



FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE
Ano Letivo 2014/2015

**DESCARGAS NÃO CONTROLADAS DE EFLUENTES POR EFEITO DE
AFLUÊNCIAS INDEVIDAS. O CASO DE UMA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA.**

MARIA ASSIS TEIXEIRA PEREIRA BRANCO

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

Presidente do Juri: Cidália Maria de Sousa Botelho

Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Engenharia
da Universidade do Porto

Orientador académico: José Carlos Tentúgal Valente

Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da
Universidade do Porto

Junho de 2015

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Tentúgal Valente, que me orientou na realização desta dissertação dando-me liberdade para explorar os caminhos que me ajudaram a alcançar os objetivos pretendidos.

À Doutora Catarina Gonçalves, da Associação Bandeira Azul, por me ter reencaminhado para quem melhor me poderia ajudar e por me ter prestado auxílio sempre que tal lhe foi solicitado.

Aos Doutores José Salvado e Cláudia Brandão, por me terem ajudado a trabalhar com a base de dados dos Sistema Nacional de Informação dos Recursos Hídricos disponível online e por me terem alertado para as possíveis falhas que poderia haver.

À minha Família e aos meus Amigos, pela presença, preocupação e amizade constantes ao longo de toda a vida e, em particular, neste semestre e pelas ajudas, tão simples mas tão importantes que me foram dando sempre que lhes foi pedido.

Ao meu irmão por ser o meu primeiro exemplo, por não se poupar a esforços para me ver bem e por ter contribuído, nos detalhes, para que eu tivesse sempre o necessário para a realização da dissertação.

Aos meus Pais, por me terem apoiado não só durante esta etapa final mas durante todo o percurso académico e por me terem educado, transmitido os valores em que acreditam e contribuído sobremaneira para me tornar naquilo que sou hoje.

RESUMO

Nos últimos anos as preocupações do ser humano com o meio ambiente têm aumentado muito. Começa a existir a consciência de que os recursos não são ilimitados e que as ações tem influência na duração dos mesmo.

Um dos recursos naturais que mais preocupações tem levantado é a água. Como poupar, que fazer às águas residuais, como será possível evitar todas as descargas de efluentes não tratados no meio hídrico ou no solo, são problemas que têm sido levantados e para as quais se tem tentado encontrar uma solução.

No presente trabalho estuda-se uma situação que constitui preocupação crescente e que corresponde à descarga de efluentes não tratados no meio hídrico por incapacidade das instalações e face à afluência de volumes anormais de águas pluviais às instalações que deveriam ser só de águas residuais. É estudado o caso particular da estação elevatória do Molhe Sul, localizada na zona limite entre as cidades de Vila do Conde e da Póvoa do Varzim e que faz parte do Subsistema de Saneamento da ETAR do Ave infraestrutura integrada no Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Noroeste concessionado à Águas do Noroeste, S.A.

O período de análise corresponde aos anos de 2013 e 2014. Nestes 2 anos ocorreram 13 casos de descargas indevidas por *bypass* direto para o Oceano Atlântico por diferentes motivos, tais como a necessidade de limpeza do poço de bombagem, a existência de avarias nos órgãos de elevação ou outras componentes da estação elevatória ou excesso de caudal afluente.

Depois de uma análise das condições de ocorrência de tais descargas, foram analisadas e são propostas várias soluções que permitam diminuir – ou até reduzir a zero, o volume de águas residuais descarregado sem tratamento para o Oceano Atlântico e estudar-se-á qual a solução mais económica e qual a que possui uma relação custo/m³ de derrame evitado mais baixa.

ABSTRACT

In recent years the human concern for the environment has increased a lot; the Human being has realized that the resources are not unlimited and that their actions have an influence on the duration of these resources.

The natural resource that has raised more concerns is water: how to save? What to do with waste water? Can all improper discharges be avoided?

Due to this growing concern, this paper will focus on the particular case of the pumping station of Molhe Sul, Vila do Conde, which is part of the sanitation subsystem of the WWTP Ave during the years 2012 and 2013.

In these two years there were 13 cases of undue discharges by *bypass* straight to the Atlantic Ocean for several reasons such as cleaning the well, breakdowns, excessive tributary flow; for each one of these discharges it will be calculate the flow and the extension and it will be made a try of understanding the circumstances which gave rise to them.

After having a summary of the conditions of the improper discharges it will be tried to propose an economic solution which allows to reduce the volume of waste waters discharged into the ocean, ideally to 0.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	2
RESUMO	3
ABSTRACT	4
ÍNDICE	5
ÍNDICE DE TABELAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ACRÓNIMOS	9
1. INTRODUÇÃO	10
1.1 CAUSAS E EFEITOS DAS DESCARGAS INDEVIDAS	12
1.2 DISPOSIÇÕES LEGAIS	13
2. CASO DE ESTUDO	14
2.1 A ENTIDADE GESTORA – ÁGUAS DO NOROESTE	15
2.2 DESCRIÇÃO DO SUBSISTEMA DE SANEAMENTO DA ETAR DO AVE	15
2.3 DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DO MOLHE SUL E SEU MODO DE FUNCIONAMENTO	16
2.4 CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO DE FUNCIONAMENTO	20
2.5 DADOS E REGISTOS EXISTENTES	21
2.6 TRATAMENTO DE DADOS	22
2.7 EPISÓDIOS A CONSIDERAR	27
2.8 PROPOSTA DE SOLUÇÕES. ANÁLISE COMPARATIVA	28
2.8.1 CONSTRUÇÃO DE UM POÇO ADICIONAL OU AUMENTO DA CAPACIDADE DO EXISTENTE	28
2.8.2 FUNCIONAMENTO DA BOMBA DE RESERVA EM SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA	35
2.8.3 INSTALAÇÃO DE UMA BOMBA DE CARACTERÍSTICAS SEMELHANTES ÀS EXISTENTES	39
2.8.4 SUBSTITUIÇÃO DE UMA DAS BOMBAS EXISTENTES POR UMA DE MAIOR CAPACIDADE	40

