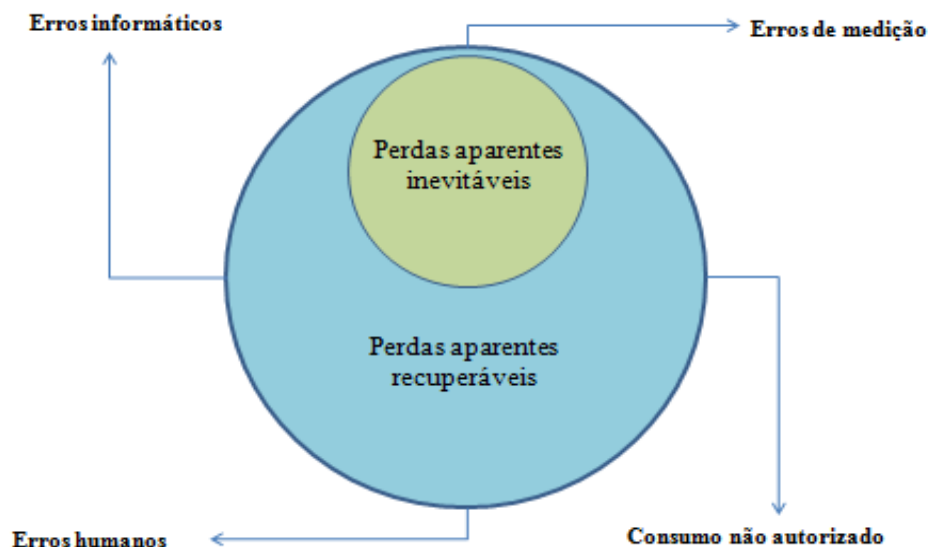


Figura 2.26 – Fatores que influenciam as perdas aparentes (Adaptado de Farley, 2008)

2.4.2.1 Erros de medição

Os erros de medição dos contadores de água são uma componente significativa nas perdas aparentes dos SAA (Rizzo and Cilia, 2005). Como qualquer instrumento de medição, um contador de água não é capaz de registar a quantidade precisa de água que por ele passa (Fontanazza et al., 2014). A precisão de um contador de água diminui ao longo dos anos de funcionamento, pois está sujeito a sucessivos desgastes. Estes desgastes resultam, essencialmente, do padrão de consumo do consumidor, mas podem existir outros fatores relacionados, como por exemplo, montagens incorretas, sólidos suspensos, deposições, condições ambientais desfavoráveis e usos sazonais.

O erro de medição de um contador de água está fortemente associado aos caudais de consumo por parte do consumidor. O erro associado é mais elevado e sofre maiores oscilações quando o contador funciona a caudais muito baixos. Contrariamente, em caudais médios ou elevados, verifica-se um erro e uma variação menores. Contudo, se o contador funcionar a elevados caudais durante largos períodos de tempo, o desgaste será muito mais elevado e obrigará a uma substituição mais frequente (Arregui et al., 2006a).

A montagem incorreta de um contador de água é responsável pelo aumento da fricção das partes móveis. As recomendações dos fabricantes, ao não serem respeitadas, provocam uma elevada degradação do contador de água. Como consequência, o impacto económico resultante do aumento dos erros de medição será negativo, principalmente a baixos caudais de consumo (Arregui et al., 2005). Para além disso, a conexão entre a rosca do contador e da tubagem de ligação também deve ser tida em conta de forma a garantir a correta estanquicidade da instalação.

Ainda referente à montagem de um contador de água, no que diz respeito ao ângulo de instalação, esta é uma preocupação a ter em conta. De acordo com as informações fornecidas pelos fabricantes, deve-se instalar o contador de água de forma a evitar o mínimo de desgaste possível entre as peças.

Os contadores de água podem ainda estar sujeitos a sólidos suspensos contidos nas águas que por eles passam. Por vezes, aquando da instalação dos contadores, removiam-se os filtros existentes nos contadores de água. Esta situação favorecia claramente o desgaste das peças no interior do contador. Os sólidos de pequenas dimensões podem percorrer o interior do contador e provocar desgastes

sucessivos entre as peças, durante o seu funcionamento. Estes filtros são responsáveis por impedir a entrada de sólidos para o seu interior, podendo ser feitos de nylon ou de inox, tal como é visível na Figura 2.27.

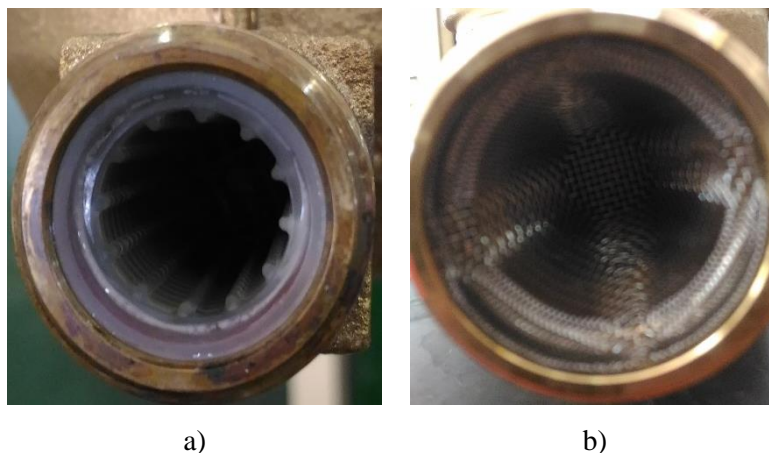


Figura 2.27 – Tipos de filtros em contadores de água: a) Filtro de nylon; b) Filtro de inox

Por outro lado, sólidos suspensos de maiores dimensões podem ficar retidos à entrada dos contadores. Conjuntamente, a água pode ser fisicamente e/ou quimicamente agressiva. Estas duas situações são responsáveis por acumulações na entrada dos contadores, provocando entupimentos e diminuições de fluxos de água, como é possível constatar na Figura 2.28.

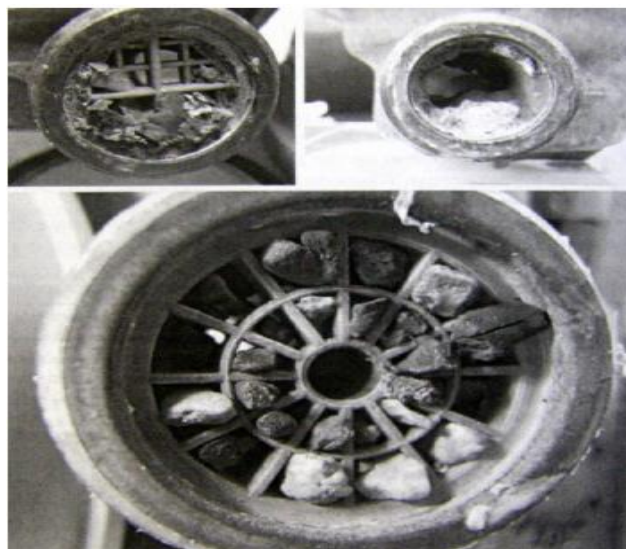


Figura 2.28 – Entupimentos em contadores (Arregui et al., 2006b)

Para além dos sólidos suspensos, podem formar-se incrustações no contador. A longo prazo, o efeito combinado destes dois fatores pode impedir a rotação, temporária ou permanente, do contador de água e potencia submedições (Arregui et al., 2005). Na Figura 2.29 ilustram-se incrustações na entrada e no interior de contadores de água.



Figura 2.29 – Incrustações no interior de contadores (Arregui et al., 2005)

Por vezes, os contadores de água são instalados no exterior das residências ao ar livre. Quando sujeitos a condições ambientais desfavoráveis, como altas e baixas temperaturas, podem sofrer danos materiais. As grandes amplitudes térmicas, as peças plásticas correm o risco de sofrerem danos e ficarem deformadas. (Arregui et al., 2006a).

Existem SAA que possuem zonas com uso sazonal. Por exemplo, em cidades que apenas são ocupadas durante as férias de verão, os contadores de água permanecem parados durante meses ao longo do ano (Arregui et al., 2006a). Estas paragens provocam acumulações de ferrugem e detritos no interior das tubagens e dos contadores de água. Nestes casos, uma nova utilização deve ser feita de forma suave e progressiva para não danificar as peças existentes no interior do contador com uma variação brusca de pressão.

Apesar de existirem diversos fatores que contribuem para o aumento dos erros de medição, existem algumas medidas que podem ser implementadas para diminuir o impacto dos erros de medição. Uma estratégia adequada de substituição dos contadores de água existentes no parque de contadores de uma EG, utilização de equipamentos de medição mais precisos, dimensionamentos e instalação adequados dos medidores podem ser medidas adotadas (Adaptado de Barros, 2015)

2.4.2.2 Erros humanos

Estes erros são facilmente introduzidos aquando da leitura manual dos contadores de água, por parte da pessoa responsável pela leitura no local. Os erros podem surgir devido a mostradores sujos, contadores defeituosos, locais de difícil acesso ou até mesmo por negligência (Farley et al., 2008).

A experiência do leitor é fundamental, pois um leitor inexperiente está mais sujeito a introduzir erros nos dados recolhidos. O leitor, sempre que detetar problemas, deve comunicá-los imediatamente à equipa de manutenção para que esses mesmos problemas sejam solucionados rapidamente. A equipa de manutenção deve ser célere a solucionar os problemas, de forma a garantir a motivação do leitor na comunicação de todas as falhas que encontrar no SAA (Farley et al., 2008).

2.4.2.3 Erros informáticos

Após a recolha das leituras, os dados são introduzidos na base de dados da EG. Os dados, quando incorretos, devem ser imediatamente detetados, de modo a não se propagarem sistematicamente.

Este tipo de erros pode surgir com significativa frequência, sendo razão de preocupação por parte das EG. Em determinados casos surgem mesmo falhas dos próprios sistemas informáticos e geram-se informações incorretas que não são detetadas. As falhas de *software*, através de erros de programação podem ser as maiores causas de erros informáticos. Se a empresa não tiver um bom filtro de dados, os erros continuarão no sistema a originar problemas (Malheiro, 2011). Um sistema de armazenamento de dados robusto é um elemento fundamental para minimizar estes erros e diminuir o volume de água não faturada. Desta forma evita-se a propagação de leituras incorretas emitidas por parte do leitor, a transferência de dados incorretos por parte do departamento de faturação e faturas erradas para os consumidores (Farley et al., 2008).

2.4.2.4 Uso não autorizado

As perdas aparentes, associadas aos usos não autorizados, englobam essencialmente o uso de ligações ilícitas, como ligações diretas e do tipo *bypass*, utilização fraudulenta de marcos e bocas de incêndio e violações de contadores (Alegre et al., 2005).

As ligações diretas passam pela remoção do contador, fazendo uma ligação improvisada entre a tubagem da rede de distribuição e a tubagem da habitação. As ligações do tipo *bypass* consistem em tubagens instaladas à volta do contador de água que permitem reduzir o volume de água faturado. O sistema baseia-se no desvio de uma parte da água que contorna o contador de água, fazendo com que apenas uma pequena quantidade de água seja faturada pelo contador (Farley et al., 2008). Na Figura 2.30 ilustra-se um tipo de ligação direta, enquanto na Figura 2.31 e Figura 2.32 ilustram-se dois tipos de *bypass*.



Figura 2.30 – Ligação ilícita real, nomeadamente uma ligação direta (Ribeiro, 2016)



Figura 2.31 – Exemplar real de um bypass (Ribeiro, 2016)



Figura 2.32 – Exemplar real de um bypass (Ribeiro, 2016)

A violação dos contadores de água engloba a inserção de objetos no seu interior, aquecimento e danificações dos componentes, que perturbam as medições realizadas pelos contadores. Na Figura 2.33 e Figura 2.34 são facilmente verificáveis exemplos de adulterações com o intuito de reduzir a quantidade de água faturada.



Figura 2.33 – Furo no totalizador (Ribeiro, 2016)

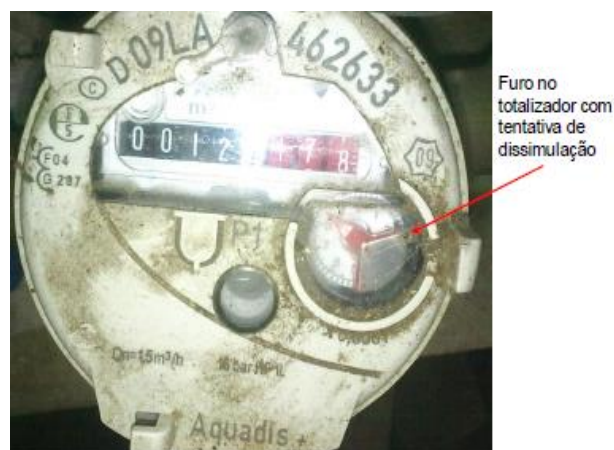


Figura 2.34 – Furo no totalizador com tentativa de dissimulação (Ribeiro, 2016)

Como forma de combate aos usos não autorizados e ligações ilícitas, devem existir inspeções frequentes nas RAA, especial atenção aos consumos exagerados e aos consumos iguais a zero e aplicar sanções severas no caso de deteção de ligações ilícitas (Adaptado de Barros, 2015)

2.4.3 IMPACTO ECONÓMICO

Em 2013, foi emitida uma nota de imprensa, referente à quantidade de água não faturada em Portugal continental. Os dados obtidos demonstram que dos 850 milhões de metros cúbicos de água captados, cerca de 300 milhões de metros cúbicos não são faturados. Este valor representa, em média, 35% de água captada, sendo 24% perdas reais e 11% perdas aparentes. Convertendo este volume de água em valores económicos, representa cerca de 167 milhões de euros que não fizeram parte das receitas das EG. (ERSAR, 2013a)

A água não faturada implica, para além de impactos ambientais, reduções de receitas significativas que comprometem a sustentabilidade económica e financeira das entidades gestoras e oneram a conta dos consumidores a quem é faturada a água (ERSAR, 2013a).

Face a estas situações inoportáveis e indesejáveis é necessário tomar medidas para combater estes tipos de perdas. A definição de uma estratégia de combate passa pela redução do diferencial correspondente ao NEP, de modo a atingir o equilíbrio entre os custos de redução de perdas e de produção. Para tal é necessário ter em conta um NEP referente às perdas reais (NEPr) e outro referente às perdas aparentes (NEPa). Assim consegue-se gerir e determinar quais as medidas a ser tomadas face às perdas existentes num SAA (Alegre et al., 2005).

Sendo a análise das perdas aparentes, ou os erros de medição dos contadores, o tema da presente dissertação, as respetivas perdas económicas associadas a esta temática podem ser estimadas.

Como forma de redução desta vertente, uma análise inicial do desempenho dos contadores de água instalados deve ser tida em conta. Esta análise abrange os padrões de consumo dos consumidores e as curvas de erros dos contadores de água. Posteriormente, conhecidos os fatores que mais afetam a eficiência dos contadores de água, de acordo com as particularidades das condições do SAA, a escolha da tecnologia do contador de água e a frequência de substituição dos mesmos pode ser feita (Arregui, F.J. et al., 2006a).

Uma vez conhecidos os padrões de consumo de um consumidor e a respetiva curva de erros dos contadores de água, é possível determinar o rendimento de um contador de água. O cálculo deste é possível através da equação 4 (Adaptado de Ribeiro, 2016):

$$\text{Rendimento (\%)} = \sum \left[\% \text{Volume}_{[Q_x-Q_y]} + (\% \text{Erro}_{[Q_x-Q_y]} \times \% \text{Volume}_{[Q_x-Q_y]}) \right], \quad (4)$$

onde $\% \text{Volume}_{[Q_x-Q_y]}$ corresponde ao volume consumido numa determinada gama de caudais e $\% \text{Erro}_{[Q_x-Q_y]}$ representa o erro do contador de água numa determinada gama e caudais.

Posteriormente, as perdas económicas podem ser determinadas, com base nas tarifas que uma determinada EG aplica sobre os volumes de água consumidos, em função da situação social, agregado familiar e volume mensal de consumo. Assim a EG é capaz de estimar as perdas económicas que possui no seu parque de contadores de água.

2.5 CONCLUSÃO DO ESTADO DE ARTE

A elaboração do estado da arte permitiu adquirir conhecimento e perceção sobre a evolução da qualidade da água fornecida às populações. A qualidade da água tem impactos diretos na vida pessoal das populações e, indiretamente, afeta o desenvolvimento socioeconómico de um país.

