



Estudo sobre Perdas de Água

NUNO VALENTE NEVES

Outubro de 2015

ESTUDO SOBRE PERDAS DE ÁGUA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

Mestrado em Engenharia Civil

Ramo de Gestão da Construção

NUNO VALENTE NEVES

Orientador: Eng.º Eduardo Vivas

Supervisor: Dr. João Vilaça

Relatório de Estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em
Engenharia Civil — Ramo de Gestão da Construção

OUTUBRO 2015

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras	xiii
Índice de Quadros	xvii
1 Introdução.....	1
2 Enquadramento do Setor da Água e da Empresa	7
3 Fundamentos Teóricos.....	15
4 Trabalho Desenvolvido	37
5 Conclusões e Observações.....	129
Referências Bibliográficas	131

RESUMO

O presente relatório resulta de um estudo realizado na empresa Águas do Douro e Paiva, S.A. (AdDP), atual Águas do Norte, S.A., sob a forma de estágio curricular, com a duração de seis meses e que teve como tema as perdas de água na rede da empresa.

Inicialmente é feito um enquadramento ao tema onde se aborda o setor das águas em Portugal, a importância do mesmo na sociedade Portuguesa e as suas principais características. É apresentada também uma introdução à empresa onde foi realizado o estágio e, posteriormente, são apresentados fundamentos teóricos relativos às perdas de água onde se incluem as diversas fases de abordagem ao problema, métodos de medição dos caudais e técnicas de localização de fugas.

De modo a comparar resultados já obtidos pela empresa, foi feito um levantamento de dados anuais e mensais para o cálculo do balanço hídrico e indicadores de desempenho para toda a rede da empresa. A informação obtida foi traduzida sob a forma de gráficos e os resultados foram comparados com os resultados da empresa e com os valores recomendados pela Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR).

Tendo em conta a problemática em estudo, foi desenvolvida uma folha de cálculo de auxílio à gestão que permite obter valores para as perdas de água diárias para os subsistemas de Lever e do Vale do Sousa e onde a informação é apresentada sob a forma de gráficos. Os vários passos necessários ao desenvolvimento da folha de cálculo são descritos no presente relatório e é explicado o funcionamento e distribuição dos diversos componentes da rede.

Palavras-chave: Perdas de água, abastecimento de água, indicadores, desempenho, balanço hídrico

ABSTRACT

This report results from a study in the company Águas do Douro e Paiva, S.A. (AdDP), currently Águas do Norte, S.A., in the form of a curricular internship, lasting six months and the theme was water losses on the company's network.

Initially, a research was made and it addresses the Water Sector in Portugal, its importance in Portuguese society and its main features. An introduction to the company where the internship took place is also made and, after that, theoretical foundations related to the water loss theme are presented where the following topics are included: the various stages of approach to the water loss problem, methods for measuring the flow of water and leakage location techniques.

In order to compare the results obtained by the company, a survey of annual and monthly data was made with the purpose of calculating the water balance and the performance indicators for the whole company's network. The information obtained was then translated in the form of graphics and the results were compared with the company's results and with the recommended values by the Regulatory Authority for Water and Waste Services (ERSAR).

Taking into account the problem under study, a spreadsheet was developed which automatically calculates values for the daily water losses for the subsystems of Lever and Vale do Sousa and where the information is presented in the form of graphics. The various steps needed to develop the spreadsheet are described in this report and the operation and distribution of the various components of the network are explained.

Keywords: Waterloss, water supply, performance indicators, water balance

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Águas do Douro e Paiva, S.A. e ao Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) a oportunidade de realizar um estágio em ambiente empresarial.

Ao meu orientador, engenheiro Eduardo Vivas, por toda a disponibilidade, conselhos e por todo o interesse que demonstrou em todos os assuntos no decorrer deste estágio.

À engenheira Sara Vieira, que me orientou na empresa, me ajudou na integração, me forneceu dados para o desenvolvimento do relatório e discutiu todas as questões relevantes surgidas.

Aos engenheiros José Tavares e João Ferreira, por toda a ajuda prestada no esclarecimento de questões relacionadas com a rede da empresa e pela discussão dos vários temas abordados.

Ao doutor João Vilaça, pela apresentação da empresa, pela discussão dos temas a ser abordados no estudo e pela disponibilidade sempre demonstrada.

Aos meus amigos que fizeram sempre parte desta caminhada e que muito contribuíram para este longo percurso.

À minha namorada pela paciência que teve, por todo o apoio dado e por me incentivar sempre.

E, por último, mas com a maior importância, à minha família que é por eles que concluo esta fase e é devido a eles que sou quem sou hoje.

A todos vós, obrigado!

ÍNDICE DE TEXTO

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras	xiii
Índice de Quadros	xvii
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento e Objetivos.....	1
1.2 Estrutura do Documento	4
2 Enquadramento do Setor da Água e da Empresa.....	7
2.1 Setor da Água em Portugal.....	7
2.2 A empresa.....	10
3 Fundamentos Teóricos.....	15
3.1 Perdas de Água	15
3.2 Abordagem ao problema das perdas de água.....	18
3.3 Avaliação das Perdas de Água no Sistema.....	20
3.4 Medição de caudal em escoamentos sob pressão	22
3.4.1 Caudalímetros eletromagnéticos	22
3.4.2 Caudalímetros ultrassónicos	26
3.4.3 Requisitos Hidráulicos de Instalação	30

3.5	Localização de fugas.....	32
4	Trabalho Desenvolvido.....	37
4.1	Sistema de captação, tratamento e distribuição do Douro Litoral.....	37
4.2	Balanço Hídrico e Indicadores de Desempenho	48
4.2.1	Sistema Global	49
4.2.2	Lever	62
4.2.3	Vale do Sousa.....	69
4.2.4	Baixo Tâmega.....	73
4.3	Controlo Diário de Perdas.....	77
4.3.1	Lever	85
4.3.2	Vale do Sousa.....	115
4.3.3	Folha de controlo diário.....	124
5	Conclusões e Observações	129
	Referências Bibliográficas.....	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 - Serviço de Abastecimento de Água (RASARP 2013)	2
Figura 2.1 - Selos de certificação da empresa (www.addp.pt)	13
Figura 3.1 - Entradas e Saídas de água num sistema de abastecimento (ALEGRE et al, 2005)	15
Figura 3.2 - Fases de abordagem ao problema (ALEGRE et al, 2005)	19
Figura 3.3 - Constituição de um caudalímetro eletromagnético:	23
Figura 3.4 - Esquema do primário de um caudalímetro eletromagnético tubular (IRAR, LNEC, 2006)	24
Figura 3.5 - Esquematização do funcionamento do primário de um caudalímetro eletromagnético de inserção (IRAR, LNEC, 2006).....	25
Figura 3.6 - Constituição de um caudalímetro ultrassónico tubular (IRAR, LNEC, 2006).....	27
Figura 3.7 - Esquematização do princípio de transdução de um caudalímetro ultrassónico de tempo de trânsito, de trajeto único e transmissão por reflexão (IRAR, LNEC, 2006)	28
Figura 3.8 - Caudalímetro com transdutores sobre a conduta (IRAR, LNEC, 2006)	28
Figura 3.9 - Esquematização de um caudalímetro ultrassónico Doppler (IRAR, LNEC, 2006)	29
Figura 3.10 - Exemplos de instalações adequadas e inadequadas do primário de um caudalímetro eletromagnético tubular (IRAR, LNEC, 2006).....	31
Figura 3.11 - Tecnologia "Smartball" (WRc Assess & Adress)	34
Figura 3.12 - "Sahara" Leak Location System (WRc Assess & Adress)	35
Figura 4.1 - Sistema Multimunicipal de abastecimento à área sul do Grande Porto	38
Figura 4.2 - Sistema de captação, tratamento e abastecimento de água da AdDP.....	39
Figura 4.3 - Divisão de subsistemas da rede AdDP	42
Figura 4.4 - ETA de Lever (www.adnorte.pt).....	43

Figura 4.5 - Captação Superficial (www.addp.pt).....	43
Figura 4.6 – Filtros (www.addp.pt).....	44
Figura 4.7 - Geradores de Ozono (www.addp.pt)	44
Figura 4.8 - Tanques de mistura de coagulante e floculante na água (www.addp.pt)	45
Figura 4.9 - Tanques de flutuação e filtração (www.addp.pt).....	45
Figura 4.10 – Clorómetros (www.addp.pt).....	46
Figura 4.11 - Centro de recolha de amostras (www.addp.pt).....	46
Figura 4.12 - Tratamento de Lamas (www.addp.pt)	47
Figura 4.13 - Grupo Eletrobombas (www.addp.pt).....	47
Figura 4.14 - Adutora Ramalde-Galegos que estabelece a ligação entre Lever e o Vale do Sousa (AdDP,2015)	48
Figura 4.15 - Cálculo da água não faturada.....	53
Figura 4.16 - Cálculo da ineficiência na utilização de recursos hídricos.....	54
Figura 4.17 - Quilómetros de conduta em 2014 e 2015.....	55
Figura 4.18 - Dias de Faturação	57
Figura 4.19 - Valor da perda nas condutas de água bruta e no tratamento no mês de janeiro de 2014	58
Figura 4.20 - Valor da fuga nas condutas de adução no mês de janeiro de 2014.....	58
Figura 4.21 - Condutas de saída da ETA	67
Figura 4.22 - Caudalímetro instalado à saída da ETA	67
Figura 4.23 - Separador “Índice” da folha de cálculo para Lever	80
Figura 4.24 - Excerto do separador "Identificação"	81
Figura 4.25 – Exemplo do código de cores utilizado da folha de cálculo.....	82
Figura 4.26 - Excerto do separador "Dados Totalizadores"	83
Figura 4.27 - Excerto do separador "Volumes Diários"	84
Figura 4.28 - Esquema do funcionamento do subsistema de Lever	85

Figura 4.29 - Excerto do separador "Água Captada" para o subsistema de Lever.....	86
Figura 4.30 - <i>Data loggers</i> da captação Montante	86
Figura 4.31 - <i>Data logger</i> da captação LPE.....	86
Figura 4.32 - <i>Data loggers</i> da captação superficial	87
Figura 4.33 - Excerto do separador "Água Produzida"	88
Figura 4.34 - Excerto do separador "Dados ETA"	88
Figura 4.35 - Planta do RAT	89
Figura 4.36 - Excerto do separador "Dados RAT"	90
Figura 4.37 - Excerto do separador "Variação Volumes"	90
Figura 4.38 - Excerto do separador "Perdas ETA"	91
Figura 4.39 - Intervenção no Reservatório de Água Tratada	93
Figura 4.40 - Excerto do separador "Dados Reservatórios do Sistema Adutor"	94
Figura 4.41 - Excerto do separador "Variação de nível"	94
Figura 4.42 - Excerto do separador "Volumes"	95
Figura 4.43 - Excerto do quadro com as variações de volumes totais, por subsistemas e setores	95
Figura 4.44 - Reservatórios presentes na Rede AdDP (GUEDES, 2014)	97
Figura 4.45 – Excerto do separador “Percentagens Lagoa”	98
Figura 4.46 - Excerto do separador "Dados"	99
Figura 4.47 - Excerto do separador "Consume-PE"	100
Figura 4.48 - Faturação dos municípios e subsistemas.....	101
Figura 4.49 - Excerto do separador "Perdas Sistema Adutor"	101
Figura 4.50 - Esquema de funcionamento das ETA com os respetivos caudalímetros.....	116
Figura 4.51 - <i>Data loggers</i> das produções de água nas ETA do Vale do Sousa	116
Figura 4.52 - Excerto do separador “Água Captada” para o subsistema do Vale do Sousa.....	117
Figura 4.53 - Excerto do separador “Água Faturada” para o Vale do Sousa.....	117
Figura 4.54 - Excerto do separador "Perdas Globais"	118

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1.1 - Cronograma de atividades	4
Quadro 2.1 - Principais características do setor (ERSAR, grandes números do setor, 2013)	10
Quadro 3.1 - Cálculo do Balanço Hídrico (ALEGRE et al, 2005).....	20
Quadro 3.2 - Valores típicos da incerteza de medição padrão para velocidades médias de escoamento ≥ 1 m/s (IRAR, LNEC, 2006)	26
Quadro 3.3 - Valores típicos da incerteza de medição padrão para velocidades médias de escoamento ≥ 1 m/s (IRAR, LNEC, 2006)	30
Quadro 4.1 - Características dos subsistemas da AdDP	40
Quadro 4.2 - Balanço Hídrico do Sistema Global em 2014	51
Quadro 4.3 - Indicadores de desempenho para o ano de 2014 do Sistema Global	55
Quadro 4.4 - Perdas médias diárias mensais do Sistema Global em 2014	59
Quadro 4.5 - Perdas médias diárias mensais do Sistema Global em 2015	59
Quadro 4.6 - Balanço Hídrico do subsistema de Lever em 2014	63
Quadro 4.7 - Balanço Hídrico do subsistema do Vale do Sousa em 2014	70
Quadro 4.8 - Balanço Hídrico do subsistema do Baixo Tâmega em 2014	74
Quadro 4.9 - Informação presente no separador “Índice” da folha de cálculo para Lever	79
Quadro 4.10 - Legenda do código de cores	82
Quadro 4.11 - Excerto da folha de dados base dos totalizadores	83
Quadro 4.12 - Características do RAT	89
Quadro 4.13 - Lista de reservatórios para os setores de Lever	96
Quadro 4.14 – Legenda do intervalo de dias considerado no cálculo das médias	109

Quadro 4.15 - Médias semanais do mês de abril para o subsistema de Lever	112
Quadro 4.16 - Médias semanais do mês de maio para o subsistema de Lever	113
Quadro 4.17 - Médias semanais do mês de junho para o subsistema de Lever	113
Quadro 4.18 - Lista de reservatórios para o Vale do Sousa	118
Quadro 4.19 - Médias semanais do mês de maio para o subsistema do Vale do Sousa	122
Quadro 4.20 - Médias semanais do mês de junho para o subsistema do Vale do Sousa	122

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS

A água é um bem essencial à vida e que tem tendência a tornar-se num bem escasso, com o aumento da procura de água e uma provável diminuição dos recursos hídricos por força de alterações do clima, em especial em algumas regiões do globo, como a zona Sul da Europa. Como tal, existe a necessidade de utilizar este recurso de forma consciente, eficiente e sustentável.

Um contributo para um aproveitamento eficiente dos recursos hídricos passa por reduzir as perdas de água ao nível das principais utilizações.

Numa das principais utilizações, o abastecimento urbano, os serviços fornecidos pelas entidades gestoras do setor são o de abastecer as populações de água própria para consumo humano e de assegurar a drenagem, transporte e tratamento de águas residuais urbanas. No presente trabalho e, uma vez que se aborda a problemática das perdas de água, destaca-se o abastecimento de água, em que o processo integral compreende as fases de captação, tratamento, elevação, transporte, armazenamento, distribuição e utilização de água (Figura 1.1).

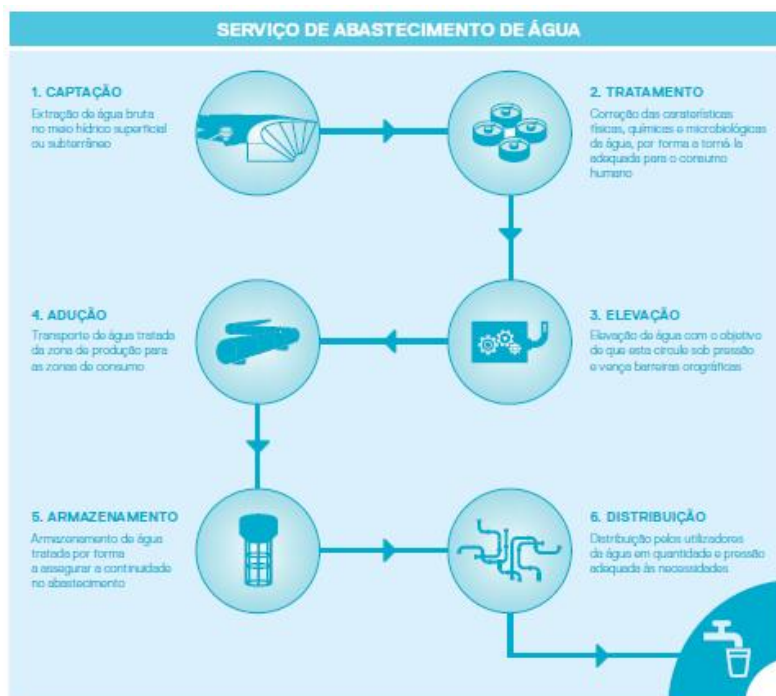


Figura 1.1 - Serviço de Abastecimento de Água (RASARP 2013)

Os serviços de águas e resíduos designam-se por sistemas em alta e em baixa. Os sistemas em alta integram as fases de captação, tratamento e transporte de água, geralmente sem consumo de percurso e fazem a ligação do meio hídrico aos sistemas em baixa. Incluem, na sua maioria, instalações elevatórias e reservatórios de água bruta e água tratada. Os sistemas em baixa são responsáveis por distribuir a água tratada e são geralmente dotados de uma rede de distribuição que leva a água até ao consumidor final e onde podem existir também instalações elevatórias e reservatórios de armazenamento de água tratada.

As perdas de água acabam, então, por ser inevitáveis e inerentes às características desse tipo de sistemas (enterrados, sob pressão e sujeitos a assentamentos, quebras, etc.) constituindo um problema que tende a agravar-se com a idade dos sistemas. No entanto, ao longo dos últimos anos tem-se assistido ao desenvolvimento de métodos e tecnologias que permitem limitar essas perdas e aumentar a eficiência dos sistemas de distribuição, seja ao nível da utilização de métodos de deteção de fugas e perdas, seja ao nível de investimentos e sistemas de gestão e controlo ativos. Promover a redução de perdas é, então, fundamental porque uma elevada ineficiência traz prejuízos tanto aos operadores como aos consumidores, reduzindo a qualidade do serviço e contribuindo para o aumento do custo da água que é efetivamente faturada.

A água perdida nestas situações representa um recurso que foi previamente tratado, para níveis considerados ótimos pelas entidades reguladoras, e bombeado (com gastos de energia no caso de estações elevatórias) para chegar aos clientes com uma pressão adequada ao serviço contratado. De facto, a água e a energia são indissociáveis e as escolhas feitas num destes recursos têm consequências diretas ou indiretas no outro, que podem ser positivas ou negativas. No caso dos sistemas de abastecimento de água a energia é crucial para a extração e distribuição de água própria para consumo (UNWWDR, 2014).

Tendo em conta este problema, a empresa Águas do Douro e Paiva, S.A. (AdDP), atual Águas do Norte, S.A., no âmbito do estágio desenvolvido, sugeriu um conjunto de objetivos a atingir aplicando um estudo ao seu sistema. Os objetivos são de seguida apresentados:

- Compilação de dados mensais/anuais para cálculo do balanço hídrico e indicadores de desempenho do sistema de abastecimento de água Douro Litoral;
- Elaboração de uma folha de cálculo de auxílio à gestão para controlo de perdas diárias;
- Apresentação da informação numa folha diária de fácil interpretação;

Para atingir os objetivos foi necessário cumprir um conjunto de etapas, tarefas e prazos de forma a obter um rumo que facilitasse a obtenção de resultados positivos. Esse conjunto de etapas, ou plano de trabalhos, é apresentado de seguida:

1. Pesquisa bibliográfica sobre diversos temas relacionados com a indústria das águas. A pesquisa incluiu aspetos gerais do setor a nível mundial, pesquisa de dados relacionados com o setor a nível nacional, leitura de guias técnicos nacionais e internacionais referentes à temática das perdas de água, estudo dos diversos tipos de caudalímetros existentes, estudo dos indicadores de desempenho adequados à empresa, familiarização e aprendizagem da rede de distribuição da empresa, forma de operar o sistema, métodos de trabalho e base de dados.
2. Levantamento de dados de cadastro mensais e anuais com o objetivo de calcular o balanço hídrico e os indicadores de desempenho mais adequados ao sistema em alta da AdDP, incluindo uma análise de resultados.
3. Após análise do funcionamento do sistema e análise das características dos caudalímetros, planeou-se e elaborou-se uma folha de cálculo com o objetivo de controlar o nível de perdas

de água diárias para o sistema da empresa. O objetivo final consiste na apresentação de resultados de forma simples e facilitando a sua interpretação.

O estágio teve a duração de 6 meses, de fevereiro de 2015 a julho de 2015, tal como definido na ficha da unidade curricular de Dissertação/Projeto/Estágio. Tendo em conta a duração total, com vista a gerir o tempo de realização das tarefas, foi elaborada uma cronologia com durações expectáveis e que foram, de forma genérica, cumpridas:

Quadro 1.1 - Cronograma de atividades

Objetivos	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho
1						
2						
3						

1.2 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

O presente documento está organizado em cinco capítulos diferentes. Nesses capítulos encontram-se descritos os conhecimentos e estudos desenvolvidos no decorrer do estágio curricular.

Apresenta-se de seguida a organização do documento:

Capítulo 1 – Introdução – Neste capítulo encontra-se um enquadramento genérico do relatório, os objetivos a cumprir no estágio, o âmbito do conteúdo e a sua estrutura.

Capítulo 2 – Enquadramento da empresa e do setor da água – No capítulo 2 é feita a apresentação do setor da água e das suas principais características bem como da empresa onde foi realizado o estágio, o seu histórico, os princípios pelos quais se rege e as certificações e infraestruturas que possui.

Capítulo 3 – Fundamentos Teóricos – Estão aqui presentes as informações detalhadas mais relevantes retiradas da pesquisa bibliográfica e que foram essenciais para o desenvolvimento deste documento com a finalidade de atingir os objetivos propostos.

Capítulo 4 – Trabalho desenvolvido – Neste capítulo está contida toda a informação relativa ao trabalho desenvolvido ao longo de todo o período de estágio onde se inclui o cálculo de indicadores de desempenho e realização do balanço hídrico, para o sistema global e diferentes subsistemas, o cálculo das perdas diárias e a apresentação de resultados de forma simplificada.

Capítulo 5 – Conclusões e observações – Neste capítulo apresentam-se as conclusões retiradas do trabalho desenvolvido e observações consideradas relevantes.

2 ENQUADRAMENTO DO SETOR DA ÁGUA E DA EMPRESA

2.1 SETOR DA ÁGUA EM PORTUGAL

O setor da Água em Portugal fornece um serviço público de interesse geral que é essencial ao bem-estar das populações, à saúde pública, à segurança, à proteção ambiental e às atividades económicas do País. Pela importância que tem deve respeitar uma série de princípios, sendo os mais relevantes a universalidade de acesso, a qualidade do serviço, a eficiência e a equidade de preços.

Em Portugal, historicamente, o abastecimento público de água estava sob o domínio das autarquias, regulando os serviços de águas e assumindo diversas configurações desde a reorganização política dos serviços de saúde pública ocorrida no final do século XIX.

Na década de 1980, verificavam-se níveis de cobertura bastante baixos, tanto nas redes de abastecimento como também nas de drenagem de águas residuais e algumas zonas apresentavam problemas de falta de água. O cenário começou a alterar-se quando, em 1986, Portugal adere à Comunidade Económica Europeia (CEE) que dotou o Estado Português com meios financeiros que permitiu um investimento no setor. Com esta mudança estavam reunidas as condições para modificar profundamente a estratégia do setor e para cumprir os objetivos de melhorar a cobertura e a qualidade do serviço prestado aos cidadãos. Atualmente, o enquadramento jurídico e institucional identificável resulta da estratégia definida para o setor e que foi apresentada em 1993, na sequência da adesão à CEE. Esta estratégia assentava nas seguintes linhas de orientação (RASARP, 2013):

- Atribuir a responsabilidade dos serviços de distribuição de água e de saneamento de águas residuais às autarquias, devendo este investimento ser complementado pela Administração Central, no que se refere a atividades em alta, através da criação de sistemas multimunicipais, com gestão empresarial (responsáveis pela alta);

- Instituir a possibilidade de gestão indireta destas atividades por parte dos municípios, mediante a sua concessão a empresas privadas especializadas na gestão e na exploração deste tipo de sistemas;
- Criar, nos sistemas multimunicipais, condições para uma gestão partilhada com os municípios, abrindo ainda a possibilidade de participação de capitais e de conhecimento privados. É nesta altura que surge a criação da empresa pública Águas de Portugal – AdP SGPS, SA (AdP), no que respeita ao serviço de águas, e é atribuída à já existente Empresa Geral de Fomento (EGF) o cargo de planear e gerir as participações deste grupo público no mercado dos resíduos.

Os sistemas multimunicipais surgem com o principal objetivo de envolver os diversos municípios na procura de soluções para sistemas em alta devido aos grandes investimentos a realizar e da complexidade das situações ambientais e técnicas a resolver (BOAVENTURA, 2013).

A regulação destes serviços surge a partir de 1995, intensificando-se em 2003, quando o Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR) atribui regulação a nível estrutural, económico, de qualidade do serviço, de qualidade da água para consumo humano, da interface com os consumidores e de monitorização legal e contratual às entidades gestoras de serviços de águas. Surge, em 2006, a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR) que alargou o âmbito da regulação a todas as entidades gestoras em Portugal continental (RASARP, 2013).

A aprovação e publicação do Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR) 2000-2006 continuou a desenvolver um conjunto de políticas para o setor que vieram implementar estratégias que visavam melhorar a cobertura do País em abastecimento de águas e saneamento. Este plano desempenhou um papel essencial na estruturação do setor de abastecimento e de saneamento e tinha como objetivos a procura de soluções social, ambiental e economicamente sustentáveis para o setor. Com o prolongar no tempo, algumas questões fundamentais não ficaram resolvidas e, terminado o período de vigência do PEAASAR I, foram designadas novas políticas e orientações que após aprovadas deram origem ao Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR II) 2007-2013. O PEAASAR II dá sequência ao plano anterior mas introduz algumas alterações. Aprovado pelo Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional a 28 de Dezembro de 2006 e publicado em Diário da República através do despacho nº 2339/2007 (2ª Série), de 14 de Fevereiro, define objetivos e medidas a implementar no período de 2007-2013 (ERSAR, INAG; 2009):

- A universalidade, a continuidade e a qualidade do serviço;
- A sustentabilidade do setor, melhorando a produtividade e eficiência;
- A proteção dos valores de saúde pública e ambiental.

Atualmente, uma comissão criada pelo despacho nº 9304/2013, de 2 de julho, elaborou a proposta PENSAAR 2020 – Uma nova Estratégia para o Setor de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais – que tem por base os seguintes pressupostos (APA, 2014):

- Dar continuidade aos planos anteriores assentando a nova estratégia nos pilares do PEAASAR I e II;
- Identificar e clarificar os problemas que afetam o setor;
- Basear a estratégia no cumprimento de objetivos de sustentabilidade nas vertentes técnica, ambiental, económica, financeira e social de modo a criar um contexto de aceitação global a médio (2014-2020) e a longo prazo (para além de 2020);
- Aliar a estratégia de sustentabilidade a médio e longo prazo a uma parceria ganhadora em que todos os atores setoriais possam obter ganhos partilhados e, desta forma, dar um salto qualitativo no setor;
- Criar uma estratégia dinâmica que possa ser assegurada através de um Grupo de Apoio à Gestão (GAG) e que este garanta a boa gestão do setor de forma contínua, formulada no Plano de Gestão proposto, incluindo a monitorização e atualização anual do PENSAAR 2020 a partir de uma plataforma de informação setorial que integre os dados de todas as entidades gestoras responsáveis pelo planeamento e regulação do setor a nível nacional, partilhada por todos os parceiros setoriais e acessível aos utilizadores e cidadãos;
- Contribuir para um setor de excelência que deve apresentar um desempenho elevado num contexto que exige solidariedade e equidade.

De forma a avaliar e entender simplificada a dimensão do setor de águas e resíduos apresenta-se de seguida o Quadro 2.1 onde se encontram grandes números e curiosidades acerca do mesmo.

Quadro 2.1 - Principais características do setor (ERSAR, grandes números do setor, 2013)

198 litros	Consumo de água médio diário por habitante em 2013
95%	Alojamentos em Portugal continental servidos por sistemas públicos de abastecimento de água em 2013
82%	Alojamentos em Portugal continental servidos por sistemas públicos de drenagem e tratamento de águas residuais urbanas em 2013
100%	Alojamentos em Portugal continental servidos por sistemas públicos de recolha e tratamento de resíduos urbanos em 2013
6,9 milhões	Habitantes servidos por entidades gestoras concessionárias de saneamento de águas residuais em Portugal (em alta)
6,6 milhões	Habitantes servidos por entidades gestoras concessionárias de resíduos urbanos em Portugal (em alta)
21,39 €	Encargo médio mensal para o utilizador doméstico (10 m ³ mês) com os serviços públicos de águas e resíduos em 2013
10,47 €	Encargo médio mensal para o utilizador doméstico (10 m ³ mês) com o serviço de abastecimento de água em 2013

2.2 A EMPRESA

O estágio decorreu na empresa Águas do Douro e Paiva, S.A. (AdDP) que, ainda durante o período de estágio, mas na sua fase final, sofreu uma agregação na empresa Águas do Norte, S.A. juntamente com as seguintes empresas e respetivos sistemas sob sua gestão: Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, S.A., SIMDOURO – Saneamento do Grande Porto, S.A. e Águas do Noroeste, S.A.

Não obstante, o objeto de estudo deste estágio permaneceu como correspondente ao sistema anteriormente sob exploração da AdDP, designado, atualmente, por sistema Douro Litoral. Atualmente, o sistema Douro Litoral inclui também os sistemas “em baixa” e de águas residuais mas, no presente relatório, apenas o sistema “em alta” será tratado.

A Águas do Douro e Paiva, S.A. (AdDP) era uma empresa pertencente ao Grupo Águas de Portugal. Com o intuito de gerir os recursos hídricos da segunda maior concentração urbana do país foi constituída a sociedade Águas do Douro e Paiva e, em julho de 1996 foi celebrado o Contrato de Concessão e o seu sistema em exploração abrangia os concelhos de Arouca, Castelo de Paiva, Cinfães, Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Oliveira de Azeméis, Ovar, Porto, São João da Madeira, Santa Maria da Feira, Valongo e Vila Nova de Gaia.

No entanto, em janeiro de 1998, o Estado Português alargou o espaço de concessão à Região do Vale do Sousa passando a fazer parte da zona abastecida pelo Sistema os municípios de Felgueiras, Lousada, Paços de Ferreira e Paredes (o município de Penafiel não assinou o contrato de fornecimento nem concretizou a integração na AdDP). Em 2006, foi assinado um contrato de fornecimento de água para o Município de Vale de Cambra e no ano de 2009 foram, ainda, aprovadas as propostas de alargamento aos Municípios de Amarante e Baião, ficando, desta forma, a AdDP responsável pela conceção, construção e gestão do sistema de captação, tratamento e distribuição em alta de água a 20 Municípios que são acionistas e clientes da empresa simultaneamente, com a exceção de Vale de Cambra que é apenas cliente.

É de extrema importância que as empresas tenham bem definidos os princípios pelos quais se regem e operam. É nomeadamente fundamental para todas as partes envolvidas conhecerem a visão, missão, política empresarial e código de conduta da empresa de forma a existir um maior envolvimento e uma maior identificação com o trabalho desenvolvido. O contacto com estes valores, no âmbito do estágio desenvolvido, revelaram-se de extrema importância e foram sem dúvida um ponto positivo e de preparação para o futuro. Uma vez que a maior parte do período do estágio ainda se desenrolou na empresa Águas do Douro e Paiva, S.A., enunciam-se, de seguida, os diversos princípios fundamentais daquela empresa (Manual de acolhimento, AdDP, 2014):

1. Missão

A AdDP define de forma ambiciosa a sua missão no manual de acolhimento da seguinte forma:

“Conceber, construir e gerir o sistema de captação, tratamento e Adução de água em alta do Grande Porto Sul, garantindo aos municípios aderentes o fornecimento de quantidades necessárias de um produto de qualidade através de processos de produção eficientes e respeitadores dos valores sociais e ambientais mais elevados.”

2. Visão

A visão da AdDP foca-se essencialmente na contribuição para o desenvolvimento da região e por ser uma empresa de referência. No manual de acolhimento pode ler-se:

“Ser uma empresa de referência no setor da indústria de água e um instrumento eficaz para o desenvolvimento da região em que se insere.”

3. Política empresarial

“A Águas do Douro e Paiva, assumindo o compromisso de contribuir ativamente para o desenvolvimento sustentado dos serviços do abastecimento de água e para a concretização das metas estabelecidas para o setor, coloca o seu empenho no cumprimento das obrigações e responsabilidades sociais para com os acionistas, clientes, colaboradores, concedente, fornecedores e comunidade.”

Com isto, a empresa aplica uma estratégia de negócio que assenta em cinco princípios:

- Satisfação do Cliente;
- Motivação dos Colaboradores;
- Gestão Responsável dos Processos;
- Melhoria Contínua e Inovação;
- Comunicação de Desempenho.

Partindo destas orientações estratégicas, a AdDP assume um papel de relevância no desenvolvimento da região onde está inserida, assim como na promoção da proteção do meio ambiente e respetiva valorização junto da população.

4. Certificações

Para além do que foi referido anteriormente, a AdDP possui um conjunto de normas que visam melhorar o funcionamento da empresa e que foram implementadas cobrindo as áreas da saúde e segurança dos seus colaboradores, da qualidade e do ambiente. Este conjunto de normas traduz-se em termos práticos num Sistema de Gestão Integrada (SGI). O SGI é certificado nas vertentes de Gestão da Qualidade (ISO 9001), Gestão do Ambiente (ISO 14001) e Gestão de Segurança (OSHAS 18001).

Para além dos certificados anteriormente referidos, em 2006 juntou também os requisitos da norma SA 8000 que diz respeito à Responsabilidade Social e o referencial NP EN ISO/IEC 17025 que certifica os laboratórios de ensaio e calibração.



Figura 2.1 - Selos de certificação da empresa (www.addp.pt)

3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.1 PERDAS DE ÁGUA

Como foi referido anteriormente, as perdas de água são uma das principais fontes de ineficiência presentes nas entidades gestoras de abastecimento de água e é portanto importante combatê-las e reduzi-las ao máximo de forma a melhorar a eficiência da gestão.

Na Figura 3.1 estão representadas as principais entradas e saídas de água num sistema de abastecimento típico, por ordem sequencial, desde a captação da água bruta até ao consumo final por parte dos clientes.