3. CONCLUSÕES	42
4. PROPOSTAS DE DESENVOLVIMENTO	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS	44
ANEXO I – PRIMEIRA PÁGINA DO FICHEIRO “CAUDAIS DIÁRIOS BOMBADOS”	45
ANEXO II – PRIMEIRA PÁGINA DO FICHEIRO “CAUDAIS AFLUENTES”, FOLHA “EE FORTE”	46
ANEXO III - PRIMEIRA PÁGINA DO FICHEIRO “CAUDAIS AFLUENTES”, FOLHA “PR VILA DO CONDE”	47

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Comunicações de <i>bypass</i> à APA por derrame de caudal a partir da Estação Elevatória do Molhe Sul	22
Tabela 2 - Resumo mensal dos volumes afluentes e bombeados da estação elevatória para a ETAR do Ave	24
Tabela 3 - Cálculo do Caudal e Quantidade Afluente e do Caudal e Quantidade de <i>bypass</i>	26
Tabela 4 – Volume e Caudal Afluentes e de <i>Bypass</i> dos Episódios a considerar	27
Tabela 5 – Volume de <i>bypass</i> com a consideração de um novo poço de 420 m ³	32
Tabela 6 – Custo de Exploração com energia elétrica utilizada	33
Tabela 7 – Custos de construção de um poço de 420 m ³	34
Tabela 8 – Resumo da solução construção de um novo poço de 420 m ³	35
Tabela 9 – Episódios e caudais a serem considerados para esta solução	35
Tabela 10 – Cálculos necessários ao cálculo da curva característica da instalação	37
Tabela 11 – Averiguação da viabilidade do acionamento da bomba auxiliar para evitar situações de <i>bypass</i>	38
Tabela 12 – Custos de operação da bomba de reserva em caso de emergência	38
Tabela 13 – Resumo da utilização da bomba de reserva em situações de emergência	39
Tabela 14 – Custos estimados de alargamento da sala de bombagem	40
Tabela 15 – Resumo da instalação de uma bomba extra de características iguais às existentes	40
Tabela 16 – Averiguação da necessidade de <i>bypass</i> com as 3 bombas existentes	41
Tabela 17 – Consumo energético para elevar a totalidade nos caudais para o presente e até ao horizonte do projeto	41
Tabela 18 – Resumo das soluções propostas e viáveis	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução em Portugal, em percentagem, do acesso da população a sistemas públicos de abastecimento, drenagem e tratamento de águas desde 1991 a 2009 ¹	11
Figura 2 – Vista aérea da zona abrangida pelo subsistema de saneamento da ETAR do Ave	13
Figura 3 – Poço reservatório da estação elevatória do Molhe Sul	17
Figura 4 – Equipamento de gradagem e remoção de sólidos antes da entrada no poço	18
Figura 5 – Vista da sala de bombagem	19
Figura 6 – Bomba elevatória	19
Figura 7 – Painel de instruções de um dos grupos eletrobomba	19
Figura 8 – Curva característica de cada um dos grupos elevatórios	20
Figura 9 – Comparação entre volume afluente e de <i>bypass</i> , nos casos em que a bombagem funciona	29
Figura 10 – Comparação entre volume afluente e de <i>bypass</i> , sem bombagem	30
Figura 11 – Volume não descarregado caso existisse poço reservatório auxiliar	31
Figura 12 – Curvas características das várias bombas e curva característica da instalação	37
Figura 13 – Volume de <i>bypass</i> evitado por cada solução proposta	43
Figura 14 – Custo da solução por volume de <i>bypass</i> evitado	43

ACRÓNIMOS

- **WWTP** – Waste Water Treatment Plant
- **APA** – Agência Portuguesa do Ambiente
- **SNIRH** – Sistema Nacional de Informação De Recursos Hídricos
- **IPMA** – Instituto Português do Mar e da Atmosfera
- **ETAR** – Estação de Tratamento de Águas Residuais
- **CCI** – Curva Característica da Instalação
- **CCB** – Curva Característica da Bomba

1. INTRODUÇÃO

A qualidade do meio ambiente e, em particular, a qualidade dos meios hídricos nele integrantes, é uma preocupação cada vez mais presente no dia a dia da Sociedade e do ser humano.

A água é um bem essencial e escasso que deverá ser protegido. É, por isso, natural que o transporte de água, residual ou limpa, esteja sujeito a cada vez um maior controlo, um maior conjunto de regras, sejam nacionais ou internacionais, que abordam temas tão distintos como os materiais constituintes das infraestruturas, as condições técnicas de exploração, etc., etc.

O que há uns anos seria habitual e normal, como e por exemplo, sistemas de saneamento a céu aberto, hoje seria impensável, não só devido aos riscos ambientais e de saúde que daí advém, contaminação de solos e águas limpas, pragas de animais transmissores de doenças, mas também devido à falta de conforto, maus cheiros, sujidade, que tal situação traria e que a população não admite.