Em Portugal, verificou-se uma evolução lenta, mas progressiva, das infraestruturas e da qualidade da água. As doenças que proliferavam e se propagavam no início do século XX foram preponderantes para o desenvolvimento dos SAA. Os SAA, até à atualidade, foram alvo de investimentos e melhoramentos, que proporcionaram o fornecimento de água de boa qualidade a mais de 95% da população portuguesa. Porém, ainda existem metas por alcançar relativamente ao melhoramento do uso eficiente da água.

Atualmente e futuramente, um dos maiores desafios será a manutenção bom serviço prestado perante o aumento da poluição das massas de água e das perdas de água, existentes nos SAA. As perdas de água são um problema recorrente e persistente no que toca à gestão das EG. As perdas aparentes acabam por representar um impacto negativo e muito mais significativo do que as perdas reais.

As perdas aparentes resultam essencialmente de erros informáticos, erros humanos, usos não autorizados e erros de macro e micromedição. Apesar de se saber as causas que originam este tipo de perdas, este tema ainda não se encontra muito desenvolvido. Como tal, os erros de medição serão o objeto de estudo na presente dissertação, com o intuito de se definir uma estratégia de substituição de contadores de água.

De modo a reduzir os fatores que influenciam as perdas aparentes, foi desenvolvida uma tecnologia designada de telemetria, que permite detetar e diminuir o efeito dos mesmos. No entanto, a telemetria não é capaz de solucionar todos os problemas. Devem ser desenvolvidas novas metodologias como forma de complemento ao combate das perdas aparentes.

O desafio atual das EG é a redução do impacto que as perdas de água existentes nas RAA possuem. A redução destas mesmas perdas de água, mais concretamente a perdas aparentes, permitirá um aumento da faturação da EG, mas principalmente, contribui para o aumento da sustentabilidade do setor de abastecimento de água.

3

ESTUDO DESENVOLVIDO

3.1 ÂMBITO

As informações recolhidas ao longo do estado da arte foram importantes e valiosas para perceber o funcionamento de um SAA. Um SAA, independentemente das necessidades que satisfaz, apresenta aspetos a melhorar, no que toca ao aumento do desempenho no combate às perdas de água existentes.

A informação existente, no que diz respeito à redução das perdas aparentes, ainda se encontra aquém do desejável. Como é possível constatar, os erros de medição dos contadores são um fator de extrema importância na submedição de água. Devido à importância desta temática, o estudo apresentado na presente dissertação pretende explorar esta mesma vertente, relacionada com as micromedições. Torna-se fundamental compreender e prever o comportamento dos modelos de contadores existentes no parque de contadores de uma EG. O conhecimento das características do parque de contadores e dos benefícios da substituição dos contadores mais antigos revela-se preponderante para o aumento da eficiência da EG.

O desenvolvimento desta dissertação foi realizado, em ambiente empresarial, na empresa SMSBVC. Esta oportunidade permitiu tirar o máximo partido da experiência da EG no setor de abastecimento de água. O conhecimento partilhado com as pessoas e a possibilidade de lidar com equipamento apropriado e dados reais foram aspetos muito importantes para a viabilização do estudo desenvolvido.

3.2 SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE SANEAMENTO BÁSICO DE VIANA DO CASTELO (SMSBVC)

3.2.1 HISTÓRIA

A génese da EG onde decorreu todo o estudo realizado no âmbito da presente dissertação ocorreu em reunião da Câmara Municipal de 27 de junho de 1928 é deliberada a municipalização dos Serviços de Águas, com efeito a partir do 1º de julho do mesmo ano. Nesta mesma reunião são lançadas as bases da referida municipalização e respetivo projeto de regulamento para abastecimento e consumo.

Em 4 de julho de 1928, nos termos do Decreto-Lei n.º 13350, de 25 de março de 1927, foi constituída e nomeada, em sessão camarária, a Comissão Administrativa dos Serviços Municipalizados de Viana do Castelo.

A referida Comissão, reúne pela primeira vez em 15 de janeiro de 1930, por força da municipalização da iluminação pública. Entre 1930 e 1970, o abastecimento de água dissemina-se na área citadina. Em 1932, os Serviços Municipalizados possuíam cerca de 1423 consumidores de água na cidade.

A 20 de outubro de 1971 é deliberada a municipalização dos serviços de Saneamento, serviços estes que no final da década de 80 tiveram um forte incremento, por força dos fundos comunitários.

A 1 de março de 1991 são integrados nos Serviços Municipalizados os serviços de recolha, depósito e tratamento de resíduos sólidos domésticos, bem como os de higiene e limpeza urbana, até então assegurados pela Câmara Municipal.

Da denominação inicial de Serviços Municipalizados de Viana do Castelo, passou em 1991 à designação atual de Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo. (SMSBVC, História, 2016a).

3.2.2 SERVIÇOS DISPONIBILIZADOS

Os SMSBVC, como entidade prestadora de serviços públicos, no concelho de Viana do Castelo, tentam implementar políticas ao nível dos seus colaboradores e consumidores, com o intuito de aumentar o uso eficiente da água, melhorar e aumentar a capacidade de cobertura das suas infraestruturas, no que diz respeito à distribuição de água, saneamento e recolha de resíduos sólidos urbanos. Na Figura 3.1 pode-se observar o modo de distribuição dos serviços prestados em 2015.

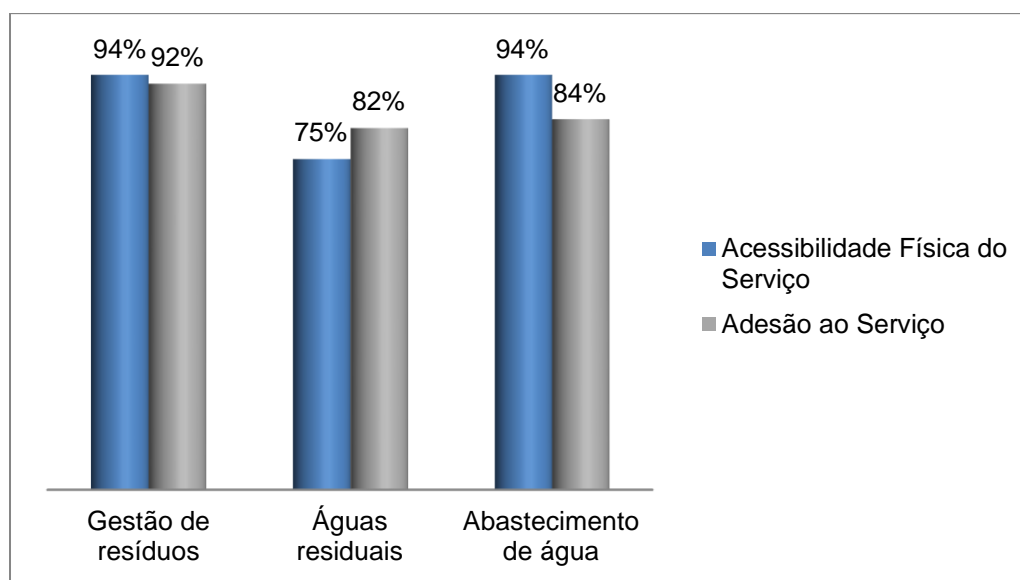


Figura 3.1 – Representação gráfica dos serviços prestados pelos SMSBVC no ano 2015 (SMSBVC, 2015)

A acessibilidade física representa o número de alojamentos que se encontram abrangidos pela área de atuação dos SMSBVC e com potencial para estarem ligados aos sistemas públicos de abastecimento de água, drenagem de águas residuais domésticas e recolha de resíduos sólidos urbanos.

A taxa de adesão ao serviço reflete o número de alojamentos que se encontram efetivamente ligados às redes referidas anteriormente e que se encontram na área de atuação dos SMSBVC.

Todavia, através da análise do Relatório de Atividades e Contas (RAC) de 2015, o investimento, apesar de ter sido elevado, não se traduziu efetivamente em variações significativas. Na Tabela 3.1, encontram-se explícitos os resultados finais, absolutos e relativos, resultantes das políticas implementadas entre 2014 e 2015.

Tabela 3.1 – Capacidade de serviço prestado pelos SMSBVC (SMSBVC, 2015)

		Nº de Fogos Domésticos (INE 2014) (dAA09b)	Taxa de Acessibilidade		Taxa de Adesão ao Serviço		Capacidade de Crescimento
			Nº Edifícios Cobertos	% Edifícios Cobertos	Nº Edifícios Ligados	% Edifícios Ligados	Nº Edifícios com Possibilidade de Ligação
2014	Água	48164	45466	94%	37738	83%	7728
	Saneamento		36135	75%	29326	81%	6809
2015	Água	48164	45498	94%	38184	84%	7334
	Saneamento		36270	75%	29722	82%	6448

No seguimento dos resultados apresentados em 2015, relativamente ao abastecimento de água, existem alguns alojamentos que ainda não se encontram abrangidos pelos serviços prestados pelos SMSBVC. Cerca de 94% dos edifícios encontram-se abrangidos pela ação dos SMSBVC, mas apenas 84% se encontram efetivamente ligados à RAA. Por outro lado, a nível de saneamento, comparativamente com o serviço de abastecimento de água, os valores encontram-se relativamente baixos, 75% e 82%.

Seguidamente, a Figura 3.2 demonstra o número de consumidores a que os SMSBVC prestam serviço. Observa-se ligeiros aumentos ao longo dos anos, confirmando assim os resultados demonstrados anteriormente.

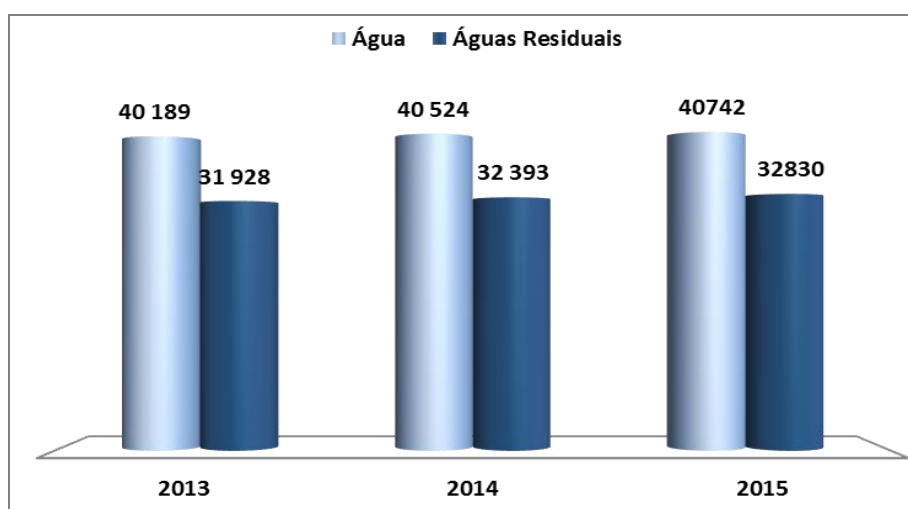


Figura 3.2 – Representação gráfica do número de clientes abrangido pelos SMSBVC (SMSBVC, 2015)

Os clientes abrangidos pelos SMSBVC podem ser distribuídos de acordo com a tipologia do edifício. Assim, a Figura 3.3 demonstra que a esmagadora maioria dos edifícios apresentam um carácter doméstico e, conseqüentemente, o consumo será maioritariamente doméstico.

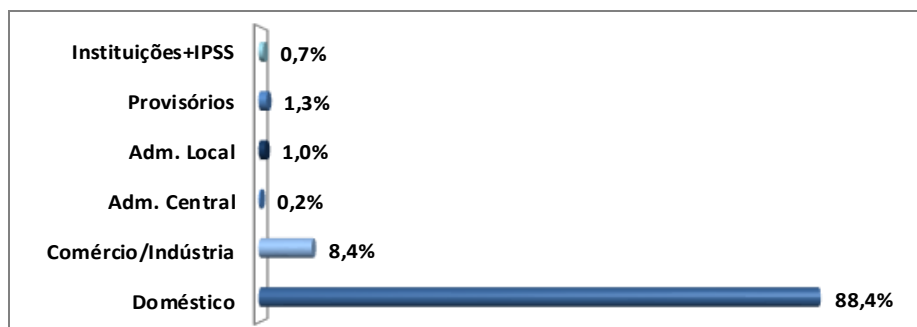


Figura 3.3 – Representação gráfica da distribuição dos consumidores pela tipologia dos seus edifícios (SMSBVC, 2015)

Os SMSBVC têm feito um esforço assinalável no que toca ao combate do desperdício de água e promoção do uso sustentável deste bem precioso. Prova desse mesmo trabalho desenvolvido são os resultados evidenciados na Figura 3.4, onde estão expressos os resultados alcançados desde 2008 até 2016.

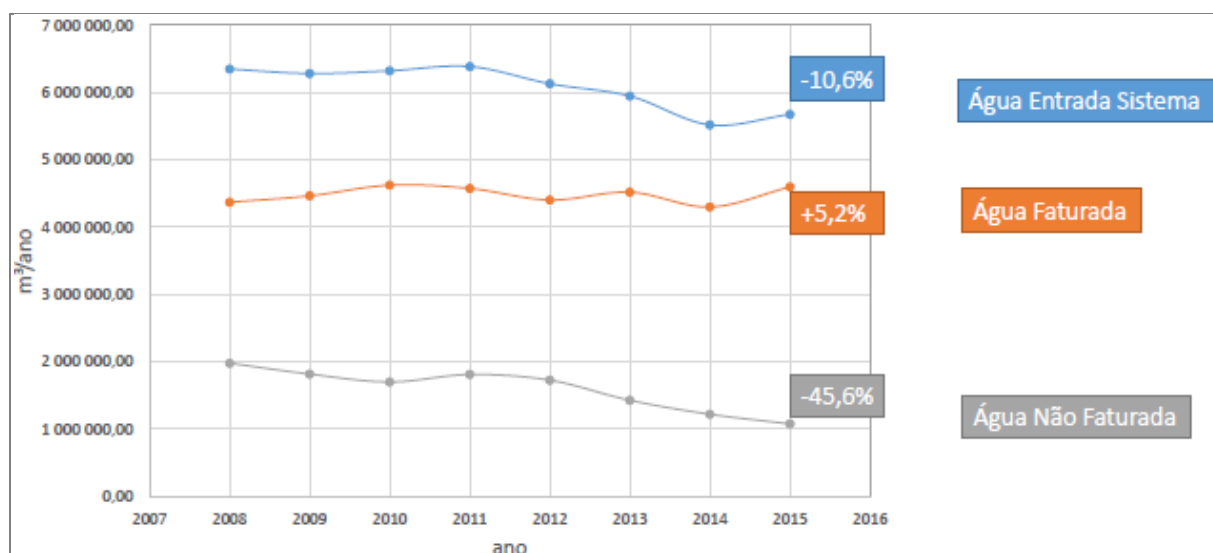


Figura 3.4 – Evolução da eficiência do SAA dos SMSBVC

Na Figura 3.4 é de assinalar a grande redução de água não faturada desde 2008 até 2015. Este resultado é fruto da diminuição das perdas de água existentes no SAA, dos usos não autorizados e otimização da gestão das infraestruturas de abastecimento de água. Estas medidas permitiram diminuir a quantidade de água que entrou no sistema e aumentar a quantidade de água faturada. Neste momento, de acordo com o balanço hídrico correspondente ao ano 2015, presente na Tabela 3.2, a percentagem de água não faturada é de aproximadamente 20%.

Tabela 3.2 – Balanço hídrico dos SMSBVC em 2015

Água entrada no sistema 5500464 m ³	Consumo autorizado 4647447 m ³	Consumo autorizado faturado 4414747 m ³	Consumo autorizado faturado não medido 0 m ³	Água faturada 4414747 m ³	
			Consumo autorizado faturado medido 4414747 m ³		
		Consumo autorizado não faturado 232700 m ³	Consumo autorizado não faturado medido 0 m ³	Água não faturada 1085717 m ³	
		Consumo autorizado não faturado não medido 232700 m ³			
	Perdas de água 853017 m ³	Perdas aparentes 419042 m ³	Uso não autorizado 110009 m ³		
			Erros de medição 309032 m ³		
	Perdas reais 433976 m ³				

3.3 TESTES DE ENVELHECIMENTO

Os testes de envelhecimento têm como principais objetivos testar a fiabilidade e durabilidade de contadores de água. Estes testes podem ser propostos por empresas ou EG, com interesse no desempenho de um determinado modelo de contador de água, ou pelos próprios fabricantes dos contadores de água, com o intuito de analisarem o comportamento dos mesmos sob diferentes condições experimentais.