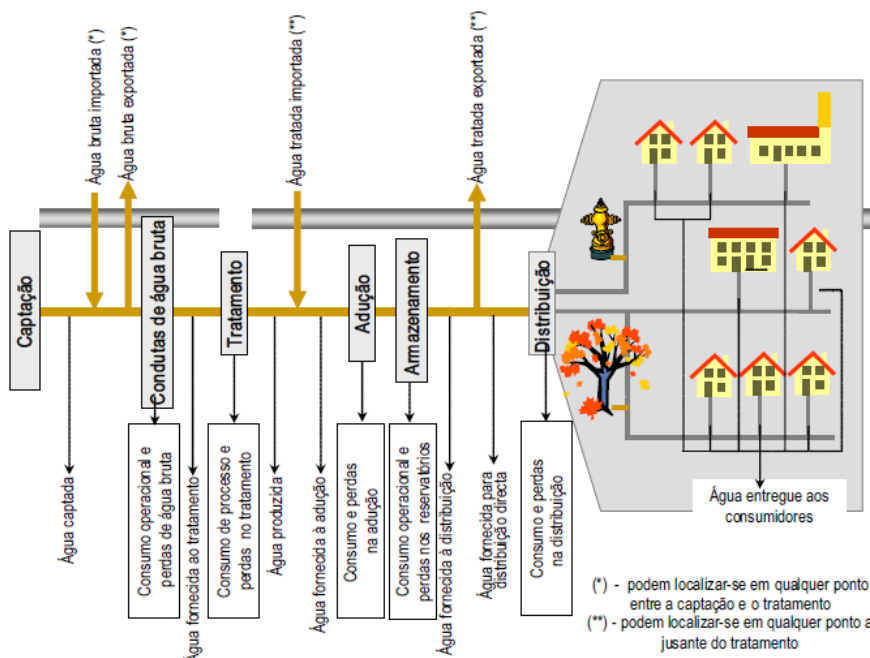


Figura 3.1 - Entradas e Saídas de água num sistema de abastecimento (ALEGRE et al, 2005)

As perdas de água podem-se dividir em perdas reais e perdas aparentes e definem-se da seguinte forma (ALEGRE, et al, 2005):

Perdas reais: volume de água correspondente às perdas físicas até ao contador do cliente, quando o sistema está pressurizado. O volume anual de perdas através de todos os tipos de fissuras, roturas e extravasamentos depende da frequência, do caudal e da duração média de cada fuga.

Perdas aparentes: esta parcela das perdas contabiliza todos os tipos de imprecisões associadas às medições da água produzida e da água consumida, e ainda o consumo não autorizado (por furto ou uso ilícito).

Estas perdas dependem de vários fatores que influenciam e concretizam este fenómeno. De seguida apresentam-se esses fatores, tanto para as perdas reais como para as aparentes:

Fatores que influenciam as perdas de água reais

- Estado das condutas e outros componentes, o seu material e a frequência de fugas e roturas;
- Pressão de serviço média, quando o sistema está sob pressão;
- Densidade e comprimento dos ramais (nos sistemas em baixa);
- Localização do medidor domiciliário no ramal (nos sistemas em baixa);
- Comprimento total de condutas;
- Tipo de solo e condições do terreno, facto especialmente relevante sobretudo na forma como se torna aparente ou não a ocorrência de roturas e fugas.

Fatores que influenciam as perdas de água aparentes

As perdas aparentes podem ter várias causas sendo as mais relevantes o consumo não autorizado e os erros de medição.

Relativamente aos consumos não autorizados, estes incluem as ligações ilícitas e a utilização fraudulenta de marcos e bocas-de-incêndio. O uso de ligações ilícitas ocorre normalmente em zonas com construção clandestina e em áreas de baixa segurança. A utilização fraudulenta de marcos e bocas-de-incêndio (apenas nos sistemas em baixa) ocorre devido ao enchimento de tanques de veículos para rega ou lavagem de ruas quando os marcos de incêndio deveriam ser exclusivamente operados pelos bombeiros. A entidade gestora deve alertar as entidades competentes para combater este uso indevido de água.

As perdas aparentes relativas a erros de medição incluem:

- Erros de medição dos contadores em condições normais de medição (no caso dos sistemas em alta, os pontos de entrega também são sujeitos a medição com caudalímetros);
- Erros de medição por deficiente dimensionamento ou instalação;
- Erros de leitura ou registo;
- Erros de medição por avaria do equipamento;
- Falta de leituras por difícil acesso aos contadores (dentro das habitações, no caso de sistemas em baixa).

Existem vários efeitos provocados pelas perdas de água dos quais se distinguem quatro que são facilmente identificáveis: danos nas infraestruturas, problemas para os consumidores, perdas financeiras e risco de saúde.

Danos nas infraestruturas:

Mesmo que os programas de controlo de perdas não influenciem drasticamente as ocorrências catastróficas que surgem ocasionalmente e que causam danos severos em estradas e edifícios, as pequenas fugas que ocorrem durante um prolongado período de tempo (pequenas fugas em condutas, perdas ocorridas em juntas, etc.) podem provocar efeitos similares. Estas fugas podem ser indetetáveis durante largos períodos de tempo e, ao final desses períodos, provocar o colapso de uma estrada ou de um passeio. Um controlo ativo de perdas permite identificar e controlar a fuga e evitar os danos recorrendo a reparações de forma rápida e eficaz.

Problemas para os consumidores:

O mais comum dos problemas ocorre quando a pressão da água se torna inaceitavelmente baixa. Este facto leva a reclamações – por vezes a primeira indicação de que há fugas na rede. A pressão pode ser reduzida a níveis muito baixos em zonas de grande consumo principalmente nas extremidades e em pontos altos. Estas situações são sentidas pelos consumidores principalmente pela redução de pressão sentida nos chuveiros, torneiras, etc.

Perdas financeiras:

Para além das implicações financeiras de reparar as infraestruturas, existe obviamente um custo direto associado às perdas. Como é simples de compreender, a água que não é faturada nem utilizada para outros fins autorizados, é na mesma captada, tratada e transportada e isto acarreta elevados custos económicos. Existem também custos administrativos importantes associados ao número de queixas por parte dos clientes, conduzindo, também a uma deterioração da imagem pública da entidade gestora. Para além disso, com a crise económica e com a crescente preocupação ambiental, a comunicação social demonstra um grande interesse neste tema, aumentando a pressão para as empresas gestoras.

Risco de saúde:

Os pontos onde existem fugas (que ocorrem por falta de estanquidade do sistema) são potenciais fontes de contaminação da água por parte dos esgotos ou outras fontes poluentes. Quando o sistema apresenta pressão interna baixa, a probabilidade de ocorrência de contaminações aumenta.

3.2 ABORDAGEM AO PROBLEMA DAS PERDAS DE ÁGUA

Para reduzir significativamente as perdas de água numa entidade gestora, é necessário um grande empenho por parte da administração e pela generalidade dos setores operativos da empresa.

A abordagem que deve ser adotada consiste, numa primeira fase, numa tomada de decisão estratégica que avalie a dimensão do problema através da realização de balanços hídricos e, seguidamente, no estabelecimento de uma estratégia de controlo de perdas a adotar face à avaliação efetuada.

Quando se pretende combater as perdas reais e as perdas aparentes, as estratégias a adotar são distintas. Em termos técnicos, as perdas reais são mais complexas de detetar e mitigar do que as perdas aparentes. No que diz respeito às perdas aparentes, a estratégia passa essencialmente pela análise do balanço custo-benefício entre o investimento necessário para as reduzir e os benefícios financeiros daí decorrentes. A Figura 3.2 representa as fases de abordagem do problema, com ênfase no controlo de perdas reais:

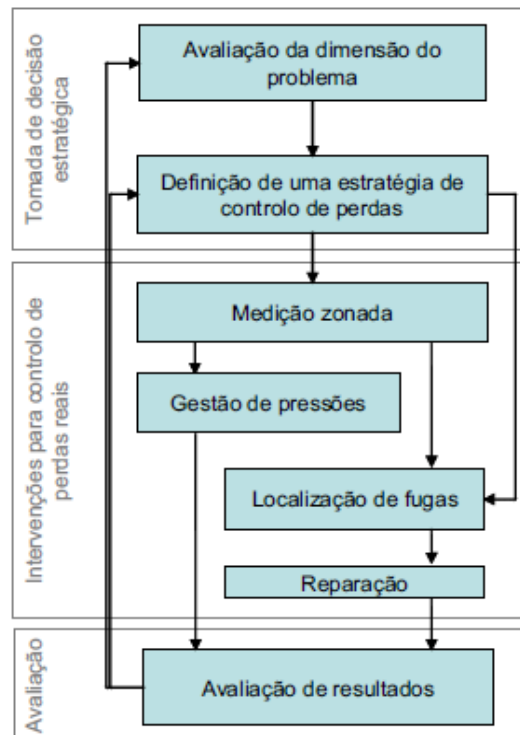


Figura 3.2 - Fases de abordagem ao problema (ALEGRE et al, 2005)

Na fase intermédia, fase de intervenções para controlo de perdas reais, a atividade nuclear é a mediação zonada a que se seguem duas vias paralelas e complementares. A gestão de pressões é um método bastante eficaz na redução de perdas reais dependentes da pressão de serviço e que é mais utilizada para sistemas em baixa. No que diz respeito à condição física da rede, é necessário proceder-se à localização das fugas e consequente reparação.

A terceira e última fase do processo consiste na avaliação de resultados e, após essa avaliação, poderá ser necessário reavaliar o problema e ajustar a estratégia inicial.

Tanto a primeira como a última fases devem ser realizadas periodicamente, normalmente sendo um ano o período típico.

A fase intermédia tem um carácter prolongado no tempo, geralmente com atividades programadas ao longo do ano e revistas a cada ano.

3.3 AVALIAÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA NO SISTEMA

Quando uma entidade gestora pretende avaliar o problema das perdas de água no seu sistema deve começar por calcular o balanço hídrico. O balanço deve ser obtido num período recomendado de 12 meses e, para ser calculado de forma simplificada, pode ser seguido o Quadro 3.1:

Quadro 3.1 - Cálculo do Balanço Hídrico (ALEGRE et al, 2005)

A	B	C	D	E	
Água entrada no sistema [m ³ /ano]	Consumo autorizado [m ³ /ano]	Consumo autorizado facturado [m ³ /ano]	Consumo facturado medido (incluindo água exportada) [m ³ /ano]	Água facturada [m ³ /ano]	
			Consumo facturado não medido [m ³ /ano]		
		Consumo autorizado não facturado [m ³ /ano]	Consumo não facturado medido [m ³ /ano]	Água não facturada (perdas comerciais) [m ³ /ano]	
			Consumo não facturado não medido [m ³ /ano]		
	Perdas de água [m ³ /ano]	Perdas aparentes [m ³ /ano]			Uso não autorizado [m ³ /ano]
					Erros de medição [m ³ /ano]
		Perdas reais [m ³ /ano]			Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição [m ³ /ano]
					Fugas e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição [m ³ /ano]
		Fugas nos ramaís (a montante do ponto de medição) [m ³ /ano]			

Com o Balanço Hídrico, que na prática representa a média anual de consumos de todo o sistema ou de subsistemas de uma entidade gestora, é possível avançar para a definição de indicadores de desempenho (ID). Os ID podem ser avaliados segundo três vertentes: económico-financeira, técnica e ambiental.

Na vertente económico-financeira, o indicador Água não Faturada pode ser avaliado quer em termos de volume, quer em termos de custo. O indicador em termos de custo é mais indicado por aplicar valores monetários aos volumes anuais de consumo autorizado não faturado, perdas aparentes e perdas reais.

Quanto ao desempenho técnico, tradicionalmente os indicadores utilizados para comparações do volume anual de perdas reais incluem:

- Percentagem de perdas face ao volume entrado no sistema;
- Perdas por unidade de comprimento de conduta e por unidade de tempo;
- Perdas por consumidor e por unidade de tempo (para sistemas em baixa);
- Perdas por ramal e por unidade de tempo (para sistemas em baixa);
- Perdas por comprimento total de condutas e por unidade de tempo (o comprimento total de conduta inclui o comprimento do ramal até ao medidor do consumidor, no caso de sistemas em baixa).

Sob ponto de vista do desempenho ambiental, importa avaliar a quantidade de água efetivamente captada desnecessariamente. Este indicador, chamado ineficiência na utilização dos recursos hídricos, pode ser obtido, em percentagem, dividindo o valor das perdas reais (m^3 /ano) pela água entrada no sistema (m^3 /ano).

No que diz respeito aos ID, merece referência a publicação do manual da *International Water Association* (IWA) que tem como título “*Performance Indicators for Water Supply Services – Second Edition*” (Alegre, et al., 2006). Sendo uma referência mundial no tema, este manual contém os ID propostos para avaliação de sistemas de abastecimento de água de acordo com as necessidades das empresas de todo o mundo. O sistema proposto no manual é extensível às diversas entidades e aplica-se a diversos modelos de gestão.

Em Portugal, no ano de 2004, aquando da divisão das entidades gestoras em “alta” e “baixa”, a ERSAR associou um conjunto de indicadores recomendados para a avaliação do desempenho dos respetivos tipos de sistemas. Numa primeira fase surgiu o “Sistema de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores - 1.ª Geração do Sistema de Indicadores de Qualidade de Serviço”. Os resultados da aplicação destes indicadores surgiram no Relatório Anual do Setor de Águas e Resíduos em Portugal (RASARP), que se repete anualmente, desde 2004, onde se encontram comparados os desempenhos das entidades gestoras portuguesas. Foi possível, desta forma, estabelecer comparações e ter uma visão global do setor no país.

Posteriormente, em 2011, surgiu a 2.^a Geração do Sistema de Indicadores de Qualidade de Serviço que substituiu o anterior. A ERSAR entendeu que era necessário introduzir melhorias e corrigir alguns aspetos, no sentido de aumentar a funcionalidade e rigor técnico, assim como garantir uma maior aplicabilidade às diferentes entidades gestoras (BOAVENTURA, 2013).

Na realização dos balanços hídricos, previamente referidos, os caudalímetros surgem como instrumentos fundamentais. Para além disso, no âmbito das perdas aparentes, estes instrumentos têm um papel importante pois quanto maior o seu erro de medição, maiores serão as perdas aparentes. No estudo efetuado na AdDP, como se trata de um sistema em alta, apenas se descrevem caudalímetros e não contadores (utilizados nos sistemas em baixa).

3.4 MEDIÇÃO DE CAUDAL EM ESCOAMENTOS SOB PRESSÃO

Os caudalímetros são medidores de caudal que se utilizam para medição, controlo e regulação de fluídos eletricamente condutivos em condutas fechadas, especialmente nos setores de Tratamento e Distribuição de Águas, Alimentação, Químico e Energia (IRAR, LNEC, 2006).

Os caudalímetros mais comuns utilizáveis em escoamentos sob pressão ou de águas residuais urbanas são de 3 tipos:

- Eletromagnéticos
- Ultrassónicos
- Deprimogéneos

Os eletromagnéticos e os ultrassónicos são os mais comuns (e são também os utilizados na AdDP) pelo que se tratam neste documento com mais detalhe.

3.4.1 Caudalímetros eletromagnéticos

Um caudalímetro eletromagnético é constituído pelos seguintes componentes:

- Um elemento primário (ou transdutor de caudal) que cria um campo magnético através do qual se escoia o líquido, necessariamente condutor elétrico, cujo caudal se pretende medir, e que possui eléctrodos que se encontram em contacto com o líquido e, desta forma, surge uma

diferença de potencial elétrico (ou força eletromotriz) induzida que é proporcional à velocidade média do escoamento.

- Um elemento secundário (ou condicionador de sinal) construído com meios eletrónicos que controla a excitação do primário (ou seja, a criação do campo magnético), assim como extrai o sinal da tensão induzido nos elétrodos, amplificando-o e processando-o de forma a convertê-lo num sinal de saída normalizada.

Dentro do grupo de caudalímetros eletromagnéticos, podem-se distinguir dois tipos que são denominados de acordo com o tipo de primário:

- Tubular;
- De inserção (no escoamento).

A Figura 3.3 ilustra os dois tipos de caudalímetros.

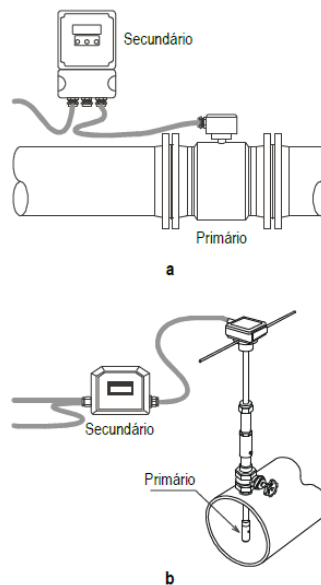


Figura 3.3 - Constituição de um caudalímetro eletromagnético:

a – tubular; b – de inserção (IRAR, LNEC, 2006)

Os caudalímetros do tipo tubular são vulgarmente mais utilizados do que os de inserção. Um primário tubular é constituído essencialmente por:

- Um tubo cilíndrico de material não magnético no qual se escoia o líquido denominado **tubo de medição**;
- Um **eletromagneto** responsável por gerar o campo magnético sendo a sua direção perpendicular ao eixo do tubo.
- Dois **elétrodos**, que captam a diferença de potencial induzida. Estes elétrodos estão montados no tubo de medição em posições diametralmente opostas.

A composição do primário está esquematizada na Figura 3.4:

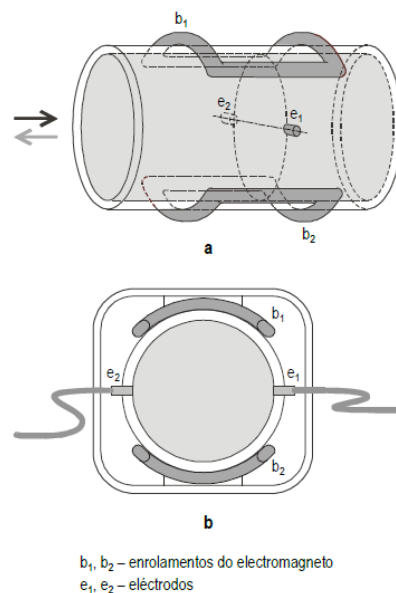


Figura 3.4 - Esquema do primário de um caudalímetro eletromagnético tubular (IRAR, LNEC, 2006)

Num caudalímetro eletromagnético de inserção, o primário é miniaturizado numa sonda em que a cabeça contém o eletromagneto gerador do campo magnético e o par de elétrodos como se ilustra na Figura 3.5. A sonda é inserida na conduta, sem ser necessário interromper o escoamento, através de uma tomada ou picagem com válvula de seccionamento apropriada.

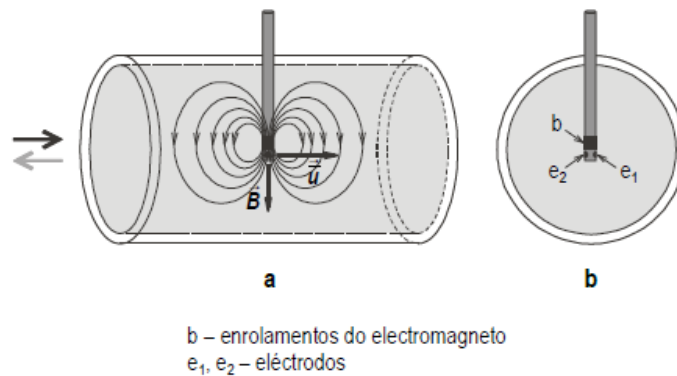


Figura 3.5 - Esquemática do funcionamento do primário de um caudalímetro eletromagnético de inserção (IRAR, LNEC, 2006)

Embora não permita alcançar exatidões do nível do caudalímetro eletromagnético tubular, este tipo de aparelho pode trabalhar com frequências mais elevadas e consome muito menos energia no processo de excitação quando se gera o campo magnético.

Quanto ao **secundário** as suas funções consistem em:

- Estabelecer o campo magnético no primário e regular a intensidade da corrente de excitação;
- Amplificar e processar o sinal proveniente dos elétrodos de modo a produzir um sinal limpo.

O secundário possui várias saídas de sinal comuns a fim de tornar estes aparelhos compatíveis com outros equipamentos (por exemplo para afixação de leituras, para aquisição de dados, etc.).

Atualmente, com o avanço da tecnologia, os caudalímetros eletromagnéticos possuem unidades de processamento digital que lhes permite adquirir várias capacidades, tais como afixação de leituras em mostrador digital, meios de parametrização, autodiagnóstico de estado e interface digital para comunicação de dados.

Os caudalímetros eletromagnéticos têm a capacidade de medir caudais em qualquer sentido de escoamento o que constitui uma vantagem.

Quanto a incertezas de medição padrão do caudal, o Quadro 3.2 apresenta, para os dois caudalímetros referidos, valores típicos especificados pelos fabricantes.

Quadro 3.2 - Valores típicos da incerteza de medição padrão para velocidades médias de escoamento ≥ 1 m/s (IRAR, LNEC, 2006)

Tipo de caudalímetro electromagnético	Modo de excitação do primário	Incerteza de medição padrão (%)
Tubular	Tensão alternada compensada	$\pm 0,5$ a ± 1
	Corrente pulsatória regulada de baixa frequência	$\pm 0,2$ a $\pm 0,4$
De inserção	Corrente pulsatória regulada	± 2 a ± 4

3.4.2 Caudalímetros ultrassónicos

Um caudalímetro ultrassónico, como o próprio nome indica, executa a sua tarefa por meio de ondas ultrassónicas. Este aparelho, para medição de caudal, emite ondas ultrassónicas - que podem ser contínuas ou pulsadas - que se propagam através do líquido e são recebidas depois de terem sofrido a influência do escoamento. O resultado dessa influência é usado para medir o caudal.

A Figura 3.6 exemplifica um tipo usual de caudalímetro ultrassónico utilizável em escoamento sob pressão. Estes aparelhos são constituídos pelos seguintes componentes:

- Um par de transdutores ultrassónicos que estão orientados com as faces frente-a-frente, alinhados e em contacto com o líquido. Cada um dos transdutores possui um elemento piezoelétrico que funciona alternadamente como emissor e recetor de ondas ultrassónicas;
- Um tubo de medição onde está montado o par de transdutores ultrassónicos. Este conjunto constitui o primário do caudalímetro;
- Um condicionador de sinal (ou secundário) que tem a função de excitar o elemento piezoelétrico do transdutor emissor, assim como realizar o processamento digital dos sinais intervenientes na transdução, convertendo-os em sinais de saída normalizados.

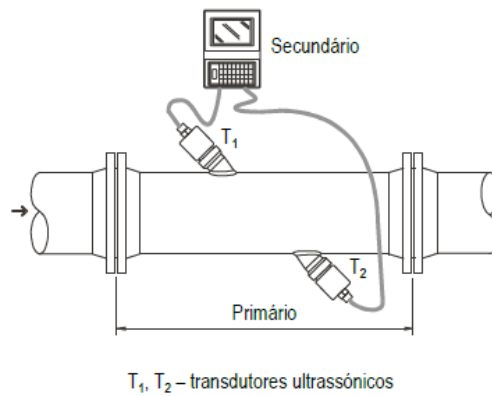


Figura 3.6 - Constituição de um caudalímetro ultrassônico tubular (IRAR, LNEC, 2006)

Estes aparelhos têm como princípio de funcionamento o **Tempo de Trânsito e Doppler**.

Os equipamentos que funcionam pelo princípio de **Tempo de Trânsito** utilizam três tipos de sistema. O primeiro encontra-se esquematizado na Figura 3.6. Dois transdutores são acoplados à parte exterior da tubagem e funcionam como recetores/emissores. Os pulsos são enviados no sentido do fluxo e depois em oposição a este. A diferença registada no tempo de trânsito entre os dois é diretamente proporcional à velocidade linear do meio, que com o diâmetro da tubagem poderá ser rapidamente calculado o fluxo volumétrico deste. A designação completa para este tipo de caudalímetros é: caudalímetro ultrassônico tubular de tempo de trânsito, de trajeto único e transmissão direta.

O segundo tipo de equipamento que funciona pelo princípio de tempo de trânsito designa-se por caudalímetro de tempo de trânsito, de trajeto único e **transmissão por reflexão**. Neste caso, os transdutores encontram-se acoplados do mesmo lado do tubo de medição, tornando possível a duplicação do comprimento de interrogação e, por isso, a redução da incerteza de medição relativamente à do caudalímetro que funciona por transmissão direta (Figura 3.7).

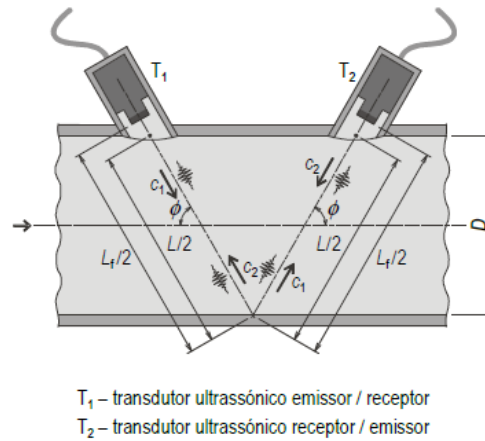


Figura 3.7 - Esquemática do princípio de transdução de um caudalímetro ultrassónico de tempo de trânsito, de trajeto único e transmissão por reflexão (IRAR, LNEC, 2006)

O terceiro tipo de equipamento a funcionar pelo princípio de tempo de trânsito designa-se por **caudalímetro com transdutores sobre a conduta** e apresenta-se na Figura 3.8. Neste caso, os transdutores, em vez de contactarem diretamente com o líquido, são montados na superfície exterior da conduta onde se pretende medir o caudal.

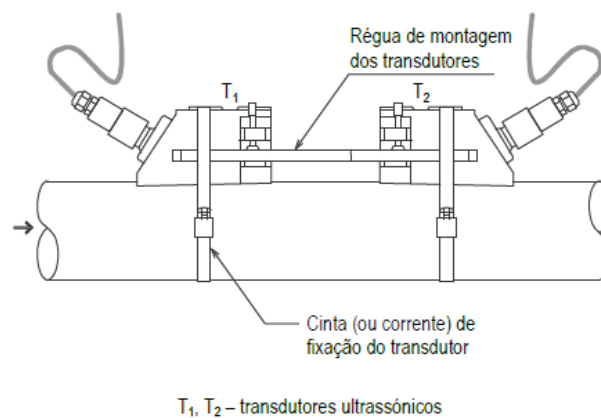


Figura 3.8 - Caudalímetro com transdutores sobre a conduta (IRAR, LNEC, 2006)

Um pormenor importante a referir diz respeito à montagem dos transdutores sobre a conduta. Estes devem ser montados na zona média da superfície lateral da conduta e não na parte superior da mesma. Outro pormenor importante é a relevância de garantir, aquando da montagem, um bom acoplamento acústico entre os transdutores e a conduta, devendo para tal ser utilizado um gel de montagem apropriado que é geralmente fornecido pelo fabricante.

Um outro tipo de caudalímetro utilizável em escoamentos sob pressão é o **caudalímetro ultrassónico Doppler**. Usualmente estes aparelhos são menos precisos do que os caudalímetros de tempo de trânsito mas são economicamente mais acessíveis. Para a sua utilização é necessário estar na presença de um líquido que reflita ondas ultrassónicas, ou seja, o líquido deve conter bolhas gasosas ou partículas sólidas em suspensão.

O princípio de transdução deste equipamento fundamenta-se no efeito de Doppler. A Figura 3.9 ilustra o funcionamento de um caudalímetro ultrassónico de Doppler:

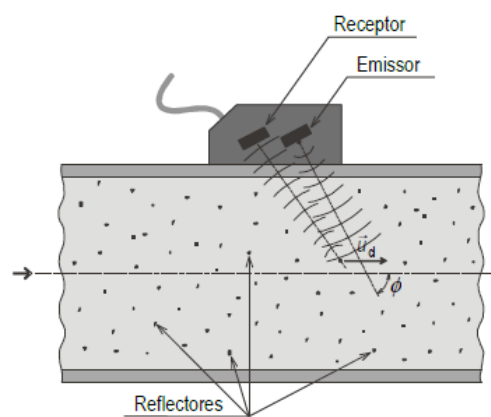


Figura 3.9 - Esquematização de um caudalímetro ultrassónico Doppler (IRAR, LNEC, 2006)

Os diversos tipos de caudalímetros ultrassónicos apresentados mostram valores típicos das incertezas de medição padrão diferentes entre si. Para velocidades médias de escoamento superiores a 1 m s^{-1} o quadro seguinte apresenta os valores típicos de incerteza:

Quadro 3.3 - Valores típicos da incerteza de medição padrão para velocidades médias de escoamento ≥ 1 m/s (IRAR, LNEC, 2006)

Tipo de caudalímetro ultrassónico	Modo de transmissão das ondas ultrassónicas*	Incerteza de medição padrão (%)	
		Relativa ao valor medido	Relativa ao fim-de-escala**
De tempo de trânsito, tubular, com um par de transdutores	Directa	$\pm 1,5$	–
	Reflexão na superfície interior do tubo de medição	$\pm 1 a \pm 1,5$	–
De tempo de trânsito, tubular, com dois pares de transdutores	Directa	$\pm 0,7 a \pm 1$	–
	Reflexão na superfície interior do tubo de medição	$\pm 0,5 a \pm 1$	–
De tempo de trânsito, com um par de transdutores sobre a conduta	Directa	$\pm 2 a \pm 5$	–
	Reflexão na superfície interior da conduta de instalação	$\pm 1,5 a \pm 2$	–
Doppler, com um transdutor sobre a conduta	Reflexão em descontinuidades acústicas existentes no escoamento	–	$\pm 1 a \pm 5$

* Entre transdutores de um par ou entre elementos piezoeléctricos de um transdutor (caso usual do caudalímetro Doppler).

** O valor de 10 m s^{-1} é típico da velocidade média do escoamento correspondente ao fim-de-escala.

3.4.3 Requisitos Hidráulicos de Instalação

Caudalímetros eletromagnéticos

Um dos requisitos de utilização eficaz deste equipamento, quando em funcionamento, é o facto de este dever ter sempre o tubo de medição do primário completamente cheio de líquido. A existência de ar ou de outro gás no líquido pode afetar o seu desempenho metrológico, o que deve ser evitado.

Quando em presença de bolhas muito pequenas, dispersas homogeneamente no líquido, o caudalímetro apresenta um funcionamento normal, mas mede o caudal líquido-gás que é maior que o caudal do líquido.

Se as bolhas apresentarem tamanho igual ou superior ao diâmetro dos eléctrodos, o sinal do caudal torna-se ruidoso, podendo mesmo anular-se.

A instalação adequada do primário de um caudalímetro numa conduta é de grande importância pois uma instalação deficiente pode provocar a acumulação de gás e assim dificultar o normal

funcionamento do equipamento. A Figura 3.10 ajuda a perceber melhor como instalar adequadamente o primário dos caudalímetros eletromagnéticos tubulares:

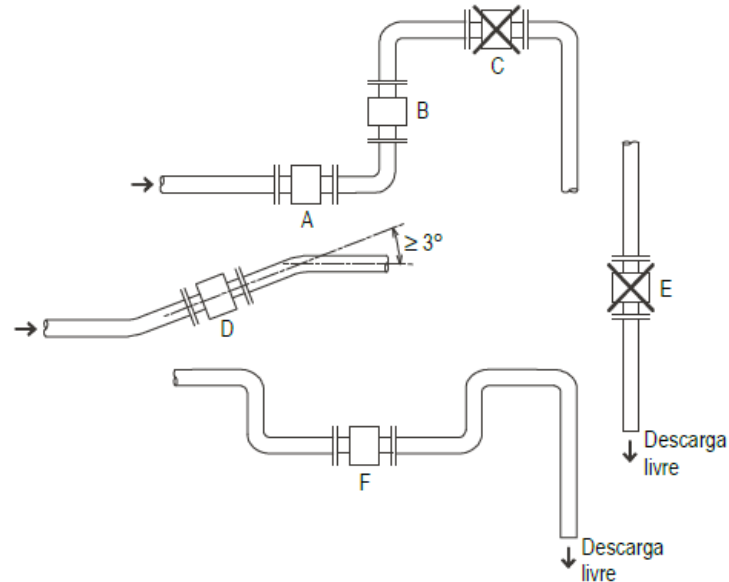


Figura 3.10 - Exemplos de instalações adequadas e inadequadas do primário de um caudalímetro eletromagnético tubular (IRAR, LNEC, 2006)

A melhor orientação possível para a conduta de instalação é a apresentada no exemplo B, isto é, vertical com o escoamento ascendente. Esta situação porém nem sempre é exequível e, não sendo, deve procurar-se colocar o primário conforme apresentado no exemplo D, isto é, inclinado no sentido ascendente do escoamento e com um ângulo de inclinação igual ou superior a 3° .

Quando a instalação do primário é apenas possível fazer-se horizontalmente, esta é apenas aceitável se se localizar a cota inferior à da conduta principal (exemplos A e F).

Os exemplos C e E demonstram as localizações inadequadas do primário. No primeiro caso, a localização propicia a acumulação de gás no escoamento, o segundo caso deve ser evitado porque a conduta de instalação e o próprio primário poderão não ficar cheios de líquido, em especial para valores de caudal reduzido.

Caudalímetros ultrassônicos

Os exemplos de instalações adequadas e inadequadas referidas acima na Figura 3.10 são aplicáveis aos caudalímetros ultrassônicos.

3.5 LOCALIZAÇÃO DE FUGAS

No âmbito do estágio, a temática da localização de fugas não foi, na prática, abordada, ficando-se pela sua estimativa, tomando por base a realização de balanços hídricos e cálculo de indicadores. No entanto, no início do estágio, numa reunião com técnicos da empresa, foi proposta a realização de uma pequena pesquisa e descrição das principais tecnologias atualmente existentes no mercado para localização de fugas. Nesse sentido, é apresentada, em seguida, uma compilação de informação recolhida como complemento do presente estudo.

São vários os métodos que podem ser utilizados na localização de fugas e hoje em dia, com o avanço da tecnologia, é possível obter-se resultados extremamente precisos que resolvem problemas que poderiam de outra forma tornar-se bastante prejudiciais para as empresas.

A localização exata das fugas (deve entender-se exata como localização entre a ordem dos metros a um troço inteiro de tubagem entre dois acessórios) compreende um conjunto de métodos acústicos, dos quais se destacam a sondagem acústica e a correlação acústica. Baseiam-se no facto de uma fuga de água emitir um ruído numa gama específica de frequências determinadas. Existem diversos fatores que influenciam a frequência produzida pela fuga como por exemplo: tamanho do(s) orifício(s), pressão, material da tubagem, tipo de solo e respetivo grau de saturação. O ruído da fuga propaga-se ao longo da tubagem e a sua velocidade depende das características da água e do material da tubagem, assim como também do solo.

Sondagem acústica

A sondagem acústica consiste num dos métodos mais utilizados para localização de fugas, quer por razões económicas, quer por facilidade de aplicação. Esta técnica consiste em sondar pontos de fácil acesso da tubagem (válvulas de seccionamento, bocas-de-incêndio e bocas de rega) através de um equipamento dotado de um amplificador e um filtro de ruído (chamado Geofone). Quando o som é captado com maior intensidade pode indicar que aí está localizada a posição da fuga (nem sempre acontece devido a interferências sonoras). A técnica consome bastante tempo e depende da experiência do técnico inspetor responsável pelo trabalho.