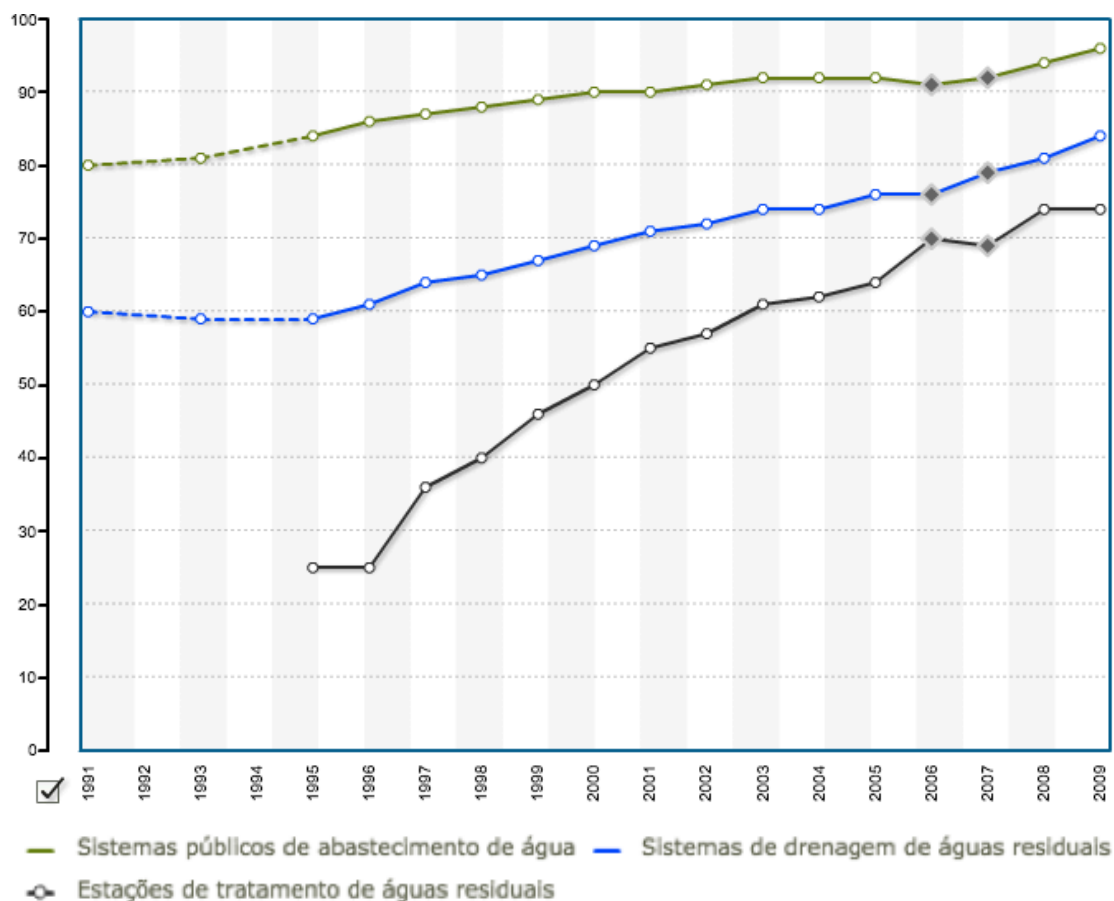


Figura 1 – Evolução em Portugal, em percentagem, do acesso da população a sistemas públicos de abastecimento, drenagem e tratamento de águas desde 1991 a 2009¹

Uma das opções de tratamento de águas residuais, e a ambientalmente mais adequada, é o encaminhamento dos efluentes drenados para uma ETAR, opção esta que constitui um objetivo e a ser implementada no nosso País a um ritmo considerável desde a década de 1990, conforme é constatável através dos elementos constantes da Figura 1.

Em 1995, primeiro ano em que se regista este tipo de dados, apenas 25% da população portuguesa tinha os seus efluentes encaminhados para uma ETAR tendo esse valor crescido para 74% em 2009.¹

Embora o tratamento das águas residuais numa ETAR seja o mais adequado e favorável, este não é completamente livre de riscos podendo haver descargas indevidas ou derrames de águas residuais não tratadas e devidas a roturas nos coletores - imprevisíveis e não programadas; ao excesso de afluente - por vezes previsíveis e não programados; à necessidade de realização de manobras de limpeza, inspeção, reparação, etc.,

A presente tese vai versar sobre as descargas indevidas de águas residuais que ocorrem na Estação Elevatória do Molhe Sul, situada junto ao porto marítimo da Póvoa do Varzim, e que constitui parte do Subsistema de Saneamento da ETAR do Ave, integrado no Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Noroeste concessionado e explorado pela Águas do Noroeste.

Vão ser analisadas as descargas ocorridas nesta estação elevatória entre os dias 1 de Janeiro de 2013 e 31 de Dezembro de 2014, nas componentes respeitantes às condições que lhes dão origem, à sua extensão e, ainda, a possíveis melhorias na estação elevatória que evitassem ou reduzissem a extensão e os efeitos de tais descargas.

1.1 Causas e Efeitos das Descargas Indevidas

As descargas indevidas de águas residuais não tratadas podem ter várias causas, nomeadamente avarias, necessidade de manobras dos equipamentos e caudais afluentes excessivos.