De modo a obter resultados fidedignos, os testes são realizados em laboratórios e instalações devidamente concebidas para o efeito, tendo por base normas específicas. Há possibilidade de testar condições reais, como por exemplo, pressões de serviço ou consumos correspondentes a escalões de consumo, estimar perdas económicas e refinar a seleção de contadores de água, de acordo com a evolução do seu rendimento, fiabilidade e durabilidade e, otimizando as estratégias de substituição nas RAA.

Na presente dissertação serão apresentados dois tipos de testes de envelhecimento, com base em duas metodologias distintas. Um dos testes foi realizado numa instalação específica e desenvolvida para o efeito (teste de envelhecimento A). Este teste foi desenvolvido através de sucessivos ensaios com escoamento em contínuo, tentando reproduzir consumos de água correspondentes a diferentes períodos de vida útil de um contador de água, assumindo um determinado padrão de consumo.

O outro teste foi realizado numa banca de ensaios (teste de envelhecimento B), onde todas as condições, definidas pela NP EN 14154-3: 2005+A2, foram seguidas integralmente. Por razões de confidencialidade, os modelos de contadores de água que foram testados não serão revelados.

3.3.1 NP EN 14154-3:2005+A2

Esta norma encontra-se traduzida para a língua portuguesa e é direcionada exclusivamente para contadores de água, cujo uso é do tipo residencial, comercial ou industrial. Na Tabela 3.3 encontram-se estipulados os métodos e tipos de ensaios a realizar, de acordo com a classe de temperatura e Q₃ de

cada contador de água. Os ensaios que irão ser realizados encontram-se destacados, igualmente, na presente tabela.

Tabela 3.3 – Métodos e tipo de testes dos contadores de água (IPQ, 2014)

Classe de Temperatura	Caudal Permanente Q_3	Caudal de ensaio	Ensaio da temperatura da água $\pm 5^\circ\text{C}$	Tipo de ensaio	Número de interrupções	Duração das pausas	Período de funcionamento ao caudal de ensaio	Duração do arranque e da paragem
T30 e T50	$Q_3 \leq 16 \text{ m}^3/\text{h}$	Q_3	20 °C	Descontínuo	100 000	15 s	15 s	0,15 [Q_3] s ^{a)} com o mínimo de 1 s
		Q_4	20 °C	Contínuo	-	-	100 h	-
	$Q_3 > 16 \text{ m}^3/\text{h}$	Q_3	20 °C	Contínuo	-	-	800 h	-
		Q_4	20 °C	Contínuo	-	-	200 h	-
Contadores conjugados	$Q_3 > 16 \text{ m}^3/\text{h}$	$Q \geq 2 \times Q_x$	20 °C	Descontínuo	50 000	15 s	15 s	3 s a 6 s
Todas as outras classes	$Q_3 \leq 16 \text{ m}^3/\text{h}$	Q_3	50 °C	Descontínuo	100 000	15 s	15 s	0,15 [Q_3] s ^{a)} com o mínimo de 1 s
		Q_4	0,9 × MAT	Contínuo	-	-	100 h	-
	$Q_3 > 16 \text{ m}^3/\text{h}$	Q_3	50 °C	Contínuo	-	-	800 h	-
		Q_4	0,9 × MAT	Contínuo	-	-	200 h	-

^{a)} [Q_3] é um número igual ao valor de Q_3 expresso em m^3/h .

3.3.1.1 Ensaio com escoamento contínuo

O principal objetivo da execução deste ensaio é verificar a durabilidade do contador quando este se encontra sujeito a condições de sobrecarga. O tipo de ensaio com escoamento contínuo pode variar de acordo com as características do modelo de contador.

A realização do ensaio com escoamento contínuo deve ter em conta a purga de todo o ar existente nas tubagens e contadores da instalação, de modo a evitar sobremedidas. As respetivas leituras ao longo do ensaio devem ser realizadas com um intervalo de 24 horas.

Durante o ensaio, as condições experimentais devem ser mantidas o mais estáveis possíveis. Esta prática garante uma boa fiabilidade, exatidão nos resultados obtidos e assegura um termo de comparação com outros resultados. Por conseguinte, existem algumas tolerâncias que não devem ser excedidas:

- A variação do caudal deverá ser inferior a $\pm 10\%$, exceto no arranque e na paragem;
- O período de ensaio de 100 horas é um valor mínimo;
- O volume escoado não deve ser menor do que o produto do caudal de ensaio e a respetiva duração.

Após o término do ensaio, os dados obtidos têm de cumprir alguns critérios de aceitação para que os resultados sejam válidos. A variação referente à curva de erros deve ser tida em conta, não devendo exceder:

- 3% para caudais na zona inferior, ou seja, entre Q_1 e Q_2 ;

- 1,5% para caudais na zona superior, ou seja, entre Q_2 e Q_4 .

As curvas de erro propriamente ditas não devem exceder o limite do erro máximo:

- $\pm 6\%$ para caudais na zona inferior, entre Q_1 e Q_2 ;
- $\pm 2,5\%$ para caudais na zona superior, entre Q_2 e Q_4 , com a temperatura da água entre $0,1\text{ }^\circ\text{C}$ e $30\text{ }^\circ\text{C}$.

3.3.1.2 Ensaio com escoamento descontínuo

Este tipo de ensaio tem como objetivo submeter o contador a condições de arranque e paragem cíclica, mantendo constante o Q_3 característico do contador. O contador será sujeito a interrupções, incluindo períodos de paragem e funcionamento de curta duração.

Com o objetivo de não danificar a instalação e evitar sobremedidas as medidas a ser tomadas são as mesmas que se aplicam nos testes com escoamento descontínuo, mantendo igualmente as condições experimentais estáveis. Contudo, algumas tolerâncias podem ser permitidas:

- A variação do caudal terá de ser inferior a $\pm 10\%$;
- O período de ensaio não pode variar mais do que $\pm 5\%$;
- O número de ciclos não deve ser inferior ao previamente estabelecido, mas não deve exceder em mais de 1% ;
- O volume escoado deve ser igual a metade do produto do escoamento nominal do ensaio durante a duração total teórica do ensaio.

Os dados resultantes do ensaio com escoamento descontínuo, para serem válidos, devem respeitar as mesmas condições de aceitação existentes no caso dos ensaios com escoamento contínuo.

3.3.1.3 Determinação de erros intrínsecos

A determinação dos erros intrínsecos de um contador de água é fundamental. Os erros fornecem informações importantes sobre o desempenho do contador de água, ao longo das várias condições de funcionamento, durante os testes de envelhecimento. Antes de se efetuarem os testes de envelhecimento propriamente ditos, os erros iniciais dos contadores devem ser analisados. No final de cada ensaio realizado, os erros devem ser igualmente analisados. Para tal, é necessário definir caudais específicos para se construir a curva de erros do contador:

- Entre Q_1 e $1,1 Q_1$;
- Entre $0,5 (Q_1 + Q_2)$ e $0,55 (Q_1 + Q_2)$, para $Q_2/Q_1 > 1,6$;
- Entre Q_2 e $1,1 Q_2$;
- Entre $0,33 (Q_2 + Q_3)$ e $0,37 (Q_2 + Q_3)$;
- Entre $0,67 (Q_2 + Q_3)$ e $0,74 (Q_2 + Q_3)$;
- Entre $0,9 Q_3$ e Q_3 ;
- Entre $0,95 Q_4$ e Q_4 .

O cálculo dos erros intrínsecos dos contadores de água pode ser efetuado de uma forma muito simples e intuitiva. Após o término do ensaio, o contador terá registado o volume de água que passou por ele. Para além disso, o caudalímetro regista as variações de caudal e consegue determinar, com mais precisão, o volume real que passou pelos contadores com maior precisão. Assim, o erro dos contadores de água é calculado da seguinte forma:

$$\text{Erros dos contadores (\%)} = \frac{V_{\text{contador}} - V_{\text{caudalímetro}}}{V_{\text{caudalímetro}}} \times 100 \quad (4)$$

Para cada caudal, devem ser realizados dois ensaios, sendo o erro determinado através do cálculo da média aritmética. Os erros para serem considerados válidos não podem ser superiores aos EMA, caso contrário o ensaio deve ser repetido para esse mesmo caudal. Se os erros obtidos para um determinado caudal tiverem o mesmo sinal, pelo menos um desses erros não deve ser superior a metade do EMA.

Existem caudais que podem ser escolhidos e que não são determinados através da norma. Os erros resultantes poderão encontrar-se fora do “túnel de erro” e, por conseguinte, ultrapassam os EMA. Nestas situações não existe qualquer problema, pois pretende-se obter um conhecimento mais aprofundado acerca do contador de água, relativamente ao registo de volumes de água fora do desempenho ótimo.

3.3.2 TESTE DE ENVELHECIMENTO A

A escolha das características do contador de água para a realização dos testes de envelhecimento foi realizada com base em dois critérios. Em primeiro lugar, os consumidores existentes na RAA dos SMSBVC apresentam maioritariamente carácter doméstico, tal como referido anteriormente. Perante este cenário, o primeiro critério restringe o âmbito de estudo à tipologia de consumo doméstico.

Em segundo lugar, no parque de contadores gerido pelos SMSBVC, aproximadamente 97% dos consumidores possuem um contador com DN 15. Perante estes dados, presentes na Figura 3.5, optou-se por seleccionar este tipo de diâmetro dos contadores de água.

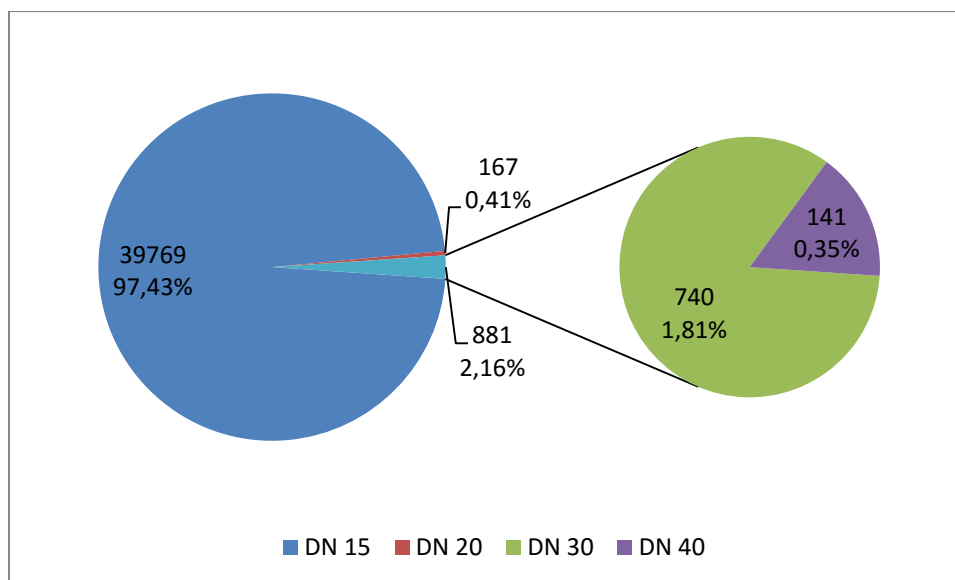


Figura 3.5 – Distribuição dos contadores em função do diâmetro do contador de água

A combinação dos dois critérios referidos facilitou a escolha do modelo do contador de água. Os respetivos caudais característicos do contador de água estão representados na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Caudais característicos do contador

Caudais	
Q ₁ (L/h)	15,6
Q ₂ (L/h)	25
Q ₃ (L/h)	2500
Q ₄ (L/h)	3125

3.3.2.1 Dimensionamento da instalação

De acordo com a NP EN 14154-3: 2005+A2, a instalação onde os testes de envelhecimento são realizados deve conter:

- Um dispositivo regulador de caudal;
- Meios de controlo de caudal e tempo de ensaio;
- Válvulas de seccionamento;
- Um dispositivo de medição de temperatura da água;
- Dispositivos de medição de pressão à entrada e à saída.

A instalação definitiva e com as condições desejadas para a realização do teste de envelhecimento resultou do reaproveitamento de uma instalação já existente. A instalação atual, onde se procedeu à realização do teste de envelhecimento, encontra-se ilustrada esquematicamente na figura 1 do anexo B.

No início desta instalação, encontra-se colocada uma válvula redutora de pressão que permite regular a pressão da água à entrada das tubagens. As válvulas existentes ao longo da instalação permitem regular o caudal ao longo do percurso.

Nesta instalação, existe um caudalímetro eletromagnético com DN 40, responsável pelo controlo do caudal. O funcionamento a caudais elevados permite uma precisão maior, enquanto a caudais mais baixos a precisão tende a diminuir.

A medição de temperatura não será realizada, pois não será necessária. Deste modo, não existe nenhum dispositivo instalado, pois a água não sofre recirculação e o reservatório de fornecimento de água possui um volume de 100 m³ com renovação de água. Assim, garante-se que a água não aquece e mantém-se constante ao longo de todos os testes.

Os manómetros colocados a montante e a jusante da instalação fornecem informações sobre as pressões existentes nas tubagens. A pressão a montante demonstra a pressão fornecida pela água na entrada da instalação, devendo esta ser inferior à pressão máxima admissível dos contadores de água. Através do registo da pressão a jusante consegue-se observar a perda de carga existente ao longo de todas as tubagens.

A disposição das tubagens em paralelo permite a elaboração de testes de envelhecimento em simultâneo, caso seja necessário. Nas tubagens mais à esquerda e mais à direita, encontram-se colocados três contadores em cada uma delas, estando todos eles dispostos na vertical.

Por fim, a existência de uma purga irá facilitar a remoção de todo o ar existente nas tubagens e garante que durante os testes as condutas estão a funcionar em conduta cheia.

3.3.2.2 Análise do consumo de água

Visto que o teste de envelhecimento foi realizado nos SMSBVC, tornou-se pertinente estimar o consumo *per capita* característico do concelho de Viana do Castelo. Esta informação é relevante, pois através dos testes de envelhecimento consegue-se obter uma reprodução de volumes de consumo semelhantes aos consumos reais das populações. Deste modo, os resultados obtidos tornam-se mais credíveis e demonstrativos do desempenho dos contadores de água durante a sua vida útil.

A distribuição da população residente no concelho de Viana do Castelo (86932 habitantes) pode ser estimada a partir do número de fogos domésticos existentes e efetivamente ligados à RAA (36072 fogos). Em média, cada fogo doméstico/cliente servido pelos SMSBVC é habitado por, aproximadamente, 2,4 pessoas.

Com base no volume doméstico de água faturada no ano de 2015 (2538267 m³) e no número de clientes estimado, obteve-se um consumo médio 193 litros/cliente.dia, correspondendo, em média, a um consumo *per capita* de, aproximadamente, 96 litros/habitante.dia. Salienta-se o facto de que os escalões de consumo não foram tidos em conta e este valor serve de linha de apoio para a realização do teste de envelhecimento. O valor obtido encontra-se abaixo da média nacional, registada pela ERSAR, em 2014, no qual se verificou um consumo *per capita* de 198 litros/habitante.dia.

Na Tabela 3.5 encontram-se estimados os consumos médios correspondentes a diferentes distribuições da população, por fogo doméstico, ao longo da vida útil de um contador de água.

Tabela 3.5 – Estimativas de consumo

	dm ³ /dia	m ³ /mês	m ³ /ano	m ³ /3anos	m ³ /6anos	m ³ /9anos	m ³ /12anos
1 Pessoa	96	2,9	35	104	208	312	416
Agregado (2 pessoas)	193	5,8	69	208	416	625	833
Agregado (3 pessoas)	289	8,7	104	312	625	937	1249

3.3.2.3 Condições de funcionamento

Inicialmente, cada conjunto de três contadores foi agregado em dois grupos diferentes. Desta forma consegue-se aumentar o número de contadores por amostra, que se encontram sujeitos ao mesmo tipo de teste de envelhecimento. Assim a homogeneidade no teste de envelhecimento desenvolvido não é afetada e consegue-se diminuir a incerteza dos resultados finais.

Na Tabela 3.6 estão definidos os dois grupos de contadores de água que foram sujeitos aos testes de envelhecimento.

Tabela 3.6 – Distribuição dos contadores de água em diferentes grupos

Identificação	Grupo 1	Grupo 2
1	A	D
2	B	E
3	C	F

É de salientar que na tabela anterior, a identificação dos contadores de água, feita com as determinações de 1, 2 e 3, representam os contadores que possuem o mesmo posicionamento, mas em diferentes tubagens. Posteriormente, esta identificação será útil aquando dos resultados obtidos.