Correlação acústica

O correlador acústico é um aparelho bastante desenvolvido de localização que não procura o ponto de maior ruído mas sim efetua a escuta em dois pontos diferentes e determina a posição relativa da

fuga através de um processo de correlação cruzada. Através dos sinais recebidos, a diferença de tempo de percurso do mesmo som e com base na velocidade de propagação do som na conduta, determina-se a distância a uma das extremidades a que se encontra a fonte do ruído.

Por outro lado, enunciam-se de seguida alguns métodos que têm vindo a impor-se no mercado com resultados bastante satisfatórios:

Métodos recentes

Várias outras técnicas inovadoras têm sido desenvolvidas e experimentadas na indústria da água como alternativas às técnicas tradicionais. São geralmente desenvolvidas para detetarem, cada vez melhor, as fugas mais pequenas em condutas adutoras. As técnicas incluem tecnologias de radar, imagens térmicas assim como técnicas de inspeção sonora dentro das adutoras (*WRc "Sahara", "Smartball"*).

Smartball

A tecnologia *smartball* é uma ferramenta utilizada para localização de fugas e bolsas de gás existentes em condutas (Figura 3.11). O equipamento está provido de sensores acústicos altamente sensíveis que são capazes de localizar roturas minúsculas.

A *smartball* é inserida numa conduta e viaja com o escoamento durante um período de tempo de até 12 horas, durante o qual recolhe informação sobre roturas, más condições dos materiais da conduta e bolsas de gás. Requer apenas dois pontos de acesso, um para colocação do equipamento e outro para recolha.

Possui uma série de benefícios que são de seguida enumerados:

- Facilmente inserido e recolhido nas adutoras;
- Não interfere com o normal funcionamento das condutas;
- Cobre um grande comprimento de inspeção;

- Quando se está sob condições ótimas de funcionamento, a *smartball* tem capacidade de detetar fugas tão pequenas como 0.1 l/s, no entanto depende da condição de funcionamento da conduta;
- Tem uma precisão de 1 a 2 metros na localização das fugas.



Figura 3.11 - Tecnologia "Smartball" (WRc Assess & Adress)

Sahara Leak Location System

Este sistema permite às entidades gestoras localizar fugas em condutas (de qualquer tipo de material) com diâmetros superiores a 200 mm. Também é possível fazer inspeções em condutas de 100 mm usando ferramentas especiais (Figura 3.12).

É importante referir que esta tecnologia possui uma camera de vídeo, o que permite visualizar o interior das condutas adutoras e aferir a sua condição geral.

O *Sahara* pode ser utilizado sem interrupção de serviço e tem os seguintes objetivos:

- Identificar fugas que levam à água não faturada;
- Localizar com precisão o local das fugas;
- Monitorizar a condição geral do material da conduta;
- Localizar fugas que se estão a formar e desenvolver;

Este sistema utiliza sensores acústicos para detetar ruídos gerados pelas fugas nas condutas. O sensor é introduzido na conduta por um buraco com cerca de 50 mm ou mais largo. O sensor viaja com o escoamento e à medida que vai percorrendo a tubagem, deteta o som gerado pelas fugas e regista-as, indicando-as posteriormente ao operador.

Cada fuga pode ser identificada individualmente e o seu tamanho pode ser aferido. Fugas de cerca de 10 l/h poderão ser detetadas por este equipamento.

O sensor está ligado a um cabo que permite posicioná-lo corretamente na conduta e controlá-lo. Em conjunto com equipamento de deteção (*Pipespy 2000*) permite localizar a posição do sensor dentro da conduta e, quando uma fuga é identificada, o operador do sistema pode registar a localização exata dessa mesma fuga para posterior escavação e reparação.

As principais funções deste sistema são:

- Deteta fugas tão pequenas como 10 l/h;
- Deteta múltiplas fugas numa só conduta;
- Não há necessidade de interromper o sistema de abastecimento;
- Até profundidades de 5 m, deteta a posição da fuga com uma precisão de 0.5 m;
- Pode ser utilizado em condutas de todo o tipo de materiais;
- É utilizado em condutas de uma vasta gama de diâmetros (100 a 2700 mm);
- Providencia uma estimativa do tamanho da rotura.



Figura 3.12 - "Sahara" Leak Location System (WRc Assess & Adress)

4 TRABALHO DESENVOLVIDO

O presente capítulo apresenta detalhadamente o trabalho que foi desenvolvido no decorrer do estágio na AdDP.

No início do mesmo é reunida a informação relativamente ao sistema de captação, tratamento e distribuição da empresa, para um melhor enquadramento e perceção do sistema em estudo onde se apresentam mapas e quadros que explicam a dimensão e complexidade do sistema Douro Litoral, correspondente ao sistema da AdDP.

Após a apresentação da informação relativa à rede, procedeu-se ao cálculo do Balanço Hídrico e Indicadores de Desempenho tanto a nível anual (para o ano de 2014) como a nível mensal (de janeiro de 2014 a junho de 2015) para o Sistema Global e para os respetivos Subsistemas (Lever, Vale do Sousa e Baixo Tâmega).

Para terminar o capítulo, apresenta-se a metodologia de cálculo desenvolvida de forma a obter estimativas relativamente às perdas de água diárias. A metodologia foi posta em prática nos subsistemas de Lever e de Vale do Sousa. No subsistema de Lever, a metodologia subdivide as perdas na ETA de Lever, das perdas no sistema adutor. Relativamente ao subsistema de Vale do Sousa, foram calculadas as perdas diárias como um todo, não se efetuando a subdivisão entre as ETA e o sistema adutor.

A estrutura adotada para o desenvolvimento deste capítulo segue, então, a ordem lógica e cronológica de todas as atividades e processos necessários à obtenção dos resultados finais apresentados.

4.1 SISTEMA DE CAPTAÇÃO, TRATAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DO DOURO LITORAL

O sistema Douro Litoral, correspondente ao anterior sistema sob exploração da AdDP, dispõe de um grupo de infraestruturas complexo que permite fazer chegar a água em condições próprias para consumo humano aos diversos pontos de entrega. Como tal, é importante, antes de tratar dados

específicos relativos à rede, apresentar o sistema de captação, tratamento e distribuição e explicar de que forma a água é captada, tratada e transportada.

O sistema de abastecimento de água em estudo abrange uma grande área da zona norte do país:

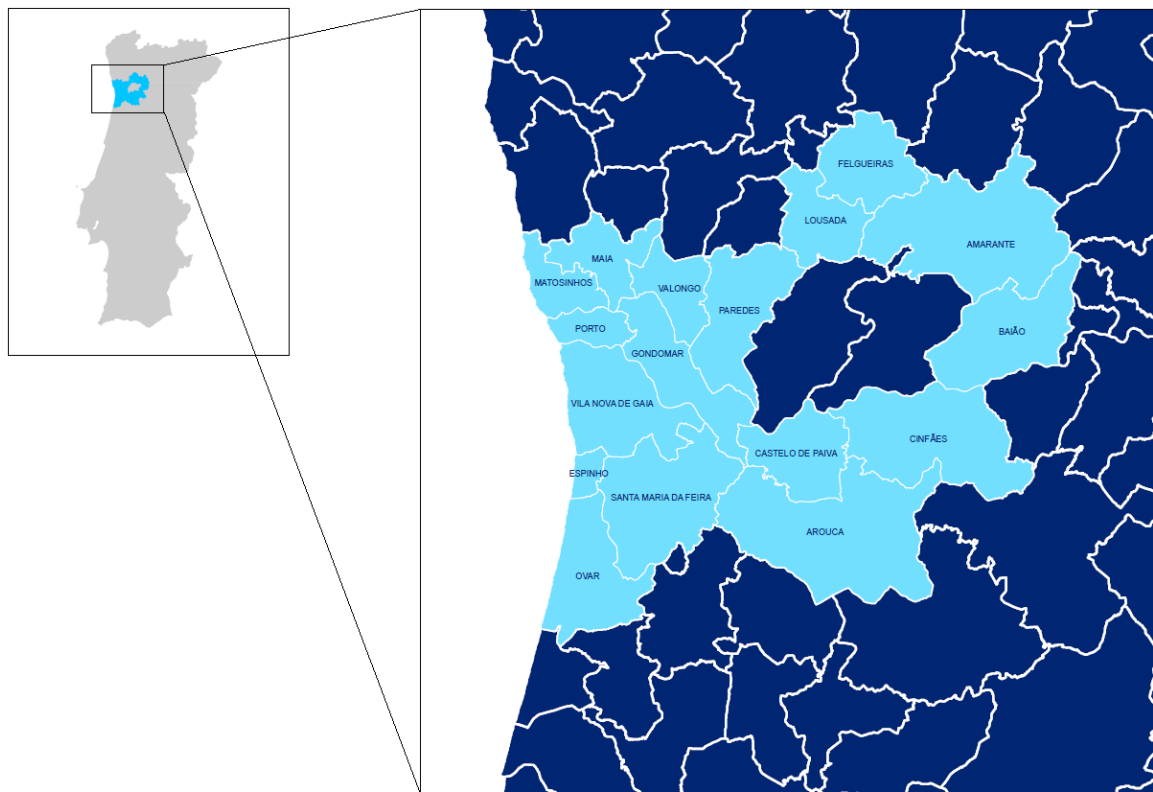


Figura 4.1 - Sistema Multimunicipal de abastecimento à área sul do Grande Porto

A rede é constituída por complexas linhas de condutas adutoras, várias Estações de Tratamento de Água (ETA), zonas de captação de água, Estações de Cloragem, Reservatórios, Estações Elevatórias (EE) e vários pontos de entrega (PE). A distribuição de todos estes elementos pode ser observada na Figura 4.2:



Figura 4.2 - Sistema de captação, tratamento e abastecimento de água da AdDP

(www.addp.pt)

Dada a dimensão do sistema, este encontra-se estruturado em 3 subsistemas: Levar, Vale do Sousa e Baixo Tâmega. De forma a fornecer uma visão geral sobre o sistema, apresenta-se o Quadro 4.1:

Quadro 4.1 - Características dos subsistemas da AdDP

	Subsistema		
	Lever	Vale do Sousa	Baixo Tâmega
Setores	Norte Sul	Norte Paiva Entre-os-Rios Tâmega	Ovil
ETA's	ETA de Lever	ETA Castelo de Paiva ETA do Ferro ETA do Ferreira	ETA de Pousada
Captações	Captação superficial e dois poços aluvionares em profundidade no rio Douro	Captação de Ponte da Bateira no Rio Paiva Captação do Ferreira no rio Ferreira Captação de Ferro e Vizela nos rios Ferro e Vizela	Captação do Ovil no rio Ovil

O subsistema de Lever encontra-se dividido em dois setores: Norte e Sul. O setor Norte abastece os municípios do Porto, Matosinhos, Maia, Gondomar, Valongo e parte do município de Paredes. O setor Sul abastece os municípios de Vila Nova de Gaia, Espinho, Santa Maria da Feira, Oliveira de Azeméis, São João da Madeira, Ovar e Arouca. A água que é captada no rio Douro é posteriormente tratada na ETA de Lever. No município de Ovar há a particularidade de, em 2011, a AdDP ter integrado no seu sistema a captação subterrânea do Carregal, pelo que parte da água distribuída tem origem nesta captação.

O subsistema do Vale do Sousa abastece os municípios de Amarante, Castelo de Paiva, Cinfães, Lousada, Felgueiras, Paredes e Paços de Ferreira e as origens da água incluem os rios Ferro e Vizela (ETA do Ferro), o rio Paiva (ETA de Castelo de Paiva), o rio Ferreira (ETA do Ferreira) e o Rio Douro (através da conduta Ramalde-Galegos).

O subsistema Baixo Tâmega, subsistema com menor dimensão relativamente aos outros dois, abastece o município de Baião e a água tem origem no rio Ovil.

De forma a esclarecer melhor a divisão entre subsistemas, apresenta-se a Figura 4.3:

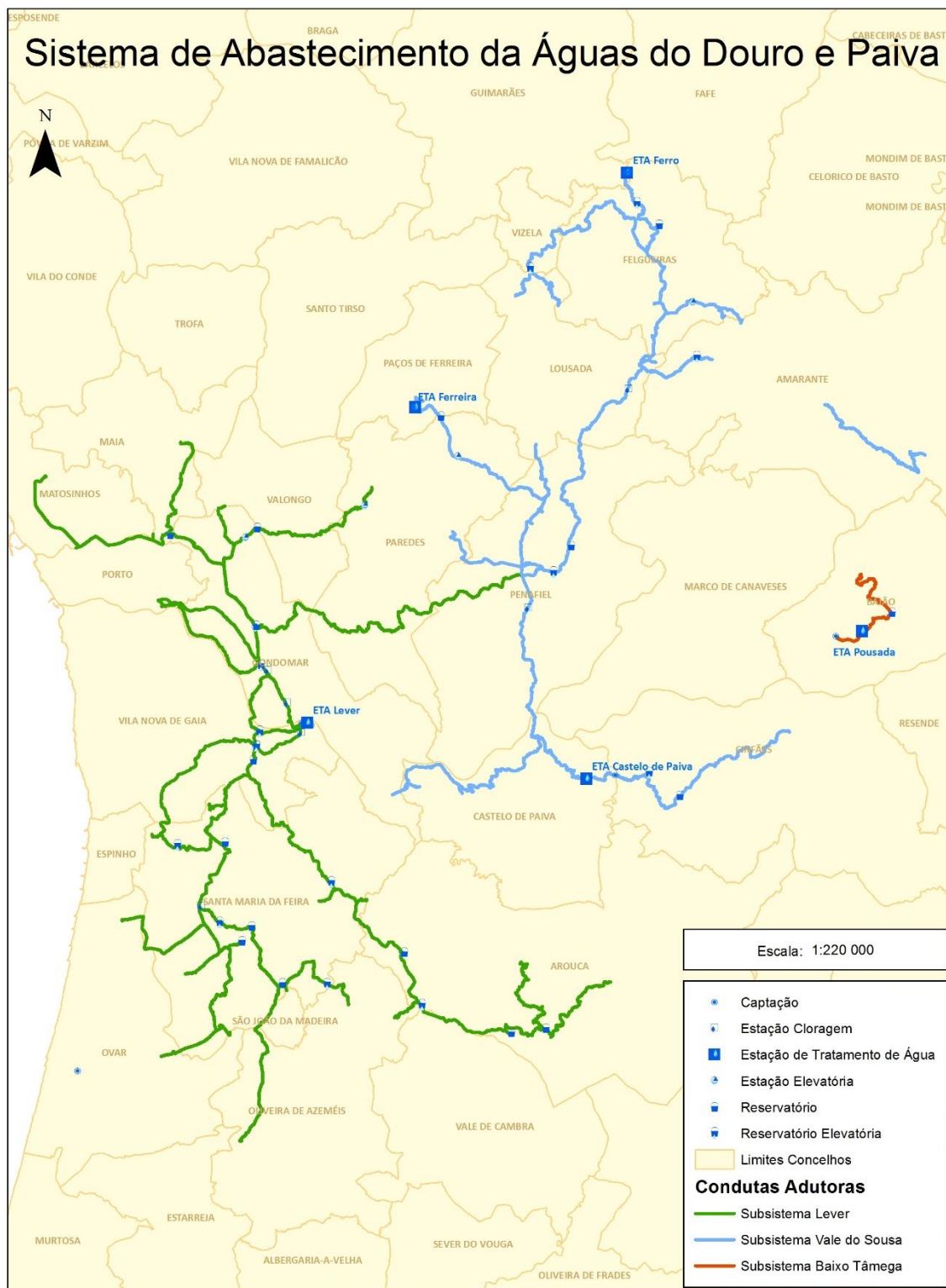


Figura 4.3 - Divisão de subsistemas da rede AdDP

(AdDP, 2015)

Ao nível das Estações de Tratamento de Água existe um conjunto de equipamentos que permitem desenvolver as diversas fases de captação, tratamento de água e controlo de qualidade. Tendo-se desenvolvido grande parte do estágio na ETA de Lever, optou-se por explicar o seu funcionamento com mais pormenor no presente relatório, descrito em seguida:



Figura 4.4 - ETA de Lever (www.adnorte.pt)

1. Captação – pode ser superficial (), ou em profundidade, recorrendo neste caso a dois poços no rio Douro. A água é captada por grupos de elevação submersíveis e é enviada para um reservatório de água bruta.



Figura 4.5 - Captação Superficial (www.addp.pt)

2. Pré-Tratamento – Após a captação, a água recebe um tratamento inicial que compreende uma filtração através de filtros multicamada pressurizados.



Figura 4.6 – Filtros (www.addp.pt)

3. Pré-oxidação – Nesta etapa, a água é tratada com ozono de forma a eliminar a matéria orgânica e algas existentes na água. O ozono é produzido no local a partir de oxigénio.



Figura 4.7 - Geradores de Ozono (www.addp.pt)

4. Coagulação/Floculação – Após se eliminar a matéria orgânica e algas, é necessário remover a matéria excedente deste processo. Para tal é utilizado sulfato de alumínio (coagulante) que, em conjunto com um floculante, agregam as diversas partículas. A instalação possui um perfil hidráulico que otimiza a eficiência do processo e reduz os custos energéticos. Para remover pesticidas e melhorar as características organoléticas da água é possível utilizar, juntamente com os reagentes floculantes, carvão ativado em pó.



Figura 4.8 - Tanques de mistura de coagulante e floculante na água (www.addp.pt)

5. Flotação e Filtração (CoCoDAFF) – Este processo (*Counter Current Dissolved Air Flotation and Filtration*) reúne numa unidade dois tratamentos: flotação e filtração. Na primeira, microbolhas de ar que são introduzidas na água movem flocos formados no passo anterior para a superfície. Na segunda parte do tratamento, a água clarificada entra em filtros constituídos por areia e antracite onde as partículas solidas mais pequenas são removidas.

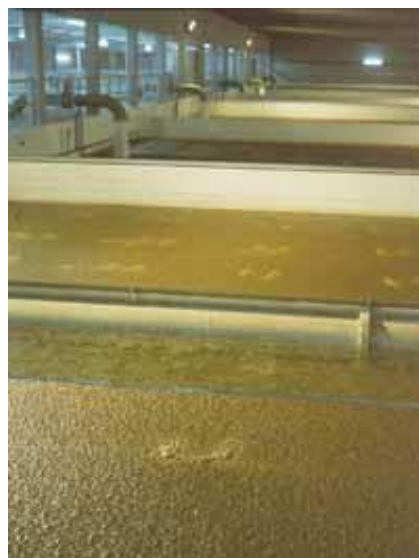


Figura 4.9 - Tanques de flutuação e filtração (www.addp.pt)

6. Desinfecção Final – este passo compreende a realização de uma mistura de cloro na água filtrada que garante a qualidade bacteriológica quer à saída da estação de tratamento, quer ao longo da rede de distribuição.



Figura 4.10 – Clorómetros (www.addp.pt)

7. Controlo de Qualidade – o controlo é efetuado ao longo de todo o processo na ETA. Existem diversos pontos de amostragem e de análise automática de diversos parâmetros de qualidade da água. Estas análises permitem efetuar a monitorização constante da eficiência do processo e controlo de qualidade da água produzida.



Figura 4.11 - Centro de recolha de amostras (www.addp.pt)

8. Tratamento de Lamas – Ao se efetuar a lavagem de filtros e logo após o processo de floculação surgem partículas que são enviadas para a unidade de tratamento de lamas e que são sujeitas a uma desidratação. Este processo é realizado em duas etapas: espessamento e centrifugação. A água recuperada é encaminhada para o início do processo de tratamento de água aumentando a eficiência da ETA.



Figura 4.12 - Tratamento de Lamas (www.addp.pt)

9. Elevação de Água Tratada – Antes de ser elevada a água tratada encontra-se armazenada num reservatório com capacidade para cerca de 30 750 m³. Após o tratamento e análise da água, esta é enviada para o sistema adutor, particularmente para os reservatórios de Jovim, de Lagoa e de Seixo Alvo.



Figura 4.13 - Grupo Eletrobombas (www.addp.pt)

Os subsistemas de Lever e Vale do Sousa descritos anteriormente não estão totalmente isolados um do outro. Estes encontram-se ligados entre si pela adutora Ramalde-Galegos que foi construída em 2010 e entrou em funcionamento em 2011 (Figura 4.14). A conduta apresenta um comprimento de 27 239 metros e a principal razão pela qual foi construída foi a de dotar o sistema de uma alternativa em caso de deterioração de uma das origens ou no caso de uma das ETA sofrer algum problema que impeça o seu normal funcionamento. Esta ligação permitiu assim criar uma possibilidade de transferência de água tratada de um subsistema para o outro.

e procurou-se subdividir esse cálculo anual de balanço hídrico, bem como o cálculo mensal dos diferentes indicadores a cada um dos subsistemas em exploração. Foram também calculadas as médias diárias mensais de perdas, sendo possível comparar valores, estudar oscilações e procurar possíveis causas para os problemas ocorridos.

O sistema da AdDP, como referido anteriormente, está dividido em 3 grandes subsistemas: Lever, Vale do Sousa e Baixo Tâmega. Nestes setores há um que claramente se destaca pelo volume de água captada, produzida e faturada que é o de Lever. Para se ter uma noção da dimensão deste setor, no ano de 2014, foram captados 99 470 415 m³ de água pelo Sistema Global da AdDP em que 87 146 777 m³ dizem respeito a Lever. Numa escala de relevância em termos de água captada, produzida e faturada, Vale do Sousa surge no segundo lugar (com cerca de 12 074 112 m³ de água captada em 2014) e em terceiro o setor do Baixo Tâmega (com cerca de 249 926 m³ de água captada em 2014). Em termos percentuais, o subsistema de Lever representou, em 2014, aproximadamente 87,6% da água total captada pela AdDP enquanto o subsistema do Vale do Sousa contabilizou 12,1%. Por fim, o subsistema do Baixo Tâmega representa uma quantia próxima dos 0,3%.

Nos tópicos seguintes, optou-se por representar os resultados sob a forma de gráficos por ser de mais fácil interpretação e ser assim possível estabelecer comparações quando necessário.

4.2.1 Sistema Global

A empresa utiliza, atualmente, no seu controlo de perdas, três ID que se definem como perdas reais de água, água não faturada e ineficiência na utilização dos recursos hídricos. Numa primeira fase deste estudo, estes ID foram calculados para comparação com os valores obtidos por parte da entidade gestora. Explica-se de seguida de que forma estes ID são obtidos e quais as indicações da ERSAR para correspondentes bons níveis de desempenho.

- **Perdas reais de água (m³/(km.dia))**

Este indicador está incluído no Sistema de Indicadores para Avaliação da Qualidade de Serviço da ERSAR e tem como objetivo avaliar o nível de sustentabilidade ambiental do serviço em termos de eficiência na utilização dos recursos ambientais no que diz respeito às perdas reais de água. É calculado da seguinte forma:

$$\frac{\text{Perdas reais (m}^3\text{/n}^\circ\text{ dias)}}{\text{Comprimento total da conduta (km) * n}^\circ\text{ dias}}$$

O limite de referência para um nível bom de desempenho indicado pela ERSAR situa-se nos 15 m³/(km.dia).

Neste indicador, é essencial fazer referência a um pormenor de cálculo que diz respeito ao número de dias de base considerados. No caso prático que é tratado neste capítulo, como se está a calcular o balanço hídrico e os ID anuais, o número de dias utilizado foi igual a 365. Posteriormente, neste relatório, são apresentados resultados para os ID a nível mensal, pelo que se substitui o número de dias pelo número de dias de faturação referentes a cada mês.

- **Água não faturada (%)**

Este indicador pertence também ao Sistema de Indicadores para Avaliação da Qualidade de Serviço da ERSAR e tem como objetivo avaliar o nível de sustentabilidade da gestão do serviço em termos económico-financeiros. A água não faturada diz respeito a perdas económicas correspondentes à água que, apesar de ser captada, tratada, transportada, armazenada e distribuída, não chega a ser faturada aos utilizadores. Este indicador pode ser calculado da seguinte forma:

$$\frac{\text{Água não faturada (m}^3\text{/ano)}}{\text{Água entrada no sistema (m}^3\text{/ano)}}$$

O limite máximo recomendado pela ERSAR para sistemas de distribuição em alta é de 5%.

- **Ineficiência na utilização dos recursos hídricos (%)**

Este indicador difere do indicador da água não faturada porque não contabiliza o consumo autorizado não faturado. É importante por contabilizar o volume de perdas reais na rede de distribuição e tratamento e calcula-se da seguinte forma:

$$\frac{\text{Perdas reais (m}^3\text{/ano)}}{\text{Água entrada no sistema (m}^3\text{/ano)}}$$

O limite máximo recomendado pela ERSAR era de 4% (este indicador de desempenho pertencia à 1ª geração do Sistema de Avaliação da Qualidade de Serviço da ERSAR e continua a ser utilizado na empresa).

Apresenta-se de seguida o quadro com o cálculo do Balanço Hídrico para o ano de 2014 e os respetivos indicadores de desempenho:

Quadro 4.2 - Balanço Hídrico do Sistema Global em 2014

Água entrada no sistema	Consumo Autorizado	Consumo autorizado facturado	Consumo facturado medido	
		97 234 360 m ³	97 234 360 m ³	
		Consumo autorizado não facturado	Consumo facturado não medido	
			0 m ³	
		Consumo autorizado não facturado	Consumo não facturado medido	
			870 m ³	
	97 277 359 m ³	42 999 m ³	Consumo não facturado não medido	
			42129 m ³	
	Perdas de Água	Perdas aparentes	Consumo não autorizado	
			0 m ³	
			Erros de medição	
		0 m ³	0 m ³	
		Perdas reais	Perdas reais nas condutas de água bruta e no tratamento	
			872 756 m ³	
			Fugas nas condutas de adução	
			1 320 300 m ³	
			Fugas e extravasamento nos reservatórios	
			0 m ³	
Captada	99 470 415 m ³		Fugas nos ramais de ligação (a montante do ponto de medição)	
Importada	0 m ³			
TOTAL	99 470 415 m ³	2 193 056 m ³		
			Água não facturada	2,25%
			Ineficiência na utilização de recursos hídricos	2,20%

No preenchimento do Quadro 4.2 há alguns aspetos a destacar de forma a facilitar a compreensão de como são calculados os valores finais das perdas de água e dos ID água não faturada e ineficiência na utilização dos recursos hídricos.

Com o objetivo de chegar aos valores dos ID começa-se por preencher os valores da água captada, do consumo faturado medido, do consumo faturado não medido (que a empresa considera sempre zero), do consumo não faturado medido (contabiliza a água que é utilizada nas instalações da empresa pelos seus funcionários) e do consumo não faturado não medido (neste caso particular, contabiliza a água, por estimativa, que se perde quando se fazem descargas em reservatórios com o objetivo de os limpar e desinfetar ou quando a água apresenta qualidade abaixo do requerido pela ERSAR e necessita de ser renovada).

Após este passo, o consumo autorizado faturado é obtido somando o consumo faturado medido ao consumo faturado não medido. O consumo autorizado não faturado é obtido pela soma do consumo não faturado medido e do consumo não faturado não medido. Obtendo-se estes dois valores, calcula-se o valor do consumo autorizado.

Passando para a zona inferior do quadro, é importante referir que a empresa não faz distinção entre as perdas aparentes e as perdas reais e, como tal, esse valor é totalmente considerado nas perdas reais. Essa metodologia foi também seguida neste estudo para posterior comparação de resultados. Com isto, o consumo não autorizado somado com os erros de medição é sempre igual a zero.

Seguindo para as perdas reais, o valor das perdas reais nas condutas de água bruta e no tratamento é obtido subtraindo a água captada à água produzida. As fugas nas condutas de adução correspondem à subtração da água produzida ao consumo autorizado. Com a soma destes dois últimos valores, obtém-se o valor das perdas reais.

Concluído este processo, aparecem calculados os valores dos ID presentes no Quadro 4.2. O valor da água não faturada é obtido de acordo com o demonstrado na Figura 4.15 e o valor da ineficiência na utilização dos recursos hídricos é calculado de acordo com o apresentado na Figura 4.16:



Figura 4.16 - Cálculo da ineficiência na utilização de recursos hídricos

Explicado o processo de cálculo dos valores e de que forma se preencheu o quadro referente ao balanço hídrico, apresentam-se os dados obtidos no cálculo do balanço hídrico e os ID para o ano de 2014.

Quadro 4.3 - Indicadores de desempenho para o ano de 2014 do Sistema Global

Água não faturada (%)	Ineficiência na utilização de recursos hídricos (%)	Perdas reais de água (m³/(km.dia))
2.25	2.20	11.90

Para chegar aos 11.90 m³/(km.dia), foi necessário conhecer os km de conduta da rede, informação que foi fornecida pela empresa (Figura 4.17):

Quilómetros de conduta (2014)		Quilómetros de conduta (2015)	
Lever Norte	131	Lever Norte	121
Lever Sul	166	Lever Sul	166
Lever Global	297	Lever Global	297
Vale Sousa Global	195	Vale Sousa Global	195
Pousada Baião	13	Pousada Baião	13
TOTAL	505	TOTAL	495

Figura 4.17 - Quilómetros de conduta em 2014 e 2015

A diferença de dez quilómetros que existe entre o ano de 2014 e 2015 diz respeito a um corte de um trecho de conduta devido a uma rotura ocorrida em Rio Tinto (Lever Norte) e que, até à data do final do estágio se manteve inativa.

É perceptível pelos valores obtidos que o desempenho do sistema global da antiga AdDP é considerado bom tendo em conta os valores limite aconselhados pela ERSAR:

- Água não faturada (%) – $2.2 < 5$;
- Ineficiência na utilização de recursos hídricos (%) – $2.2 < 4$;
- Perdas reais de água (m³/(km.dia)) – $11.90 < 15$.

Análise mensal

Apesar dos valores anuais para o Sistema Global da AdDP (atual sistema de distribuição em alta Douro Litoral) se situarem abaixo dos limites recomendados pela ERSAR, optou-se por fazer, também, uma análise a nível mensal de forma a estudar possíveis oscilações e fazer comparações entre os diferentes meses do ano. Para complemento dessa análise foram, ainda, introduzidos os valores referentes aos primeiros seis meses de 2015.

Como nota introdutória, é importante referir que as percentagens dos dois indicadores representados, Água não faturada e Ineficiência na utilização dos recursos hídricos, são praticamente idênticos e serão tratados apenas como “indicadores”, sem distinção, daqui em diante.

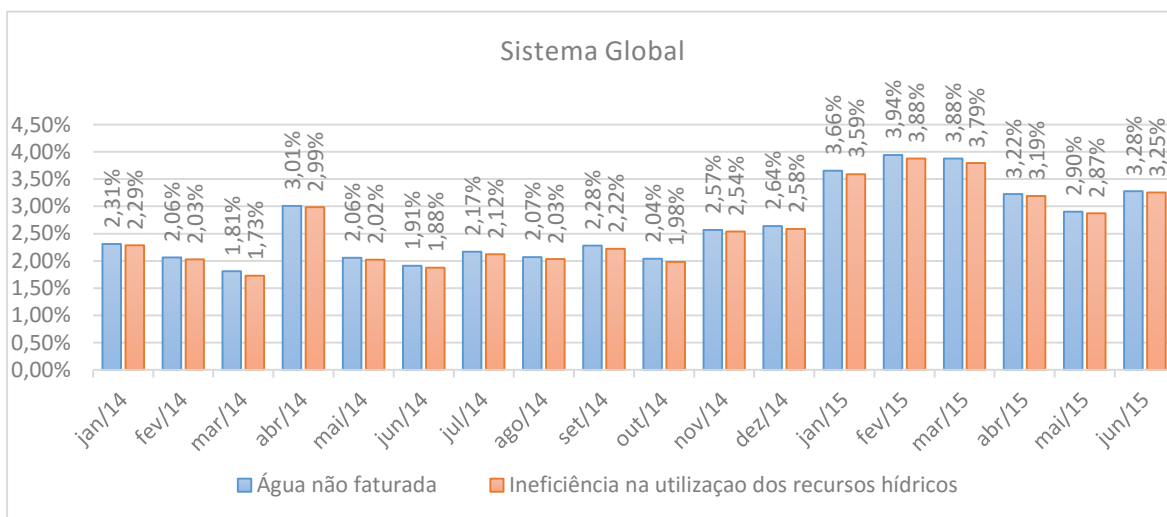


Gráfico 4.1 - Indicadores de Desempenho do Sistema Global da AdDP (atual sistema Douro Litoral)

Após análise do gráfico acima apresentado é possível retirar algumas conclusões imediatas.

A primeira conclusão diz respeito ao aumento considerável da percentagem dos indicadores no mês de abril de 2014. Outra conclusão diz respeito ao aumento gradual da percentagem dos indicadores a partir do mês de novembro de 2014 até ao último mês avaliado (junho de 2015), atingindo os valores máximos no mês de fevereiro de 2015. É também possível ver-se uma tendência, a partir do mês de março de 2015, para os valores dos ID baixarem, tendo, no entanto, o mês de junho invertido novamente a tendência. Como consequência desse facto, comparando os seis primeiros meses de 2015 com os meses homólogos de 2014 verifica-se que o desempenho piorou em termos percentuais.

Na análise ao desempenho do sistema global a nível mensal foram também calculadas as perdas médias diárias mensais. Estas são obtidas dividindo as perdas reais do mês em estudo pelos dias de faturação. Os dias de faturação variam de mês para mês por questões práticas e de política de funcionamento da empresa. As leituras são efetuadas no local e, por vezes, o dia da leitura coincide com o fim-de-semana ou com um feriado. Com estas condicionantes, os dias de faturação reais que foram considerados na avaliação são apresentados na Figura 4.18:

2014	Facturação	Dias mês	Data	2015	Facturação	Dias mês	Data
Jan	31	31	29/01/2014	Jan	31	31	29/01/2015
Fev	28	28	26/02/2014	Fev	27	28	25/02/2015
Mar	29	31	27/03/2014	Mar	30	31	27/03/2015
Abr	32	30	28/04/2014	Abr	31	30	27/04/2015
Mai	29	31	27/05/2014	Mai	30	31	27/05/2015
Jun	30	30	26/06/2014	Jun	30	30	26/06/2015
Jul	32	31	28/07/2014	Jul	31	31	27/07/2015
Ago	30	31	27/08/2014	Ago	31	31	27/08/2015
Set	30	30	26/09/2014	Set	32	30	28/09/2015
Out	31	31	27/10/2014	Out	30	31	28/10/2015
Nov	30	30	26/11/2014	Nov	30	30	27/11/2015
Dez	33	31	29/12/2014	Dez	32	31	29/12/2015

Figura 4.18 - Dias de Faturação

Tendo em conta os dias de faturação acima apresentados, foi então possível avançar para o cálculo dos valores das perdas médias diárias mensais para o Sistema Global para o ano de 2014 e para os seis primeiros meses de 2015.

Perdas médias diárias mensais

As perdas médias diárias mensais obtêm-se somando as perdas nas condutas de água bruta e tratamento (ETA) com as fugas nas condutas de adução (SA), ou seja, é possível dividir as perdas totais reais nas duas componentes. Esta divisão é útil para a entidade gestora controlar/monitorizar as perdas nas duas componentes da rede e aferir com maior detalhe se existe algum problema.