No caso particular da estação elevatória do Molhe Sul referida, verifica-se, por consulta das comunicações enviadas à Agência Portuguesa do Ambiente, que dos 13 casos de descargas ocorridos nos anos de 2013 e de 2014, cinco se devem a manobras que exigiram o fechamento das comportas de admissão de águas residuais ao poço de bombagem da estação elevatória, quatro se devem a avarias de equipamentos e quatro se devem a caudais afluentes excessivos em resultado de períodos de chuva ocorridos após precipitação mais intensa.

É esta a causa mais habitual para a justificação de caudais excessivos. Com efeito, grandes precipitações aliadas a um solo muito impermeabilizado, como é o caso da zona em estudo (figura 2), uma zona muito urbanizada em que o pavimento é muito impermeabilizado, conduzem à ocorrência de velocidades de escorrência da água elevadas que, assim, vão afluir num curto espaço de tempo ao sistema de drenagem, aumentando os caudais e os volumes afluentes.

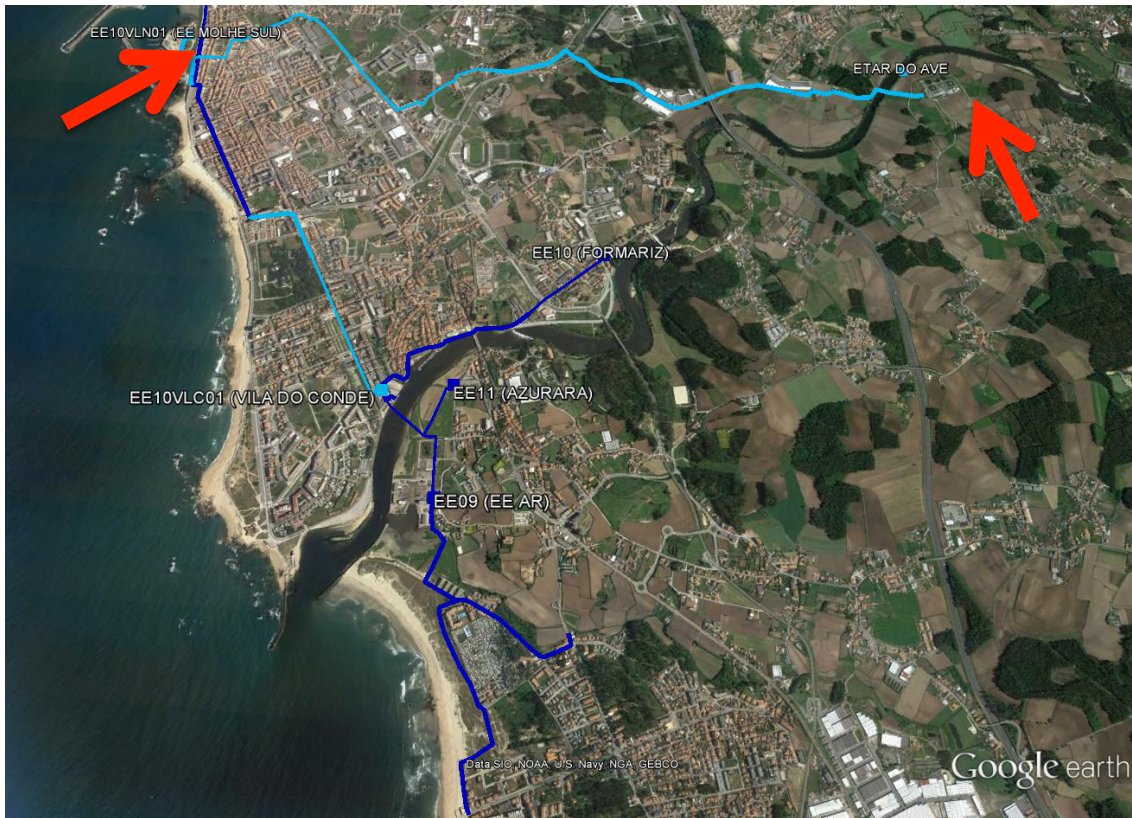


Figura 2 – Vista aérea da zona abrangida pelo subsistema de saneamento da ETAR do Ave

As descargas indevidas, quando não controladas, podem originar problemas ambientais mais ou menos graves, como a propagação de micro-organismos patogénicos para o meio hídrico, problemas de eutrofização em zonas sensíveis devido às elevadas concentrações de nutrientes nas águas residuais e ainda, em casos mais extremos, a morte de espécies animais e vegetais dependentes do curso de água ou na zona onde ocorre a descarga. No caso particular em estudo, a contaminação das águas no interior do porto do mar traduz-se em efeitos vários, entre os quais sobressai a contaminação de uma área balnear.

1.2 Disposições Legais

A zona em análise é, de acordo com o Decreto-Lei nº 152/97, uma zona classificada de “menos sensível” podendo, por isso, ser permitida a descarga desde que se cumpram os seguintes requisitos:

- a) a descarga receba, pelo menos, um tratamento primário (...) cumprindo os procedimentos de controlo estabelecidos (...),

b) se demonstre, mediante a apresentação à entidade licenciadora de um estudo técnico devidamente fundamentado, que tal descarga não deteriora o ambiente.²

Assim, em resultado de se encontrar numa zona menos sensível e devido ao facto de toda a água residual que aflui ao poço da estação elevatória ser submetida a um tratamento primário - uma gradagem, a ocorrência de situações deste tipo ficará salvaguardada em certa medida, como por exemplo, por motivo de avaria, limpeza, caudais excessivos, desde que reporte a situação à Agência Portuguesa do Ambiente. Contudo, não é esta a situação desejável e, por isso, a necessidade de encontrar alternativas que evitem situações de descargas indevidas, ou pelo menos que sejam minimizadoras dos efeitos subsequentes.