Tal como referido anteriormente, as condições ideais de funcionamento devem ser asseguradas, fazendo com que a água circule pela instalação progressivamente e se purgue todo o ar existente nas tubagens e contadores.

Após o cumprimento das condições ideais, o passo seguinte foi a determinação dos erros intrínsecos iniciais dos contadores de água. Assim conseguiu-se estimar os erros do contador de água antes de sofrer o teste de envelhecimento.

Após a determinação dos erros intrínsecos iniciais deu-se início a um ensaio com escoamento em contínuo de acordo com as condições definidas na NP EN 14154-3: 2005+A2 e, posteriormente, analisaram-se os erros intrínsecos. Seguidamente, repetiu-se um novo ensaio em contínuo com um caudal diferente, onde o desgaste não foi tão elevado. Por fim, determinou-se os erros que os contadores de água possuíam no final do teste de envelhecimento.

No caso de estudo, os contadores de água possuem um Q_3 igual a 2,5 metros cúbicos por hora e encontram-se dentro das classes de temperatura definidas. Na Tabela 3.7, encontram-se definidos os intervalos de caudais específicos e os caudais de estudo selecionados para a determinação dos erros intrínsecos. Para além dos caudais exigidos na NP EN 14154-3: 2005+A2, optou-se por acrescentar mais dois caudais de estudo (4 e 5), para um conhecimento mais detalhado do desempenho do contador de água. É de salientar que os três primeiros caudais, que se encontram assinalados a cinzento não foram alvo de análise. No caso do segundo caudal, só é realizado caso a relação $Q_2 / Q_1 > 1,60$, o que tal não acontece. Relativamente ao primeiro e terceiro caudais, o caudalímetro não consegue detetar caudais dessa ordem de grandeza.

Tabela 3.7 – Caudais selecionados na determinação de erros intrínsecos

	Intervalos de caudais (dm ³ /h)		Caudal selecionado (dm ³ /h)
1	Q1	15,6	15,6
	1,1 Q1	17,2	
2	0,5 (Q1+Q2)	20,3	21
	0,55 (Q1+Q2)	22,3	
3	Q2	25,0	25
	1,1 Q2	27,5	
4			180
5			360
6	0,33 (Q2+Q3)	833,3	850
	0,37 (Q2+Q3)	934,3	
7	0,67 (Q2+Q3)	1691,8	1700
	0,74 (Q2+Q3)	1868,5	
8	0,9 Q3	2250,0	2500
	Q3	2500,0	
9	0,95 Q4	2968,8	3125
	Q4	3125,0	

O teste de envelhecimento, tal como referido anteriormente, iniciou-se através de um ensaio com escoamento contínuo, sob as condições existentes na Tabela 3.8

Tabela 3.8 - Funcionamento do primeiro ensaio com escoamento contínuo

Ensaio com escoamento contínuo	
Tempo (h)	100
Tempo (dias)	5
Q ₄ (m ³ /h)	3,125
Varição Q ₄ (m ³ /h)	± 0,31
Volume teoricamente escoado (m ³)	312,5

Após a realização do primeiro ensaio com escoamento contínuo, decidiu-se realizar dois novos ensaios com escoamento contínuo, mas reduzindo o caudal Q₄ para Q₃ e aumentando o período de funcionamento. Esta medida manteve os contadores de água sob desgaste, mas sem correr o risco de destruir os contadores de água. O objetivo passou por aumentar a idade volumétrica para o dobro e para o triplo da obtida no primeiro ensaio com escoamento contínuo. A Tabela 3.9 demonstra as alterações realizadas e o respetivo funcionamento dos ensaios propostos.

Tabela 3.9 – Funcionamento do segundo ensaio com escoamento contínuo

Ensaio com escoamento contínuo	
Tempo (h)	125
Tempo (dias)	5
Q ₃ (m ³ /h)	2,5
Volume teoricamente escoado (m ³)	312,5

Por fim, realizou-se o último ensaio, estando as condições de funcionamento expressa na Tabela 3.10

Tabela 3.10 - Funcionamento do último ensaio com escoamento contínuo

Ensaio com escoamento contínuo	
Tempo (h)	114
Tempo (dias)	5
Q ₃ (m ³ /h)	2,5
Volume teoricamente escoado (m ³)	285

No final do teste de envelhecimento conseguiu-se reproduzir um consumo semelhante a um consumidor tipo, constituído por 2 pessoas, do concelho de Viana do Castelo, com um consumo mensal aproximadamente de 5,8 metros cúbicos.

3.3.3 TESTE DE ENVELHECIMENTO B

O teste de envelhecimento realizado respeitou, as condições definidas pela NP EN 14154-3: 2005+A2 na sua totalidade, onde o modelo do contador de água em estudo apresenta os seguintes caudais característicos:

Tabela 3.11 - Caudais característicos do contador

Caudais	
Q ₁ (L/h)	15,6
Q ₂ (L/h)	25
Q ₃ (L/h)	2500
Q ₄ (L/h)	3125

O primeiro passo foi a determinação dos erros iniciais. Após a conclusão do primeiro passo, iniciou-se um ensaio descontínuo, respeitando as condições estipuladas na Tabela 3.3. Posteriormente analisaram-se os erros intrínsecos após o primeiro ensaio. De seguida iniciou-se o ensaio com escoamento contínuo, com as regras definidas na Tabela 3.3. No final deste último ensaio, realizou-se uma análise final dos erros intrínsecos do contador de água.

3.3.3.1 Condições de funcionamento

Na Tabela 3.12 encontram-se definidos os caudais de estudo, selecionados para a determinação dos erros intrínsecos. Alguns destes caudais, definidos para a determinação dos erros intrínsecos, foram selecionados de modo a recolher informações sobre o desempenho do contador de água a caudais muito baixos e caudais intermédios.

Tabela 3.12 - Funcionamento na determinação de erros intrínsecos

	Caudal selecionado (dm ³ /h)
1	3,13
2	6,25
3	12,5
4	22,5
5	40
6	80
7	150
8	300
9	700
10	1350
11	2500
12	3125

De acordo com as condições estipuladas pela NP EN 14154-3: 2005+A2, na Tabela 3.13 e Tabela 3.14 encontram-se as condições de funcionamento dos dois ensaios.

Tabela 3.13 – Funcionamento do ensaio com escoamento descontínuo

Ensaio com escoamento descontínuo			
Nº Interrupções		100000	
Tempo paragem (s)	15	Tempo de ciclo (s)	32
Tempo funcionamento (s)	15		
Tempo de arranque (s)	1		
Tempo de abrandamento (s)	1		
Tempo total (dias)		36	
Q ₃ (m ³ /h)		2,5	
Variação de Q ₃ (m ³ /h)		± 0,25	
Volume escoado (m ³)		1074	

Tabela 3.14 - Funcionamento do ensaio com escoamento contínuo

Ensaio com escoamento contínuo	
Tempo (h)	100
Tempo (dias)	5
Q ₄ (m ³ /h)	3,125
Variação de Q ₄ (m ³ /h)	± 0,31
Volume escoado (m ³)	312,5

O volume totalizado ao longo do teste de envelhecimento representou um consumo aproximado de um consumidor tipo, constituído por 3 pessoas.

3.4 RESULTADOS OBTIDOS

3.4.1 TESTE DE ENVELHECIMENTO A

Inicialmente obtiveram-se os erros iniciais dos contadores de água. Tal como referido anteriormente, a identificação 1, 2 e 3 representa cada par de contadores de água que se encontrava com o mesmo posicionamento. Posteriormente, realizou-se uma média dos três pares de contadores de água, tal como se encontra explícito na Tabela 3.15.

Tabela 3.15 – Erros iniciais

Erro inicial						
Caudal (L/h)	3125	2500	1700	850	360	180
Erro 1 (%)	-1,28	-1,10	-1,08	-1,72	-4,58	-9,65
Erro 2 (%)	-1,57	-1,12	-1,03	-1,85	-4,17	-9,21
Erro 3 (%)	-1,51	-1,10	-1,04	-1,68	-4,17	-9,17
Erro médio (%)	-1,45	-1,11	-1,05	-1,75	-4,31	-9,34

De seguida, realizou-se o primeiro ensaio com escoamento contínuo, com Q₄ igual a 3125 litros por hora, durante 100 horas. Os registos obtidos pelos grupos 1 e 2 encontram-se expressos na tabela 1 e 2 do anexo C. Como resultado do primeiro ensaio, os contadores de água acumularam um determinado

desgaste e foi necessário analisar os seus erros intrínsecos. Na Tabela 3.16 encontram-se os erros obtidos no final do ensaio.

Tabela 3.16 – Erros resultantes do primeiro ensaio com escoamento contínuo

Erro após primeiro ensaio						
Caudal (L/h)	3125	2500	1700	850	360	180
Erro 1 (%)	-2,08	-1,14	-1,75	-2,27	-5,71	-9,57
Erro 2 (%)	-2,01	-1,09	-1,59	-2,03	-5,63	-9,49
Erro 3 (%)	-1,87	-0,65	-1,29	-1,73	-5,54	-9,61
Erro médio (%)	-1,98	-0,96	-1,54	-2,01	-5,63	-9,56

Posteriormente, deu-se início a mais um ensaio com escoamento em contínuo, com Q_3 igual a 2500 litros por hora, durante 125 horas. Os registos realizados estão explícitos nas tabelas 3 e 4 do anexo C. No final do segundo ensaio registou-se novamente os erros que cada contador de água possuía, como se pode verificar na Tabela 3.17, já com um desgaste acumulado superior.

Tabela 3.17 - Erros obtidos no final do segundo ensaio com escoamento contínuo

Erro após segundo ensaio						
Caudal (L/h)	3125	2500	1700	850	360	180
Erro 1 (%)	-2,20	-1,63	-2,10	-2,39	-4,67	-12,30
Erro 2 (%)	-1,98	-1,36	-1,87	-2,18	-4,72	-12,25
Erro 3 (%)	-1,74	-1,11	-1,63	-1,91	-4,60	-12,32
Erro médio (%)	-1,97	-1,37	-1,87	-2,16	-4,66	-12,29

Por fim, realizou-se o último ensaio com escoamento contínuo, onde as condições de funcionamento foram idênticas às que foram realizadas no segundo ensaio. Os últimos registos podem ser verificados nas tabelas 5 e 6 do anexo C. Na Tabela 3.18 encontram-se registados os erros finais dos contadores de água.

Tabela 3.18 - Erros característicos no final do último ensaio com escoamento contínuo

Erro após último ensaio						
Caudal (L/h)	3125	2500	1700	850	360	180
Erro 1 (%)	-2,56	-1,43	-1,99	-2,73	-5,21	-13,80
Erro 2 (%)	-2,62	-1,44	-1,98	-2,57	-5,19	-13,22
Erro 3 (%)	-2,46	-1,56	-1,78	-2,12	-4,97	-13,38
Erro médio (%)	-2,55	-1,48	-1,92	-2,47	-5,12	-13,47

No final de cada ensaio realizado, cada contador de água registou um determinado volume de água. Através da leitura da Tabela 3.19, pode-se verificar os volumes de água registados durante e no final do teste de envelhecimento.

Tabela 3.19 – Volumes registados pelos contadores de água durante o teste de envelhecimento

1º ensaio				2º ensaio			
Grupo 1		Grupo 2		Grupo 1		Grupo 2	
Nº série	Volume final (dm³)	Nº série	Volume final (dm³)	Nº série	Volume final (dm³)	Nº série	Volume final (dm³)
A	300440	D	299476	A	289233	D	276882
B	300632	E	299337	B	289964	E	277802
C	300931	F	301280	C	290615	F	278584
3º ensaio				Total			
Grupo 1		Grupo 2		Grupo 1		Grupo 2	
Nº série	Volume final (dm³)	Nº série	Volume final (dm³)	Nº série	Volume total (dm³)	Nº série	Volume total (dm³)
A	281377	D	260632	A	850305	D	836990
B	281998	E	261224	B	851820	E	838362
C	282649	F	261859	C	853405	F	841722

Os resultados obtidos no final dos testes de envelhecimento, mais concretamente os erros, permitem elaborar curvas de erros específicas, do modelo de contador de água em estudo, para cada caudal de consumo. Assim, através da Figura 3.6 pode-se analisar o desempenho dos contadores de água graficamente, ao longo do teste de envelhecimento desenvolvido.

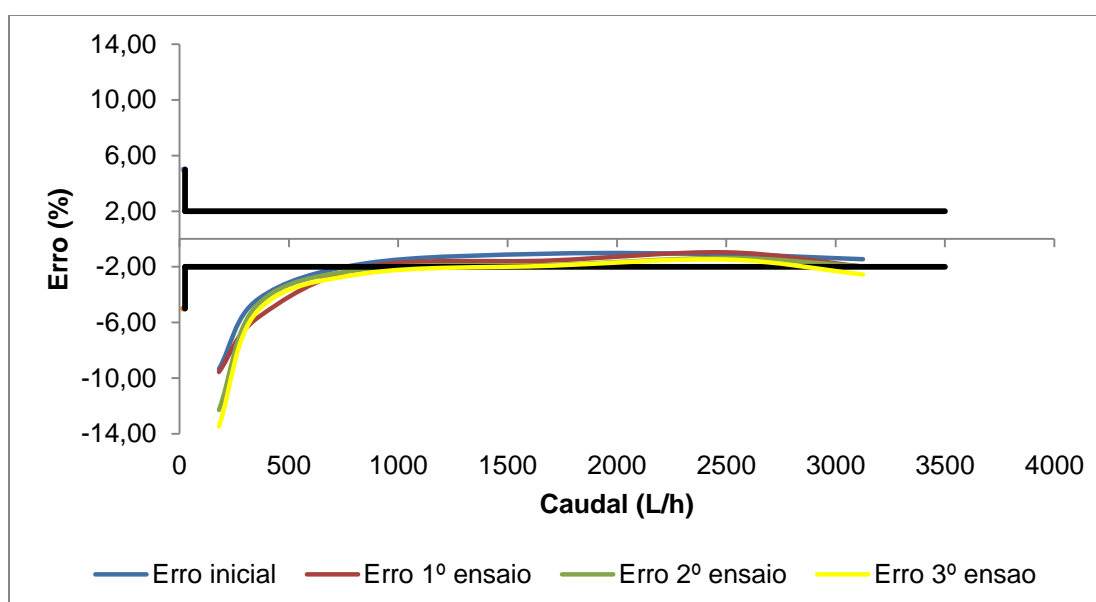


Figura 3.6 – Curva de erros característica dos contadores de água em estudo

3.4.2 TESTE DE ENVELHECIMENTO B

Neste teste de envelhecimento, foram seleccionados quatro contadores de água, onde dois encontravam-se colocados numa posição vertical, e os outros dois estavam colocados horizontalmente, estando um inclinado para a esquerda e outro para a direita.

Em termos de identificação, visto que existia um par de contadores de água na mesma posição, os resultados foram apresentados através de uma média dos resultados individuais e são representados pelo número 1. Os restantes contadores de água são representados pelos números 2 e 3.

O primeiro passo foi a determinação dos erros iniciais dos contadores de água. Sendo assim, na Tabela 3.20 pode-se analisar os erros existentes antes de se iniciar o teste de envelhecimento.

Tabela 3.20 – Erro iniciais

Erro inicial												
Caudal (L/h)	3125	2500	1350	700	300	150	80	40	22,5	12,5	6,25	3,125
Erro 1 (%)	-0,06	-0,12	0,00	0,49	1,35	1,57	1,83	1,49	1,22	0,16	-1,57	-6,08
Erro 2 (%)	-0,23	-0,17	-0,02	0,37	1,06	1,54	1,66	1,60	0,70	0,43	-1,47	-5,75
Erro 3 (%)	-0,33	-0,27	-0,12	0,49	1,17	1,48	1,67	1,55	1,22	0,52	-1,50	-5,64
Erro médio (%)	-0,21	-0,19	-0,05	0,45	1,19	1,53	1,72	1,55	1,05	0,37	-1,51	-5,82

Posteriormente, realizou-se o ensaio com escoamento descontínuo, com o Q_3 característico do modelo do contador de água e procedeu-se a 100000 interrupções com o auxílio de uma electroválvula. Os registos ao longo do ensaio podem ser consultados na tabela 1 do anexo D. Os erros resultantes deste ensaio estão expressos na Tabela 3.21.