Para que seja possível compreender como foram obtidos os valores das perdas, é importante explicar o processo de cálculo efetuado. Recorrendo às folhas elaboradas no *Excel*, e tomando como exemplo o mês de janeiro de 2014, o valor da perda média diária mensal na ETA foi obtido dividindo o valor

presente na célula das Perdas reais nas condutas de água bruta e no tratamento (Figura 4.19) pelo número de dias de faturação de janeiro de 2014 (Figura 4.18).

SISTEMA GLOBAL					
JAN	Água entrada no sistema	Consumo Autorizado	Consumo autorizado facturado	Consumo facturado medido	
				7 990 930 m ³	
				Consumo facturado não medido	
			7 990 930 m ³	0 m ³	
			Consumo autorizado não facturado	Consumo não facturado medido	
				154 m ³	
				Consumo não facturado não medido	
			2 108 m ³	1 954 m ³	
			Perdas de Água	Perdas aparentes	Consumo não autorizado
					0 m ³
	0 m ³	Erros de medição			
		0 m ³			
	Perdas reais	Perdas reais nas condutas de água bruta e no tratamento			
		72 007 m ³			
		Fugas nas condutas de adução			
		114 952 m ³			

Figura 4.19 - Valor da perda nas condutas de água bruta e no tratamento no mês de janeiro de 2014

Por outro lado, para o valor das perdas reais nas ETA, como se está a estudar o Sistema Global da antiga AdDP, estão incluídas todas as ETA do sistema (referidas no Quadro 4.1).

Para se obter o valor da perda média diária mensal para o Sistema Adutor, o processo foi em todo idêntico ao explicado para a ETA mas o valor considerado para dividir pelo número de dias de faturação foi o presente na célula correspondente às Fugas nas condutas de adução (Figura 4.20).

SISTEMA GLOBAL					
JAN	Água entrada no sistema	Consumo Autorizado	Consumo autorizado facturado	Consumo facturado medido	
				7 990 930 m ³	
				Consumo facturado não medido	
			7 990 930 m ³	0 m ³	
			Consumo autorizado não facturado	Consumo não facturado medido	
				154 m ³	
				Consumo não facturado não medido	
			2 108 m ³	1 954 m ³	
			Perdas de Água	Perdas aparentes	Consumo não autorizado
					0 m ³
	0 m ³	Erros de medição			
		0 m ³			
	Perdas reais	Perdas reais nas condutas de água bruta e no tratamento			
		72 007 m ³			
		Fugas nas condutas de adução			
		114 952 m ³			

Figura 4.20 - Valor da fuga nas condutas de adução no mês de janeiro de 2014

Também no caso do Sistema Adutor, por se tratar do Sistema Global, estão incluídas as perdas de todas as condutas adutoras presentes nos 3 subsistemas que constituem a rede AdDP.

Obtidos os valores para os elementos acima descritos e somando-os, surgem as perdas reais médias diárias mensais do Sistema Global. Tendo em conta este processo de cálculo, obtiveram-se os seguintes valores para o ano de 2014 (Quadro 4.4) e para os seis primeiros meses de 2015 (Quadro 4.5):

Quadro 4.4 - Perdas médias diárias mensais do Sistema Global em 2014

2014	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Perdas totais/dia	6 031	5 258	4 500	7 786	5 589	5 306	6 142	5 803	6 334	5 481	6 775	6 792
Perdas SA	3 708	3 012	1 935	5 030	3 242	3 128	3 812	3 506	3 728	3 035	4 450	4 530
Perdas ETA	2 323	2 245	2 565	2 755	2 347	2 178	2 330	2 298	2 605	2 446	2 325	2 262

Quadro 4.5 - Perdas médias diárias mensais do Sistema Global em 2015

2015	jan	fev	mar	abr	mai	jun
Perdas totais/dia	9 760	10 212	10 237	8 688	7 916	11 112
Perdas SA	7 352	7 597	6 611	5 996	5 194	6 429
Perdas ETA	2 407	2 615	3 626	2 691	2 722	4 683

Para facilitar a interpretação dos dados, apresenta-se de seguida o Gráfico 4.2 onde é perceptível a evolução mensal das Perdas Reais Totais, na ETA e no Sistema Adutor:

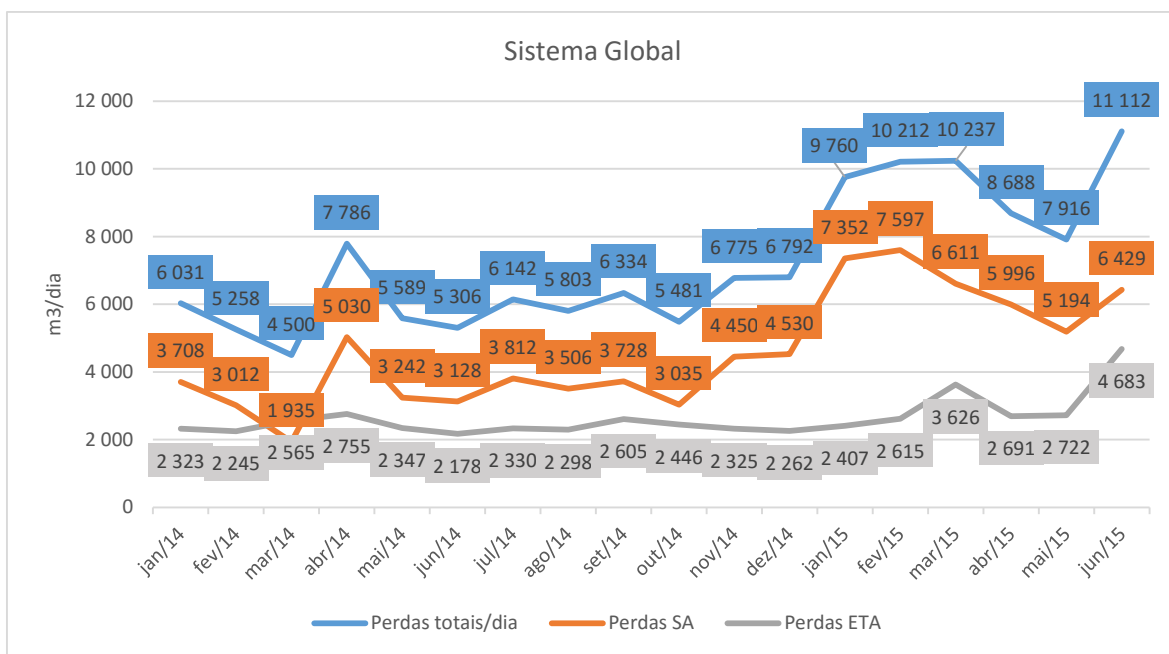


Gráfico 4.2 - Perdas médias diárias mensais do Sistema Global

Do gráfico é perceptível que, à semelhança do verificado na evolução mensal dos indicadores de desempenho (Gráfico 4.1), no mês de abril de 2014 se verifica um aumento considerável das perdas reais que são influenciadas pelo valor das perdas no sistema adutor e não tanto pelas perdas na ETA. A partir do mês de novembro de 2014 ocorre um aumento gradual das perdas reais totais que se mantém elevado e em crescimento até março de 2015. Estes valores ultrapassam em muito a média dos meses anteriores o que indicia um problema na rede. Nos dois meses seguintes, o desempenho do sistema apresenta melhorias e uma tendência de descida de perdas para valores mais próximos das médias dos meses anteriores. Em junho de 2015, todavia, a tendência inverte-se novamente registrando-se um aumento das perdas tanto na ETA como no Sistema Adutor. Nesse mês, quando comparado com todos os outros em análise, foram registrados os valores mais altos de perdas médias diárias mensais tanto na ETA como no Sistema Adutor: 4 683 m3 e 11 112 m3 respetivamente.

Sendo o valor das perdas médias diárias mensais para o mês de junho de 2015 o mais alto entre todos os meses em análise, seria de esperar que isso se traduzisse também no valor mais alto na percentagem de água não faturada representada no Gráfico 4.1. No entanto, tal não acontece e essa percentagem, de 3,25%, é mais baixa do que, por exemplo, a percentagem do mês de janeiro de 2015. Neste último mês, as perdas médias diárias mensais traduzem-se em 9 760 m3 e a percentagem de água não faturada é de 3,66%. Isto deve-se ao volume de água captada em cada mês. O mês de junho de 2015 foi um mês bastante quente e seco o que provocou um maior consumo por parte da população

servida pelo sistema da antiga AdDP. Em consequência disso, a água captada nesse mês foi de 8 778 695 m³ enquanto, no mês de janeiro de 2015, foram captados 7 449 752 m³. Como explicado anteriormente, o ID Água não faturada é obtido dividindo a soma dos valores do Consumo não faturado medido, Consumo não faturado não medido, Consumo não autorizado, Erros de medição, Perdas reais nas condutas de água bruta e no tratamento, Fugas nas condutas de adução, Fugas e extravasamentos nos reservatórios e Fugas nos ramais de ligação pelo valor da água total captada. Devido ao aumento do valor do denominador de forma tão relevante levou à obtenção de uma percentagem de água não faturada mais reduzida do que era de esperar numa primeira análise ao valor das perdas médias diárias mensais.

Por fim foi feita uma análise a nível mensal para o Sistema Global das perdas reais por quilómetro de conduta, por dia. Os resultados apresentam-se no Gráfico 4.3:

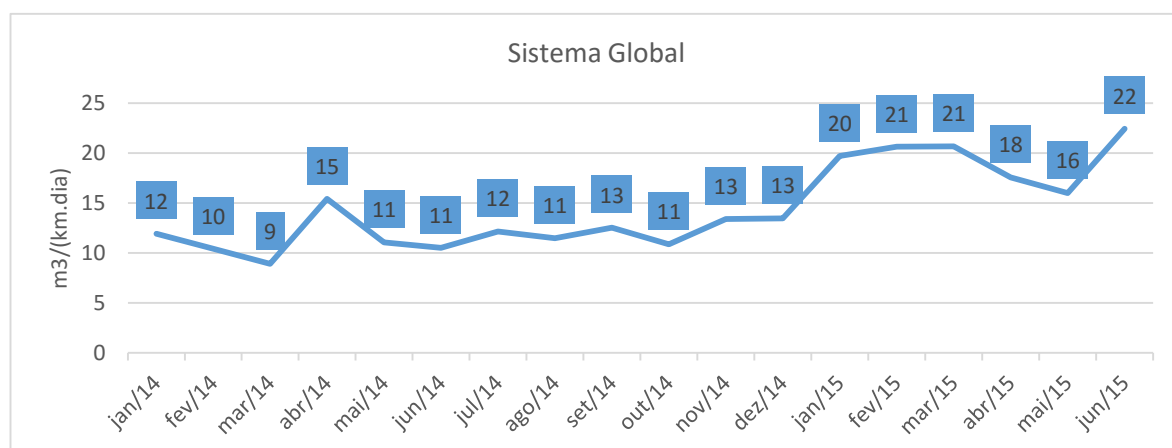


Gráfico 4.3 - Perdas por km de conduta por dia no Sistema Global

A ERSAR recomenda como valor limite 15 m³/(km.dia). Esse valor é, todavia, ultrapassado a partir do mês de janeiro de 2015, onde se verificam 20 m³/(km.dia) sendo que, até ao mês de junho, o valor mantém-se acima do limite. No mês de maio o valor (16 m³/(km.dia)) aproxima-se bastante do recomendado mas, no entanto, a tendência volta a inverter-se em junho em que o resultado apresentado é de 22 m³/(km.dia).

Resumidamente, toda esta análise que foi feita ao Sistema Global demonstra que o desempenho da antiga AdDP, apesar de considerado ótimo em 2014 já que todos os requisitos da ERSAR são cumpridos acaba por piorar na primeira metade de 2015.

Para melhor análise desta questão e procurar particularizar o problema optou-se por realizar uma sectorização do sistema e avançou-se para o estudo destes mesmos indicadores para cada um dos subsistemas: Lever, Vale do Sousa e Baixo Tâmega.

4.2.2 Lever

Por ser o subsistema com maior “peso” dentro da rede da antiga AdDP, espera-se que os resultados do cálculo dos ID neste setor reflitam e influenciem claramente os resultados verificados no Sistema Global.

Começou-se aqui também por calcular o balanço hídrico e, posteriormente, organizar os resultados sob a forma de um gráfico para análise dos ID água não faturada e ineficiência na utilização dos recursos hídricos. Os resultados do balanço hídrico apresentam-se no Quadro 4.6 e a evolução mensal dos ID no Gráfico 4.4:

Quadro 4.6 - Balanço Hídrico do subsistema de Lever em 2014

Água entrada no sistema	Consumo Autorizado	Consumo autorizado facturado	Consumo facturado medido	
Captada 87 146 477 m ³		85 235 210 m ³	85 235 210 m ³	
Importada 0 m ³		Consumo autorizado não facturado	Consumo facturado não medido	
TOTAL 87 146 477 m ³			0 m ³	
	85 278 079 m ³	42 869 m ³	Consumo não facturado medido	
	Perdas de Água		740 m ³	
			Consumo não facturado não medido	
			42 129 m ³	
		Perdas aparentes	Consumo não autorizado	
			0 m ³	
			Erros de medição	
		0 m ³	0 m ³	
		Perdas reais	Perdas reais nas condutas de água bruta e no tratamento	
			635 170 m ³	
			Fugas nas condutas de adução	
			1 233 229 m ³	
			Fugas e extravasamento nos reservatórios	
			0 m ³	
			Fugas nos ramais de ligação (a montante do ponto de medição)	
		1 868 398 m ³	0 m ³	
				Água não facturada
				2,19%
				Ineficiência na utilização de recursos hídricos
				2,14%

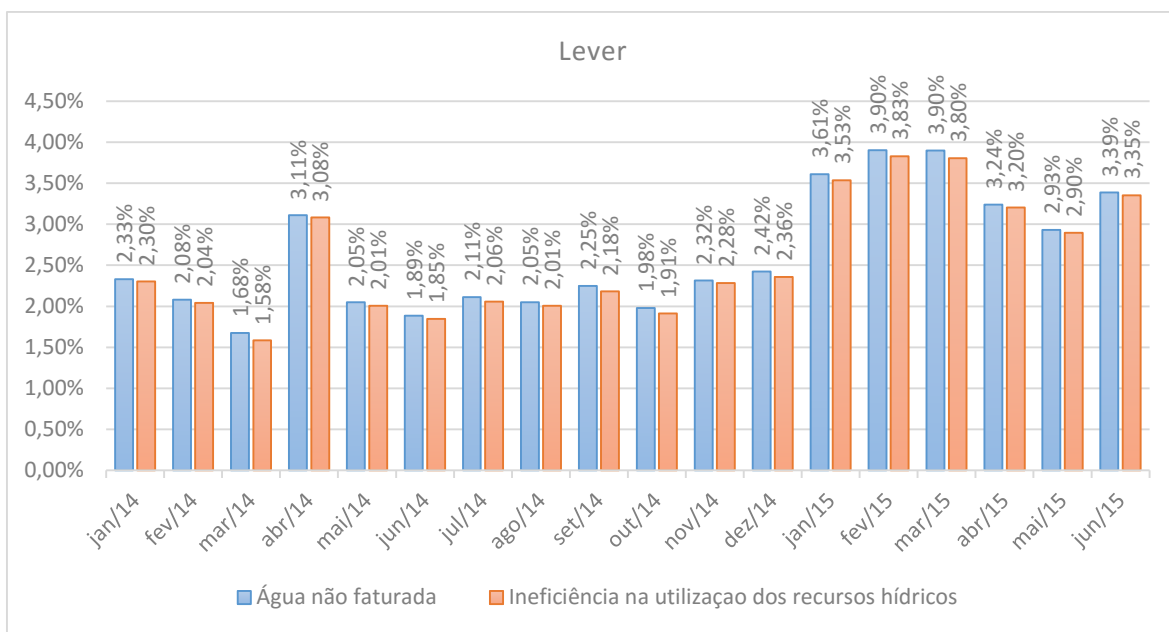


Gráfico 4.4 - Indicadores de Desempenho do subsistema de Lever

O desempenho do setor de Lever, analisando Quadro 4.6, para o ano de 2014, é considerado ótimo pois apresenta uma percentagem de água não faturada e de ineficiência na utilização de recursos hídricos de 2,19 % e 2,14 % respetivamente, situando-se abaixo dos limites impostos pela ERSAR.

Relativamente à evolução mensal dos ID, por observação do Gráfico 4.4 é perceptível que o comportamento de Lever é idêntico ao do Sistema Global, incluindo a verificação de valores mais elevados dos indicadores em abril de 2014 e de novembro de 2014 a maio de 2015, assim como a inversão da tendência de evolução das percentagens no mês de junho de 2015. Após consulta de dados fornecidos pela AdDP e de discussões com os responsáveis da empresa encontraram-se algumas possíveis explicações para os resultados observados.

De facto, no mês de março de 2014 foram efetuadas descargas nos reservatórios de Ramalde e Lagoa que se refletem nos valores de perdas de água do mês de abril de 2014.

Quanto ao aumento da percentagem dos ID no mês de janeiro de 2015, uma parte da justificação poderá passar pela rotura ocorrida numa conduta em Rio Tinto (Lever Norte). Como noticiado, no dia 4 de janeiro de 2015 ocorreu uma rotura numa conduta da AdDP provocando vários danos materiais. A conduta que sofreu a rotura, em betão armado, entrou em funcionamento por volta do ano de 1976, tendo a AdDP herdado essa infraestrutura dos Serviços Municipalizados de Águas e Saneamento (SMAS) do Porto.

No entanto, como o abastecimento ao setor de Lever Norte era efetuado pelo meio de duas condutas, a de betão armado (danificada) e uma conduta paralela em Ferro Fundido, não houve qualquer afetação no abastecimento de água aos concelhos servidos por este setor.

Com a rotura, a AdDP decidiu fechar a conduta de betão armado, que funcionava como redundância do abastecimento ao setor Lever Norte, para controlar o nível de perdas, tendo esta sido seccionada no dia 5 de janeiro, ficando a funcionar apenas parte do troço à saída do reservatório de Ramalde. Em março de 2015, todavia, a AdDP decidiu encerrar definitivamente o troço que ainda estava em funcionamento, tendo sido necessário instalar uma “raquete” com o objetivo de vedar completamente a conduta, uma vez que a válvula à saída do reservatório apresentava problemas e não vedava completamente.

Apesar de todas estas ações, o valor das perdas de água continuaram elevadas quando comparadas com o ano de 2014, especialmente com o aumento verificado no mês de junho de 2015. A rotura poderá justificar uma parte do aumento das perdas de água não podendo, no entanto, ser considerada a justificação principal.

Como complemento ao cálculo dos ID (Gráfico 4.4), e a exemplo da análise feita para o Sistema Global, foram calculadas as perdas médias diárias mensais que se apresentam de seguida:

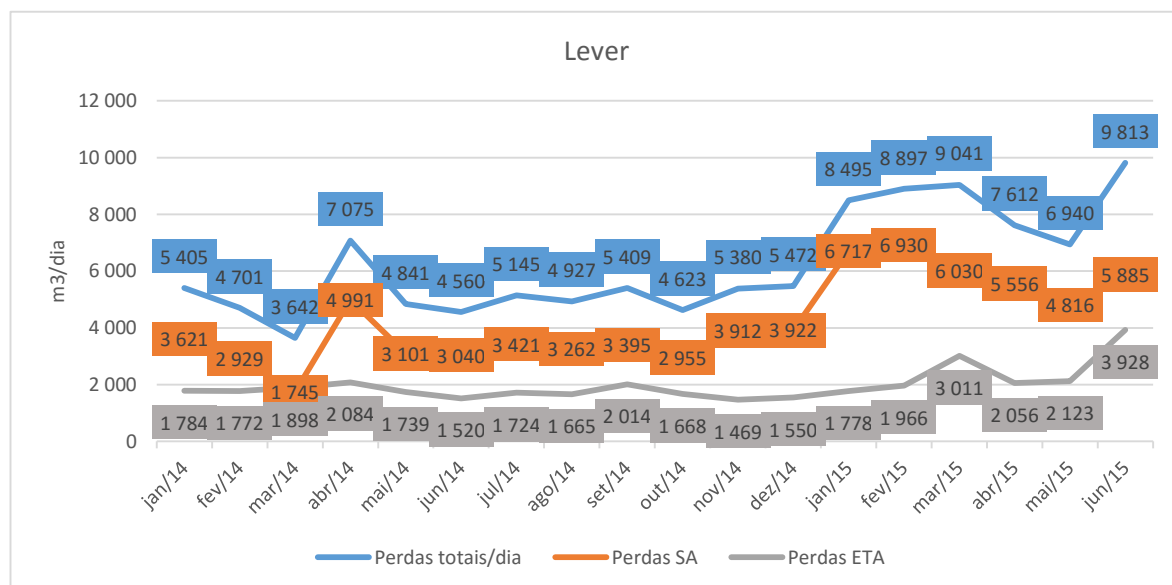


Gráfico 4.5 - Perdas médias diárias mensais de Lever

Pelo Gráfico 4.5 é perceptível que o fecho da conduta referido anteriormente não trouxe as melhorias esperadas. As perdas médias diárias do sistema adutor aumentam de 3 922 m³ em dezembro de 2014 para 6 717 m³ em janeiro de 2015. Com o fecho de parte da conduta esperava-se que os valores totais de perdas baixassem a partir de março de 2015 mas o que se verificou foi que, quando em março se fechou o ultimo troço que estava em funcionamento, o valor das perdas desceu de 6 030 m³ para 5 556 m³, ou seja, uma descida de cerca de 500 m³. Estes dados permitem concluir que a rotura detetada até poderá ter influenciado de alguma forma o valor da subida das perdas mas, no entanto, não justifica a manutenção dos valores de perdas em níveis bastante acima do verificado anteriormente à rotura, nem o aumento verificado novamente no mês de junho de 2015. Tal como no comportamento verificado para o Sistema Global, também no subsistema de Lever se verifica que, no mês de junho de 2015, a tendência de redução de perdas de água se inverte e se assiste ao valor mais alto de perdas totais por dia registado em todo o período analisado, neste caso, 9 813 m³.

É possível concluir também, pelos dados apresentados no Gráfico 4.5, que o comportamento do sistema adutor é mais influenciador no valor das perdas reais totais do que o comportamento da ETA. As perdas na ETA apresentam um comportamento linear em 2014, notando-se, todavia, um aumento das perdas a partir do mês de janeiro de 2015 e que atinge um valor de 3 011 m³ no mês de março. A justificação para parte deste valor estará relacionada com o reservatório de ozonização da ETA. O reservatório sofreu obras de reparação e, para tal, houve necessidade de esvaziá-lo e isolá-lo nessa altura. Após o esvaziamento verificou-se que uma das comportas não vedava corretamente e dava passagem de água ao resto do sistema de tratamento de água. Juntando a isto a água que se perdeu devido ao esvaziamento das células do reservatório, justifica-se parte da subida das perdas da ETA. Outro fator que teve impacto nesta subida foi o funcionamento deficiente de uma válvula à saída da ETA.



Figura 4.21 - Conduatas de saída da ETA

Quando o grupo de bombas se encontrava parado, era possível ouvir um ruído significativo que denunciou o mal funcionamento de uma válvula. Essa válvula estaria a deixar passar água para trás o que levava a uma contagem errada do caudal por parte do caudalímetro mostrado na Figura 4.22:



Figura 4.22 - Caudalímetro instalado à saída da ETA

A válvula, desgastada pelo tempo de funcionamento, foi substituída no mês de março de 2015, o que ajudou a baixar o valor das perdas.

Não obstante, é no mês de junho de 2015 que se regista o valor mais elevado (3 928 m³) sem que haja, todavia, uma explicação clara para o efeito.

Por outro lado, para avaliar o cumprimento dos parâmetros da ERSAR quanto ao indicador perdas por quilómetro de conduta por dia elaborou-se o Gráfico 4.6:

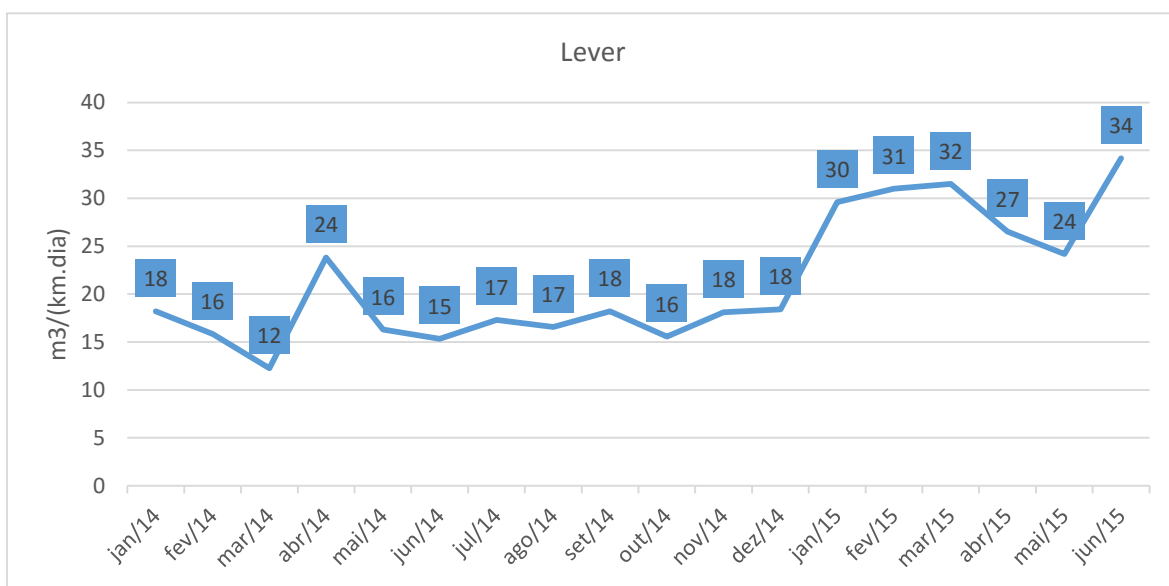


Gráfico 4.6 - Perdas por km de conduta por dia no setor de Lever

É visível que, à exceção do mês de março de 2014, nenhum outro mês cumpre o requisito da ERSAR (< 15 m³/(km.dia)).

Assim, conclui-se que, o subsistema de Lever, sendo o mais relevante do Sistema Global, apresenta desempenhos considerados bons no que diz respeito aos ID água não faturada e ineficiência na utilização dos recursos hídricos mas apresentam problemas a partir de janeiro de 2015. O dado mais preocupante corresponde às perdas por quilómetro de conduta por dia onde apenas um mês desde janeiro de 2014 até junho de 2015 cumpre os parâmetros da ERSAR e onde, a partir de janeiro de 2015 se registam valores que correspondem a mais do dobro do valor recomendado.

4.2.3 Vale do Sousa

O Vale do Sousa, como referido anteriormente, é o segundo subsistema mais importante em termos de volume de serviço da rede da antiga AdDP. Seguindo o mesmo raciocínio utilizado na análise ao Sistema Global e ao subsistema de Lever, também no Vale do Sousa se começou por calcular o Balanço Hídrico anual para 2014 que se apresenta no Quadro 4.7 e a evolução mensal dos ID presente no Gráfico 4.7:

Quadro 4.7 - Balanço Hídrico do subsistema do Vale do Sousa em 2014

Água entrada no sistema	Consumo Autorizado	Consumo autorizado facturado	Consumo facturado medido	
		11 752 602 m ³	11 752 602 m ³	
		Consumo autorizado não facturado	Consumo facturado não medido	
		130 m ³	0 m ³	
	11 752 732 m ³		Consumo não facturado medido	
			130 m ³	
	Perdas de Água	Perdas aparentes	Consumo não facturado não medido	
			0 m ³	
			Consumo não autorizado	
			0 m ³	
			Erros de medição	
			0 m ³	
		Perdas reais	Perdas reais nas condutas de água bruta e no tratamento	
			235 112 m ³	
			Fugas nas condutas de adução	
			86 168 m ³	
			Fugas e extravasamento nos reservatórios	
			0 m ³	
Captada	12 074 012 m ³		Fugas nos ramaís de ligação (a montante do ponto de medição)	
Importada	0 m ³			
TOTAL	12 074 012 m ³	321 280 m ³		
				2,66%
				2,66%
				Ineficiência na utilização de recursos hídricos

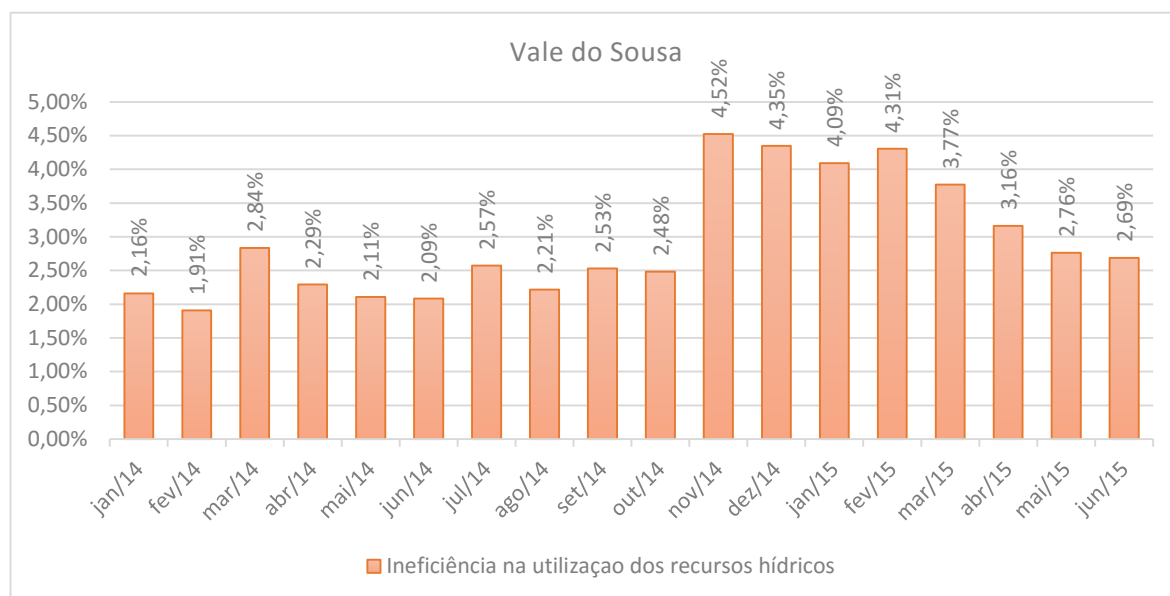


Gráfico 4.7 - Indicadores de desempenho do subsistema do Vale do Sousa

O desempenho do subsistema do Vale do Sousa para o ano de 2014, recorrendo ao Quadro 4.7, e à imagem do verificado no Sistema Global e no subsistema de Lever, é considerado ótimo por cumprir os parâmetros da ERSAR. Os ID Água não faturada e Ineficiência na utilização dos recursos hídricos registam, ambos, o valor de 2,66 % e estão, portanto, abaixo dos 5 % e 4 % respetivamente.

No Vale do Sousa, os valores percentuais mensais dos dois ID são idênticos pelo que, no Gráfico 4.7, está apenas representado o ID Ineficiência na utilização dos recursos hídricos.

Analisando o ID apresentado, no ano de 2014, até outubro, os valores encontram-se abaixo dos limites recomendados pela ERSAR e apresentam, por isso, um desempenho considerado ótimo. No entanto, no mês de novembro verifica-se um aumento da percentagem para cerca de o dobro do verificado nos meses anteriores, tendo inclusive o valor da ineficiência na utilização dos recursos hídricos ultrapassado os 4 %, valor recomendado pela ERSAR. Este incumprimento mantém-se até ao mês de fevereiro de 2015. A partir deste mês, assiste-se a uma melhoria do desempenho do subsistema e verifica-se uma tendência de descida dos valores percentuais dos ID para valores dentro dos recomendados, sem que no entanto se atinja o desempenho dos primeiros 10 meses de 2014.

Relativamente às perdas médias diárias mensais, estas foram calculadas de forma idêntica ao apresentado anteriormente para o Sistema Global e para Lever e apresentadas no Gráfico 4.8:

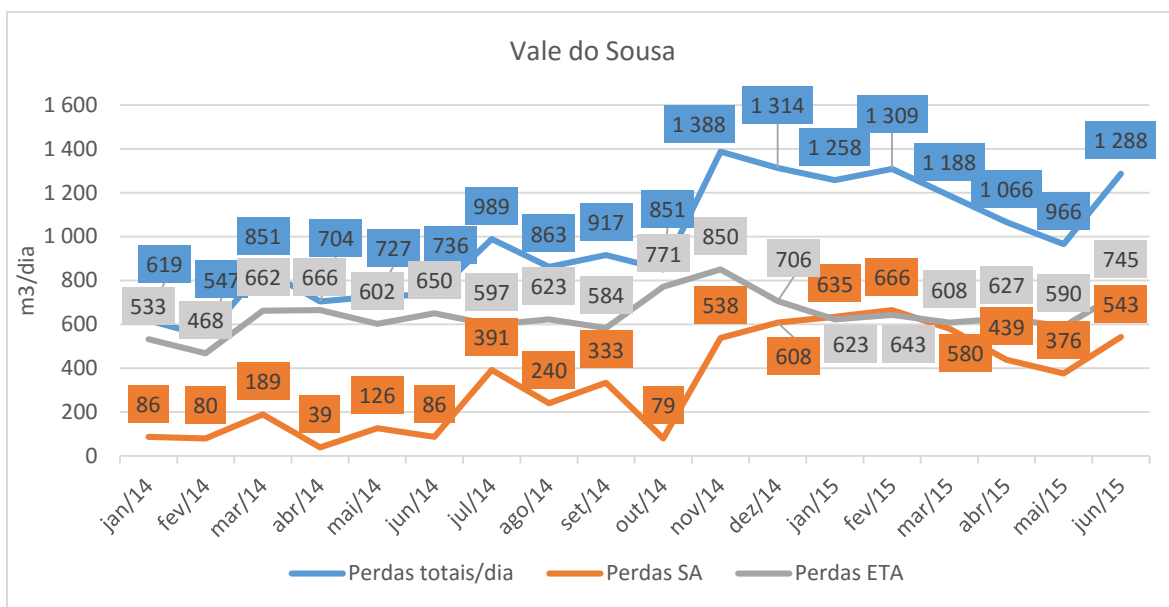


Gráfico 4.8 - Perdas médias diárias mensais do Vale do Sousa

As perdas médias diárias mensais traduzem o comportamento verificado nos ID analisados. Do mês de outubro de 2014 para novembro de 2014, as perdas totais/dia registam uma subida de 851 m³ para 1 388 m³ sendo este o valor máximo atingido no intervalo de tempo considerado no estudo.

Logo após ser atingido o valor máximo de perdas totais, os valores, a partir de novembro, registam uma tendência de diminuição com uma ligeira inversão de comportamento do mês de janeiro para fevereiro de 2015 retomando de novo a diminuição em março. O último mês de registo, junho de 2015, regista nova inversão na tendência das perdas.