2. CASO DE ESTUDO

2.1 A Entidade Gestora – Águas do Noroeste

A Águas do Noroeste, S.A. foi constituída pelo Decreto-Lei nº 41/2010, de 29 de Abril “mediante a fusão das sociedades Águas do Cávado, S.A., Águas do Minho e Lima, S.A. e Águas do Ave, S.A.” e substitui o sistema multimunicipal de captação, tratamento e abastecimento de água do norte da área do Grande Porto.^{3,4}

Atualmente a sociedade “é responsável, em regime exclusivo, pela concessão da exploração e gestão do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Noroeste”, que inclui o abastecimento de água e o saneamento de águas residuais de 40 municípios nos quais se incluem os municípios de Vila do Conde e da Póvoa do Varzim onde se situa a infraestrutura em estudo.³

Na Águas do Noroeste são considerados valores essenciais para o alcance da Missão e da Visão, entre outros, o aperfeiçoamento e a inovação, a eficiência, o desenvolvimento sustentável e a melhoria contínua.⁵ Assim, e uma vez que a sociedade está comprometida com os seus valores, e sendo a Estação Elevatória do Molhe Sul um problema de exploração presente, uma vez que nesta estação se registavam episódios de descargas indevidas de esgoto diluído não tratado para o Oceano Atlântico, mais concretamente no porto de mar da Póvoa de Varzim, foi proposto o estudo e análise da situação bem como de eventuais soluções alternativas para eliminação/redução do problema.

2.2 Descrição do Subsistema de Saneamento da ETAR do Ave

O Subsistema de Saneamento da ETAR do Ave recolhe as águas residuais provenientes dos aglomerados integrantes dos municípios da Póvoa do Varzim e de Vila do Conde servindo, neste momento, cerca de 83.000 habitantes.

De acordo com o projeto que serviu de base à construção das infraestruturas em causa, estima-se que o caudal diário médio afluente à estação elevatória e à ETAR do Ave é de 11.288 m³/dia, correspondente à capitação média considerada de cerca de 170 litros/habitante/dia dos quais, aproximadamente, 80% afluem à rede de saneamento. Ao valor da capitação foi acrescentada uma percentagem de 30% de forma a atender aos efeitos da infiltração de águas pluviais e outras que podem afluir. Assim sendo, o caudal médio diário previsível é de 14.675 m³/dia.

O Subsistema de Saneamento do Ave em análise, é constituído por 5 estações elevatórias, todas exploradas pela Águas do Noroeste: Estação Elevatória de Vila do Conde, Estação Elevatória de Formariz, Estação Elevatória do Estaleiro, Estação Elevatória da Azurara e Estação Elevatória do Molhe Sul que é a responsável por elevar o caudal afluyente de todas as outras estações até à ETAR do Ave, onde as águas residuais serão tratadas.

A estação elevatória do Molhe Sul, situa-se junto ao Oceano Atlântico, na zona limítrofe entre Vila do Conde e a Póvoa do Varzim, na área do seu porto de mar, e eleva, diariamente e atualmente, uma média de cerca de 13.115 m³/dia de águas residuais até à ETAR. Para isso utiliza até 3 das 4 bombas instaladas existentes e em paralelo. Estas bombas vão conduzir a água através de uma conduta elevatória em ferro fundido dúctil de 700 mm de diâmetro, numa extensão de cerca de 6 km vencendo um desnível geométrico de 30,65 m.

A ETAR do Ave está dimensionada para os volumes previsíveis de ocorrer no de 2038 - ano horizonte do projeto, que corresponde a uma população servida de cerca de 258.000 habitantes equivalentes, de acordo com o projeto elaborado. O crescimento potencial – de 83.000 para 258.000 habitantes, dever-se-á ao aumento do número de habitantes previsíveis para os concelhos da Póvoa do Varzim e de Vila do Conde e ao alargamento da rede a locais que presentemente não estão abrangidos.

2.3 Descrição da Estação Elevatória do Molhe Sul e seu modo de funcionamento

A estação elevatória do Molhe Sul localiza-se na Marginal Atlântica, em Vila do Conde, entre os municípios de Vila do Conde e o da Póvoa de Varzim, com as coordenadas 41°22'18"N, 8°22'18"O.

A estação elevatória foi projetada em 2008, sendo o ano de 2010 sido considerado como ano de arranque, e o ano de 2038 como o horizonte de projeto, ou seja, o período findo o qual a obra, previsivelmente, atingirá a saturação.⁶ Assim, sempre que for necessário extrapolar dados para o futuro como, por exemplo, diluição dos custos de exploração ou de investimento, considerar-se-á o período de 23 anos compreendido entre 1 de Janeiro de 2016, dia em que a proposta entraria em ação e 31 de Dezembro de 2038, ano em que a estação elevatória atinge a saturação.