Tabela 3.21 – Erros registados no final do ensaio com escoamento descontínuo

Erro após ensaio descontínuo												
Caudal (L/h)	3125	2500	1350	700	300	150	80	40	22,5	12,5	6,25	3,125
Erro 1 (%)	-0,15	-0,47	-0,07	0,21	0,85	1,48	1,70	1,68	1,24	-0,55	-2,38	-7,69
Erro 2 (%)	-0,33	-0,33	-0,38	0,04	0,76	1,30	1,52	1,74	1,31	-0,61	-1,82	-7,19
Erro 3 (%)	-0,45	-0,33	-0,34	0,08	0,86	1,36	1,70	1,74	0,84	-0,75	-2,22	-6,51
Erro médio (%)	-0,31	-0,38	-0,26	0,11	0,82	1,38	1,64	1,72	1,13	-0,64	-2,14	-7,13

O ensaio final foi o ensaio com escoamento contínuo, com um Q_4 característico do contador, sem interrupções durante 100 horas. Os registos do ensaio com escoamento contínuo pode ser verificado na tabela 2 do anexo D. Na Tabela 3.22 encontram-se os erros que os contadores de água apresentaram no final do teste de envelhecimento.

Tabela 3.22 - Erros registados no final do teste de envelhecimento

Erro após ensaio contínuo												
Caudal (L/h)	3125	2500	1350	700	300	150	80	40	22,5	12,5	6,25	3,125
Erro 1 (%)	-0,32	-0,35	-0,15	0,29	1,07	1,56	1,57	1,78	1,04	-0,66	-3,82	-9,49
Erro 2 (%)	-0,49	-0,51	-0,30	0,19	0,92	1,57	1,56	1,63	0,96	-0,65	-3,59	-9,69
Erro 3 (%)	-0,48	-0,93	-0,29	0,15	0,80	1,61	1,88	1,27	1,06	-0,45	-3,78	-10,12
Erro médio (%)	-0,43	-0,59	-0,25	0,21	0,93	1,58	1,67	1,56	1,02	-0,58	-3,73	-9,76

Cada contador de água, tal como no teste de envelhecimento anterior, registou volumes de água durante os ensaios realizados. Na Tabela 3.23 estão explícitos os volumes que os cotadores de água registaram.

Tabela 3.23 - Volumes registados pelos contadores de água no teste de envelhecimento

1º ensaio		2º ensaio		Total	
Nº série	Volume final (dm ³)	Nº série	Volume final (dm ³)	Nº série	Volume final (dm ³)
A	1111406	A	314319	A	1425725
B	1110301	B	314231	B	1424532
C	1108810	C	312361	C	1421171
D	1111333	D	314425	D	1425758

Por fim, tal como no teste de envelhecimento realizado nos SMSBVC, obtém-se uma curva de erros específica que demonstra o rendimento dos contadores de água após sucessivos desgastes. Essa mesma curva está explícita no gráfico presente na Figura 3.7.

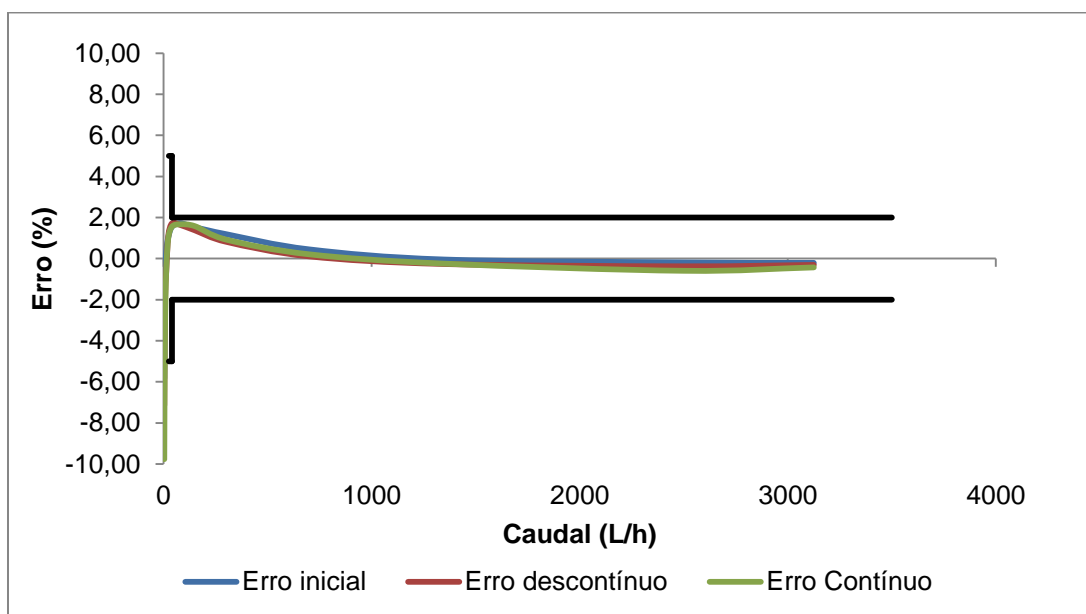


Figura 3.7 - Curva de erros caraterística do modelo em estudo

3.5 PERDAS ECONÓMICAS

As perdas económicas, referentes aos erros de medição, foram estimadas em função de rendimentos apresentados pelos contadores de água, correspondentes a um consumo doméstico.

Determinando as curvas de erros caraterísticas de um contador de água e os respetivos padrões de consumo de água, consegue-se determinar os rendimentos dos contadores de água. Após a realização dos testes de envelhecimento, conseguiu-se obter as curvas caraterísticas para ambos os contadores em estudo. De seguida, foi necessário definir um padrão de consumo de água.

A determinação do padrão de consumo de água foi realizada por intermédio de *dataloggers*. Estes foram instalados em contadores de água de determinados consumidores, pertencentes à RAA dos SMSBVC, realizando registos de minuto a minuto, durante uma semana. De acordo com o estudo realizado acerca do consumo de água no concelho de Viana do Castelo, os valores de consumo

correspondem a um consumidor tipo, constituído por 2 pessoas. A respetiva distribuição do padrão de consumo está representada graficamente, na Figura 3.8, onde cada percentagem de consumo corresponde a um determinado caudal médio.

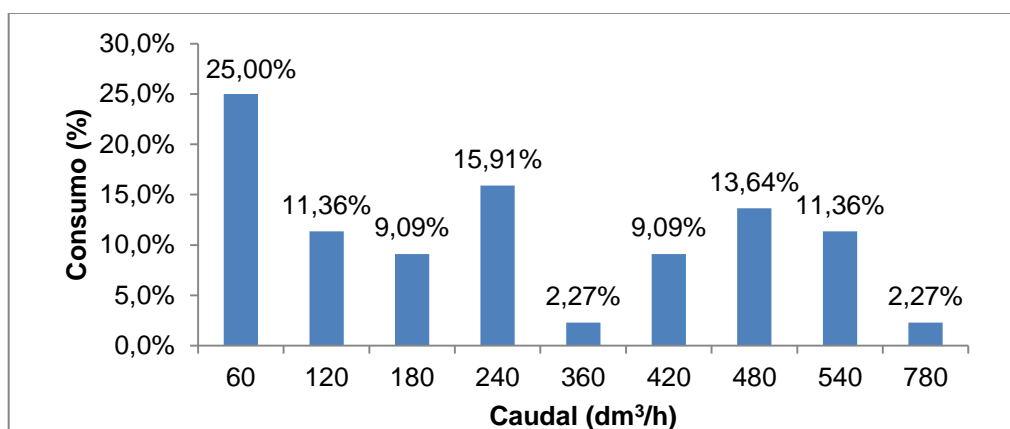


Figura 3.8 – Padrão de consumo

A partir dos testes de envelhecimento realizados, houve necessidade de ajustar o padrão de consumo, tendo em conta os diferentes caudais de análise de erros intrínsecos. Com base nos caudais seleccionados, no teste de envelhecimento desenvolvido nos SMSBVC, optou-se pela definição de intervalos de caudais, capazes de englobar as informações obtidas relativamente a cada teste. Assim, a Figura 3.9 demonstra os ajustes anteriormente referidos.

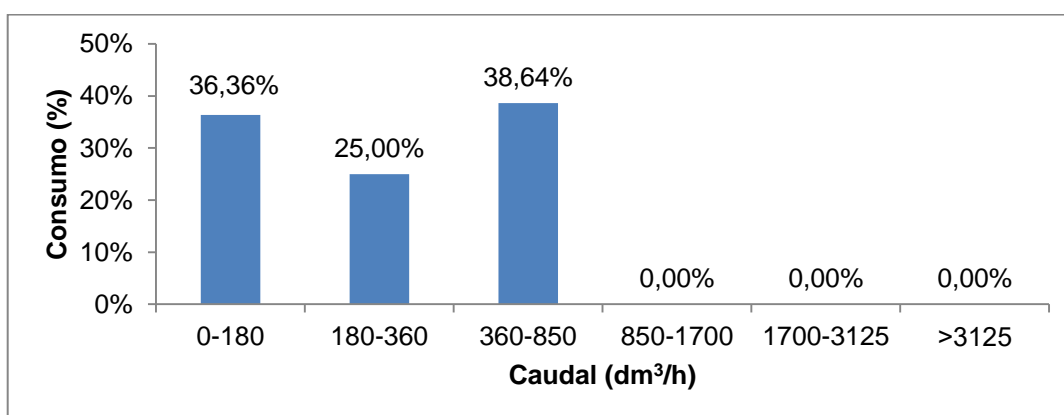


Figura 3.9 – Padrão de consumo ajustado ao teste de envelhecimento A

Seguidamente, determinou-se o rendimento dos contadores de água para diferentes intervalos de anos, ao longo da sua vida útil, a partir da equação 4, referida anteriormente. Assim, na Tabela 3.24 e Tabela 3.25 estão expressos os rendimentos em função do padrão de consumo ajustados e dos erros obtidos em ao longo do teste de envelhecimento.

Tabela 3.24 – Rendimentos dos contadores de água no teste de envelhecimento A

0-3 anos						
Intervalo de caudal (L/h)	0-180	180-360	360-850	850-1700	1700-3125	>3125
Frequência de consumo (%)	36,36%	25,00%	38,64%	0,00%	0,00%	0,00%
Erro (%)	-9,45%	-7,21%	-3,42%	-1,59%	-1,35%	-1,72%
Volume registado (%)	32,93%	23,20%	37,31%	0,00%	0,00%	0,00%
Rendimento	93,44%					
4-5 anos						
Intervalo de caudal (L/h)	0-180	180-360	360-850	850-1700	1700-3125	>3125
Frequência de consumo (%)	36,36%	25,00%	38,64%	0,00%	0,00%	0,00%
Erro (%)	-10,24%	-7,81%	-3,72%	-1,84%	-1,56%	-1,98%
Volume registado (%)	32,64%	23,05%	37,20%	0,00%	0,00%	0,00%
Rendimento	92,89%					
6-9 anos						
Intervalo de caudal (L/h)	0-180	180-360	360-850	850-1700	1700-3125	>3125
Frequência de consumo (%)	36,36%	25,00%	38,64%	0,00%	0,00%	0,00%
Erro (%)	-11,61%	-8,25%	-3,51%	-1,95%	-1,68%	-1,97%
Volume registado (%)	32,14%	22,94%	37,28%	0,00%	0,00%	0,00%
Rendimento	92,36%					
10-11 anos						
Intervalo de caudal (L/h)	0-180	180-360	360-850	850-1700	1700-3125	>3125
Frequência de consumo (%)	36,36%	25,00%	38,64%	0,00%	0,00%	0,00%
Erro (%)	-12,88%	-8,89%	-3,60%	-2,10%	-1,86%	-2,26%
Volume registado (%)	31,68%	22,78%	37,24%	0,00%	0,00%	0,00%
Rendimento	91,70%					
≥ 12 anos						
Intervalo de caudal (L/h)	0-180	180-360	360-850	850-1700	1700-3125	>3125
Frequência de consumo (%)	36,36%	25,00%	38,64%	0,00%	0,00%	0,00%
Erro (%)	-13,47%	-9,29%	-3,80%	-2,20%	-1,98%	-2,55%
Volume registado (%)	31,47%	22,68%	37,17%	0,00%	0,00%	0,00%
Rendimento	91,31%					

Tabela 3.25 - Rendimentos dos contadores de água no teste de envelhecimento B

0-3 anos						
Intervalo de caudal (L/h)	0-180	180-360	360-850	850-1700	1700-3125	>3125
Frequência de consumo (%)	36,36%	25,00%	38,64%	0,00%	0,00%	0,00%
Erro (%)	-0,16%	1,36%	0,82%	0,20%	-0,12%	-0,21%
Volume registado (%)	36,31%	25,34%	38,95%	0,00%	0,00%	0,00%
Rendimento	100,60%					
10 anos						
Intervalo de caudal (L/h)	0-180	180-360	360-850	850-1700	1700-3125	>3125
Frequência de consumo (%)	36,36%	25,00%	38,64%	0,00%	0,00%	0,00%
Erro (%)	-0,58%	1,10%	0,46%	-0,08%	-0,32%	-0,31%
Volume registado (%)	36,15%	25,27%	38,82%	0,00%	0,00%	0,00%
Rendimento	100,24%					
12 anos						
Intervalo de caudal (L/h)	0-180	180-360	360-850	850-1700	1700-3125	>3125
Frequência de consumo (%)	36,36%	25,00%	38,64%	0,00%	0,00%	0,00%
Erro (%)	-1,18%	1,25%	0,57%	-0,02%	-0,42%	-0,43%
Volume registado (%)	35,94%	25,31%	38,86%	0,00%	0,00%	0,00%
Rendimento	100,10%					

É de salientar que os erros, atribuídos no intervalo de caudais entre 0 e 180 litros por hora, são valores obtidos para o caudal de 180 litros por hora, que foi testado no caso de estudo dos SMSBVC. No caso de estudo na banca de ensaios, os valores de erro obtidos, para o intervalo de caudais entre 0 e 180 litros por hora, resultam da média dos erros dos caudais testados nesse mesmo intervalo. Por outro lado, os erros determinados para os contadores de água, igual ou superior a 12 anos, correspondem ao valor que o contador de água apresenta quando atinge, aproximadamente, a idade volumétrica de 12 anos.

Após a determinação dos rendimentos dos contadores de água, analisou-se a distribuição dos consumidores domésticos no parque de contadores dos SMSBVC, relativamente aos escalões de consumo, tarifas e idade dos seus contadores de água, tal como se encontra demonstrado na Tabela 3.26.

Tabela 3.26 – Distribuição dos consumidores domésticos dos SMSBVC

Tipo de consumidor		Escalaço	Consumo (m3)	Nº de consumidores	Nº de contadores					
					0 a 3 anos	4 a 5 anos	6 a 9 anos	10 a 11 anos	≥ 12 anos	
Consumidor doméstico	Tarifa	1º	0 a 5	19110	9645	1394	3031	1466	3574	
		2º	5 a 15	14902	7056	1026	2475	1421	2923	
		3º	15 a 25	1617	840	153	231	169	224	
		4º	> 25	166	105	13	19	12	17	
	Tarifa social	1º	0 a 15	217	115	12	34	26	30	
		2º	15 a 25	13	8	1	2	1	1	
		3º	> 25	2	2	0	0	0	0	
	Tarifa famílias numerosas	1º	0 a 15	27	11	0	6	0	0	
		2º	15 a 25	16	5	2	3	1	5	
		3º	> 25	2	2	0	0	0	0	
				Total	36072	17789	2601	5801	3096	6774
					100,00%	49,3%	7,2%	16,1%	8,6%	18,8%

Os consumidores, apesar de estarem integrados no mesmo escalaço de consumo, podem ser abrangidos por diferentes tarifas. Ou seja, o volume consumido em cada escalaço é faturado com base numa tarifa fixa e numa tarifa variável. A tarifa variável será aplicada de acordo com as características apresentadas pelo consumidor. O consumidor pode ser constituído por um agregado familiar numeroso, ou não, e pode apresentar dificuldades económicas ou não.

Com base nos dados presentes na Tabela 3.26, determinou-se o respetivo consumo dos consumidores, em 2015, que se encontravam distribuídos pelos diferentes escalaços. Estes valores encontram-se na tabela 1 do anexo E.

Os valores das tarifas, fixas e variáveis, de abastecimento de água e saneamento, aplicadas aos escalaços de consumo, definidas pelos SMSBVC, podem ser consultadas na tabela 2 do anexo E. Visto que se possui os consumos realizados por cada cliente e as tarifas em que se encontram abrangidos, na tabela 3 do anexo E estão especificados os volumes de faturação para cada escalaço de consumo.