É perceptível, pela análise do Gráfico 4.8, que o valor máximo de perdas atingido se deveu em grande parte a uma subida no valor das perdas no sistema adutor. De facto, o valor das perdas no sistema adutor registado no mês de novembro de 2014 é quase 7 vezes superior ao registado no mês antecessor. O registo mantém-se elevado no último mês de 2014 e nos meses em estudo de 2015 e é notório que os valores das perdas do sistema adutor, quando comparados com os meses homólogos de 2014, registam desempenhos considerados piores. Após discussão com os responsáveis da empresa, e apesar de não haver certezas quanto à razão para os elevados valores de perdas, constatou-se que alguns caudalímetros deste subsistema apresentavam um mau funcionamento podendo levar a que os valores analisados não correspondam à realidade.

Há uma particularidade no subsistema do Vale do Sousa que marca uma diferença relativamente a Lever e que diz respeito aos valores de perdas nas ETA quando comparados com o sistema adutor. No

Vale do Sousa, com exceção dos meses de janeiro e fevereiro de 2015, as perdas nas ETA são superiores às verificadas no sistema adutor. Na contabilização das perdas das ETA é importante destacar que estão incluídos valores que dizem respeito à ETA de Castelo de Paiva, à ETA do Ferro e à ETA do Ferreira. A ETA de Castelo de Paiva trabalha durante todo o ano mas a do Ferro e do Ferreira não. As duas últimas trabalham intercaladas com a particularidade da do Ferro trabalhar de julho a setembro e a do Ferreira os restantes meses.

No que diz respeito ao cálculo das perdas por quilómetro de conduta por dia, o desempenho foi avaliado através do Gráfico 4.9:

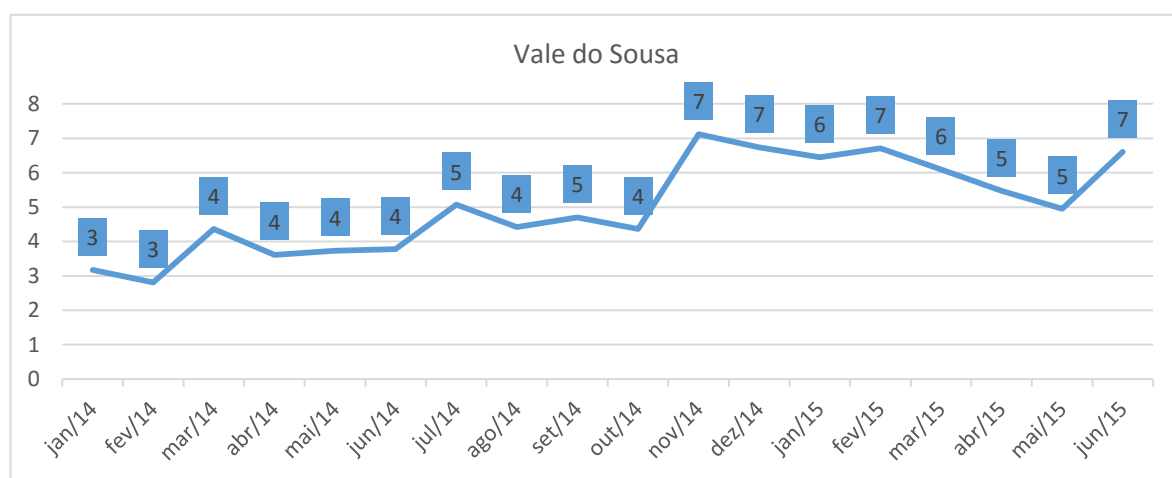


Gráfico 4.9 - Perdas por km de conduta por dia no Vale do Sousa

Apesar do aumento dos valores a partir do mês de outubro de 2014, possivelmente devido a problemas nas leituras dos caudalímetros, é possível comprovar que o desempenho do subsistema é bom no que diz respeito às perdas por quilómetro de conduta por dia, sendo os resultados inferiores ao limite recomendado pela ERSAR ($< 15 \text{ m}^3/(\text{km}.\text{dia})$). Apesar dos bons resultados, os meses de 2015 em análise apresentam resultados piores quando comparados com os meses homólogos de 2014.

4.2.4 Baixo Tâmega

O subsistema do Baixo Tâmega, como já foi referido anteriormente, é o mais pequeno do sistema da AdDP. Apesar da sua pequena relevância em termos de contribuição para o Sistema Global, optou-se por estudar também os seus valores. Assim, apresenta-se, no Quadro 4.8, o Balanço Hídrico de 2014:

Como se pode confirmar, no ano de 2014 foram captados 249 926 m³, o que, no setor de Lever corresponde, por vezes, a cerca de um dia de funcionamento. Isto demonstra as pequenas dimensões deste subsistema quando comparado com os outros que completam o Sistema Global. Não obstante, quanto ao seu desempenho, analisando os valores dos ID calculados no Quadro 4.8, é possível concluir que o desempenho é bom e cumpre os requisitos da ERSAR: a percentagem anual do ID água não faturada é inferior a 5% e a ineficiência na utilização dos recursos hídricos é inferior a 4%.

À imagem do que acontecia no subsistema do Vale do Sousa, os ID analisados apresentam valores percentuais idênticos, pelo que, no Gráfico 4.10, surge apenas representada a evolução mensal da ineficiência na utilização dos recursos hídricos:

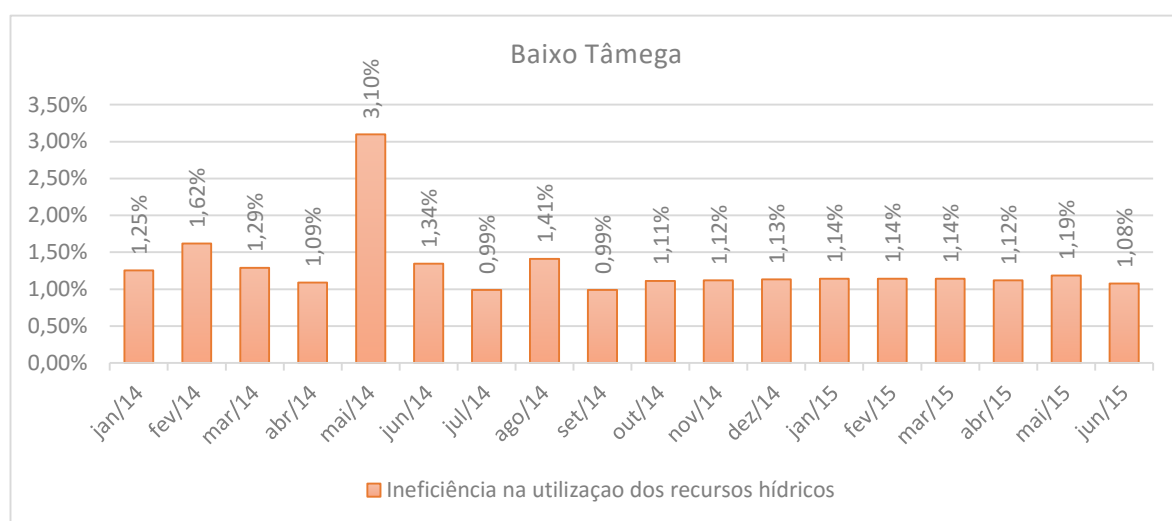


Gráfico 4.10 - Indicadores de desempenho do subsistema do Baixo Tâmega

Do gráfico é possível aferir que o comportamento do subsistema mantém-se sensivelmente no mesmo registo de valores ao longo dos meses com exceção para o mês de maio e 2014. As percentagens dos ID analisados são bastante baixas e, mesmo no mês de maio de 2014, os parâmetros da ERSAR são cumpridos.

Procurando relacionar as ocorrências do mês de maio de 2014 observadas no Gráfico 4.10, desenhou-se o Gráfico 4.11 onde se podem ver as perdas médias diárias mensais totais e divididas nas suas componentes individuais:

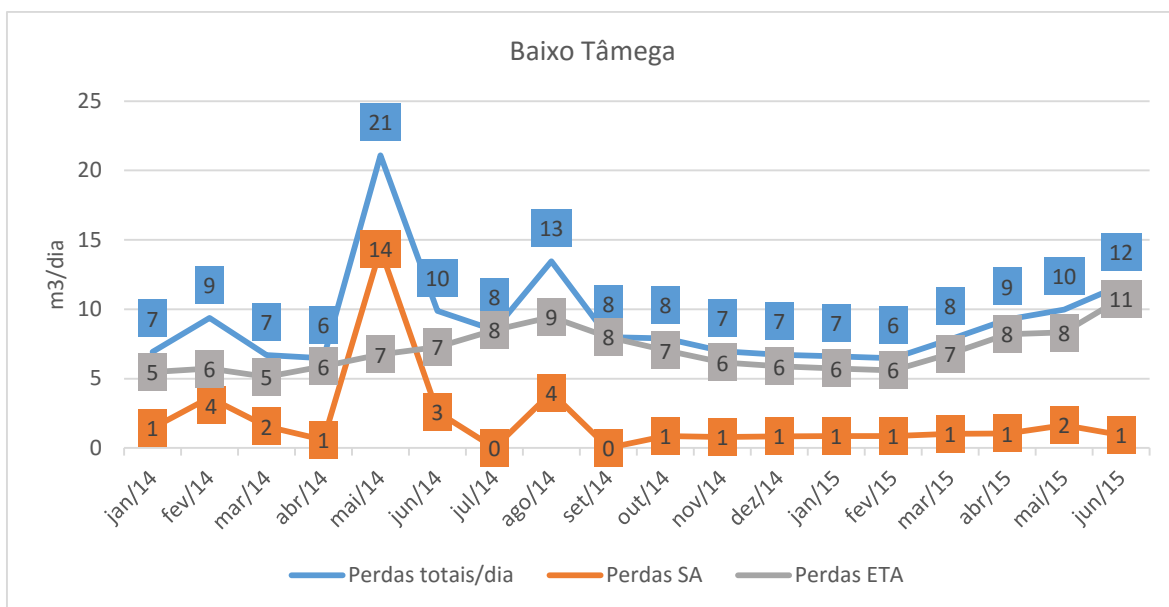


Gráfico 4.11 - Perdas médias diárias mensais do Baixo Tâmega

No mês de maio de 2014, constata-se, de facto, uma subida dos valores das perdas de água para valores de mais de 3 vezes superiores (de 6 m³ em abril para 21 m³ em maio). Esta subida foi influenciada sobretudo pelo sistema adutor onde se verifica a subida de 1 m³/dia de perda para 14 m³/dia, contribuindo, dessa forma, para a variação das perdas totais/dia. Não foi encontrada uma possível justificação para este aumento e, a partir do mês seguinte, os valores voltam a descer e o comportamento torna-se novamente uniforme no decorrer dos meses em estudo. Saliente-se, no entanto, que nos últimos meses de 2015 analisados, os valores de perdas totais têm apresentado uma tendência de subida, em especial devido às perdas na ETA.

É perceptível, de facto, que as perdas na ETA têm, com exceção do mês de maio de 2014, mais relevância neste subsistema do que as perdas no sistema adutor.

Para terminar a análise aos ID do Baixo Tâmega, calculam-se as perdas por quilómetro de conduta por dia e os resultados estão representados no Gráfico 4.12:

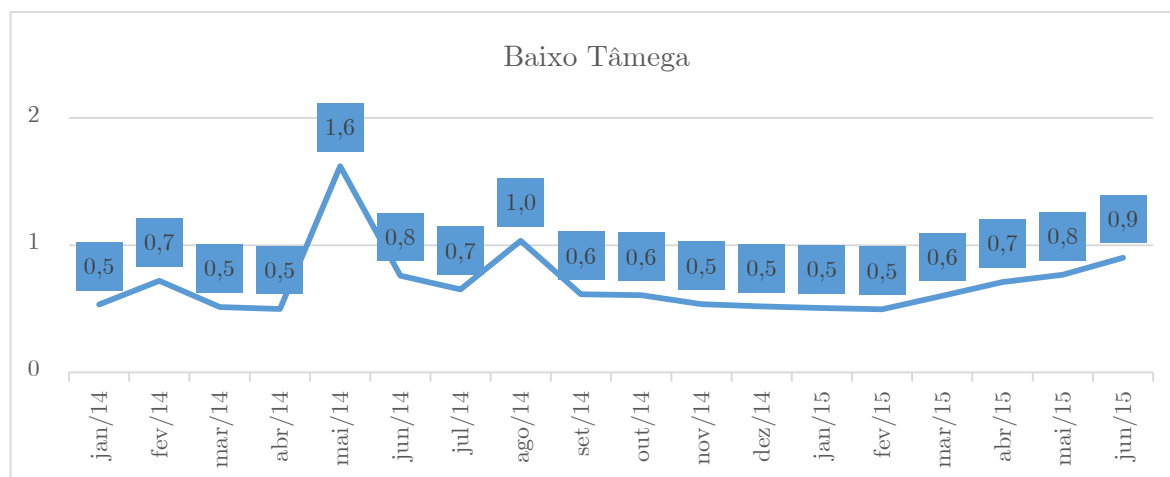


Gráfico 4.12 - Perdas por quilómetro de conduta por dia do Baixo Tâmega

É facilmente verificável que os valores observados no Gráfico 4.12 se situam bastante abaixo do valor limite de $15 \text{ m}^3/(\text{km.dia})$ imposto pela ERSAR.

No geral o subsistema do Baixo Tâmega representa uma fração muito pequena do Sistema Global e apresenta um comportamento ótimo segundo as referências da ERSAR.

4.3 CONTROLO DIÁRIO DE PERDAS

Uma parte importante no desenvolvimento deste trabalho foi a elaboração de uma folha de cálculo automático de perdas que registasse as variações diárias e movimentações de água na rede e apresentasse os resultados de uma forma simplificada e de fácil leitura, ou seja, através de gráficos.

A empresa, como antes referido, efetuava já o cálculo do balanço hídrico e dos ID que foram apresentados no capítulo 4.2. No entanto, a folha que foi criada para controlo de perdas a nível diário representou uma novidade e acrescentou um processo de controlo diferente proporcionando, desta forma, uma nova ferramenta de trabalho para a empresa.

Os subsistemas que fizeram parte deste estudo foram Lever e Vale do Sousa. Dadas as pequenas dimensões e ao bom comportamento do Baixo Tâmega, optou-se por dar uma relevância preferencial a Lever e ao Vale do Sousa.

De início considerou-se a realização de um estudo idêntico para os dois subsistemas. No entanto, verificaram-se dificuldades na obtenção de dados relativos à água captada e produzida pelas ETA do Vale do Sousa e esse facto, obrigou a modificar a análise para esse subsistema em específico tal como será devidamente detalhado no tópico correspondente.

A folha de cálculo elaborada está, então, dividida em duas grandes partes: a quantificação das Perdas na ETA e a quantificação das Perdas no Sistema Adutor.

Este trabalho compreendeu várias fases que são explicadas em detalhe em seguida.

Na elaboração da folha de cálculo, com o título “Folha de controlo de perdas diárias”, optou-se por dividi-la em 16 separadores. De forma a tornar a leitura da folha mais acessível, criou-se um índice onde estão descritos os separadores utilizados e um resumo da informação contida em cada um deles, tendo sido essa informação inserida no primeiro separador. No Quadro 4.9 apresenta-se, como exemplo, a informação presente na folha de cálculo para o subsistema de Lever:

Quadro 4.9 - Informação presente no separador “Índice” da folha de cálculo para Lever

	Título	Resumo
1	Identificação	Identificação dos caudalímetros presentes na rede
2	Dados Totalizadores	Volumes acumulados registados nos <i>data loggers</i>
3	Volumes Diários	Volumes diários nos diversos pontos da rede
4	Água Captada	Cálculo da água captada
5	Água Produzida	Cálculo da água produzida
6	Dados ETA	Água captada, produzida e respetiva diferença nas ETA do sistema
7	Dados RAT	Informação relativa ao RAT
8	Variação Volumes	Variação diária dos volumes do RAT
9	Perdas ETA	Cálculo das perdas da ETA
10	Dados Reserv. Sistema Adutor	Registo dos níveis dos reservatórios do sistema adutor
11	Variação de nível	Cálculo da variação dos níveis dos reservatórios do sistema adutor
12	Volumes	Cálculo da variação de volumes dos reservatórios do sistema adutor
13	Percentagens Lagoa	Percentagens de água do reservatório de Lagoa afetas ao setor norte e sul de Lever
14	Perdas Sistema Adutor	Cálculo das perdas no sistema adutor
15	Perdas Globais	Cálculo das perdas globais para o subsistema do Vale do Sousa
16	Folha Controlo Diário	Folha com os resultados do cálculo das perdas

No Quadro 4.9 é possível identificar o título de cada um dos separadores, assim como um breve resumo da informação contida em cada um deles. O aspeto visual do separador criado apresenta-se de seguida:

Índice		
	Título	Resumo
1	Identificação	Identificação dos caudalímetros presentes na rede
2	Dados Totalizadores	Volumes acumulados registados nos <i>data loggers</i>
3	Volumes Diários	Volumes diários nos diversos pontos da rede
4	Água Captada	Cálculo da água captada
5	Água Produzida	Cálculo da água produzida
6	Dados ETA	Água captada, produzida e respetiva diferença nas ETA do sistema
7	Dados RAT	Informação relativa ao RAT
8	Variação Volumes	Variação diária dos volumes do RAT
9	Perdas ETA	Cálculo das perdas da ETA
10	Dados Reserv. Sistema Adutor	Registo dos níveis dos reservatórios do sistema adutor
11	Variação de nível	Cálculo da variação dos níveis dos reservatórios do sistema adutor
12	Volumes	Cálculo da variação de volumes dos reservatórios do sistema adutor
13	Percentagens Lagoa	Percentagens de água do reservatório de Lagoa afetas ao setor norte e sul de Lever
14	Perdas Sistema Adutor	Cálculo das perdas no sistema adutor
15	Folha Controlo Diário	Folha com os resultados do cálculo das perdas

Figura 4.23 - Separador “Índice” da folha de cálculo para Lever

Explicada a organização da folha de cálculo, apresenta-se de seguida a informação detalhada de cada um dos separadores e o processo de cálculo inerente à obtenção dos valores finais.

Identificação

Numa primeira fase, começou-se por recolher informação relativamente aos caudalímetros importantes para este estudo. Os caudalímetros estão instalados ao longo de toda a rede, isto é, tanto nas zonas de captação de água como nas zonas de produção e faturação. Associados aos caudalímetros, os *data loggers* registam os valores dos caudais em diversos pontos da rede e, posteriormente, uma base de dados armazena todos os valores registados. A informação que fica armazenada é apresentada numa folha *Excel* onde cada caudalímetro está identificado por um *Tagname* e um *TagIndex*. O primeiro passo na criação da folha de cálculo consistiu em elaborar uma legenda para identificação dos caudalímetros. Para tal criou-se um separador na folha com o nome “Identificação”. Na Figura 4.24 apresenta-se parte dessa lista:

Tagname		TagIndex
E_CUNHA\PE_610\CAUD1\EST\FT01_CNT1	EE Cunha PE608 Entrada	0
E_CUNHA\CAUD1\EST\W_CAUD1_TOT	EE Cunha PE638 Bombagem P/Castro Daire	1
E_ESCA\CAUD1\EST\TOTAL	EE Escariz PE 050 Entrada	2
E_ESCA\CAUD2\EST\TOTAL	EE Escariz PE051 Bombagem P/ Provizende	3
E_RANS\CAUD1\EST\TOT		4
RAMALD\CAUD2\EST\TOTALIZADOR	RSV Ramalde PE363 Saida DN1250	5
RAMALD\CAUD1\EST\TOTALIZADOR	RSV Ramalde PE360 Entrada (Bombagem Jovim I)	6
RAMALD\CAUD3\EST\TOTALIZADOR	RSV Ramalde PE362 Saida DN 1000	7
FELGUEIRAS\CAUD101\EST\FL_101_QM_TOT	RSV Felgueiras PE738 Entrada do Torno	8
FELGUEIRAS\CAUD301\EST\FL_301_QM_TOT	RSV Felgueiras PE739 Saida P/Torno	9
FELGUEIRAS\CAUD601A\EST\FL_601A_QM_TOT	RSV Felgueiras PE736 Entrada (Bombagem do Ferro)	10
FELGUEIRAS\CAUD601B\EST\FL_601B_QM_TOT	RSV Felgueiras PE737 Saida P/ Ferro	11
PE\PE_310\CAUD1\EST\TOTALIZADOR	RSV Jovim PE310 Saida P/ Nova Sintra	12
LAGOA\ANAL\ACUMULADO_SQ01	RSV Lagoa PE930 Saida Gravítica Jovim	13
LAGOA\ANAL\ACUMULADO_SQ02	RSV Lagoa PE931 Bombagem P/ Seixo Alvo	14
LOURED\CAUD3\EST\TOTAL	EE S.V.Louredo PE034 Saida abelheira	15
MPEDRO2\CAUDAIS\EST\W_MP_TOT_CAUD_PRD	RSV Monte Pedro PE402 Saida P/ EE Feiteira	16
MPEDRO2\CAUDAIS\EST\W_MP_TOT_CAUD_VFERR	RSV Monte Pedro PE403 entrada (Bombagem EE Vale Ferreiros)	17

Figura 4.24 - Excerto do separador "Identificação"

Como é possível observar, na lista são apresentadas descrições de cada caudalímetro (por exemplo, caudalímetro à entrada da Estação Elevatória de Cunha – “EE Cunha PE608 Entrada”) e em que cada um tem um número associado (TagIndex). Na longa lista (101 linhas), nem todos os caudalímetros foram utilizados para efeitos de cálculo e, para facilitar a leitura da folha, foi criado um código de cores que permitiu, mais simplificada, perceber o subsistema ao qual o caudalímetro em causa está associado e qual a sua função (captação ou produção). Os pontos de entrega estão presentes numa outra folha e como tal não aparecem distinguidos aqui com um código de cores. A título de exemplo e para facilitar a compreensão desta situação, apresenta-se a Figura 4.25:

CAUD_PRODUCAO\EST\CAP_B_1_TOTAL		63
CAUD_PRODUCAO\EST\CAP_B_2_TOTAL		64
CAUD_PRODUCAO\EST\CAP_B_3_TOTAL		65
CAUD_PRODUCAO\EST\CAP_B_4_TOTAL		66
CAUD_PRODUCAO\EST\CAP_B_5_TOTAL		67
CAUD_PRODUCAO\EST\CAP_B_6_TOTAL		68
CAUD_PRODUCAO\EST\ELEVAT_B_9_TOTAL		69
CAUD_PRODUCAO\EST\ELEVAT_B_10_TOTAL		70
CAUD_PRODUCAO\EST\ELEVAT_B_11_TOTAL		71
CAUD_PRODUCAO\EST\ELEVAT_B_12_TOTAL		72
CAUD_PRODUCAO\EST\ELEVAT_B_13_TOTAL		73
CAUD_PRODUCAO\EST\ELEVAT_B_14_TOTAL		74
CAUD_PRODUCAO\EST\ELEVAT_B_21_TOTAL		75
CAUD_PRODUCAO\EST\ELEVAT_B_22_TOTAL		76
CAUD_PRODUCAO\EST\ELEVAT_B_23_TOTAL		77
CAUD_PRODUCAO\EST\LPE_TOTAL		78
PS\PE_618\CAUD1\EST\TOTALIZADOR	NÓ Greire PE618 (entre os rios)	79
PE\PE_160\CAUD1\EST\TOTALIZADOR	RSV Cesar PE 160 Entrada	80
STA_EULALIA\CAUD1\EST\TOTAL	EE Stº Eulalia PE750 Bombagem P/Cruz Nova	81
STA_EULALIA\CAUD2\EST\TOTAL	EE Stº Eulalia PE751 Bombagem P/Barrosas	82
E_RANS\CAUDDN700\EST\TOT	EE Portela Rans PE671 Entrada (bombagem ramalde)	83

Figura 4.25 – Exemplo do código de cores utilizado da folha de cálculo

O código de cores tem, então, a seguinte interpretação:

Quadro 4.10 - Legenda do código de cores

	Captação da ETA de Lever
	Bombas da Estação Elevatória à saída da ETA de Lever (Água Produzida)
	Saída das ETA do Vale do Sousa
	Saída da Estação Elevatória de Ramalde (para Portela de Rans)
	Saídas de Lagoa

Dados Totalizadores

Após a identificação dos caudalímetros, criou-se um novo separador e nomeou-se “Dados Totalizadores”. A empresa forneceu os registos dos totalizadores onde aparecem os valores acumulados dos caudais que são lidos nos diversos *data loggers*. Esses registos são efetuados de 10 em 10 minutos ao longo dos dias e a folha de base tem a seguinte configuração (Quadro 4.11):

Quadro 4.11 - Excerto da folha de dados base dos totalizadores

Date	Time	Millitm	TagIndex	Value	Status	Marker
01/05/2015	00:00:29	45	0	3024369,50		B
01/05/2015	00:00:29	45	1	555311,63		B
01/05/2015	00:00:29	45	2	137460,84		B
01/05/2015	00:00:29	45	3	4943606,00		B
01/05/2015	00:00:29	45	4	4581909,00		B
01/05/2015	00:00:29	45	5	0,00		B
01/05/2015	00:00:29	45	6	123329064,00		B
01/05/2015	00:00:29	45	7	1593898,25		B
01/05/2015	00:00:29	45	8	0,00		B
01/05/2015	00:00:29	45	9	464951,50		B
01/05/2015	00:00:29	45	10	3405434,00		B

No Quadro 4.11 estão registados os valores dos caudais acumulados (coluna “Value”) que são depois transferidos para o separador “Dados Totalizadores”. Como se pode verificar no quadro, na coluna “Date”, aparece o dia do registo dos valores, na coluna “Time”, a hora a que se deu o registo e, na coluna “TagIndex”, a identificação dos diversos *data loggers* que aparecem no separador “Identificação” previamente explicado. As outras colunas, para o estudo em questão, não apresentam relevância.

Optou-se por registar os valores diários às 00:00 horas para assim se estudarem as 24 horas de cada dia individualmente. O separador “Dados Totalizadores” tem então a seguinte disposição:

REGISTOS ÀS 00:00		31/03/2015	01/04/2015	02/04/2015
TagIndex	Designação	0	1	2
		Value	Value	Value
0	EE Cunha PE608 Entrada	2974314,25	2976457,25	2978286,5
1	EE Cunha PE638 Bombagem P/Castro Daire	530128,63	531311,31	532271,81
2	EE Escariz PE 050 Entrada	28848,75	32278,1	35741,94
3	EE Escariz PE051 Bombagem P/ Provizende	4835331	4838752	4842207
4		4510118	4512273	4514594
5	RSV Ramalde PE363 Saida DN1250	0	0	0
6	RSV Ramalde PE360 Entrada (Bombagem Jovim I)	119695912	119818792	119941672
7	RSV Ramalde PE362 Saida DN 1000	824421,13	875813,13	879888,81
8	RSV Felgueiras PE738 Entrada do Torno	0	0	0
9	RSV Felgueiras PE739 Saida P/Torno	370395,09	372958,09	376100,53
10	RSV Felgueiras PE736 Entrada (Bombagem do Ferro)	3151597,5	3151597,5	3151752,75
11	RSV Felgueiras PE737 Saida P/ Ferro	657,51	657,51	657,51
12	RSV Jovim PE310 Saida P/ Nova Sintra	76437128	76461088	76484392
13	RSV Lagoa PE930 Saida Gravítica Jovim	80473864	80540144	80606488

Figura 4.26 - Excerto do separador "Dados Totalizadores"

Volumes Diários

Após este passo, procedeu-se à criação de um novo separador nomeado “Volumes Diários”. Neste novo separador foram calculados os valores dos volumes de água diários de todos os pontos já identificados no separador “Identificação”. Parte do separador “Volumes Diários” é apresentado na Figura 4.27:

TagIndex	Designação	01/04/2015	02/04/2015	03/04/2015	04/04/2015
		1	2	3	4
0	EE Cunha PE608 Entrada	1829,25	1899,25	1813,5	1922,25
1	EE Cunha PE638 Bombagem P/Castro Daire	960,5	900,38	883,56	902,81
2	EE Escariz PE 050 Entrada	3463,84	3653,76	3724,84	3836,49
3	EE Escariz PE051 Bombagem P/ Provizende	3455	3637,5	3715	3812
4		2321	2522	2836	2729
5	RSV Ramalde PE363 Saida DN1250	0	0	0	0
6	RSV Ramalde PE360 Entrada (Bombagem Jovim I)	122880	124928	120832	122880
7	RSV Ramalde PE362 Saida DN 1000	4075,68	7744	43936	42708,32
8	RSV Felgueiras PE738 Entrada do Torno	0	0	0	0
9	RSV Felgueiras PE739 Saida P/Torno	3142,44	3492,81	3766,57	3702
10	RSV Felgueiras PE736 Entrada (Bombagem do Ferro)	155,25	338	2469,5	2817,75
11	RSV Felgueiras PE737 Saida P/ Ferro	0	0	0	0
12	RSV Jovim PE310 Saida P/ Nova Sintra	23304	23224	23184	22432
13	RSV Lagoa PE930 Saida Gravítica Jovim	66344	66592	68008	67368

Figura 4.27 - Excerto do separador "Volumes Diários"

O processo de cálculo do volume diário é bastante simples. Os valores registados pelos totalizadores, como explicado anteriormente, são todos referentes às 00:00 horas. Com isto, para obter o consumo diário de, por exemplo, o ponto de entrega (PE608), na Estação Elevatória (EE) de Cunha (*TagIndex* 0) no dia 01/04/2015, subtraiu-se o valor do totalizador no dia 02/04/2015 ao valor do totalizador no dia 01/04/2015, ou seja:

$$2978286,5 - 2976457,25 = 1829,25 \text{ m}^3$$

Entre as 00:00 horas do dia 1 de abril de 2015 e as 00:00 horas do dia 2 de abril de 2015, foi registado um volume de 1829,25 m³ de água na entrada da EE de Cunha.

Terminado o cálculo do consumo diário dos diversos pontos da rede AdDP, existiam então condições para proceder ao cálculo da água captada diariamente nos diversos pontos de captação da AdDP. Deste ponto em diante, optou-se por dividir as explicações de cálculo entre os subsistemas de Lever e do Vale do Sousa. Começar-se-á por explicar a parte correspondente a Lever e posteriormente será tratado o caso do Vale do Sousa.

4.3.1 Lever

Para se enquadrar o tema, começa-se por explicar o funcionamento do subsistema de Lever e de que forma este se divide em Lever Norte e Lever Sul. A Figura 4.28 esquematiza as diferentes captações existentes na ETA de Lever e de que forma a água segue diferentes caminhos após a captação e tratamento.

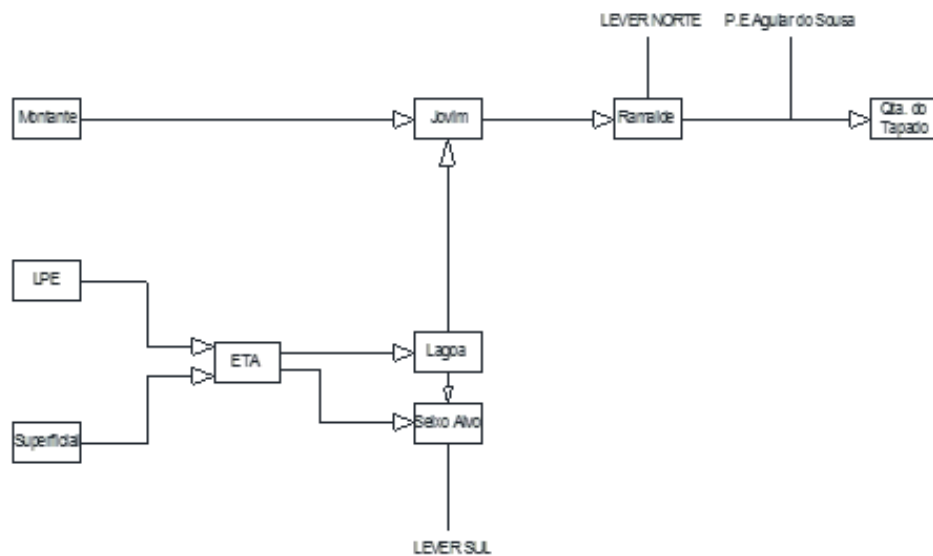


Figura 4.28 - Esquema do funcionamento do subsistema de Lever

É possível verificar que existem três zonas diferentes de captação de água. As captações denominadas LPE e Superficial captam a água e transportam-na para a ETA onde esta recebe tratamento e é posteriormente introduzida no Sistema Adutor. A captação Montante tem a particularidade de captar água com características ótimas pois os drenos naturais (areias do leito do rio) conferem à água características consideradas boas e esta é enviada diretamente para a estação elevatória e reservatório de Jovim onde recebe uma cloragem e é enviada posteriormente para os clientes.

Quanto à água produzida, esta pode ser enviada para a zona Norte ou Sul de Lever e para o Vale do Sousa. A água captada em Montante é enviada para Jovim e daí segue para Ramalde. Em Ramalde existem dois caminhos possíveis: o primeiro diz respeito à água que é entregue aos clientes de Lever Norte; a segunda diz respeito ao sistema de adução até à Quinta do Tapado (de onde segue para o Vale do Sousa) ou para o ponto de entrega de Aguiar do Sousa (ponto que é contabilizado como água

produzida para a zona Norte de Lever). A água captada em LPE e Superficial passa pela ETA, sofre o tratamento onde atinge as condições ótimas e é posteriormente introduzida no sistema adutor. À saída da ETA as bombas enviam a água ou para Lagoa ou para Seixo Alvo. A água que chega a Lagoa, ou segue para Jovim e posteriormente para Lever Norte ou para o Vale do Sousa, e a água que chega a Seixo Alvo servirá apenas os clientes de Lever Sul.

Água Captada

Explicado o esquema da rede de Lever, apresenta-se o separador seguinte da folha de cálculo chamado “Água Captada”. Neste separador aparecem os valores diários de água captada nas três zonas de captação (Montante, LPE e Superficial). A Figura 4.29 mostra um excerto do separador:

SECTOR		30/04/2015	01/05/2015	02/05/2015	03/05/2015	04/05/2015	05/05/2015	06/05/2015
Lever	Montante	102428	77658	92706	76874	90912	88988	98862
	LPE	117600	128304	96880	140896	105952	111456	109312
	Capt. Sup	36880	23868	45422	24448	38061	34162	52932

Figura 4.29 - Excerto do separador "Água Captada" para o subsistema de Lever

Os valores apresentados nas células de Montante, LPE e Captação Superficial mostram o volume de água captada durante um dia e resultam dos valores registados nos *data loggers*. Relativamente aos valores de Montante, estes resultam da soma das seguintes parcelas presentes no separador “Volumes Diários”:

42 Lever Montante PE900 Saida Jovim
43 Lever Montante PE901 Saida Jovim

Figura 4.30 - *Data loggers* da captação Montante

Os *data loggers* com os *Tagindex* 42 e 43 registam os valores dos caudais da captação de Montante. Somando os dois valores, obtém-se o valor total de água captada em Montante durante um dia.