Esta estação elevatória foi projetada para recolher as águas de saneamento da Póvoa do Varzim, provenientes da estação elevatória do Forte, e de Vila do Conde, provenientes da

estação elevatória Vila do Conde e de várias bacias de drenagem, e conduzi-las até à ETAR do Ave.⁶

A estação elevatória é constituída por 9 áreas funcionalmente independentes:⁶

- câmaras de entrada e válvulas de isolamento;
- gradagem;
- poço de bombagem e zona de órgãos de manobra e segurança;
- sala das bombas;
- sala do tratamento de desodorização;
- espaço para os quadros elétricos e instrumentação;
- sala do gerador de emergência;
- posto de transformação;
- instalações sanitárias.

Uma vez que o objeto desta dissertação se prende com os episódios de *bypass* originados pela falta de capacidade de armazenamento e bombagem de todo o caudal afluente, vão ser focados, sobretudo, o poço de bombagem e a sala das bombas, local onde se encontram instaladas os grupos de elevação.

O poço de bombagem tem um volume total de 246 m³ e as dimensões de 7,20 x 8,50 x 4,00 m³.

Nas figuras 3 e 4 podem ser visualizados alguns aspetos indicativos e relativos a esta estação elevatória.



Figura 3 – Poço reservatório da estação elevatória do Molhe Sul

Antes da água residual afluente afluir ao poço da estação elevatória, o efluente circula através de uma grade mecânica semi-vertical que está associada a um transportador do

tipo parafuso sem fim, e que retém e eleva os sólidos de maiores dimensões para um contentor que, posteriormente, é encaminhado para um destino em aterro adequado.



Figura 4 – Equipamento de gradagem e remoção de sólidos antes da entrada no poço

Duas vezes por ano é necessário proceder à limpeza do poço, em resultado de sólidos que ficam retidos e que até lá confluem. Para isso esvazia-se o poço de bombagem, colocando-se o caudal afluente a drenar diretamente para o Oceano Atlântico em situação de *bypass*.

Os equipamentos de elevação - as bombas, são ligadas automaticamente através de automatismos que disparam quando o nível da água atinge diferentes cotas, dependendo assim da altura da água do poço o funcionamento de uma, duas ou três bombas. Três dos grupos são acionados automaticamente quando a altura da água no poço atinge um nível pré-definido, enquanto que o quarto grupo é um grupo de reserva e é acionado apenas através de ordem manual.



Figura 5 – Vista da sala de bombagem



Figura 6 – Bomba elevatória



Figura 7 – Painel de instruções de um dos grupos eletrobomba

Os quatro grupos elevatórios são iguais, sendo a curva característica de cada grupo a representada na figura 8.