A variação dos contadores analisados na banca de ensaios é muito baixa e, para efeitos de cálculo, pode-se assumir que um contador de água, completamente novo, possui um rendimento de 100,32% (valor resultante da média dos rendimentos, dos contadores de água, no teste de envelhecimento realizado na banca de ensaios). Consegue-se estimar o volume de água não faturado e a sua respetiva perda económica ao longo dos anos, combinando o valor faturado, em 2015, de acordo com os rendimentos obtidos para os contadores de água na instalação, e o volume de água que teria sido faturado, caso todos os contadores de água existentes no parque de contadores dos SMSBVC tivessem 100,32% de rendimento. As tabelas 4 e 5 do anexo E contêm informação sobre os volumes de água que teriam sido faturados. Assim, na Tabela 3.27 pode-se quantificar as perdas, a nível de volume de água e monetário, referentes aos erros de medição dos contadores de água.

Tabela 3.27 – Perdas associadas aos erros de medição dos contadores de água

	Volume registado (m3)	Volume registado + volume não registado (m³)	Valor faturado registado (€)	Valor faturado registado + valor não faturado (€)
	2538267	2746230	3648070	4040574
Diferença	207963		392503,90	
	3,78%		7,51%	

Tendo em consideração que um contador de água de DN 15, em média, apresenta um custo de 18 euros e a mão-de-obra associada é cerca de 7 euros, poder-se-ia substituir aproximadamente 15700 contadores de água. Ou seja, conseguia-se substituir todos os contadores de água nos SMSBVC, com idade maior ou igual a 12 anos, por 169350 euros. Caso se pretendesse instalar contadores com telemetria associada, o custo médio de um contador de água é, aproximadamente, 70 euros e, como tal, seria possível substituir 5607 contadores de água.

4 CONCLUSÕES

Após o estudo da temática das perdas aparentes, relacionadas com os erros de medição dos contadores de água, sujeitos a consumo doméstico num SAA, torna-se fundamental sintetizar todos os resultados obtidos e retirar o máximo de ilações possíveis.

No que diz respeito aos testes de envelhecimento, este tema específico revelou-se uma novidade para as partes envolvidas, pois o resultado da pesquisa bibliográfica revelou uma elevada escassez de informação disponível. Esta situação deve-se, também ao facto de todos os resultados disponíveis em testes de envelhecimento, com base na NP EN 14153:2005, poderem estar sujeitos a termos de confidencialidade.

Ao longo da análise dos erros intrínsecos e da respetiva curva de erros do teste de envelhecimento realizado na instalação, observou-se uma evolução negativa dos erros do contador de água em todos os caudais estudados. Confirma-se, igualmente, o que foi referido anteriormente, onde a variação do erro é muito maior em caudais reduzidos, contrariamente ao que sucede com caudais muito elevados. Para além disso, através da curva de erros, verifica-se que o contador de água, para baixos caudais, não consegue manter-se no chamado “túnel de erro”, revelando erros intrínsecos com impacto negativo significativo para a EG.

O outro teste de envelhecimento, realizado na banca de ensaios, incluindo um ensaio com escoamento descontínuo, o tempo de ensaio foi mais prolongado e o desgaste acumulado foi mais intenso. Os contadores de água testados nesta banca de ensaio, revelaram um bom desempenho e fiabilidade, pois mantiveram-se dentro do chamado “túnel de erro”, após sucessivos ensaios de desgaste e, os seus erros intrínsecos têm um impacto negativo muito baixo. Com base na análise da curva de erro obtida, conjuntamente com o padrão de consumo definido, este modelo de contador de água seria uma boa escolha para instalar no parque de contadores dos SMSBVC.

O volume de água perdido, correspondente aos erros de medição, expresso no balanço hídrico é de 309032 metros cúbicos. A estimativa das perdas económicas, relativamente aos erros de medição dos contadores de água domésticos, representa cerca de 207963 metros cúbicos. Ou seja, face ao volume total que foi introduzido no sistema, equivalem a 3,78% de perdas de água em volume. A nível monetário, estas perdas de água atingem cerca de, aproximadamente, 392504 euros, cerca 7,51% da receita proveniente de abastecimento de água. É de salientar que estas estimativas não incluíram a influência dos escalões de consumo mensais, pois ainda não existe metodologia desenvolvida para tal análise.

O valor monetário das perdas económicas permitiria substituir todos os contadores de água, com idade igual ou superior a 12 anos, existentes no parque de contadores dos SMSBVC, por contadores simples.

No caso de contadores de água com telemetria, visto que têm um preço mais elevado, seria aconselhável optar por este tipo de contadores em consumidores domésticos com consumos elevados, de modo a rentabilizar a sua implementação

Por fim, é de realçar que o estudo realizado nesta dissertação foi mais um pequeno passo para o desenvolvimento de informação relacionada com a temática das perdas aparentes. Por conseguinte, a realização dos testes de envelhecimento permite demonstrar possíveis benefícios para uma EG, no que diz respeito à otimização da gestão e substituição dos contadores de água nos SAA.

5 RECOMENDAÇÕES FUTURAS

Após o término dos testes de envelhecimento e do estudo dos desempenhos dos contadores de água, no qual se incluiu o caso prático do parque de contadores dos SMSBVC, algumas recomendações para trabalhos futuros podem ser tidas em conta.

Visto que, nos testes de envelhecimento desenvolvidos, apenas foram testados dois modelos de contadores de água, de DN 15, uma análise mais diversidade de modelos de contadores de água, tornar-se-ia fundamental para uma tomada de decisão mais ponderada, por parte da EG, na otimização da gestão do parque de contadores. A realização de testes de envelhecimento, com contadores de água de diâmetros mais elevados, permitirá à EG alargar ainda mais o seu conhecimento sobre o parque de contadores e aumentar a respetiva eficiência do seu SAA. No seguimento destas duas recomendações é essencial aumentar a representatividade das amostras e o número de ensaios, de modo a obter resultados mais expressivos e conclusivos.

Seria, igualmente, interessante desenvolver estudos mais aprofundados sobre padrões de consumo domésticos. Este tipo de padrão de consumo depende de muitas variáveis poderia ser estimado com maior consistência, tendo por base uma maior quantidade de amostras e tendo em conta alguns fatores, como por exemplo, o consumo de clientes distribuídos pelos diferentes escalões de consumo, por agregados familiares e variações do consumo durante a semana, fim-de-semana e entre diferentes estações do ano. Através das ZMC existentes em RAA, esta análise poderia ser realizada e potenciada.

Adicionalmente, a realização de uma análise multicritério de fatores que influenciam o rendimento dos contadores de água pode ser desenvolvida. Assim é possível definir quais os fatores com maior preponderância ao longo da vida útil e um contador de água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegre, H. et al. (2004). *Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água*. Lisboa: IRAR e LNEC.
- Alegre, H. et al. (2005). *Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição*. Lisboa: IRAR, INAG e LNEC.
- APA. (2015). *Plano Nacional da água*.
- APA. (2016). *PNUEA*. Obtido de APA:
<http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=9&sub3ref=860>
[Acedido em 9 de março de 2016]
- APDA, A. P. (2013). *20 anos do Modelo Institucional dos Serviços de água em Portugal*. IISBOA: APDA.
- Arregui, F. et al. (Setembro de 2005). KEY FACTORS AFFECTING WATER METER ACCURACY.
- Arregui, F. et al. (2006b). *Integrated Water Meter Management*. Londres: Publicação IWA.
- Arregui, F.J. et al. (2006a). *Reducing Apparent Losses Caused By Meters Inaccuracies*. Londres, UK: IWA Publishing.
- AWWA. (2012). *Water Loss Control: Apparent and Real Losses*. American Water Works Association.
- Barros, J. (2015). *Perdas aparentes em sistemas de abastecimento de água*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Cunha, A., and Rodrigues, C. (2012). *Apuramento de custos e proveitos do serviços de águas e resíduos prestados por entidades gestoras em modelo de gestão direta*. Lisboa: ERSAR.
- EPAL, E. P. (2015). *Active Water Loss Control*. Lisboa: EPAL Technical Editions.
- ERSAR. (2013a). *Nota à imprensa: Água não faturada nos sistemas de abastecimento corresponde a 167 milhões de euros anuais*. Lisboa: ERSAR.
- ERSAR. (2013b). *Os contadores domiciliários de água*. Lisboa: ERSAR.
- ERSAR. (2014). *RELATÓRIO ANUAL DOS SERVIÇOS DE ÁGUAS E RESÍDUOS EM PORTUGAL (2014), Volume 4 – Controlo da qualidade da água para consumo humano*.
- ERSAR. (2015a). *RELATÓRIO ANUAL DOS SERVIÇOS DE ÁGUAS E RESÍDUOS EM PORTUGAL (2014), Volume 1 – Caraterização geral do setor*. ERSAR.
- ERSAR. (2015b). *RELATÓRIO ANUAL DOS SERVIÇOS DE ÁGUAS E RESÍDUOS EM PORTUGAL (2014), Volume 2 – Controlo da Qualidade da Água para Consumo Humano*. ERSAR.

ERSAR. (2015c). *Nota à imprensa: A maior parte das entidades gestoras de águas e resíduos em Portugal não recupera ou desconhece o custo dos serviços*. Lisboa: ERSAR.

ERSAR. (2016a). *Evolução histórica*. Obtido de ERSAR:
<http://www.ersar.pt/website/ViewContent.aspx?GenericContentId=0&SubFolderPath=%5cRoot%5cContents%5cSítio%5cMenuPrincipal%5cQuemSomos%5cEvolucaoHistorica&Section=MenuPrincipal&FolderPath=%5cRoot%5cContents%5cSítio%5cMenuPrincipal%5cQuemSomos>

[Acedido em 8 de março de 2016]

ERSAR. (2016b). *Qualidade de serviço*. Obtido de ERSAR:
<http://www.ersar.pt/website/ViewContent.aspx?GenericContentId=0&SubFolderPath=%5cRoot%5cContents%5cSítio%5cConsumidores%5cServicos%5cQualidadeServico&Section=consumidores&FolderPath=%5cRoot%5cContents%5cSítio%5cConsumidores%5cServicos>

[Acedido em 7 de abril de 2016]

Farley, M. et al. (2008). *The Manager's Non-Revenue Water Handbook: A Guide to Understanding Water Losses*. Bangucoque, Tailândia: United States Agency for International Development.

Ferréol, E. (2005). Leakage 2005 - Conference Proceedings. *How to Measure and Reduce the Water Meter Park*.

Fontanazza, C. et al. (2014). The apparent losses due to metering errors: a proactive approach to predict losses and schedule maintenance. *Urban Water Journal*.

HRC, H. R.. *Choosing a water meter*. Obtido de Horizons Regional Council:
<https://www.horizons.govt.nz/assets/publications/managing-our-environment/publications-consents/HRC-Watermeter-Brochure-12pg-FIN.pdf>

[Acedido em 12 de abril de 2016]

Hunter, P. et al. (9 de Novembro de 2010). Water Supply and Health.

IPQ. (2014). *NP EN 14154-3: 2005+A2*. APDA.

ITRON. (2009). *EverBlu - Sistema de leitura rádio fixo*. Vila Nova de Famalicão, Portugal: ITRON.

ITRON. (2011). *AnyQuest Handheld - Solução móvel para leitura de medidores*. São Paulo, Brasil: ITRON.

ITRON. (Abril de 2016). *Produtos e soluções para Água e Energia Térmica*. Obtido de ITRON:
<https://www.itron.com/local/Portugal%20Product%20Portfolio/TD9%20PT%2004-14.pdf>

Janz - Contagem e Gestão de Fluídos. (2016). Obtido de Janz - Contagem e Gestão de Fluídos, S.A:
http://www.cgf.janz.pt/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=29&Itemid=46

[Acedido em 6 de Março de 2016]

Malheiro, R. (2011). *Controlo de perdas aparentes em sistemas de abastecimento de água com utilização de telecontagem*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

MAMAOT. (2012). *Programa Nacional para o uso Eficiente da Água*. Lisboa. [Acedido em 12 de março de 2016]

MAOTDR. (2007). *PEAASAR II Plano Estratégico de Abastecimento de água e Saneamento de águas Residuais 2007-2013*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

- Mesquita, A. e. (2012). *Relação das entidades gestoras com os utilizadores dos serviços de águas e resíduos*. Lisboa: ERSAR.
- Organization, W. H. (2003). *Domestic Water Quantity, Service, Level and Health*. Porto: Bertrand.
- Pato, J. H. (2011). *História das políticas públicas de abastecimento*. Lisboa.
- PENSAAR2020. (2014). *Uma nova Estratégia para o Setor de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais*.
- Poças-Martins, J. (2013). Os custos da água e a sua recuperação através das tarifas.
- Poças-Martins, J. (2014). *Management of Change in Water Companies*. Londres: Publicação IWA.
- Ribeiro, H. (7 de Março de 2016). *Formação em instalação e selagem de contadores*. Vila Nova de Famalicão: ITRON.
- Rizzo, A. (2006). *Apparent Water Loss Control: Theory and Application*. Itália.
- Rizzo, A., & Cilia, J. (2005). LEAKAGE 2005. *Quantifying Meter Under-Registration Caused by the Ball Valves of Roof Tanks*. Halifax, Canada.
- SMSBVC. (2015). *Relatório de Atividades e Contas*. Viana do Castelo: SMSBVC.
- SMSBVC. (2016). *História*. Obtido de Serviços Municipalizados de Saneamento Básico de Viana do Castelo.
- [Acedido em 14 de abril de 2016]
- Sousa, E. (2001). *Sistemas de Abastecimento de água*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- Teixeira, J. (2014). *Redução das Perdas Aparentes em Sistemas de Abastecimento de Água através da Detecção e Controlo de Consumos Ilícitos*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Vimagua. *Tipologias*. Obtido de Vimagua: <http://www.vimagua.pt/s/19>
- [Acedido em 30 de março de 2016]
- Water Supply and Sanitation*. Obtido de World Water Council:
<http://www.worldwatercouncil.org/library/archives/water-supply-sanitation/>
- [Acedido em 7 de março de 2016]
- WHO. (2003). *Domestic Water Quantity, Service Level and Health*. Geneve, Suíça.

ANEXOS

ANEXO A - FICHA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SERVIÇO DA SMSBVC

Ficha de avaliação da qualidade do serviço:

Indicador	Avaliação 2013	Valor do indicador (valor de referência)	Fiabilidade dos dados	Histórico 2011 - 2013	Observações
ADEQUAÇÃO DA INTERFACE COM O UTILIZADOR					
AA 01 - Acessibilidade física do serviço		94 % [90;100]	***		O valor do indicador reflete a existência de sistemas sob responsabilidade de juras de freguesia.
AA 02 - Acessibilidade económica do serviço		0,37 % [0; 0,50]	***		
AA 03 - Ocorrência de falhas no abastecimento		0,1 /(1000 ramais.ano) [0,0; 1,0]	***		
AA 04 - Água segura		99,26 % [98,50;100,00]	***		
AA 05 - Resposta a reclamações e sugestões		100 % 100	***		
SUSTENTABILIDADE DA GESTÃO DO SERVIÇO					
AA 06 - Cobertura dos gastos totais		1,4 (-) [1,0;1,1]	***		
AA 07 - Adesão ao serviço		82,2 % [65,0;100,0]	***		O valor do indicador reflete a existência de abastecimento água ou com origem alternadas.
AA 08 - Água não faturada		24,0 % [0,0;20,0]	***		
AA 09 - Adequação da capacidade de tratamento		98 % [80;100]	***		
AA 10 - Reabilitação de condutas		1,5 %/ano [1,0;4,0]	*		
AA 11 - Ocorrência de avarias em condutas		53 /(100 km.ano) [0;30]	***		
AA 12 - Adequação dos recursos humanos		3,0 /1000 ramais [2,0;3,5]	***		
SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL					
AA 13 - Perdas reais de água		57 l/(ramal.dia) [0;100]	***		
AA 14 - Cumprimento do licenciamento das captações		0 % 100	***		A entidade gestora deve promover a obtenção de títulos de utilização do domínio público hídrico para a totalidade das suas captações.
AA 15 - Eficiência energética de instalações elevatórias		0,47 kWh/(m³.100m) [0,27;0,40]	***		
AA 16 - Destino de lamas do tratamento		100 % 100	*		A entidade gestora informou que encontra a totalidade de lamas para as infraestruturas do sistema em s/b.