Por outro lado, a captação LPE apresenta apenas um *data logger* com o *Tagindex* 78 que regista os valores diários de caudal:

78 LPE

Figura 4.31 - *Data logger* da captação LPE

Por fim, a captação superficial apresenta o conjunto de *data loggers* com os *Tagindex* 63, 64, 65, 66, 67 e 68:

63	Captação Sup. Bomba 1
64	Captação Sup. Bomba 2
65	Captação Sup. Bomba 3
66	Captação Sup. Bomba 4
67	Captação Sup. Bomba 5
68	Captação Sup. Bomba 6

Figura 4.32 - *Data loggers* da captação superficial

Água Produzida

Com os valores da água captada calculados, avançou-se para o cálculo dos valores da água produzida. A água produzida foi calculada de forma diferenciada para Lever Norte e Lever Sul e foi necessário encontrar a melhor forma de contabilizar a água que é transportada para as zonas norte e sul da rede, isto é, escolher os pontos onde seriam medidos os volumes de água e somá-los de forma a obter o valor total de água para Lever Norte e para Lever Sul.

Após discussão com responsáveis da empresa, optou-se pelo seguinte modelo para o cálculo da água produzida:

Lever Norte: Somou-se a água captada em Montante com a água transportada de Lagoa para Jovim e com o ponto de entrega de Aguiar do Sousa e subtraiu-se a Estação Elevatória de Ramalde (que envia a água para o subsistema do Vale do Sousa):

$$\text{Lever Norte} = \text{Montante} + \text{Lagoa Jovim} + \text{PE Aguiar do Sousa} - \text{EE Ramalde}$$

Lever Sul: Neste caso consideram-se duas parcelas: água transportada da ETA de Lever para Seixo Alvo e a água que é transportada de Lagoa para Seixo Alvo. Somando estes dois caudais obtém-se a água produzida para Lever Sul:

$$\text{Lever Sul} = \text{ETA Lever Seixo Alvo} + \text{Lagoa Seixo Alvo}$$

No que diz respeito à contabilização da água produzida para Lever Sul, é oportuno fazer referência à instalação dos caudalímetros à saída da ETA. À saída da ETA, a água produzida é contabilizada individualmente por bomba (cada bomba tem um dispositivo de leitura de caudal), mas também no

coletor de saída (é contabilizada a água total bombeada para o sistema adutor). Na contabilização utilizada no presente trabalho foram apenas considerados os valores do coletor.

Explicado o processo de cálculo da água produzida apresenta-se, então, na Figura 4.33, o aspeto visual do separador “Água Produzida”, onde está presente a descrição dos pontos somados e subtraídos para a obtenção dos valores de água produzida para os dois setores:

SECTOR	01/05/2015	02/05/2015	03/05/2015	04/05/2015
Lever Norte (Coletor) = Montante + Lagoa Jovim - EE Ramalde + PE				
Aguiar do Sousa	126 539	142 179	122 178	141 459
Lever Sul (Coletor) = ETA Lever Seixo Alvo + Lagoa Seixo Alvo +	77 179	82 035	79 788	78 253

Figura 4.33 - Excerto do separador "Água Produzida"

Perdas na ETA

Após o cálculo dos valores diários de água captada e água produzida, foi possível avançar para o cálculo das perdas na ETA.

O processo de análise das perdas diárias ocorridas na ETA de Lever começou com a criação do separador “Dados ETA”. Neste separador aparecem os dados da água captada e produzida diariamente (calculados previamente) e a diferença entre os dois. Um excerto apresenta-se de seguida:

		01/05/2015	02/05/2015	03/05/2015	04/05/2015	05/05/2015
Lever	Captada ETA	152 172	142 302	165 344	144 013	145 618
	Produzida ETA	141 904	148 176	156 720	136 976	147 952
	Diferença	10 268	-5 874	8 624	7 037	-2 334

Figura 4.34 - Excerto do separador "Dados ETA"

A diferença entre a água captada e produzida aparece por vezes com valores negativos (como se verifica, por exemplo, nos dias 02/05/2015 e 05/05/2015) o que, à primeira vista poderia levar a uma interpretação de que teria “aparecido” água externa na ETA. A este cálculo falta, todavia, acrescentar um dado importante que diz respeito ao armazenamento de água no Reservatório de Água Tratada (RAT), que se situa à saída da ETA de Lever e onde se armazena a água tratada antes de a enviar para o sistema adutor. A planta do RAT apresenta-se na Figura 4.35:

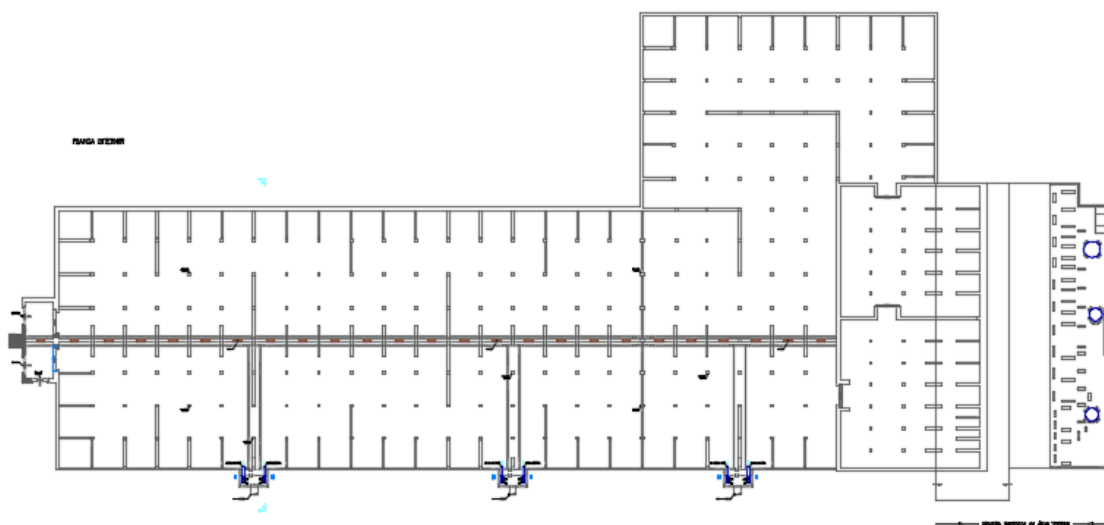


Figura 4.35 - Planta do RAT

O RAT apresenta as seguintes características:

Quadro 4.12 - Características do RAT

DADOS RAT				
Nº de células	2			
Dimensões (m)		20*120 + 30*45		20*120
Área Equivalente (m²)	Célula 1 (Norte)	3750	Célula 2 (Sul)	2400
Capacidade (m³)		18750		12000
Altura (m)	5			

Esta informação está presente no separador “Dados RAT” que foi criado para registar estes valores e também o nível de água às 00:00 horas todos os dias. Esse registo foi obtido consultando a folha de registo da sala de comando da ETA de Lever. A folha de registo é preparada todos os dias pelos operadores da sala de comando e, aí, encontram-se informações acerca dos níveis do RAT (registados de hora em hora). Apresenta-se na Figura 4.36 uma parte do separador:

	30/04/2015	01/05/2015	02/05/2015	03/05/2015	04/05/2015	05/05/2015
Níveis Reservatório de Água Tratada (Célula 1)	2,99	3,17	4,14	2,89	3,65	4,16
Níveis Reservatório de Água Tratada (Célula 2)	2,99	3,17	4,14	2,89	3,65	4,16

Figura 4.36 - Excerto do separador "Dados RAT"

Os níveis das duas células são geralmente iguais exceto em situações onde se procedem a intervenções de reparação ou limpeza do reservatório. Nesse caso, uma das células é esvaziada ficando a outra em funcionamento.

Para se poder obter o valor das perdas diárias na ETA foi necessário calcular as variações de níveis diárias e com isto a variação de volumes de água no RAT. Procedeu-se à obtenção desta informação no separador "Variação Volumes" (Figura 4.37):

			01/05/2015	02/05/2015	03/05/2015	04/05/2015	05/05/2015
Reservatório de Água Tratada	Célula 1	Varição Nível	0,97	-1,25	0,76	0,51	-0,65
		Varição Volume	3637,5	-4687,5	2850	1912,5	-2437,5
	Célula 2	Varição Nível	0,97	-1,25	0,76	0,51	-0,65
		Varição Volume	2328	-3000	1824	1224	-1560

Figura 4.37 - Excerto do separador "Variação Volumes"

A variação de volumes foi calculada multiplicando o valor da variação do nível pela área equivalente de cada uma das células do RAT. Como as áreas das células são diferentes, também as variações de volume obtidos para cada uma delas diferem. Com isto, foi possível chegar ao valor da variação de volumes armazenados no RAT e torna-se possível um maior rigor, na quantificação das perdas diárias da ETA.

No presente trabalho, calcularam-se as perdas de água diárias na ETA para os meses de maio e junho de 2015. Dificuldades na obtenção dos dados referentes aos níveis de água do RAT para o mês de abril impediram o cálculo das perdas diárias nesse período.

Criando um separador novo chamado "Perdas ETA", registaram-se os valores das perdas da ETA e elaborou-se o respetivo gráfico. As perdas de água da ETA foram calculadas recorrendo à seguinte expressão:

$$\begin{aligned} \text{Perdas ETA} = & \text{Água Captada} - \text{Água Produzida} - \text{Variação Volume (Célula 1)} \\ & - \text{Variação Volume (Célula 2)} \end{aligned}$$

Apresenta-se na Figura 4.38 uma parte deste separador:

	01/05/2015	02/05/2015	03/05/2015	04/05/2015	05/05/2015
Perdas ETA de Lever (m3)	4 303	1 814	3 950	3 901	1 664

Figura 4.38 - Excerto do separador "Perdas ETA"

Conjugando todos os valores e representando-os sob a forma de gráficos, surgem os Gráficos ... que representam as perdas na ETA de Lever nos meses de maio e junho de 2015:

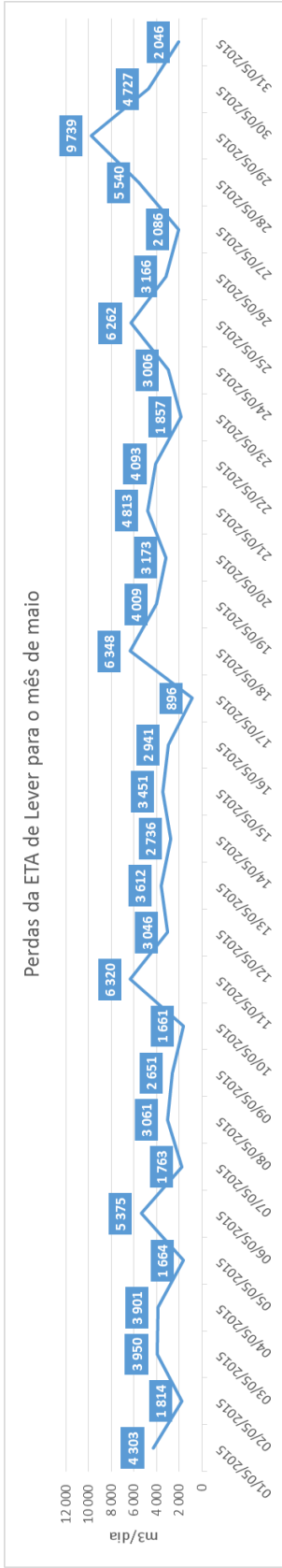


Gráfico 4.13 - Perdas da ETA de Lever para o mês de maio

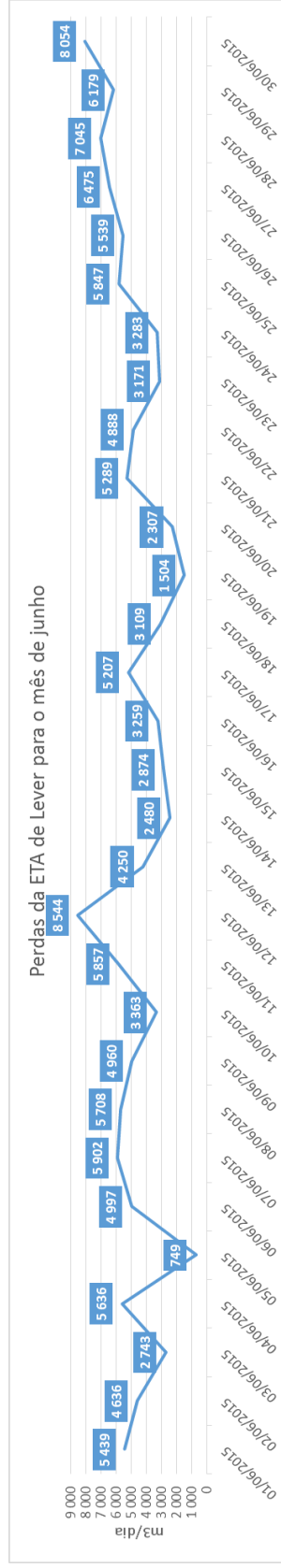


Gráfico 4.14 - Perdas da ETA de Lever para o mês de junho

Dos gráficos acima apresentados, importa salientar uma situação no mês de maio. Analisando o Gráfico 4.13, é possível detetar uma subida das perdas no dia 29/05/2015 onde se atinge uma perda de água de 9 739 m³, a maior detetada no mês de maio. Esta subida pode ser justificada pela limpeza e desinfecção da Célula 2 do RAT. No dia 29 de Maio, procedeu-se ao esvaziamento da referida célula sujeita a uma intervenção que durou até dia 08/06/2015. A água que se encontrava nesta célula perdeu-se porque não foi possível introduzi-la toda no sistema adutor e isso poderá justificar a subida verificada naquele dia.

No decorrer da intervenção, foi possível visitar o reservatório e observar as instalações e reais dimensões do mesmo, assim como o trabalho que estava a ser desenvolvido. Apresentam-se de seguida, imagens que registaram a visita:



Figura 4.39 - Intervenção no Reservatório de Água Tratada

Perdas no sistema adutor

Concluída a apresentação de resultados das perdas na ETA de Lever, avançou-se para a criação dos separadores que permitiram obter valores de perdas no Sistema Adutor.

Tal como no caso da avaliação de perdas na ETA, foi considerada a quantificação da variação do volume de água armazenado nos diferentes reservatórios do sistema adutor.

Nesta fase, começou-se, então, por criar o separador “Dados Reservatórios do Sistema Adutor” onde se registaram os dados relativos aos níveis dos reservatórios que se encontram no Sistema Adutor. Um exemplo desse separador está ilustrado na Figura 4.40:

Código	Designação	0	1	2
	Colocar data leitura oficial mês anterior	27/04/2015	28/04/2015	29/04/2015
		Value	Value	Value
6253CR001	Célula 1 do Reservatório de Rebordosa	2,52	2,54	2,18
6280CR001	Célula 1 do Reservatório de Jovim (Esquerda)	3,75	4,43	4,22
6280CR002	Célula 2 do Reservatório de Jovim (Câmara Central)	3,80	4,48	4,27
6280CR003	Célula 3 do Reservatório de Jovim (Direita)	3,77	4,45	4,24
6290CR001	Célula 1 do Reservatório de Ramalde	3,85	1,30	2,08
6290CR002	Célula 2 do Reservatório de Ramalde	3,89	1,31	2,09
6291CR001	Célula 1 do Reservatório de Pedrouços	2,67	2,54	2,22
6291CR002	Célula 2 do Reservatório de Pedrouços	2,65	2,51	2,19
6291CR003	Célula 3 do Reservatório de Pedrouços	2,35	2,26	1,93
6291CR004	Célula 4 do Reservatório de Pedrouços	2,35	2,22	1,92
6355CR001	Célula 1 do Reservatório de Cesar	4,57	2,13	2,13
6369CR001	Célula 1 do Reservatório de Guizande	1,23	1,31	1,40

Figura 4.40 - Excerto do separador "Dados Reservatórios do Sistema Adutor"

Após o registo dos níveis diários de todos os reservatórios presentes no Sistema Adutor, criou-se um novo separador, "Variação de nível", onde se calculou, como o nome indica, a variação de nível diária dos diversos reservatórios.

Código	Designação	1	2	3
		27/04/2015	28/04/2015	29/04/2015
6253CR001	Célula 1 do Reservatório de Rebordosa	0,02	-0,36	0,16
6280CR001	Célula 1 do Reservatório de Jovim (Esquerda)	0,68	-0,21	-0,58
6280CR002	Célula 2 do Reservatório de Jovim (Câmara Central)	0,68	-0,21	-0,59
6280CR003	Célula 3 do Reservatório de Jovim (Direita)	0,68	-0,21	-0,59
6290CR001	Célula 1 do Reservatório de Ramalde	-2,55	0,78	0,28
6290CR002	Célula 2 do Reservatório de Ramalde	-2,58	0,78	0,33
6291CR001	Célula 1 do Reservatório de Pedrouços	-0,13	-0,32	-0,15
6291CR002	Célula 2 do Reservatório de Pedrouços	-0,14	-0,32	-0,14
6291CR003	Célula 3 do Reservatório de Pedrouços	-0,09	-0,33	-0,21
6291CR004	Célula 4 do Reservatório de Pedrouços	-0,13	-0,30	-0,18
6355CR001	Célula 1 do Reservatório de Cesar	-2,44	0	1,2
6369CR001	Célula 1 do Reservatório de Guizande	0,08	0,09	0,07

Figura 4.41 - Excerto do separador "Variação de nível"

As variações de nível permitiram, no separador "Volumes", calcular a variação do volume de água diária em todos os reservatórios. Este cálculo foi efetuado multiplicando o valor da variação de nível pela área em planta de cada reservatório (tal como foi efetuado no RAT aquando do cálculo das perdas da ETA).

Código	Designação	Área em planta m2	Volume m3	1	2	3	4
				27/04/2015	28/04/2015	29/04/2015	30/04/2015
6253CR001	Célula 1 do Reservatório de Rebordosa						
6280CR001	Célula 1 do Reservatório de Jovim (Esquerda)	2915,89	15600	1982,81	-612,34	-1691,22	-466,54
6280CR002	Célula 2 do Reservatório de Jovim (Câmara Central)	376,65	2000	256,12	-79,10	-222,22	-60,26
6280CR003	Célula 3 do Reservatório de Jovim (Direita)	2915,89	15600	1982,81	-612,34	-1720,38	-408,22
6290CR001	Célula 1 do Reservatório de Ramalde	1626,81	10000	-4148,37	1268,91	455,51	1578,01
6290CR002	Célula 2 do Reservatório de Ramalde	1559,34	10000	-4023,10	1216,29	514,58	1528,15
6291CR001	Célula 1 do Reservatório de Pedrouços	800	5000	-104,00	-256,00	-120,00	1136,00
6291CR002	Célula 2 do Reservatório de Pedrouços	815,66	5000	-114,19	-261,01	-114,19	1158,24
6291CR003	Célula 3 do Reservatório de Pedrouços	884,99	5000	-79,65	-292,05	-185,85	1300,94
6291CR004	Célula 4 do Reservatório de Pedrouços	874,35	5000	-113,67	-262,31	-157,38	1294,04

Figura 4.42 - Excerto do separador "Volumes"

Ainda no separador "Volumes", no fundo da folha de cálculo, encontra-se um quadro onde foram calculadas as variações de volume totais diárias de todos os reservatórios, assim como a percentagem de armazenamento e a divisão da variação de volumes por subsistemas (Lever, Lever Norte, Lever Sul e Vale do Sousa). Uma parte deste quadro está ilustrado na Figura 4.43:

Total Sistema		170 960	-7 760	1 632	-3 319	9 330	-6 953	730
% Armazenamento			-5%	1%	-2%	5%	-4%	0%
Lever Norte			-4 596	-68	-2 561	7 837	-4 176	3 063
Lever Sul			1 660	-1 029	-1 622	2 893	-2 069	-642
LEVER			-2 936	-1 097	-4 183	10 731	-6 245	2 421
Vale do Sousa			-3 366	-683	1 943	787	-854	-2 129
Lever Norte			-3%	0%	-1%	5%	-2%	2%
Lever Sul			1%	-1%	-1%	2%	-1%	0%
LEVER			-2%	-1%	-2%	6%	-4%	1%
Vale do Sousa			-2%	0%	1%	0%	0%	-1%

Figura 4.43 - Excerto do quadro com as variações de volumes totais, por subsistemas e setores

No cálculo da variação de volumes, para os subsistemas indicados, foram considerados diferentes reservatórios que afetam as respetivas zonas. De seguida são apresentadas as listas de reservatórios que dizem respeito a cada um dos setores de Lever:

Quadro 4.13 - Lista de reservatórios para os setores de Lever

Lever Norte
Célula 1 do Reservatório de Jovim (Esquerda)
Célula 2 do Reservatório de Jovim (Câmara Central)
Célula 3 do Reservatório de Jovim (Direita)
Células 1 e 2 do Reservatório de Ramalde
Célula 1, 2, 3 e 4 do Reservatório de Pedrouços
Célula 1 e 2 do Reservatório de Monte Pedro
Célula 1 e 2 do Reservatório de Lagoa

Lever Sul
Células 1 e 2 do Reservatório de Seixo Alvo I
Células 1 e 2 do Reservatório de Mozelos
Células 1 e 2 do Reservatório de S. João de Ver
Células 1 e 2 do Reservatório de Milheirós de Poiães
Células 1 e 2 do Reservatório de S. Vicente de Louredo
Células 1 e 2 do Reservatório de Escariz
Células 1 e 2 do Reservatório de Alto do Marquinho
Células 1 e 2 do Reservatório de Souto Redondo
Células 1 e 2 do Reservatório de Abelheira
Células 1 e 2 do Reservatório de Provizende
Células 1 e 2 do Reservatório de Ramil Argoncilhe
Células 1 e 2 do Reservatório de Vila Nova
Células 1 e 2 do Reservatório de Arrifana
Células 1 e 2 do Reservatório de Lagoa

Na Figura 4.44 estão representados, geograficamente, os reservatórios referidos na lista acima apresentada:

		30/04/2015	01/05/2015	02/05/2015	03/05/2015	04/05/2015	05/05/2015	06/05/2015	07/05/2015
Célula 1 do Reservatório de Lagoa		-1108,33	87,50	204,17	4433,34	-3820,84	-2654,17	1020,83	1487,50
Célula 2 do Reservatório de Lagoa		-1079,17	58,33	233,33	4375,01	-3820,84	-1720,84	116,67	1487,50
Lagoa Jovim			64672	65760	67240	67368	65456	64928	65888
Lagoa S. Alvo			18498	25728	6032	12968	16120	15950	18686
Soma			83170	91488	73272	80336	81576	80878	84574
Percentagem Lever Norte			77,76%	71,88%	91,77%	83,86%	80,24%	80,28%	77,91%
Percentagem Lever Sul			22,24%	28,12%	8,23%	16,14%	19,76%	19,72%	22,09%
Lever Norte	Célula 1		68,04	146,75	4068,37	-3204,07	-2129,69	819,52	1158,85
	Célula 2		45,36	167,72	4014,84	-3204,07	-1380,79	93,66	1158,85
Lever Sul	Célula 1		19,46	57,42	364,97	-616,77	-524,48	201,32	328,65
	Célula 2		12,97	65,62	360,17	-616,77	-340,05	23,01	328,65

Figura 4.45 – Excerto do separador “Percentagens Lagoa”

A informação presente no separador acima ilustrado, no que diz respeito à quantidade de água que foi enviada de Lagoa para Jovim e de Lagoa para Seixo Alvo, assim como a soma de ambos, é particularmente importante para o cálculo das percentagens. Dividindo o valor, em m³ de água, de Lagoa para Jovim pelo valor da soma das parcelas Lagoa Jovim e Lagoa Seixo Alvo, obtém-se a percentagem de água que é enviada para Lever Norte. Por exemplo, no dia 01/05/2015, o valor da Percentagem Lever Norte presente na Figura 4.45 foi obtido da seguinte forma:

$$\text{Percentagem Lever Norte (01/05/2015)} = \frac{64672}{83170} * 100 = 77,76\%$$

Após a obtenção dos valores das percentagens, afetou-se os valores da variação dos volumes das células do reservatório de Lagoa com as percentagens, obtendo-se, dessa forma, a variação de volumes das duas células divididas em Lever Norte e Lever Sul. A título de exemplo, para o dia 01/05/2015, o valor da variação do volume da célula 1 do reservatório para Lever Norte foi obtido da seguinte forma:

$$\text{Lever Norte (Célula 1)} = 87,50 * 77, = 68,04 \text{ m}^3$$

Seguindo o processo acima descrito, foi possível calcular as variações dos volumes de Lagoa para Lever Norte e Sul para os meses de abril, maio e junho de 2015.

Água Faturada

Após todo este processo, foi necessário obter informações relativamente à água faturada pela empresa aos clientes. A faturação é registada numa folha de cálculo à parte, que foi fornecida pela empresa, de forma a concluir os cálculos das perdas no Sistema Adutor.

Essa folha de registo da água faturada é composta por três separadores: “Dados”, “Consumo-PE” e “Total”. No separador “Dados” são registados os valores obtidos diariamente pelos totalizadores em todos os pontos de entrega. Um excerto desse separador é apresentado na Figura 4.46:

COLOCAR 1º DIA (data oficial leitura anterior)		27/04/15	28/04/15	29/04/15	30/04/15
Tagname		1	2	3	4
100024PE005	Hortas e Portelinha	1286132	1286289	1286742	1288063
100024PE025	S.Miguel-o-Anjo	764466	764573	764691	764836
100024PE030	Vila Maior	2720059	2720658	2721155	2721754
100024PE060	Olival - Gaia	2465766	2466216	2466689	2467158
100024PE065	Cabeço e Loureiro	1035447	1036426	1037534	1038763
100024PE070	Argoncilhe	1053067	1053637	1053898	1054450
100024PE095	Chouza de Cima	3297255	3298374	3299853	3301260
100024PE100	São Jorge	0	0	0	0
100024PE105	Lamas	861145	861741	862169	862575
100024PE110	Paços de Brandão e Rio Meão	855640	856582	857579	858592
100024PE130	Carvalhosa	1556260	1556501	1556964	1557173
100024PE135	Arrifana	1217188	1217188	1217188	0
100024PE140	Zona Alta - S.João da Madeira	8943972	8945432	8947150	8948930
100024PE145	Pigeiros	7808	7809	7810	7923
100024PE150	Gaiate	179473	179642	179805	179964
100024PE170	Mosteirô	527719	527819	527929	528039
100024PE175	Casal Novo do Couto	118671	118749	118840	118920
100024PE185	Costa	216024	216160	216319	216439
100024PE200	Loureiro	189384	189631	189884	190136

Figura 4.46 - Excerto do separador "Dados"

No separador “Consumo-PE” é calculado o consumo diário de cada um dos pontos de entrega descritos na folha, considerando a diferença entre o valor registado no dia seguinte e o valor do dia em que se pretende avaliar esses consumos. Exemplificando, para o PE005 – Hortas e Portelinha, o consumo do dia 29/04/2015 é obtido da seguinte forma:

$$1288063 - 1286742 = 1322 \text{ m}^3$$

Explicado o cálculo, apresenta-se, na Figura 4.47, um excerto do separador:

Tagname	Designação	27/4/15	28/4/15	29/4/15	30/4/15
		1	2	3	4
100024\PE005	Hortas e Portelinha	157	453	1 322	453
100024\PE025	S.Miguel-o-Anjo	107	117	146	126
100024\PE030	Vila Maior	599	498	599	541
100024\PE060	Olival - Gaia	451	473	470	452
100024\PE065	Cabeço e Loureiro	979	1 108	1 229	982
100024\PE070	Argoncilhe	570	261	552	629
100024\PE095	Chouza de Cima	1 119	1 479	1 407	1 479
100024\PE100	São Jorge	0	0	0	0
100024\PE105	Lamas	596	428	406	564
100024\PE110	Paços de Brandão e Rio Meão	942	997	1 013	1 004
100024\PE130	Carvalhosa	241	463	210	430
100024\PE135	Arrifana	0	0	0	0
100024\PE140	Zona Alta - S.João da Madeira	1 460	1 718	1 780	1 794
100024\PE145	Pigeiros	1	1	113	1
100024\PE150	Gaiate	169	163	159	164
100024\PE170	Mosteirô	100	110	110	109
100024\PE175	Casal Novo do Couto	78	91	81	66
100024\PE185	Costa	136	159	120	155
100024\PE200	Loureiro	247	253	252	252

Figura 4.47 - Excerto do separador "Consume-PE"

Por fim, e com o objetivo de agrupar todos os pontos de entrega e distribuí-los por municípios, surge o separador "Total". Neste separador aparecem os dados relativos aos municípios clientes da empresa e onde são somados todos os pontos de entrega anteriormente referidos. Com isto é possível saber a faturação diária de cada município e, por conseguinte, de cada subsistema. Para melhor se compreender este processo, apresenta-se a Figura 4.48:

	1	2	3	4
	27/04/15	28/04/15	29/04/15	30/04/15
Gondomar	20 214	21 401	22 125	21 529
Maia	16 354	16 250	16 427	15 546
Matosinhos	33 178	33 210	33 723	32 547
Porto	52 837	52 298	56 970	55 616
Valongo	12 978	11 350	13 984	11 222
Paredes LN	1 436	1 064	1 412	1 144
VN Gaia	46 467	46 281	48 500	46 063
SM Feira	10 218	10 314	9 976	10 615
Espinho	5 808	5 820	6 056	5 740
Ovar	6 835	8 308	8 202	8 349
Arouca	4 450	4 121	4 123	4 064
S J Madeira	1 460	1 718	1 780	1 794
OI Azeméis	4 418	5 871	6 355	5 969
Vale de Cambra	37	29	39	83
Cpaiva	3 442	3 549	3 613	3 350
Cinfães	1 362	1 697	1 379	1 523
Paredes VSP	2 698	2 330	2 173	2 179
PFerreira	4 562	3 689	4 020	3 889
Lousada VSP	2 219	2 330	2 627	2 582
Felgueiras	6 634	5 959	6 746	6 684
Lousada VSN	1 794	1 991	1 828	2 301
Penafiel	0	0	0	0
Amarante	6 694	7 347	6 914	7 486
Baião	741	794	821	762
Lever Norte	136 996	135 573	144 642	137 603
Lever Sul	79 693	82 463	85 031	82 678
VSPaiva	14 282	13 595	13 813	13 524
VSNorte+Baião	15 863	16 092	16 309	17 232
VSEoRios	0	0	0	0
TOTAL	246 834	247 723	259 794	251 037
Paredes	4 134	3 394	3 586	3 323
Lousada	4 013	4 321	4 455	4 883

Figura 4.48 - Faturação dos municípios e subsistemas

Reunidos todos os dados relativos à produção e faturação de água, foi possível proceder ao cálculo das perdas do sistema adutor. Criou-se, então, o separador “Perdas Sistema Adutor” onde se calculou o valor das perdas em Lever Norte, Lever Sul e Lever. Esse cálculo, à imagem do que foi feito para a ETA, concretizou-se através da seguinte expressão:

$$\text{Perdas Sistema Adutor} = \text{Água Produzida} - \text{Água Faturada} - \text{Variação Volumes} - \text{Variação Volumes Lagoa}$$

Os valores das perdas do Sistema Adutor foram então obtidos no separador “Perdas Sistema Adutor”.