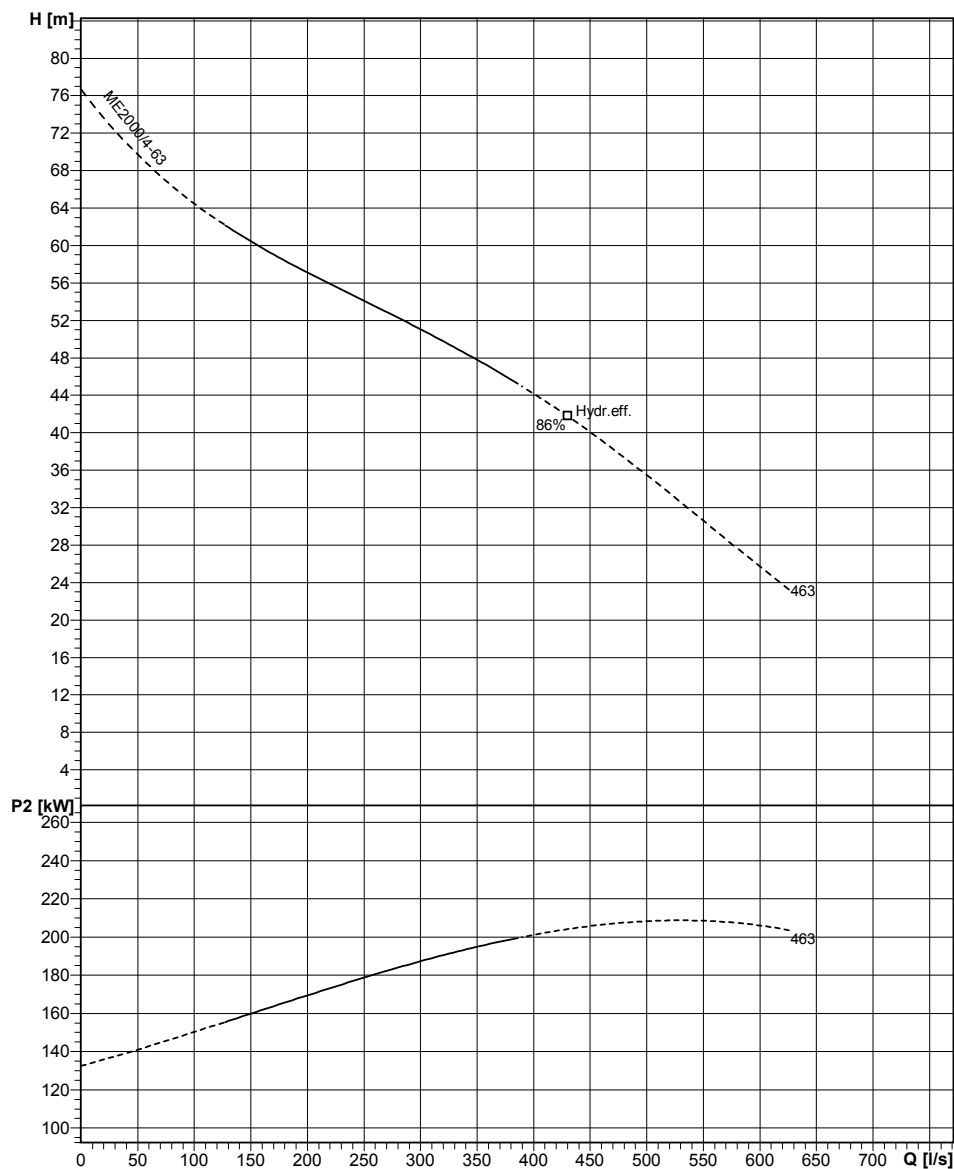


Figura 8 – Curva característica de cada um dos grupos elevatórios

2.4 Caracterização da Situação de Funcionamento

A estação elevatória do Molhe Sul recebe as águas de saneamento provenientes de parte dos concelhos da Póvoa do Varzim e de Vila do Conde e ainda a água que, não sendo de

saneamento, se introduz na rede, tais como infiltrações de água pluvial, água de rega ou outras.

A água afluente é recebida à entrada da estação elevatória, sendo posteriormente gradada e, seguidamente afluente ao poço de bombagem. A partir deste é bombeada para a ETAR do Ave. No caso de haver alguma avaria ou de o volume afluente ser superior àquele que é possível ser bombeado, pode originar-se uma situação de *bypass*, ou seja, uma situação em que o caudal excedente, é desviado diretamente para o Oceano Atlântico através de coletor apropriado e dedicado ao efeito, como sucede em situações de limpeza como as já anteriormente relatadas.

2.5 Dados e Registos Existentes

Com o objetivo de desenvolver o presente trabalho, foram possíveis disponibilizar os seguintes dados:

- caudal afluente proveniente da estação elevatória do Forte e do ponto de recolha de Vila do Conde;
- dados referentes ao caudal bombeado para a ETAR;
- dados do consumo elétrico;
- dados relativos ao número de horas de funcionamento das bombas por dia.

Todos estes dados foram fornecidos sob a forma de leituras diárias dos diferentes medidores instalados.

Uma vez que, segundo a Decreto-Lei nº 152/97, indica que e sempre que há derrame de água de saneamento para águas públicas, é necessário reportar o acontecimento à APA - Agência Portuguesa do Ambiente, a entidade gestora dispõe dos registos correspondentes a essas ocorrências e que constam da Tabela 1 onde figuram, também, a data, a duração e a razão justificativa dos derrames ocorridos.

Ano	Data	Início	Fim	Total	Observações
2013	02/04/13	13h	18h	5 h	EE parada, comporta de admissão de efluente fechada - Inspeção vídeo IG para ETAR Ave
	15/05/13	2h22	3h38	1h16	Avaria elétrica - comporta de admissão de efluente fechada
	29/05/13	7h30	18h	12h30	Limpeza poço elevatório (<i>bypass</i> da componente gravítica VC) - comporta de admissão de efluente fechada
	27/09/13	9h30	20h30	11 h	Excesso caudal e inundação de edifício elevatório - comporta de admissão de efluente fechada
	02/10/13	19h30	23h30	4 h	Excesso caudal (<i>bypass</i> parcial - abertura e fecho da comporta em função do nível do poço elevatório)
	21-22/10/2013	20h	1h15	5h15	Excesso caudal (<i>bypass</i> parcial - abertura e fecho da comporta em função do nível do poço elevatório)
	22/11/13	9h	12h20	3h20	Excesso caudal (<i>bypass</i> parcial - abertura e fecho da comporta em função do nível do poço elevatório)
	12/11/13	8h	20h	12 h	Limpeza poço elevatório (<i>bypass</i> da componente gravítica VC) - comporta de admissão de efluente fechada
	16/11/13	12h30	14h30	2 h	Avaria sensor comporta - comporta de admissão de efluente fechada
	2014	06/01/14	8h30	9h30	1 h
03/02/14		15h45	17h05	1h 20	Avaria autómato - comporta de admissão de efluente fechada
04/06/14		8h	20h	12 h	Limpeza poço elevatório (<i>bypass</i> da componente gravítica VC) - comporta de admissão de efluente fechada
16/12/14		8h	20h	12 h	Limpeza poço elevatório (<i>bypass</i> da componente gravítica VC) - comporta de admissão de efluente fechada

Tabela 1 - Comunicações de *bypass* à APA por derrame de caudal a partir da Estação Elevatória do Molhe Sul

2.6 Tratamento de dados

A partir dos dados fornecidos, foi considerado como principal objetivo, avaliar a quantidade de esgoto que é enviado para o oceano através do *bypass* e qual a percentagem que corresponde relativamente ao esgotos bruto afluente.

Para isso e para cada período definido, era objetivo calcular o caudal entrado na estação elevatória, calcular o volume de precipitação que se teria infiltrado e assim saber qual a percentagem que corresponderia a esgoto bruto e qual a percentagem que corresponderia a água que, se não se tivesse infiltrado no sistema de saneamento, não necessitaria de ser tratada, nomeadamente água da chuva e de rega.