Avaliação: qualidade de serviço boa; qualidade de serviço mediana; qualidade de serviço insatisfatória; alerta; NA não aplicável; NR não respondeu

Fiabilidade dos dados: * a menor fiabilidade e *** a maior fiabilidade

Recomendações:

A entidade gestora deve promover um esforço de melhoria particularmente do(s) indicador(es) com avaliação insatisfatória.
A entidade gestora deve adotar procedimentos para aumentar a fiabilidade da informação reportada.

Figura A.1- Ficha de avaliação da qualidade do serviço da SMSBVC

ANEXO B – INSTALAÇÃO ATUAL

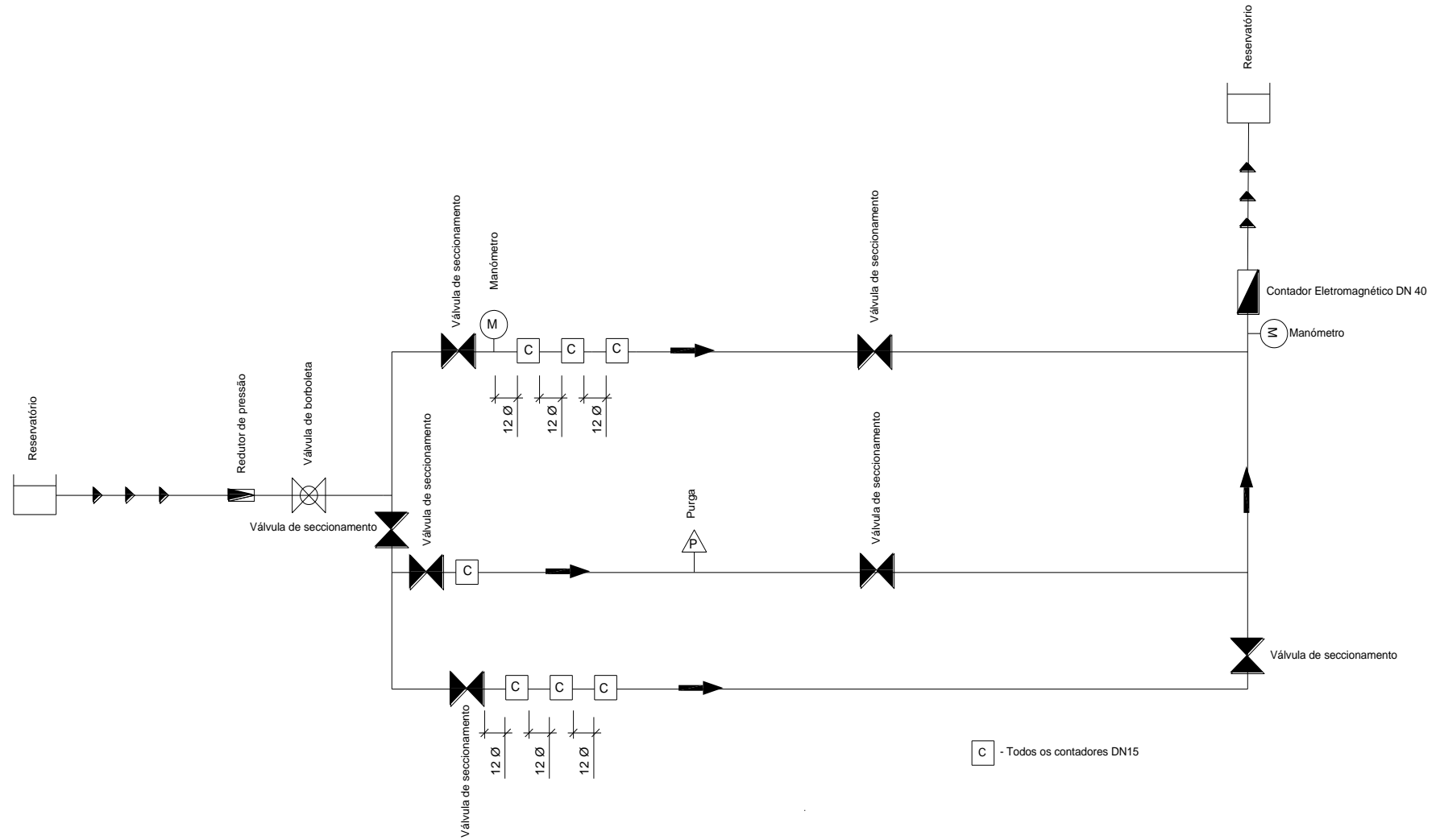


Figura B.1 – Instalação atual para realização de testes de envelhecimento

ANEXO C – TESTE DE ENVELHECIMENTO A

Tabela C.1- Registo do primeiro ensaio com escoamento contínuo do grupo 1

Ensaio com escoamento contínuo (100 h)													
Nº série	Leitura inicial (dm³)	Leitura final (dm³)	Início do ensaio				Fim do ensaio				Tempo de ensaio (h)	Volume registado no contador (dm³)	Caudal real médio (dm³/h)
			Data	Hora	Pressão (bar)		Data	Hora	Pressão (bar)				
					Entrada	Saída			Entrada	Saída			
A	14026	86680	01/06/2016	16h50	7	0,5	02/06/2016	16h50	7,3	0,5	24	72654	3087
B	13928	86585										72657	
C	14100	86766										72666	
A	86680	159390	02/06/2016	16h50	7,3	0,5	03/06/2016	16h50	7,4	0,5	24	72710	3090
B	86585	159275										72690	
C	86766	159520										72754	
A	159390	231228	03/06/2016	16h50	7,4	0,5	04/06/2016	16h50	7,5	0,5	24	71838	3061
B	159275	231173										71898	
C	159520	231520										72000	
A	231228	302270	04/06/2016	16h50	7,5	0,5	05/06/2016	16h50	7,5	0,5	24	71042	3024
B	231173	302340										71167	
C	231520	302890										71370	
A	302270	314466	05/06/2016	16h50	7,5	0,5	05/06/2016	20h50	7,5	0,5	4	12196	3120
B	302340	314560										12220	
C	302890	315031										12141	

Tabela C.2- Registo do primeiro ensaio com escoamento contínuo do grupo 2

Ensaio com escoamento contínuo (100 h)													
Nº série	Leitura inicial (dm ³)	Leitura final (dm ³)	Início do ensaio				Fim do ensaio				Tempo de ensaio (h)	Volume registado no contador (dm ³)	Caudal real médio (dm ³ /h)
			Data	Hora	Pressão (bar)		Data	Hora	Pressão (bar)				
					Entrada	Saída			Entrada	Saída			
D	10174	81943	7/06/2016	16h24	4,6	0,3	08/06/2016	16h24	4,6	0,3	24	71769	3052
E	10187	81955										71768	
F	12422	84413										71991	
D	81943	153070	08/06/2016	16h24	4,6	0,3	09/06/2016	16h24	4,6	0,3	24	71127	3030
E	81955	153120										71165	
F	84413	155908										71495	
D	153070	224867	09/06/2016	16h24	4,6	0,3	10/06/2016	16h24	4,8	0,3	24	71797	3057
E	153120	224835										71715	
F	155908	228096										72188	
D	224867	297078	10/06/2016	16h24	4,8	0,3	11/06/2016	16h24	5	0,3	24	72211	3074
E	224835	296920										72085	
F	228096	300698										72602	
D	297078	309650	11/06/2016	16h24	5	0,3	11/06/2016	20h24	5,1	0,3	4	12572	3157
E	296920	309524										12604	
F	300698	313702										13004	

Tabela C.3 -Registo do segundo ensaio com escoamento contínuo do grupo 1

Ensaio contínuo (125 h)													
Nº série	Leitura inicial (dm ³)	Leitura final (dm ³)	Início do ensaio				Fim do ensaio				Tempo de ensaio (h)	Volume registado no contador (dm ³)	Caudal real médio (dm ³ /h)
			Data	Hora	Pressão (bar)		Data	Hora	Pressão (bar)				
					Entrada	Saída			Entrada	Saída			
A	317301	374836	13/06/2016	16h50	3	0,3	14/06/2016	16h50	3,6	0,3	24	57535	2494
B	317393	374996										57603	
C	317855	375617										57762	
A	374836	430493	14/06/2016	16h50	3,6	0,3	15/06/2016	16h50	3,7	0,3	24	55657	2452
B	374996	430808										55812	
C	375617	431560										55943	
A	430493	489005	15/06/2016	16h50	3,7	0,3	16/06/2016	16h50	4	0,3	24	58512	2542
B	430808	489510										58702	
C	431560	490424										58864	
A	489005	546845	16/06/2016	16h50	4	0,3	17/06/2016	16h50	5	0,3	24	57840	2501
B	489510	547524										58014	
C	490424	548541										58117	
A	546845	606534	17/06/2016	16h50	5	0,3	18/06/2016	16h50	5	0,3	24	59689	2153
B	547524	607357										59833	
C	548541	608470										59929	
A	606534	618930	18/06/2016	16h50	5	0,3	18/06/2016	21h50	5	0,3	5	12396	2148
B	607357	619800										12443	
C	608470	620951										12481	

Tabela C.4- Registo do segundo ensaio com escoamento contínuo do grupo 2

Ensaio contínuo (125 h)													
Nº série	Leitura inicial (dm ³)	Leitura final (dm ³)	Início do ensaio				Fim do ensaio				Tempo de ensaio (h)	Volume registado no contador (dm ³)	Caudal real médio (dm ³ /h)
			Data	Hora	Pressão (bar)		Data	Hora	Pressão (bar)				
					Entrada	Saída			Entrada	Saída			
D	315762	374520	13/06/2016	16h50	3	0,3	14/06/2016	16h50	3,6	0,3	24	58758	2493
E	315579	374475										58896	
F	319466	378569										59103	
D	374520	433110	14/06/2016	16h50	3,6	0,3	15/06/2016	16h50	4	0,3	24	58590	2452
E	374475	433292										58817	
F	378569	437542										58973	
D	433110	492988	15/06/2016	16h50	4	0,3	16/06/2016	16h50	5	0,3	24	59878	2541
E	433292	493435										60143	
F	437542	497832										60290	
D	492988	551781	16/06/2016	16h50	5	0,3	17/06/2016	16h50	5	0,3	24	58793	2502
E	493435	552472										59037	
F	497832	557007										59175	
D	551781	592644	17/06/2016	16h50	5	0,3	18/06/2016	16h50	5	0,3	24	40863	2153
E	552472	593380										40908	
F	557007	598050										41043	
D	592644	601151	18/06/2016	16h50	5	0,3	18/06/2016	21h50	5	0,3	5	8507	2148
E	593380	601884										8504	
F	598050	606573										8523	

Tabela C.5 - Registo do último ensaio com escoamento contínuo do grupo 1

Ensaio contínuo (114 h)													
Nº série	Leitura inicial (dm ³)	Leitura final (dm ³)	Início do ensaio				Fim do ensaio				Tempo de ensaio (h)	Volume registado no contador (dm ³)	Caudal real médio (dm ³ /h)
			Data	Hora	Pressão (bar)		Data	Hora	Pressão (bar)				
					Entrada	Saída			Entrada	Saída			
A	620651	686986	20/06/2016	14h35	5,6	0,4	21/06/2016	14h35	6,7	0,5	24	66335	2766
B	621511	688011										66500	
C	622659	689287										66628	
A	686986	747418	21/06/2016	14h35	6,7	0,5	22/06/2016	14h35	7	0,5	24	60432	2543
B	688011	748614										60603	
C	689287	750063										60776	
A	747418	805540	22/06/2016	14h35	7	0,5	23/06/2016	14h35	7	0,5	24	58122	2440
B	748614	806857										58243	
C	750063	808456										58393	
A	805540	860817	23/06/2016	14h35	7	0,5	24/06/2016	14h35	7	0,5	24	55277	2219
B	806857	862239										55382	
C	808456	863965										55509	
A	860817	902028	24/06/2016	14h35	7	0,5	25/06/2016	8h35	7	0,5	18	41211	2201
B	862239	903509										41270	
C	863965	905307										41342	

Tabela C.6- Registo do último ensaio com escoamento contínuo do grupo 2

Ensaio contínuo (114 h)													
Nº série	Leitura inicial (dm³)	Leitura final (dm³)	Início do ensaio				Fim do ensaio				Tempo de ensaio (h)	Volume registado no contador (dm³)	Caudal real médio (dm³/h)
			Data	Hora	Pressão (bar)		Data	Hora	Pressão (bar)				
					Entrada	Saída			Entrada	Saída			
D	617909	680506	20/06/2016	14h35	5,6	0,4	21/06/2016	14h35	6,7	0,5	24	62597	2766
E	618684	681440										62756	
F	623413	686392										62979	
D	680506	738502	21/06/2016	14h35	6,7	0,5	22/06/2016	14h35	7	0,5	24	57996	2543
E	681440	739600										58160	
F	686392	744715										58323	
D	738502	792553	22/06/2016	14h35	7	0,5	23/06/2016	14h35	7	0,5	24	54051	2440
E	739600	793898										54298	
F	744715	799112										54397	
D	792553	842352	23/06/2016	14h35	7	0,5	24/06/2016	14h35	7	0,5	24	49799	2219
E	793898	843931										50033	
F	799112	849215										50103	
D	842352	878541	24/06/2016	14h35	7	0,5	25/06/2016	8h35	7	0,5	18	36189	2201
E	843931	879907,8										35977	
F	849215	885272										36057	

ANEXO D – TESTE DE ENVELHECIMENTO B

Tabela D.1- Registo do ensaio com escoamento descontínuo

Ensaio com escoamento descontínuo (100000 Ciclos)																	
POSIÇÃO	Leitura Inicial (dm ³)	Leitura Final (dm ³)	Início do Ensaio					Fim do Ensaio					Tempo Ensaio h/min	Volume registado no contador (dm ³)	Nº Total Interrupções	Caudal real médio (dm ³ /h)	Nº Interrupções Diárias
			Data	hora	Pressão (bar)		Água Cº	Data	hora	Pressão (bar)		Água Cº					
					Entrada	Saída				Entrada	Saída						
H	1934	31696	03/03/2016	10h10	6	3,5	18	04/03/2016	10h10	6	3	21	24h	29762	2696	2484	2696
H	1922	31663												29741		2482	
D	1913	31671												29758		2484	
E	1925	31657												29732		2481	
H	31696	61925	04/03/2016	10h10	6	3	21	05/03/2016	10h10	6	3	21	24h	30229	5392	2523	2696
H	31663	61868												30205		2521	
D	31671	61877												30206		2521	
E	31657	61880												30223		2522	
H	61925	91838	05/03/2016	10h10	6	3	21	06/03/2016	10h10	6	3	20	24h	29913	8087	2497	2695
H	61868	91763												29895		2496	
D	61877	91767												29890		2495	
E	61880	91785												29905		2497	
H	91838	121826	06/03/2016	10h10	6	3	20	07/03/2016	10h05	6	3	19	23h55	29988	10775	2510	2688
H	91763	121717												29954		2507	
D	91767	121726												29959		2508	
E	91785	121760												29975		2509	
H	121826	151888	07/03/2016	10h05	6	3	19	08/03/2016	10h05	6	3	20	24h	30062	13470	2510	2695
H	121717	151752												30035		2508	
D	121726	151759												30033		2507	
E	121760	151811												30051		2509	
H	151888	181831	08/03/2016	10h05	6	3	20	09/03/2016	10h05	6	3	21	24h	29943	16165	2500	2695
H	151752	181686												29934		2499	
D	151759	181675												29916		2498	
E	151811	181748												29937		2499	

Tabela D.1- Registo do ensaio com escoamento descontínuo

H	181831	211530	09/03/2016	10h05	6	3	21	10/03/2016	10h05	6	3	21	24h	29699	18860	2480	2695
H	181686	211382												29696		2479	
D	181675	211350												29675		2478	
E	181748	211446												29698		2479	
H	211530	241760	10/03/2016	10h05	6	3	21	11/03/2016	10h05	6	3	21	24h	30230	21555	2524	2695
H	211382	241611												30229		2524	
D	211350	241571												30221		2523	
E	211446	241681												30235		2524	
H	241760	271973	11/03/2016	10h05	6	3	21	12/03/2016	10h05	6	3	21	24h	30213	24251	2521	2696
H	241611	271825												30214		2522	
D	241571	271782												30211		2521	
E	241681	271895												30214		2522	
H	271973	301929	12/03/2016	10h05	6	3	21	13/03/2016	10h05	6	3	20	24h	29956	26947	2500	2696
H	271825	301783												29958		2500	
D	271782	301713												29931		2498	
E	271895	301841												29946		2499	
H	301929	331812	13/03/2016	10h05	6	3	20	14/03/2016	10h05	6	3	20	24h	29883	29642	2495	2695
H	301783	331664												29881		2495	
D	301713	331574												29861		2493	
E	301841	331718												29877		2494	
H	331812	361781	14/03/2016	10h05	6	3	20	15/03/2016	10h05	6	3	20	24h	29969	32336	2503	2694
H	331664	361619												29955		2502	
D	331574	361511												29937		2500	
E	331718	361677												29959		2502	
H	361781	392141	15/03/2016	10h05	6	3	20	16/03/2016	10h05	6	3	20	24h	30360	35030	2536	2694
H	361619	391967												30348		2535	
D	361511	391866												30355		2535	
E	361677	392036												30359		2536	