A Figura 4.49 representa um excerto deste separador:

	01/04/2015	02/04/2015	03/04/2015	04/04/2015	05/04/2015
Lever Norte	2 950	2 399	-3 660	12 303	-2 911
Média 7 dias					
Lever Sul	559	589	-2 660	4 797	-420
Média 7 dias					
Lever	3 509	2 987	-6 319	17 100	-3 331
Média 7 dias					

Figura 4.49 - Excerto do separador "Perdas Sistema Adutor"

Após o cálculo dos valores das perdas para Lever Norte, Lever Sul e Lever, para os meses de abril, maio e junho, representaram-se os valores sob a forma de gráficos:

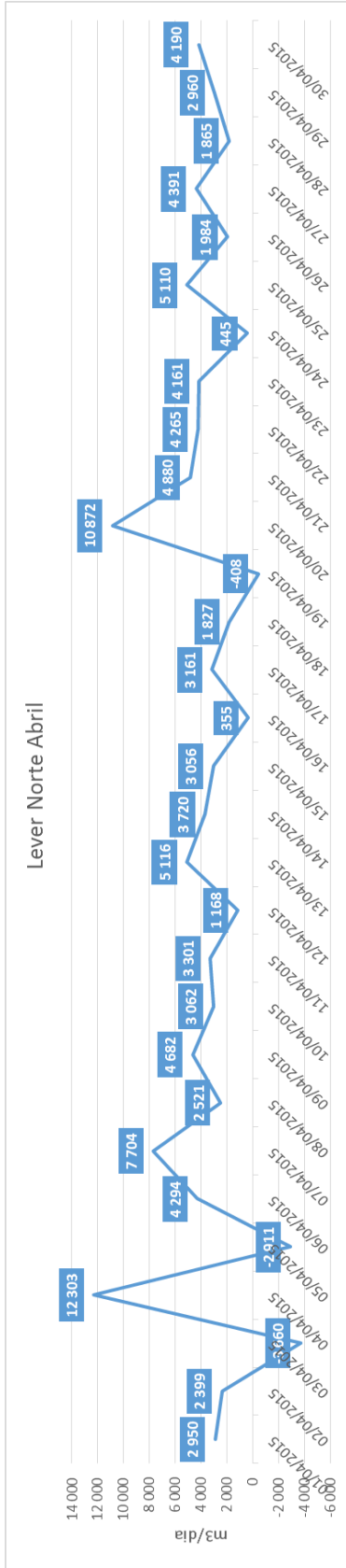


Gráfico 4.15 - Perdas no Sistema Adutor em Lever Norte no mês de abril de 2015

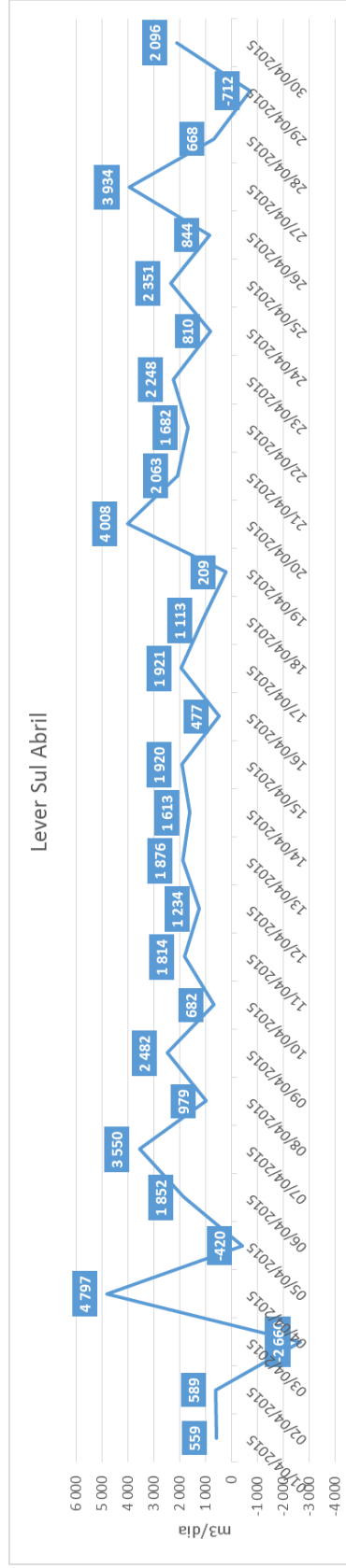


Gráfico 4.16 - Perdas no Sistema Adutor em Lever Sul no mês de abril de 2015

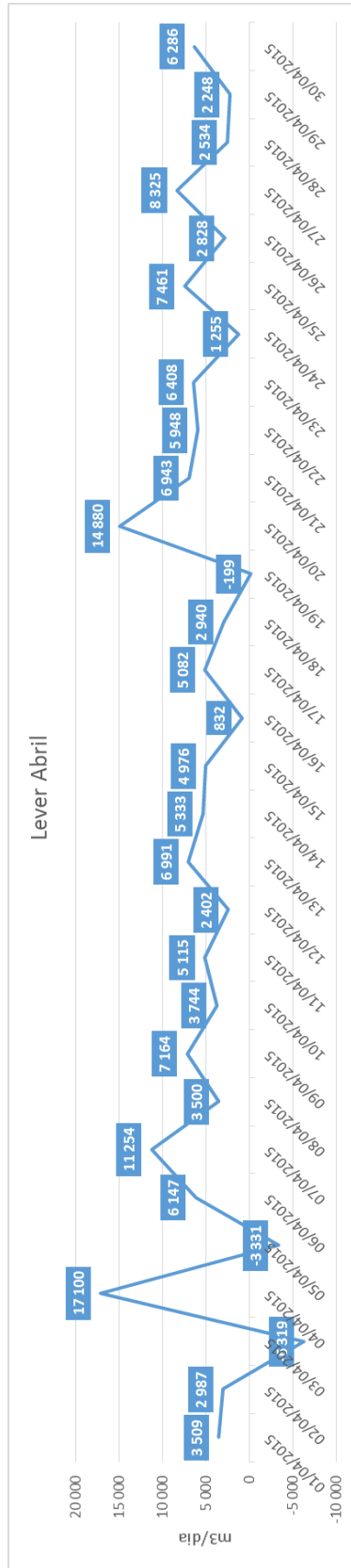


Gráfico 4.17 - Perdas no Sistema Adutor em Lever no mês de abril de 2015

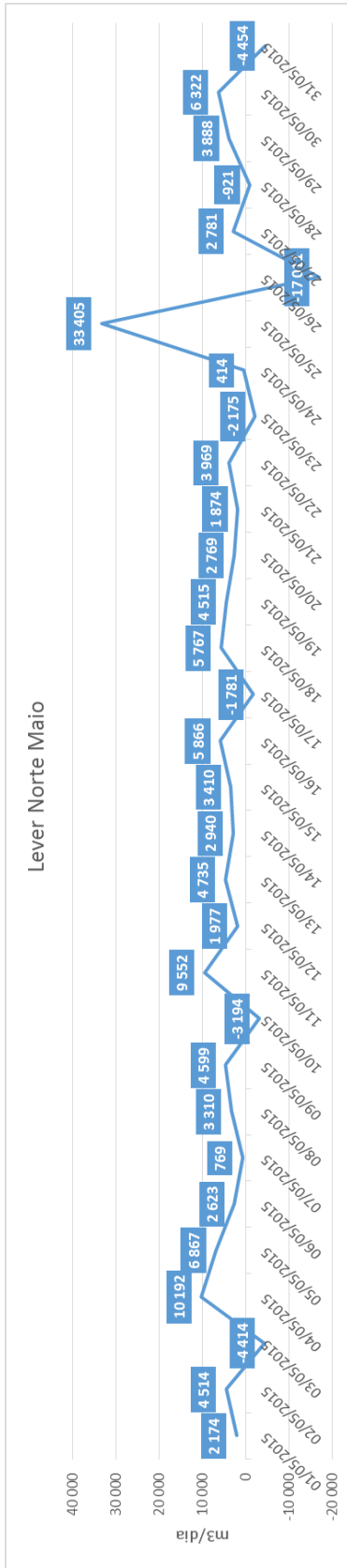


Gráfico 4.18 - Perdas no Sistema Adutor em Lever Norte no mês de maio de 2015

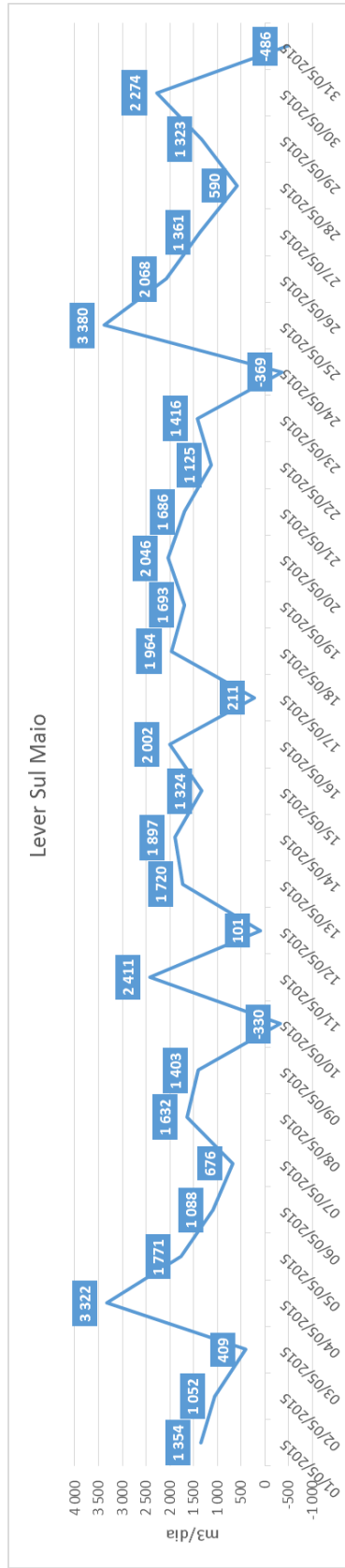


Gráfico 4.19 - Perdas no Sistema Adutor em Lever Sul no mês de maio de 2015

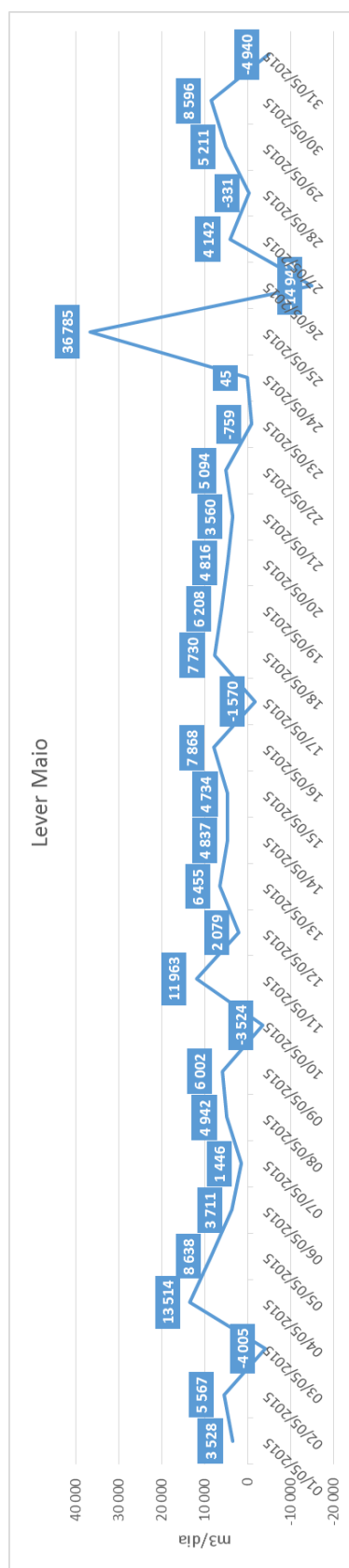


Gráfico 4.20 - Perdas no Sistema Adutor em Lever no mês de maio de 2015

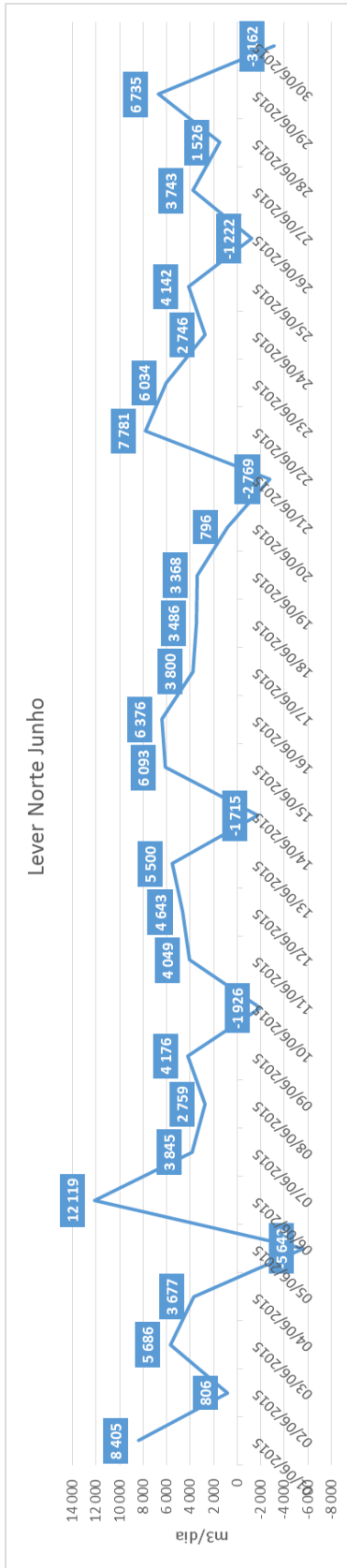


Gráfico 4.21 - Perdas no Sistema Adutor em Lever Norte no mês de junho de 2015

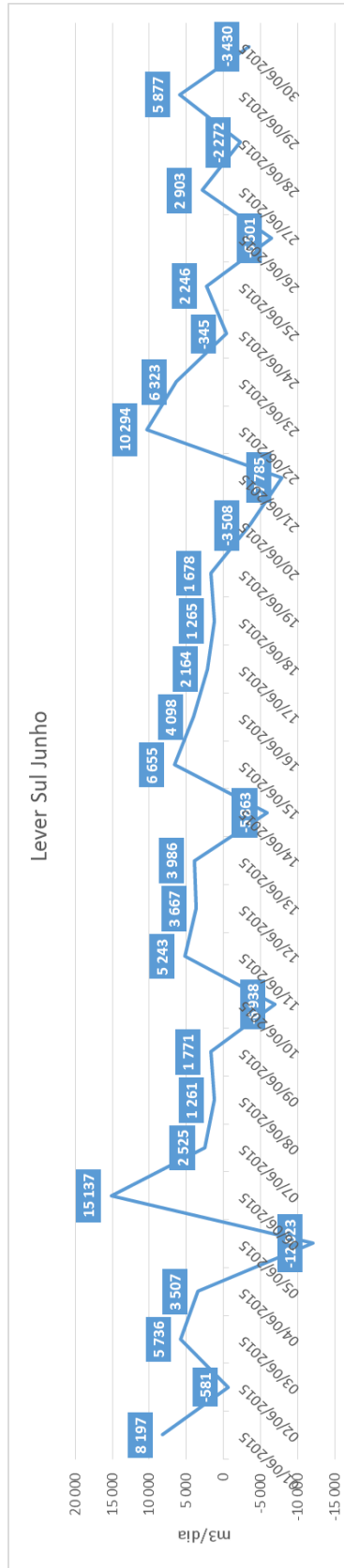


Gráfico 4.22 - Perdas no Sistema Adutor em Lever Sul no mês de junho de 2015

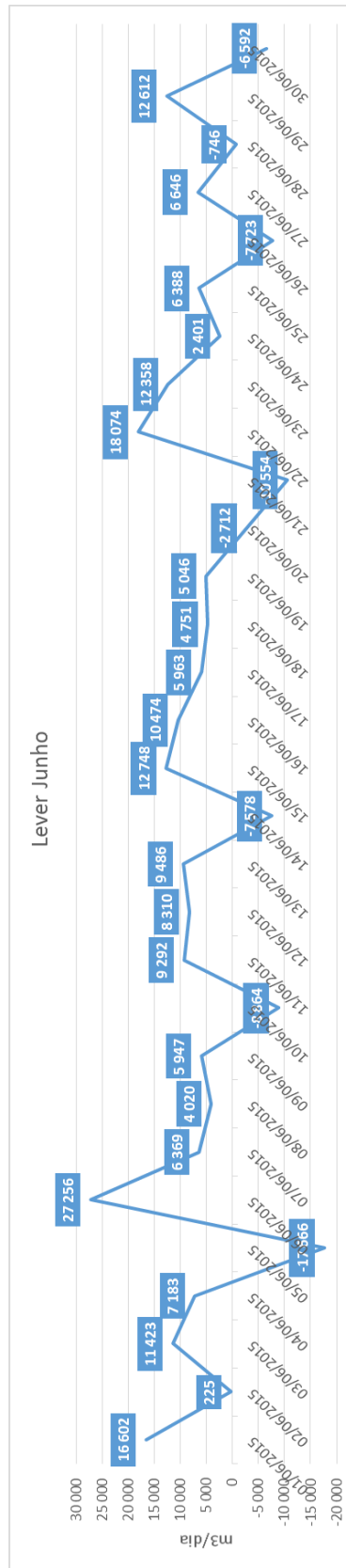


Gráfico 4.23 - Perdas no Sistema Adutor em Lever no mês de junho de 2015

A análise diária de perdas permite identificar tendências de evolução do valor das perdas de água e um controlo mais eficaz das mesmas. A análise dos gráficos 4.15 ao 4.23 permite aos técnicos identificarem subidas e descidas no valor das perdas, o que poderá servir de alerta para uma situação que necessite de algum tipo de intervenção.

Como exemplo, no Gráfico 4.18, para Lever Norte, é notável que este apresenta um comportamento estável ao longo de praticamente todo o mês de maio com exceção para os dias 25 e 26. De facto, nestes dias assiste-se a uma subida brusca seguido de uma descida igualmente brusca dos valores. Passa-se de 3 210 m³ para 25 856 m³ e os valores de seguida descem para -19 685 m³. Após estas variações, o comportamento do setor volta a estabilizar apresentando no dia 27 um valor de 3 254 m³.

Sem que haja uma razão aparente para a verificação desses valores, não se pode deixar de salientar que, com uma rede tão extensa e complexa que movimenta grandes quantidades de água a nível diário, possíveis erros associados aos caudalímetros, assim como erros associados à medição de níveis dos reservatórios, poderão contribuir para a obtenção de valores negativos.

Não obstante, como se pretende construir uma ferramenta que possa, de alguma forma, contribuir para a gestão e controlo das perdas nos diferentes subsistemas, surgiu então a necessidade de pensar numa forma de estabilizar estes valores com o objetivo de minorar as oscilações verificadas na análise diária e de perceber melhor o comportamento real do sistema adutor.

Para tal, pensou-se em calcular uma média das perdas diárias e procurou-se encontrar o número de dias a considerar numa média móvel que fosse mais eficaz. Aumentado o espectro de dias em análise esperava-se então reduzir as oscilações e tornar os resultados mais uniformes. Uma vez que os hábitos de consumo por parte das pessoas variam durante a semana e durante as horas do dia, procurando que a média móvel calculada incluísse todos os dias da semana, optou-se por calcular uma média móvel a 7 dias por melhor representar os hábitos dos consumidores.

Antes de apresentar os resultados alcançados com este estudo, é possível obter, no Quadro 4.14, informação relativamente à legenda utilizada nos gráficos.

Quadro 4.14 – Legenda do intervalo de dias considerado no cálculo das médias

Ponto	Intervalo de dias	Ponto	Intervalo de dias
7	01 a 07	20	14 a 20
8	02 a 08	21	15 a 21
9	03 a 09	22	16 a 22
10	04 a 10	23	17 a 23
11	05 a 11	24	18 a 24
12	06 a 12	25	19 a 25
13	07 a 13	26	20 a 26
14	08 a 14	27	21 a 27
15	09 a 15	28	22 a 28
16	10 a 16	29	23 a 29
17	11 a 17	30	24 a 30
18	12 a 18	31	25 a 31
19	13 a 19		

A legenda acima apresentada serve de base para os gráficos que estão presentes neste estudo relativo às médias a 7 dias das perdas de água no sistema adutor. Pretende-se que, quando nos gráficos seguintes se fizer a consulta do valor, por exemplo, do ponto 10, se entenda que esse ponto corresponde à média móvel dos dias 04 a 10, isto é, à média dos 7 dias anteriores ao ponto em análise (contando com o próprio ponto).

Procedeu-se então ao cálculo das médias móveis a 7 dias do subsistema de Lever e dos seus setores Norte e Sul para os meses de abril, maio e junho de 2015. Os resultados apresentam-se de seguida:

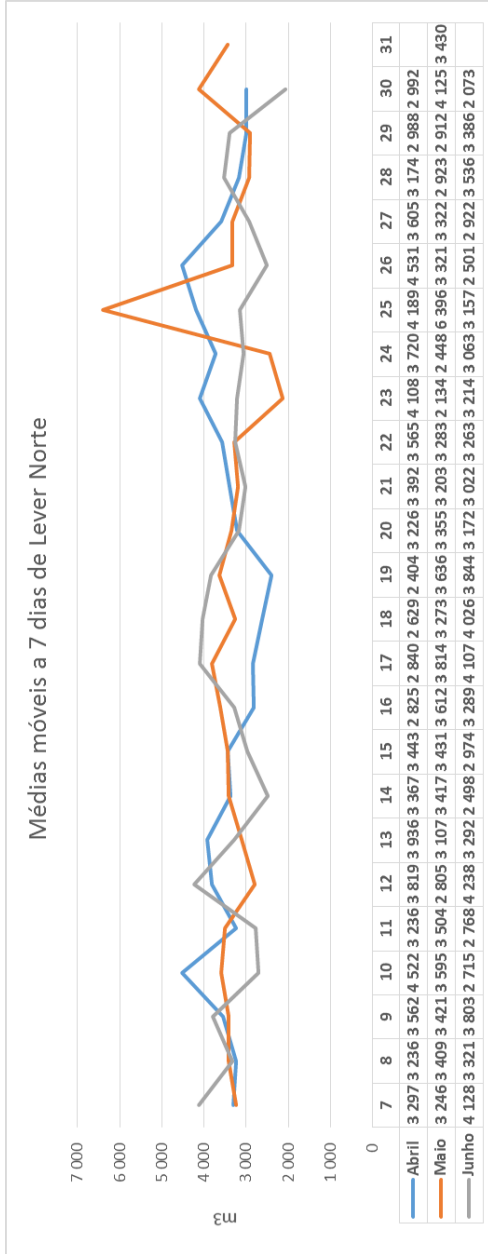


Gráfico 4.24 - Médias móveis a 7 dias para o subsistema de Lever Norte (meses de abril, maio e junho de 2015)

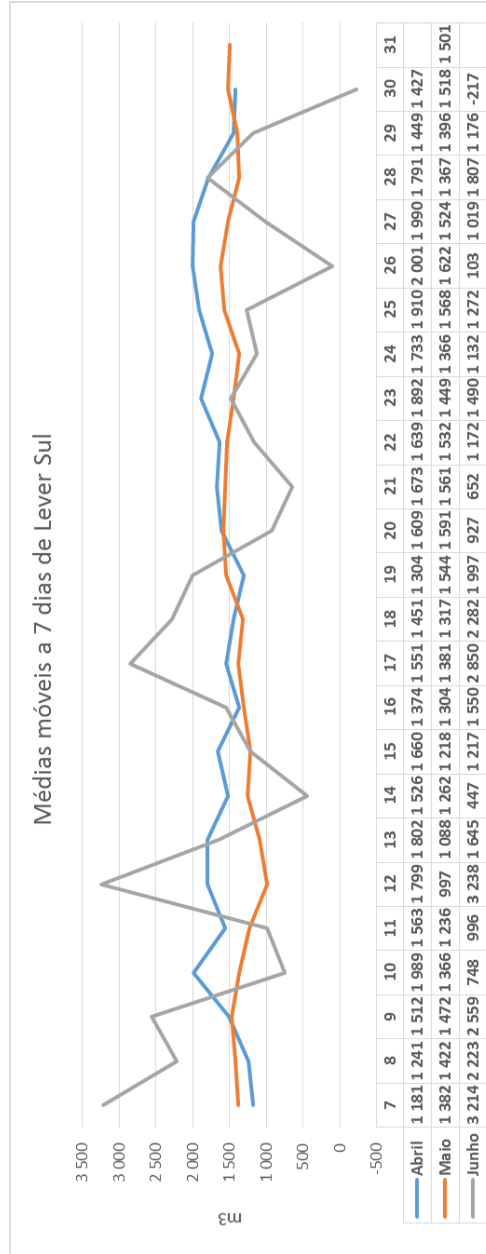


Gráfico 4.25 - Médias móveis a 7 dias para o subsistema de Lever Norte (meses de abril, maio e junho de 2015)

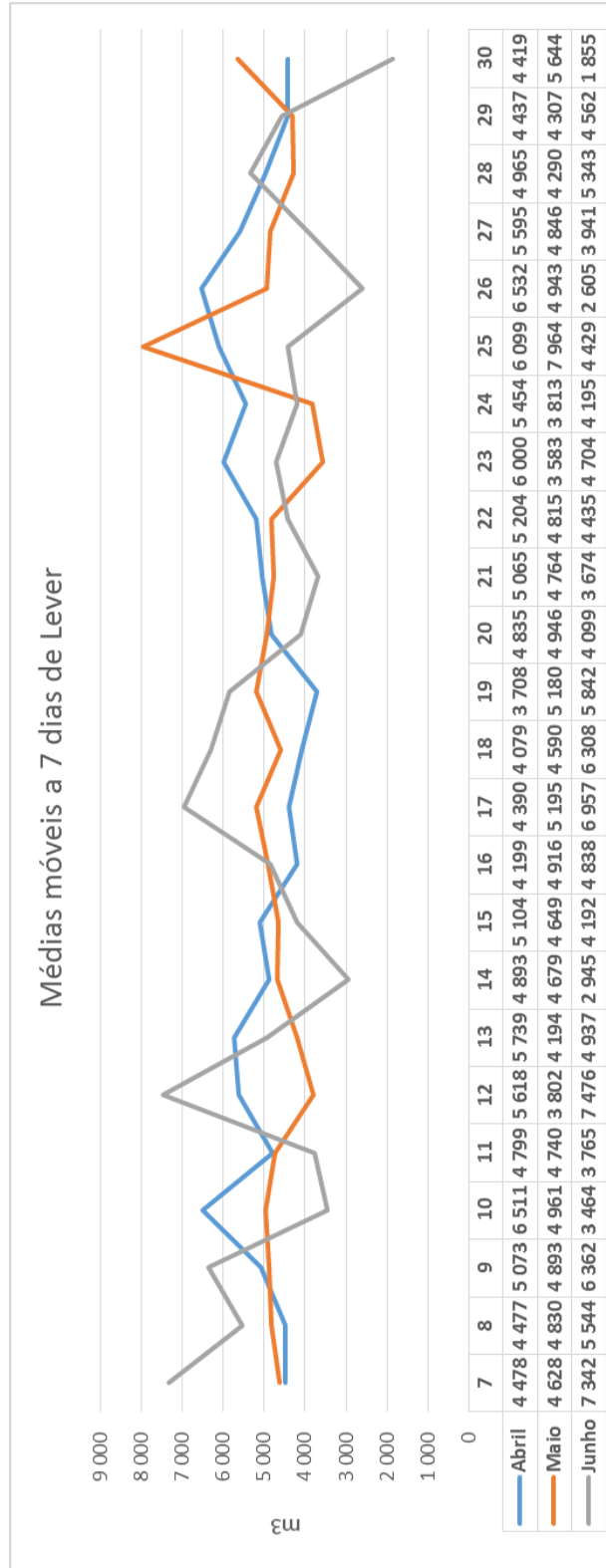


Gráfico 4.26 - Médias móveis a 7 dias para o subsistema de Lever (meses de abril, maio e junho de 2015)

Esta análise permite à empresa, através da observação das tendências de evolução das linhas representadas nos gráficos 4.24, 4.25 e 4.26 e da comparação entre os meses representados, tirar conclusões quanto ao funcionamento do sistema e efetuar um controlo das perdas no sistema adutor.

No Gráfico 4.24, por exemplo, é possível observar uma subida importante, no mês de maio, no ponto 25 (consultando a legenda do Quadro 4.14, representa uma média para o intervalo de dia 19 a dia 25 de maio) o que poderá indiciar um problema no sistema adutor.

É possível também perceber que, analisando o Gráfico 4.25, no setor Sul de Lever, o comportamento das perdas no sistema adutor no mês de junho é bastante instável, apresentando diversas oscilações nas médias das perdas. Quando comparado com os meses de abril e maio, o indício de que existirá alguma situação diferente no sistema adutor é mais notório já que esses dois meses apresentam um comportamento bastante regular, onde o mês de maio apresenta uma média de perdas mais baixa.

Concluída a análise às médias a 7 dias, que é uma análise continuada de médias ao longo de todo o mês, pensou-se numa simplificação semanal de resultados, apresentando-se gráficos que fornecem informação quanto à média semanal de perdas considerando os dias de faturação de cada mês. Para tal, elaboraram-se as seguintes tabelas:

Quadro 4.15 - Médias semanais do mês de abril para o subsistema de Lever

	Abril (28/03 a 27/04)			
	1a semana (28/03 a 04/04)	2a semana (05/04 a 12/04)	3a semana (13/04 a 20/04)	4a semana (21/04 a 27/04)
Lever Norte		2 978	3 462	3 605
Lever Sul		1 522	1 642	1 990
Lever		4 499	5 104	5 595

Quadro 4.16 - Médias semanais do mês de maio para o subsistema de Lever

	Maio (28/04 a 27/05)			
	1a semana (28/04 a 05/05)	2a semana (06/05 a 13/05)	3a semana (14/05 a 21/05)	4a semana (22/05 a 27/05)
Lever Norte	3 544	3 046	3 170	3 564
Lever Sul	1 245	1 088	1 603	1 497
Lever	4 789	4 134	4 773	5 061

Quadro 4.17 - Médias semanais do mês de junho para o subsistema de Lever

	Junho (28/05 a 26/06)			
	1a semana (28/05 a 04/06)	2a semana (05/06 a 12/06)	3a semana (13/06 a 20/06)	4a semana (21/06 a 26/06)
Lever Norte	2 926	3 003	3 463	2 785
Lever Sul	2 570	1 330	1 309	705
Lever	5 496	4 333	4 772	3 491

O critério na escolha dos dias foi ver o primeiro dia de faturação de cada mês e contar uma semana a partir desse dia, isto é, no caso de junho, o primeiro dia de faturação foi o dia 28/05/2015 (sábado) e estabeleceu-se o limite da primeira semana no dia 04/06 (sábado). Seguindo este critério, a quarta semana de cada mês terá sempre menos que oito dias (no caso de abril tem 7 dias e nos casos de maio e junho tem 6 dias) e está dependente dos dias de faturação.

Para a primeira semana de abril não se apresentam resultados por dificuldade na obtenção de valores para os dias 28 a 31 de março que estão incluídos no mês de faturação de abril. Traduzindo a informação presente nos quadros 4.15, 4.16 e 4.17 em gráficos, obtiveram-se os seguintes resultados:

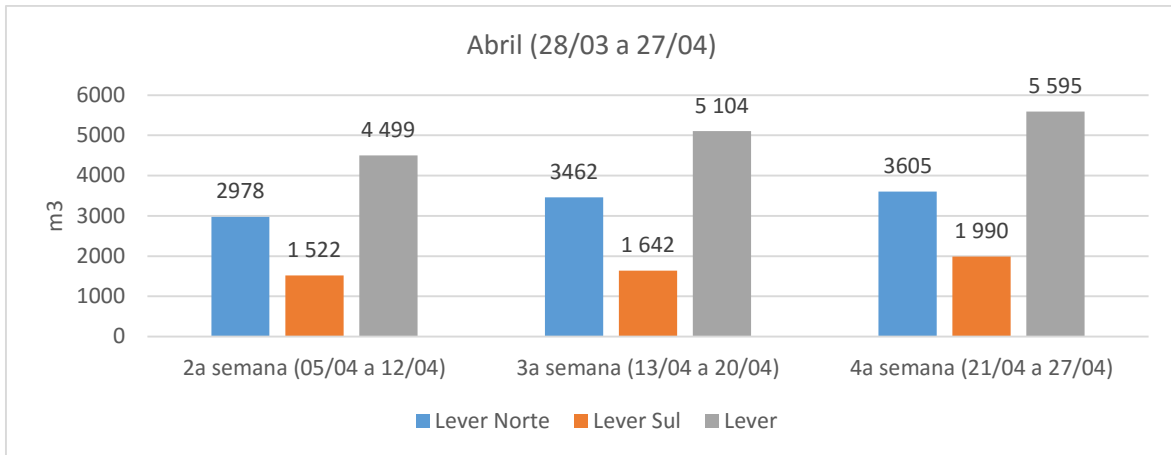


Gráfico 4.27 - Média das perdas semanais do mês de abril em Lever

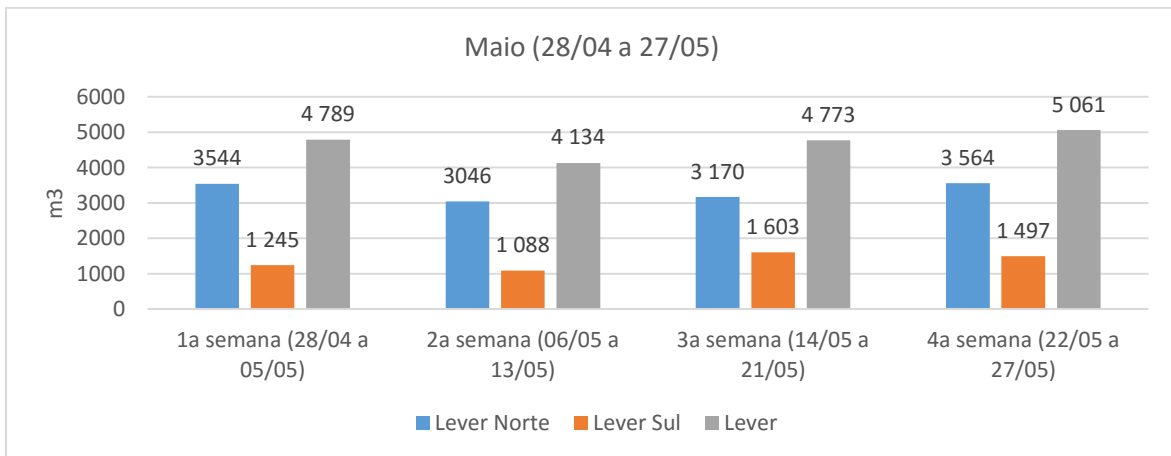


Gráfico 4.28 - Média das perdas semanais do mês de maio em Lever

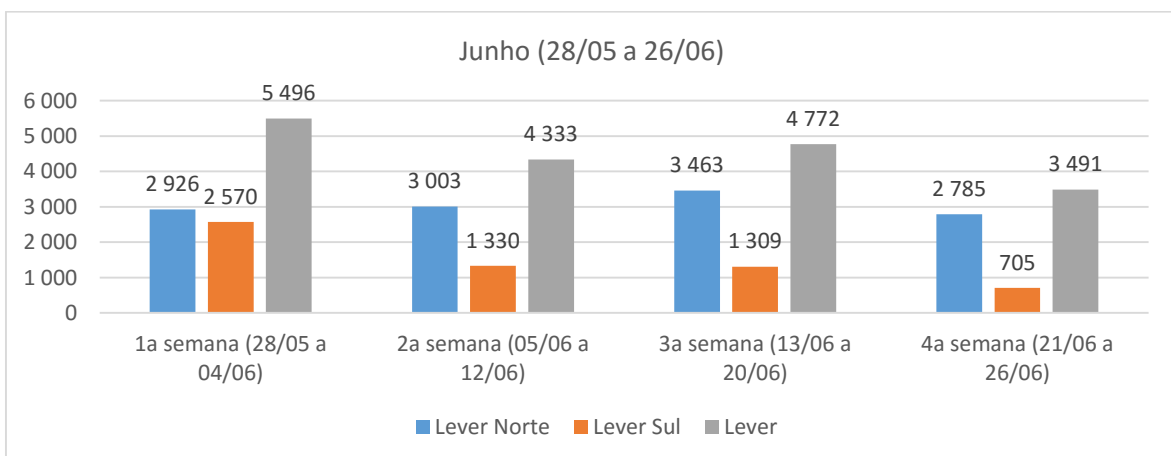


Gráfico 4.29 - Média das perdas semanais do mês de junho em Lever

A informação assim representada facilita a leitura por parte da empresa quanto às médias de perdas que obtiveram semanalmente em cada mês podendo estabelecer comparações entre os diferentes meses e principalmente com os meses homólogos de anos anteriores.

4.3.2 Vale do Sousa

O estudo efetuado para o subsistema do Vale do Sousa, como foi previamente referido, diferiu do realizado para Lever. De facto, apesar de no início se ter pensado em aplicar o mesmo estudo a este subsistema, as dificuldades verificadas na obtenção de valores relativos à água captada e produzida nas ETA de Castelo de Paiva, do Ferreira e do Ferro, obrigaram à opção por um estudo ligeiramente diferente. Na realização da folha de cálculo, após a extração dos valores dos volumes diários para os meses de abril, maio e junho de 2015 (à imagem do que foi efetuado para o subsistema de Lever), notou-se que, em diversos dias destes três meses, os caudalímetros registaram valores idênticos às saídas das ETA em estudo para dias consecutivos, isto é, o registo de valores “congelou” às 00:00 horas. Apesar da leitura no local onde está instalado o aparelho continuar a fazer o registo dos consumos, o valor presente na base de dados permaneceu o mesmo. Este problema, que ocorre por vezes na rede, gera uma dificuldade no cálculo das perdas e este tipo de análise permite, diariamente, perceber se existe algum problema com os caudalímetros. Desta forma, tornou-se impossível, no período selecionado, calcular as perdas de água fazendo a divisão entre as perdas relativas às ETA e as perdas relativas ao sistema adutor.

Perante esta dificuldade e tendo em conta os dados disponíveis foi considerado o cálculo das perdas de água globais do subsistema, isto é, considerando a água captada, a água faturada e a variação dos volumes dos reservatórios, sem ser feita a subdivisão em perdas na ETA e perdas no sistema adutor. Olhando para os registos disponíveis, preparou-se a folha de cálculo e obtiveram-se valores para os meses de maio e junho de 2015.

Os valores dos volumes diários, já calculados previamente e devidamente explicados, serviram, também para o Vale do Sousa, de base para o cálculo da água captada. No entanto, antes de se avançar para a explicação dos dados presentes nesse separador, é importante destacar quais os caudalímetros que foram utilizados no cálculo da água captada. Apresenta-se, na Figura 4.50, o esquema de funcionamento das ETA:

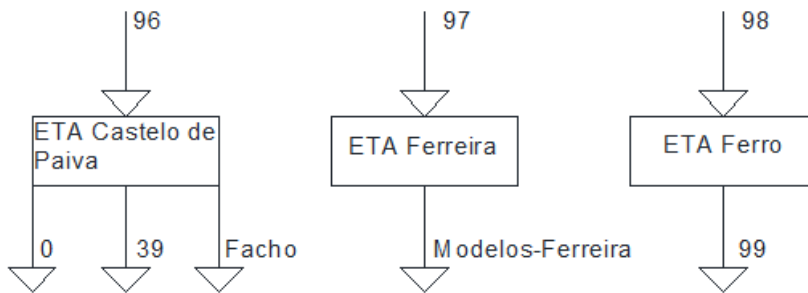


Figura 4.50 - Esquema de funcionamento das ETA com os respectivos caudalímetros

Os caudalímetros identificados com os *TagIndex* 96, 97 e 98 referem-se aos caudalímetros que medem os volumes diários de água captada nas ETA. Quanto às saídas, os caudalímetros estão identificados da seguinte forma:

0	EE Cunha PE608 Entrada
39	ETA Castelo Paiva PE615 Saída
99	Produção ETA Ferro

Figura 4.51 - Data loggers das produções de água nas ETA do Vale do Sousa

Os pontos de entrega “Facho” e “Modelos-Ferreira” encontram-se na folha disponibilizada pela empresa no que diz respeito à água faturada.

As dificuldades que foram previamente retratadas devem-se ao “congelamento” de valores dos caudalímetros 0 e 39 que impossibilitaram o cálculo da água produzida nas ETA para o período definido.

Como já foi também anteriormente referido no presente relatório, as ETA não trabalham as três em simultâneo durante todo o ano. Geralmente, a ETA de Castelo de Paiva trabalha durante todo o ano, a do Ferro de junho a setembro e a do Ferreira os restantes meses. Neste caso particular, no período em estudo, as ETA do Ferreira e do Ferro trabalharam simultaneamente entre os dias 11/06/2015 e 15/06/2015. Antes do dia 11/06/2015 verificou-se que as funções de tratamento da água eram executadas pela ETA do Ferreira e no período seguinte ao dia 15/06/2015, essa tarefa foi executada pela ETA do Ferro. Em simultâneo, a ETA de Castelo de Paiva e a EE de Ramalde contribuíram para o volume de água captada do Vale do Sousa.

Após esta informação, avançou-se para o cálculo da água captada.

Água Captada

A água captada nas três ETA deste subsistema encontra-se calculada no separador “Água Captada”, que contém também a informação relativa às captações de Lever e tem a seguinte disposição:

	30/04/2015	01/05/2015	02/05/2015	03/05/2015	04/05/2015	05/05/2015	06/05/2015	07/05/2015
ETA CASTELO DE PAIVA	12323	9816	10739	12213	8745	10233	14099	9996
ETA FERREIRA	1889,88	1642,5	2419,62	0	1561,88	2225,37	1576,5	1799,63
ETA FERRO	0	0	0	0	0	0	0	0
EE RAMALDE	19 968	15 872	16 384	22 016	16 896	15 736	18 056	18 944
TOTAL	34 181	27 331	29 543	34 229	27 203	28 194	33 732	30 740

Figura 4.52 - Excerto do separador “Água Captada” para o subsistema do Vale do Sousa

Aqui é possível verificar a contabilização da água captada pelas três diferentes ETA presentes no Vale do Sousa, assim como a água que é enviada para este subsistema a partir da EE de Ramalde. O total da água captada diariamente é obtida pela soma das quatro parcelas, como se verifica na Figura 4.52.

Água Faturada

Calculados os valores da água captada, completou-se o separador relativo à água faturada. Neste caso, recorreu-se à folha fornecida pela empresa, onde constam os valores de faturação para os subsistemas que constituem a rede de distribuição. Como explicado anteriormente, esta folha encontra-se dividida em três separadores: “Dados”, “Consumo-PE” e “Total”. À semelhança do processo de cálculo efetuado para o subsistema de Lever, também aqui se recorreu aos dados presentes no separador “Total” onde se encontram os valores da água faturada para o Vale do Sousa. O separador está representado atrás, na Figura 4.48, e, para se obter o valor da água faturada para o subsistema do Vale do Sousa, somaram-se as células “VSPaiva” (Vale do Sousa Paiva), “VSNorte+Baião” (Vale do Sousa Norte e Baião) e “VSEoRios” (Vale do Sousa Entre-os-Rios). O resultado do cálculo apresenta-se na Figura 4.53:

	30/04/2015	01/05/2015	02/05/2015	03/05/2015	04/05/2015	05/05/2015	06/05/2015
VALE DO SOUSA	22 509	21 286	22 992	22 037	20 087	20 606	23 099

Figura 4.53 - Excerto do separador “Água Faturada” para o Vale do Sousa

Antes de explicar o cálculo das perdas globais, é importante referir os reservatórios que foram utilizados no cálculo da variação de volumes no Vale do Sousa. A lista apresenta-se no Quadro 4.18.

Quadro 4.18 - Lista de reservatórios para o Vale do Sousa

Vale do Sousa
Célula 1 do Reservatório de Cunha
Célula 1 da Câmara de Carga de Visalto
Célula 1 e 2 do Reservatório de Portela de Rans
Célula 1 e 2 do Reservatório de Pombeiro Ribavizela
Célula 1 do Reservatório de Felgueiras
Célula 1 do Reservatório de Sta. Eulália
Célula 1 de Figueiró
Célula 2 do Reservatório de Cunha

Na Figura 4.44 é possível ver a localização de cada um dos reservatórios acima descritos.

A variação de volumes dos reservatórios foi calculado e explicado anteriormente quando se descreveu o separador “Volumes” no subsistema de Lever.

Perdas Globais

Reunidos todos os dados relativos à captação e faturação de água e aos volumes dos reservatórios, foi possível proceder ao cálculo das perdas globais para o Vale do Sousa. Criou-se o separador “Perdas Globais” onde se calcularam os valores das perdas globais concretizados pela seguinte expressão:

$$Perdas\ Globais = \text{Água Captada} - \text{Água Faturada} - \text{Volumes Reservatórios}$$

Recorrendo à expressão acima descrita, o separador “Perdas Globais” apresentou-se com o seguinte aspeto visual:

	30/04/2015	01/05/2015	02/05/2015	03/05/2015	04/05/2015	05/05/2015	06/05/2015
Água Captada - Água Faturada - Volumes dos Reservatórios	10 884	6 899	8 679	8 599	7 290	8 577	10 666

Figura 4.54 - Excerto do separador "Perdas Globais"

De forma a interpretar mais facilmente a informação dada por estes valores, produziram-se dois gráficos: um para o mês de maio e outro para o mês de junho. O resultado apresenta-se de seguida:

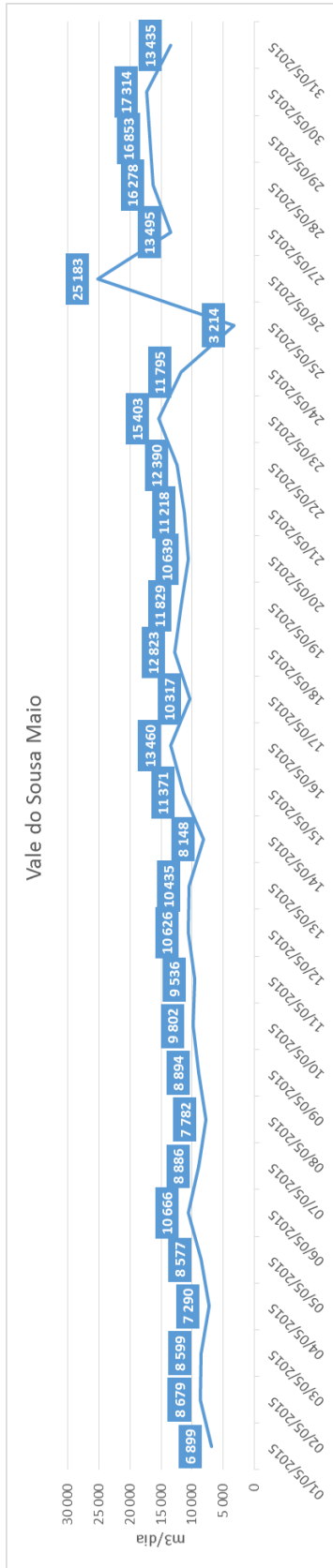


Gráfico 4.30 - Perdas no Vale do Sousa no mês de maio

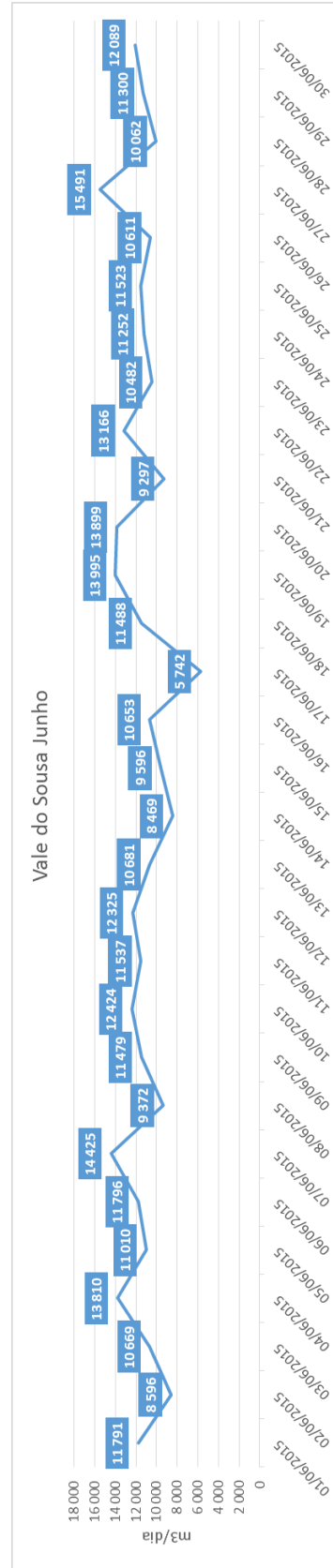


Gráfico 4.31 - Perdas no Vale do Sousa no mês de junho

No Vale do Sousa, como no subsistema de Lever, esta análise, embora menos detalhada do que a efetuada anteriormente (por não incluir a divisão entre perdas na ETA e perdas no sistema adutor) permite à empresa um maior controlo quanto às tendências de evolução das perdas ocorridas.

O comportamento verificado no Gráfico 4.30 é uniforme durante praticamente todo o mês de maio com exceção dos dias 25 e 26 onde ocorrem, à imagem do que também acontecia no subsistema de Lever, oscilações que diferem do resto dos dias. No Gráfico 4.31 verifica-se uma tendência de subidas e descidas de perdas de dia para dia mais acentuada que no mês anterior sendo, no entanto, a média mensal de perdas sensivelmente a mesma em maio e junho.

A segunda análise efetuada foi também a média a sete dias para os meses em causa. Calculada de forma idêntica ao efetuado para Lever, e com o objetivo de estabilizar os valores das perdas e verificar a sua tendência de evolução ao longo do mês, apresentam-se de seguida os resultados:

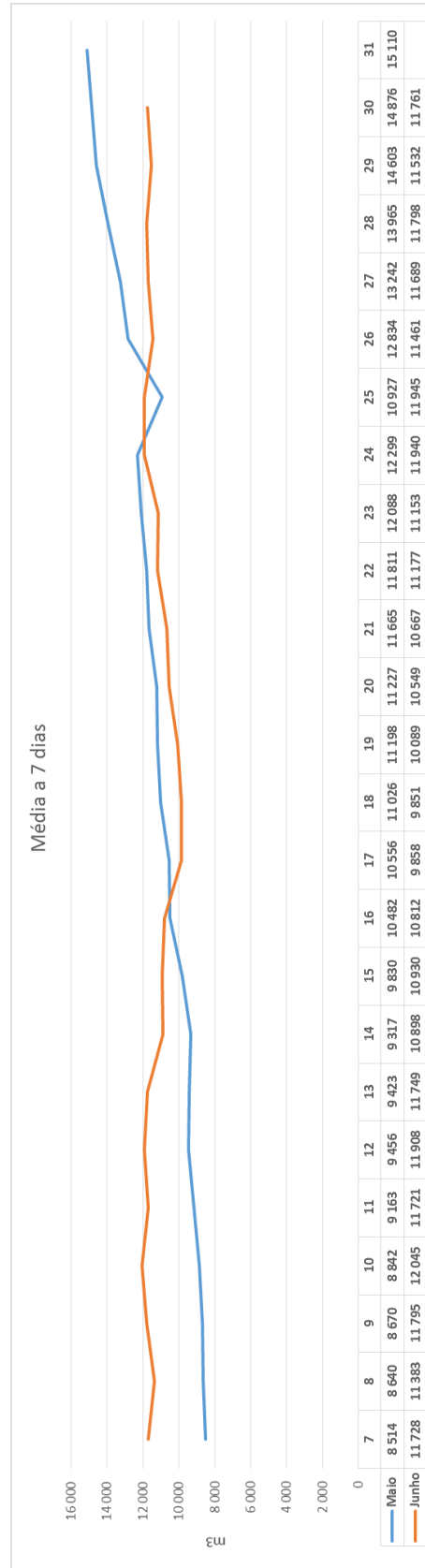


Gráfico 4.32 - Médias móveis a 7 dias para o subsistema do Vale do Sousa (meses de maio e junho de 2015)

É possível confirmar que o mês de maio decorreu com uma evolução crescente de forma mais ou menos constante do nível de perdas durante praticamente todo o mês. A exceção a este comportamento encontra-se nos pontos 24, 25 e 26 (segundo o Quadro 4.14, o ponto 24 diz respeito à média dos dias 18 a 24, o ponto 25 inclui os dias 19 a 25 e por fim, o ponto 26 consiste na média dos dias 20 a 26). No ponto 25 encontra-se uma inversão na tendência de subida, que é novamente retomada no ponto 26.

O mês de junho apresenta, todavia, um comportamento mais estável do que o mês de maio, verificando-se menos oscilações no comportamento das perdas mas, no entanto, a média das perdas é sensivelmente a mesma para os dois meses em análise (11 349 m³/dia para o mês de maio e 11 301 m³ para o mês de junho).

Por fim, o estudo terminou com a simplificação semanal de resultados onde se apresentam gráficos com as médias semanais de perdas considerando os dias de faturação de cada mês. Os dados são apresentados nas seguintes tabelas:

Quadro 4.19 - Médias semanais do mês de maio para o subsistema do Vale do Sousa

	Maio (28/04 a 27/05)			
	1a semana (28/04 a 05/05)	2a semana (06/05 a 13/05)	3a semana (14/05 a 21/05)	4a semana (22/05 a 27/05)
Vale do Sousa	8435	9578	11 226	13 580

Quadro 4.20 - Médias semanais do mês de junho para o subsistema do Vale do Sousa

	Junho (28/05 a 26/06)			
	1a semana (28/05 a 04/06)	2a semana (05/06 a 12/06)	3a semana (13/06 a 20/06)	4a semana (21/06 a 26/06)
Vale do Sousa	13 593	11 796	10 565	11 055

Traduzindo a informação presente nos quadros 4.19 e 4.20 em gráficos, obtiveram-se os seguintes resultados:

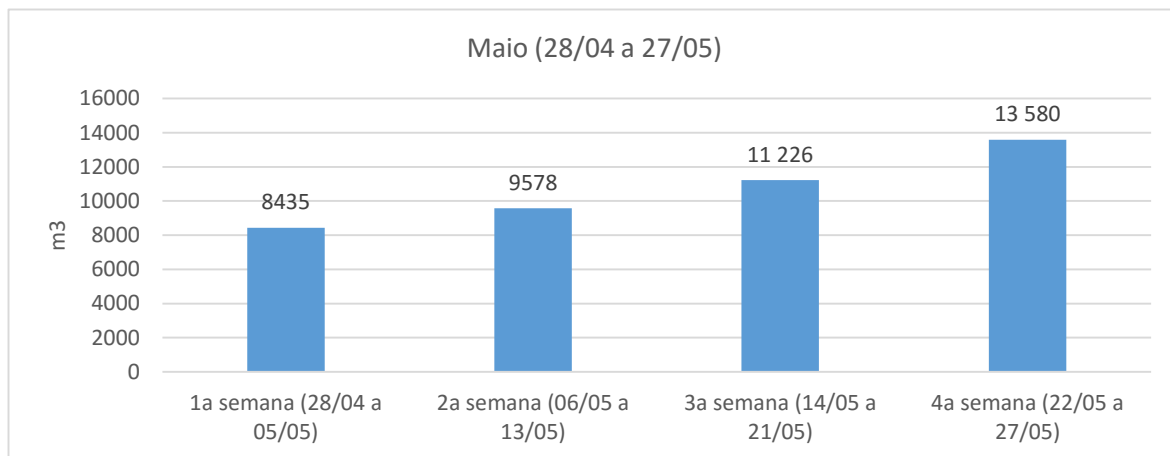


Gráfico 4.33 - Média das perdas semanais do mês de maio no Vale do Sousa

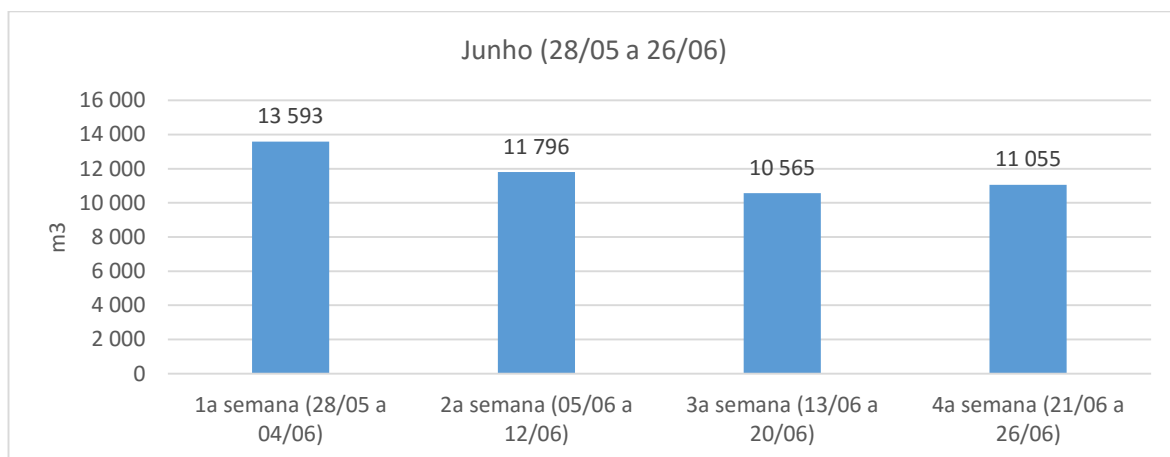


Gráfico 4.34 - Média das perdas semanais do mês de junho no Vale do Sousa

À semelhança da análise efetuada para o subsistema de Lever, também no Vale do Sousa a média das perdas semanais em cada mês permite à empresa estabelecer comparações entre os diferentes meses e principalmente entre os meses homólogos de anos anteriores.

4.3.3 Folha de controlo diário

Após todos os estudos e representações gráficas, para tornar o acesso à informação mais prático e facilitado, foi pedida a elaboração de uma folha de impressão diária onde estivesse presente a informação gráfica mais importante de forma a facilitar aos técnicos um controlo diário mais eficaz no que diz respeito às perdas de água da ETA e do sistema adutor da empresa.

De seguida apresenta-se a folha de controlo diário com uma simulação para o dia 16/06/2015 no subsistema de Lever, setor Norte:



Folha de controlo de perdas diárias

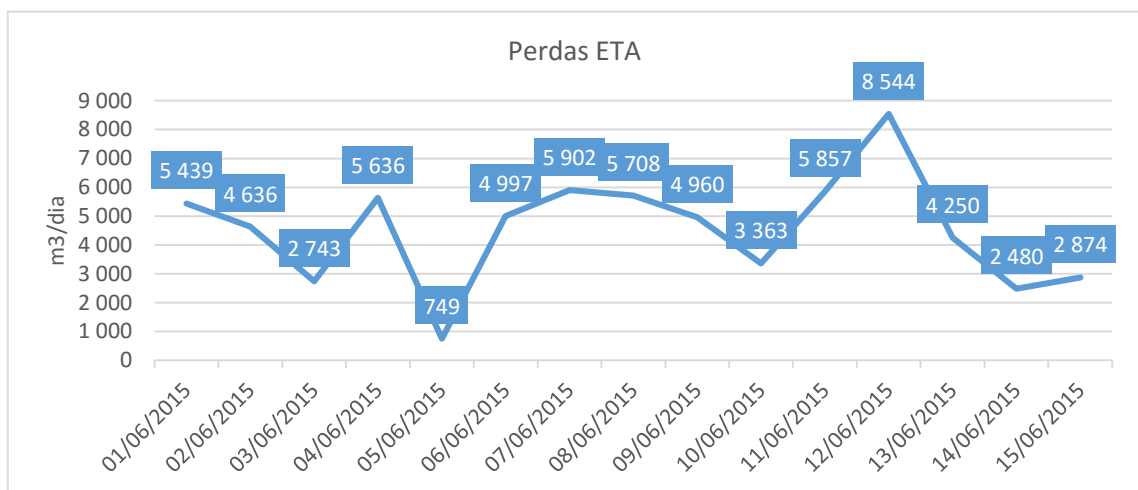
1

DATA: 16/06/2015

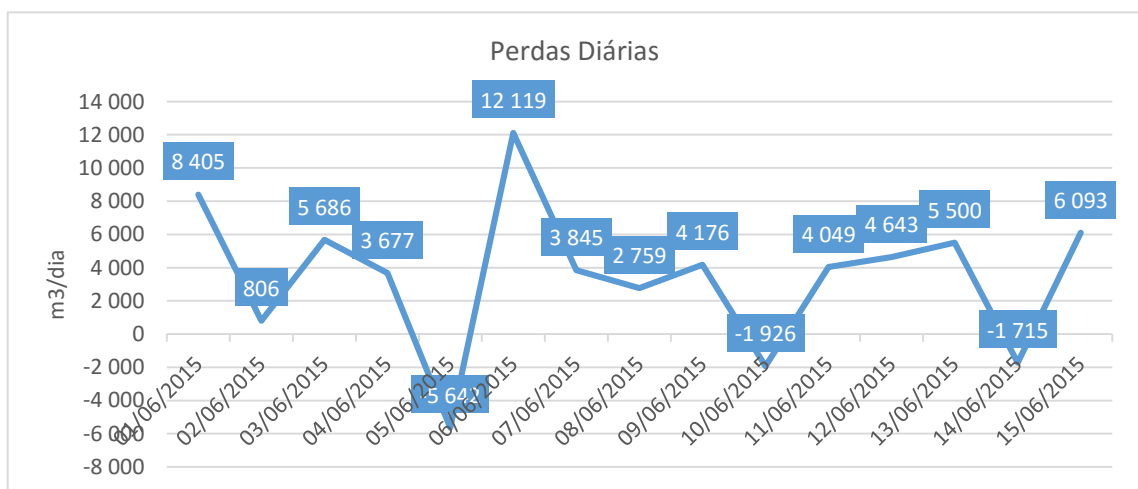
SUBSISTEMA: Lever

SETOR: Norte

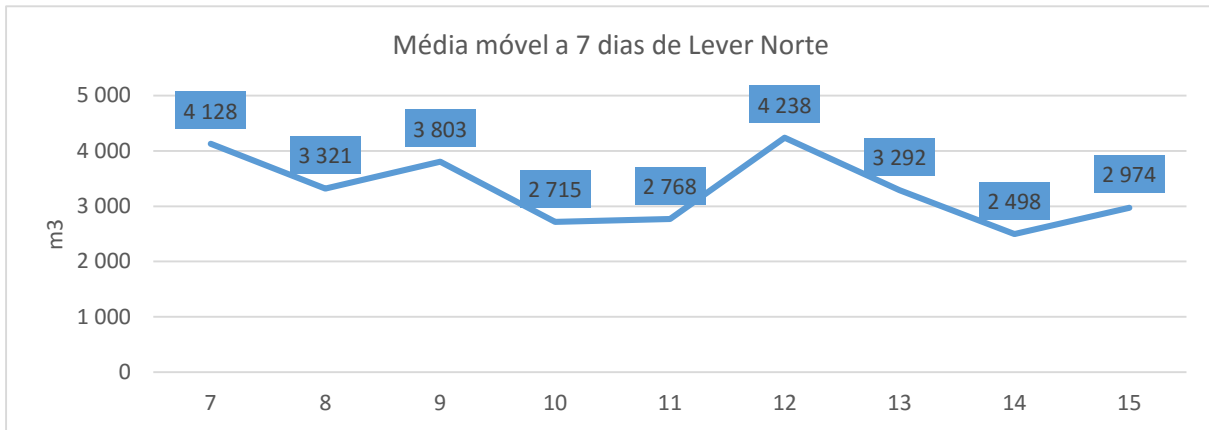
PERDAS DIÁRIAS ETA



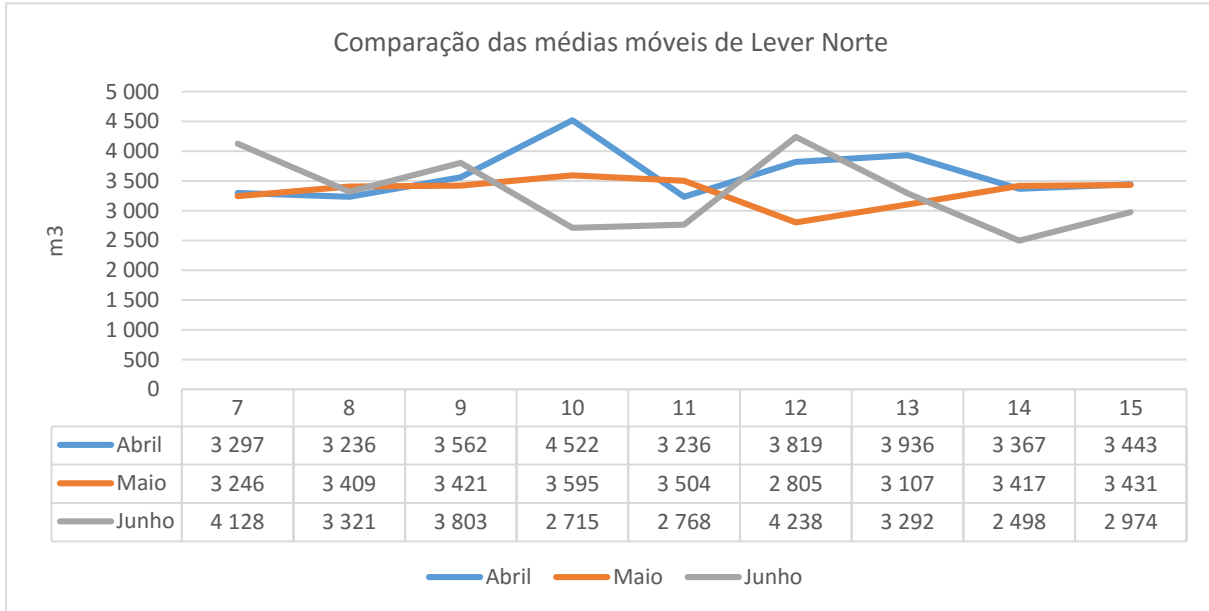
PERDAS DIÁRIAS SISTEMA ADUTOR



MÉDIA DE PERDAS A 7 DIAS



COMPARAÇÃO COM VALORES DOS MESES ANTERIORES



Notas:

Propõe-se que a folha acima apresentada seja atualizada todos os dias tendo em conta os valores dos dias anteriores ao dia em análise. A disponibilização diária da folha permite à empresa acompanhar com mais detalhe o tema das perdas de água e possivelmente agir atempadamente na eventualidade de surgirem problemas na ETA ou no sistema adutor (no caso do subsistema de Lever).

No exemplo apresentado, os dias considerados foram os dias do calendário universal e não os dias de faturação da empresa. No entanto, se a empresa assim o entender, a análise poderá ser feita seguindo o seu calendário de faturação.

5 CONCLUSÕES E OBSERVAÇÕES

A realização deste estágio curricular foi bastante relevante no âmbito da formação académica e pessoal. A integração na empresa, num ambiente profissional e onde se produz um trabalho com benefícios sociais como é o caso do abastecimento de água para consumo humano, foi sem dúvida um desafio positivo e que proporcionou enriquecimento a vários níveis e uma preparação para os desafios do mercado de trabalho. A temática das perdas de água, que assume nos nossos tempos uma importância ímpar, proporcionou um trabalho interessante e com contribuições que se revelaram positivas.

É importante salientar a integração fácil proporcionada por todos os colaboradores da empresa que facilitaram e ajudaram em todos os processos durante o período de estágio tendo fornecido ajuda essencial ao cumprimento dos objetivos definidos.

No decorrer dos seis meses do estágio aplicaram-se vários conhecimentos teóricos e práticos que foram adquiridos antes e no decorrer do período de estágio e que foram fundamentais para atingir os objetivos propostos pela empresa. No seu global, os objetivos foram atingidos embora tenham surgido algumas dificuldades que foram descritas no decorrer deste documento. A mais relevante terá sido a dificuldade em obter alguns dados relativos a medições de volumes diários registados pelos *data loggers*.

Saliente-se, ainda, a importância de aferir com detalhe e rigor, os dados fornecidos pelos diferentes caudalímetros e medidores de nível. De facto, os registos obtidos por estes equipamentos que levam à estimativa de perdas no sistema, por diferença entre valores parcelares registados. Assim, um erro de medição poderá potencialmente disfarçar uma situação crítica de perdas de água, ou criar uma situação de alarme desnecessário. De igual forma, uma alteração nas características dos equipamentos a meio do processo de registo poderá introduzir uma nova situação de referência que poderá adulterar as tendências de evolução de perdas e desvirtuar o processo de controlo que se pretendeu criar para auxiliar o processo de gestão. Por todos estes motivos, salienta-se a importância de avaliação rigorosa dos equipamentos de medição e respetivas calibrações, devendo sempre ser registadas as alterações

que possam ser efetuadas aos mesmos, de modo a introduzir uma referência temporal que permita aferir se as alterações de tendências verificadas se possam dever, ou não, a essas alterações.

Ainda assim, admitindo uma constância das características dos equipamentos, considera-se que a folha de cálculo criada no presente trabalho para o controlo de perdas diárias adiciona à empresa uma ferramenta extra para monitorização da sua rede, dando a possibilidade de serem avaliadas as perdas ao nível das ETA e do sistema adutor. Através da consulta da folha de controlo diário, a informação é apresentada sob a forma de gráficos onde podem ser facilmente observadas e analisadas as tendências de evolução das perdas nos subsistemas de Lever e do Vale do Sousa.

Apesar do trabalho realizado, deve ser assinalado que, no Vale do Sousa, existe ainda a possibilidade de melhorar a análise proposta neste documento. Através da disposição de dados relativos aos volumes diários de água que são captados nas ETA de Castelo de Paiva, Ferro e Ferreira, assim como os volumes de água que são produzidos diariamente nessas infraestruturas, será possível avaliar as perdas com maior detalhe, à semelhança do que foi executado para o subsistema de Lever.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Portuguesa do Ambiente. Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais 2020. [Consult. 15 Abr. 2015]

Disponível em

<http://www.apambiente.pt/>.

Águas do Norte – Grupo Águas de Portugal. [Consult. 13 Mar. 2015].

Disponível em

<http://www.addp.pt>.

Alegre, H., Coelho, S.T., Almeida e M.C., Vieira, P. – Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição. IRAR, Instituto da Água. ISBN 972-99354-4-0. (2005).

APDA – Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas. Ficha de Boas Práticas – Eficiência dos Sistemas de Abastecimento de Água. [Consult. 13 Mar. 2015].

Disponível em

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

Boaventura, J.D. - Indicadores de Desempenho – Uma Ferramenta no Processo de Melhoria Contínua Aplicada à Gestão de um Sistema Multimunicipal. Porto: 2013. (Tese de Mestrado).

ERSAR - Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (2013). Caracterização Geral do Setor. ERSAR. ISBN 978-8360-23-6. Vol. 1 (2014).

ERSAR, INAG - PEAASAR II: Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Águas Residuais 2007-2013. Relatório de Acompanhamento 2008. (2009).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fanner, P. V., Sturm, R., Thronton, J., Liemberger, R., Davis, S. E. e Hoogerwerf, T. - Leakage Management Technologies. U.S.A.: Awwa Research Foundation, 2007.

Farley, M - Leakage management and control: A best practice training manual. Geneva: World Health Organization, 2001.

Frauentorfer, R. e Liemberger, R. - The Issues and Challenges of Reducing Non-Revenue Water. Asian Development Bank. ISBN 978-92-9092-398-5. (2010)

Guedes, D. - Estudo sobre Reabilitação Interior de Reservatórios para Água Potável. Porto: 2014. (Tese de mestrado).

Henriques, J.D., Palma, J.C. P. e Ribeiro, A. S. - Medição de caudal em sistemas de abastecimento de água e saneamento de águas residuais urbanas. IRAR, LNEC. (2006).

Morrison, J., Tooms, S. e Rogers, D. – District Metered Areas: Guidance Notes. International Water Association. (2007)

Pure Technologies. SmartBall Leak Detection. [Consult. 13 Mar. 2015]

Disponível em

https://www.puretechltd.com/technologies-brands/smartball/smartball_leak_detection.

Pure Technologies. Sahara Technology. [Consult. 13 Mar. 2015].

Disponível em

<https://www.puretechltd.com/technologies-brands/sahara>.

UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization - The United Nations World Water Development Report- Water and Energy. ISBN 978-92-3-904259-3. (2014). [Consult. 20 Mar. 2015]

Disponível em

www.unesco.org

WRc. The Sahara Leak Location System. [Consult. 13 Mar. 2015]

Disponível em

<http://www.wrcplc.co.uk/Data/Sites/1/media/pdfs/Promotional%20flyers/AssessAddress/Sahara%20-%20Leak%20location%20system.pdf>.

WRc. SmartBall Leak Detection Free-swimming leak detection for long inspections and accurate location of leaks and gas pockets. [Consult. 13 Mar. 2015]

Disponível em

<http://www.wrcplc.co.uk/Data/Sites/1/media/pdfs/Promotional%20flyers/AssessAddress/Pure%20Technologies%20-%20SmartBall.pdf>.