D.1- Registo do ensaio com escoamento descontínuo

H	392141	422286	16/03/2016	10h05	6	3	20	17/03/2016	10h05	6	3	20	24h	30145	37722	2520	2692
H	391967	422099												30132		2518	
D	391866	422017												30151		2520	
E	392036	422187												30151		2520	
H	422286	452039	17/03/2016	10h05	6	3	20	18/03/2016	10h05	6	3	20	24h	29753	40416	2485	2694
H	422099	451844												29745		2484	
D	422017	451768												29751		2485	
E	422187	451941												29754		2485	
H	452039	481729	18/03/2016	10h05	6	3	20	19/03/2016	10h05	6	3	20	24h	29690	43110	2480	2694
H	451844	481509												29665		2478	
D	451768	481452												29684		2479	
E	451941	481635												29694		2480	
H	481729	511201	19/03/2016	10h05	6	3	20	20/03/2016	10h05	6	3	20	24h	29472	45805	2461	2695
H	481509	510973												29464		2460	
D	481452	510915												29463		2460	
E	481635	511111												29476		2461	
H	511201	541003	20/03/2016	10h05	6	3	19	21/03/2016	10h05	6	3	19	24h	29802	48500	2488	2695
H	510973	540736												29763		2485	
D	510915	540694												29779		2486	
E	511111	540912												29801		2488	
H	541003	571003	21/03/2016	10h05	6	3	19	22/03/2016	10h05	6	3	19	24h	30000	51194	2506	2694
H	540736	570716												29980		2504	
D	540694	570674												29980		2504	
E	540912	570912												30000		2506	
H	571003	600759	22/03/2016	10h05	6	3	19	23/03/2016	10h05	6	3	19	24h	29756	53889	2484	2695
H	570716	600470												29754		2484	
D	570674	600437												29763		2485	
E	570912	600669												29757		2484	

Tabela D.1- Registo do ensaio com escoamento descontínuo

H	600759	630461	23/03/2016	10h05	6	3	19	24/03/2016	10h05	6	3	19	24h	29702	56585	2479	2696
H	600470	630143												29673		2476	
D	600437	630123												29686		2478	
E	600669	630370												29701		2479	
H	630461	660286	24/03/2016	10h05	6	3	19	25/03/2016	10h05	6	3	19	24h	29825	59280	2490	2695
H	630143	659924												29781		2486	
D	630123	659929												29806		2488	
E	630370	660190												29820		2490	
H	660286	689969	25/03/2016	10h05	6	3	19	26/03/2016	10h05	6	3	19	24h	29683	61974	2479	2694
H	659924	689557												29633		2475	
D	659929	689595												29666		2478	
E	660190	689869												29679		2479	
H	689969	719550	26/03/2016	10h05	6	3	19	27/03/2016	10h05	6	3	19	24h	29581	64670	2469	2696
H	689557	719085												29528		2464	
D	689595	719160												29565		2467	
E	689869	719443												29574		2468	
H	719550	749333	27/03/2016	10h05	6	3	19	28/03/2016	10h05	6	3	19	24h	29783	67365	2487	2695
H	719085	748826												29741		2483	
D	719160	748931												29771		2486	
E	719443	749228												29785		2487	
H	749333	779316	28/03/2016	10h05	6	3	20	29/03/2016	10h05	6	3	20	24h	29983	70061	2502	2696
H	748826	778772												29946		2499	
D	748931	778912												29981		2502	
E	749228	779208												29980		2502	
H	779316	808767	29/03/2016	10h05	6	3	20	30/03/2016	10h05	6	3	20	24h	29451	72755	2460	2694
H	778772	808188												29416		2457	
D	778912	808368												29456		2460	
E	779208	808655												29447		2459	

Tabela D.1- Registo do ensaio com escoamento descontínuo

H	808767	839179	30/03/2016	10h05	6	3	20	31/03/2016	10h05	6	3	19	24h	30412	75452	2537	2697
H	808188	838519												30331		2530	
D	808368	838797												30429		2539	
E	808655	839086												30431		2539	
H	839179	869533	31/03/2016	10h05	6	3	20	01/04/2016	10h05	6	3	20	24h	30354	78148	2533	2696
H	838519	868910												30391		2536	
D	838797	869061												30264		2526	
E	839086	869453												30367		2534	
H	869533	899935	01/04/2016	10h05	6	3	20	02/04/2016	10h05	6	3	20	24h	30402	80846	2535	2698
H	868910	899290												30380		2534	
D	869061	899260												30199		2518	
E	869453	899865												30412		2536	
H	899935	930176	02/04/2016	10h05	6	3	20	03/04/2016	10h05	6	3	20	24h	30241	83542	2524	2696
H	899290	929596												30306		2529	
D	899260	929375												30115		2513	
E	899865	930104												30239		2524	
H	930176	959235	03/04/2016	10h05	6	3	20	04/04/2016	10h05	6	3	20	23h	29059	86118	2538	2576
H	929596	958590												28994		2532	
D	929375	958085												28710		2508	
E	930104	959160												29056		2538	
H	959235	989773	04/04/2016	10h05	6	3	20	05/04/2016	10h05	6	3	20	24h	30538	88814	2549	2696
H	958590	988978												30388		2536	
D	958085	988410												30325		2531	
E	959160	989703												30543		2549	
H	989773	1020180	05/04/2016	10h05	6	3	20	06/04/2016	10h05	6	3	20	24h	30407	91508	2540	2694
H	988978	1019319												30341		2534	
D	988410	1018593												30183		2521	
E	989703	1020117												30414		2540	

Tabela D.1- Registo do ensaio com escoamento descontínuo

H	1020180	1050492	06/04/2016	10h05	6	3	20	07/04/2016	10h05	6	3	20	24h	30312	94202	2532	2694
H	1019319	1049560												30241		2526	
D	1018593	1048656												30063		2511	
E	1020117	1050440												30323		2533	
H	1050492	1079560	07/04/2016	10h05	6	3	20	08/04/2016	10h05	6	3	19	24h	29068	96897	2427	2695
H	1049560	1078546												28986		2420	
D	1048656	1077382												28726		2398	
E	1050440	1079492												29052		2425	
H	1079560	1108877	08/04/2016	10h05	6	3	19	09/04/2016	10h05	6	3	20	24h	29317	99590	2449	2693
H	1078546	1107775												29229		2442	
D	1077382	1106318												28936		2418	
E	1079492	1108797												29305		2448	
H	1108877	1113340	09/04/2016	10h05	6	3	20	10/04/2016	10h05	6	3	20	3h42	4463	100000	2449	410
H	1107775	1112223												4448		2441	
D	1106318	1110723												4405		2417	
E	1108797	1113258												4461		2448	

Tabela D.2 - Registo do ensaio com escoamento contínuo

Ensaio com escoamento em contínuo (100 horas)															
POSIÇÃO	Leitura Inicial (dm3)	Leitura Final (dm3)	Início do Ensaio					Fim do Ensaio					Tempo Ensaio h / min	Volume registado no contador (dm³)	Caudal real médio (dm3/h)
			Data	hora	Pressão (bar)		Água Cº	Data	hora	Pressão (bar)		Água Cº			
					Entrada	Saída				Entrada	Saída				
H	1115185	1190784	11/04/2016	8h35	5,8	2	18	12/04/2016	8h35	5,8	2	20	24h	75599	3150
H	1114069	1189642												75573	3149
D	1112513	1187662												75149	3131
E	1115094	1190708												75614	3151
H	1190784	1266997	12/04/2016	8h35	5,8	2	20	13/04/2016	8h35	5,8	2	19	24h	76213	3176
H	1189642	1265837												76195	3175
D	1187662	1263404												75742	3156
E	1190708	1266940												76232	3176
H	1266997	1343188	13/04/2016	8h35	5,8	2	19	14/04/2016	8h35	5,8	2	19	24h	76191	3175
H	1265837	1342006												76169	3174
D	1263404	1339112												75708	3155
E	1266940	1343158												76218	3176
H	1343188	1417136	14/04/2016	8h35	5,8	2	19	15/04/2016	8h35	5,8	2	19	24h	73948	3081
H	1342006	1415964												73958	3082
D	1339112	1412613												73501	3063
E	1343158	1417171												74013	3084
H	1417136	1429504	15/04/2016	8h35	5,8	2	19	15/04/2016	12h35	5,8	2	20	4h	12368	3092
H	1415964	1428300												12336	3084
D	1412613	1424874												12261	3065
E	1417171	1429519												12348	3087

ANEXO E – TARIFAS, VOLUME CONSUMIDO E VOLUME FATURADO NOS SMSBVC

Tabela E.1 - Volumes de água consumidos nos SMSBVC em 2015

Tipo de consumidor		Escalão	Consumo (m ³)	Nº de consumidores	Consumo / ano (m ³)	Consumo / dia (m ³)	Consumo / cliente.dia ⁻¹ (m ³)	Consumo / cliente.mês ⁻¹ (m ³)
Consumidor doméstico	Tarifa	1º	0 a 5	19110	463025	1268,56	0,07	1,99
		2º	5 a 15	14902	1623860	4448,93	0,30	8,96
		3º	15 a 25	1617	354792	972,03	0,60	18,03
		4º	> 25	166	68363	187,30	1,13	33,85
	Tarifa social	1º	0 a 15	217	16784	45,98	0,21	6,36
		2º	15 a 25	13	2777	7,61	0,59	17,56
		3º	> 25	2	815	2,23	1,12	33,50
	Tarifa famílias numerosas	1º	0 a 15	27	3538	9,69	0,36	10,77
		2º	15 a 25	16	3498	9,58	0,60	17,97
		3º	> 25	2	815	2,23	1,12	33,49

Tabela E.2 - Tarifas de abastecimento de água e saneamento aplicáveis nos SMSBVC em 2015

Tarifas							
			Abastecimento de água		Saneamento		
Tipo de consumidor	Escalão	Consumo (m ³)	Fixa (€)	Variável (€)	Fixa (€)	Variável (€)	
Consumidor doméstico	Tarifa	1º	0 a 5	3,3000	0,5300	2,8500	0,5500
		2º	5 a 15		0,9900		1,0000
		3º	15 a 25		1,5700		1,5700
		4º	> 25		1,9800		1,9800
	Tarifa social	1º	0 a 15	Isento	0,4510	Isento	0,4510
		2º	15 a 25		1,3741		1,3741
		3º	> 25		1,8813		1,8813
	Tarifa famílias numerosas	1º	0 a 15	3,3000	0,5300	2,8500	0,5500
		2º	15 a 25		0,9900		1,0000
		3º	> 25		1,5700		1,5700

Tabela E.3 - Volumes faturados, em cada escalão, nos SMSBVC em 2015

Tipo de consumidor		Escalão	Consumo (m3)	Consumo / cliente.mês (m3)	Consumo faturado até 5 m3	Valor faturado (€)	Consumo faturado de 5 a 15 m3	Valor faturado (€)	Consumo faturado de 15 a 25 m3	Valor faturado (€)	Valor faturado / cliente.mês (€)	Valor faturado / mês (€)	Valor faturado / ano (€)
Consumidor doméstico	Tarifa	1º	0 a 5	1,99	1,99	2,15	0,00	0,00	0,00	0,00	2,15	41101,40	493216,77
		2º	5 a 15	8,96	5,00	5,40	3,96	7,87	0,00	0,00	13,27	197797,11	2373565,33
		3º	15 a 25	18,03	5,00	5,40	13,03	25,94	0,00	0,00	31,34	50673,01	608076,15
		4º	> 25	33,85	5,00	5,40	15,00	29,85	13,85	37,16	72,41	12020,23	144242,80
Tipo de consumidor		Escalão	Consumo (m3)	Consumo / cliente.mês (m3)	Consumo faturado até 15 m3	Valor faturado (€)	Consumo faturado de 15 a 25 m3	Valor faturado (€)	Valor faturado / cliente.mês (€)	Valor faturado / mês (€)	Valor faturado / ano (€)	Valor total faturado / ano (€)	
Consumidor doméstico	Tarifa social	1º	0 a 15	6,36	6,36	5,73	0,00	0,00	5,73	1244,32	14931,78	3648069,99	
		2º	15 a 25	17,56	15,00	13,53	2,56	7,03	20,56	267,26	3207,10		
		3º	> 25	33,49	15,00	13,53	18,49	50,82	64,35	128,71	1544,47		
	Tarifa famílias numerosas	1º	0 a 15	10,77	10,77	11,63	0,00	0,00	11,63	314,06	3768,70		
		2º	15 a 25	17,97	15,00	16,20	2,97	5,91	22,11	353,74	4244,86		
		3º	> 25	33,49	15,00	16,20	18,49	36,80	53,00	106,00	1272,03		

Tabela E.4 - Volumes de água consumidos nos SMSBVC com contadores de água de 100,32% de rendimento

Tipo de consumidor		Escalão	Consumo (m3)	Nº de consumidores	Consumo / ano (m3)	Consumo / dia (m3)	Consumo / cliente.dia (m3)	Consumo / cliente.mês (m3)
Consumidor doméstico	Tarifa	1º	0 a 5	19110	501126	1372,95	0,07	2,16
		2º	5 a 15	14902	1758462	4817,70	0,32	9,70
		3º	15 a 25	1617	383736	1051,33	0,65	19,51
		4º	> 25	166	73802	202,20	1,22	36,54
	Tarifa social	1º	0 a 15	217	18157	49,75	0,23	6,88
		2º	15 a 25	13	2998	8,21	0,63	18,95
		3º	> 25	2	875	2,40	1,20	35,96
	Tarifa famílias numerosas	1º	0 a 15	27	2401	6,58	0,24	7,31
		2º	15 a 25	16	3798	10,41	0,65	19,51
		3º	> 25	2	875	2,40	1,20	35,96

Tabela E.5 - Volumes faturados, em cada escalão, nos SMSBVC com contadores de água de 100,32% de rendimento

Tipo de consumidor		Escalão	Consumo (m ³)	Consumo / cliente.mês (m ³)	Consumo faturado até 5 m ³	Valor faturado (€)	Consumo faturado de 5 a 15 m ³	Valor faturado (€)	Consumo faturado de 15 a 25 m ³	Valor faturado (€)	Valor faturado / cliente.mês (€)	Valor faturado/mês (€)	Valor faturado/ano (€)
Consumidor doméstico	Tarifa	1º	0 a 5	2,16	2,16	2,33	0,00	0,00	0,00	0,00	2,33	44483,53	533802,31
		2º	5 a 15	9,70	5,00	5,40	4,70	9,35	0,00	0,00	14,75	219812,79	2637753,52
		3º	15 a 25	19,51	5,00	5,40	14,51	28,87	0,00	0,00	34,27	55407,14	664885,67
		4º	> 25	36,54	5,00	5,40	15,00	29,85	16,54	51,94	87,19	14473,71	173684,54
Tipo de consumidor		Escalão	Consumo (m ³)	Consumo / cliente.mês (m ³)	Consumo faturado até 15 m ³	Valor faturado (€)	Consumo faturado de 15 a 25 m ³	Valor faturado (€)	Valor faturado / cliente.mês (€)	Valor faturado/mês (€)	Valor faturado/ano (€)	Valor total faturado/ano (€)	
Consumidor doméstico	Tarifa social	1º	0 a 15	6,88	6,88	6,20	0,00	0,00	6,20	1346,11	16153,31	4040573,89	
		2º	15 a 25	18,95	15,00	13,53	3,95	10,86	24,39	317,13	3805,55		
		3º	> 25	35,96	15,00	13,53	20,96	57,60	71,13	142,25	1707,05		
	Tarifa famílias numerosas	1º	0 a 15	7,31	7,31	7,90	0,00	0,00	7,90	213,17	2558,03		
		2º	15 a 25	19,51	15,00	16,20	4,51	8,98	25,18	402,85	4834,14		
		3º	> 25	35,96	15,00	16,20	20,96	41,71	57,91	115,81	1389,76		