Este modo de proceder não foi possível de ser desenvolvido uma vez que os dados relativos à precipitação não foram disponibilizados pelo SNIRH - por avaria dos equipamentos nos postos udométricos mais próximos da estação elevatória, nem junto do IPMA, por resposta tardia (não envio do orçamento em tempo) às diversas tentativas de contacto.

Outra dificuldade ocorrida, foi a instabilidade nos registos dos dados no medidor de caudal do ponto de recolha de Vila do Conde. Este ponto de recolha possui um medidor de caudal do tipo ultrassónico, que é sujeito a erros mais frequentes do que de outros tipos de medidores e, em particular, mais do que os medidores do tipo eletromagnético. Na realidade, um medidor de caudal do tipo ultrassónico “emite ondas ultrassónicas que se propagam através do líquido, recebendo-as depois de terem sofrido a influência do escoamento e usa o resultado dessa influência para medir o caudal”⁷. No entanto, os resultados são altamente dependentes quer do perfil de velocidades do fluido quer da quantidade de matéria existente, o que no caso de escoamentos de águas residuais é mais usual.⁸

Nos casos dos medidores de caudal instalados na estação elevatória do Forte e à entrada da ETAR, o caudal é medido por medidores do tipo eletromagnético que, com base na aplicação da lei de Faraday, permite obter a velocidade do líquido e, posteriormente, conhecendo o diâmetro da conduta, obter o caudal escoado.⁷

Para realizar o tratamento de dados começou-se por eliminar todos os valores iguais a zero, quer proviessem do medidor de caudal de Vila do Conde ou da soma dos medidores da estação elevatória do Forte, por estes se deverem a erros nas medições e não a ocasiões em que o caudal foi, de facto, igual a zero. Na prática correspondem a situações de não medição por impossibilidade dos equipamentos a não realizarem.

Posteriormente, efetuou-se uma análise diária dos dados remanescentes para identificar as situações em que teria ocorrido *bypass*. No entanto, houve dois fatores que impossibilitaram que se recorresse a este modo de proceder:

- as leituras disponíveis não foram realizadas todas à mesma hora, o que impossibilitou conhecer o valor do caudal que afluíu ou se bombeou num dia;
- o facto de se ter tido de proceder à eliminação de um elevado número de medições, o que teve impacto na fiabilidade dos valores obtidos, de acordo com os valores obtidos teriam ocorrido situações de *bypass* em 53% dos dias e, em muitas ocasiões, teria sido bombeado caudal que não teria afluído à estação.

Assim foi necessário encontrar um caminho alternativo que consistiu na análise mensal dos dados disponíveis, em vez de uma análise diária. Na seguinte Tabela 2, apresenta-se tal análise em que os valores de volumes libertados foram obtidos através do cálculo da média dos caudais afluentes e a média dos caudais elevados para a ETAR.

Mês	Volume Bombeado (m ³)	Volume Afluente (m ³)	Dias considerados (d)	Caudal Médio Bombeado (m ³ /d)	Média Afluente (m ³ /d)	Bombeado - Afluente (m ³ /d)	Bombagem Suficiente?	Volume libertado por dia (m ³)
Jan/13	400.084	414.945	29	13.796	14.308	-14.861	Não	512
Fev/13	309.636	310.038	28	11.058	11.073	-402	Não	14
Mar/13	385.536	409.531	31	12.437	13.211	-23.995	Não	774
Abr/13	368.952	385.239	30	12.298	12.841	-16.287	Não	543
Mai/13	232.218	238.031	21	11.058	11.335	-5.813	Não	277
Jun/13	463.886	448.051	30	15.463	14.935	15.835	Sim	0
Jul/13	434.460	433.917	31	14.015	13.997	543	Sim	0
Ago/13	454.028	446.811	31	14.646	14.413	7.217	Sim	0
Set/13	382.662	374.629	30	12.755	12.488	8.033	Sim	0
Out/13	478.969	463.676	31	15.451	14.957	15.293	Sim	0
Nov/13	196.609	200.569	18	10.923	11.143	-3.960	Não	220
Dez/13	327.157	339.124	31	10.553	10.939	-11.967	Não	386
Jan/14	451.261	432.343	28	16.116	15.441	18.918	Sim	0
Fev/14	445.115	374.527	25	17.805	14.981	70.588	Sim	0
Mar/14	354.000	388.767	31	11.419	12.541	-34.767	Não	1.122
Abr/14	338.613	339.619	30	11.287	11.321	-1.006	Não	34
Mai/14	323.048	331.640	31	10.421	10.698	-8.592	Não	277
Jun/14	424.111	428.676	30	14.137	14.289	-4.565	Não	152
Jul/14	444.630	426.610	30	14.821	14.220	18.020	Sim	0
Ago/14	446.424	459.648	31	14.401	14.827	-13.224	Não	427
Set/14	418.987	357.247	30	13.966	11.908	61.740	Sim	0
Out/14	371.383	340.932	31	11.980	10.998	30.451	Sim	0
Nov/14	373.108	285.486	30	12.437	9.516	87.622	Sim	0
Dez/14	303.341	313.105	29	10.460	10.797	-9.764	Não	337

Tabela 2 - Resumo mensal dos volumes afluentes e bombeados da estação elevatória para a ETAR do Ave

Através desta análise mensal, foi possível fazer uma análise geral da oscilação dos caudais ao longo dos dois anos de observação. No entanto, após a subtração do caudal afluente ao bombeado, continuou a verificar-se que muitos valores são negativos, indiciando que teriam ocorrido mais situações de *bypass* do que as que foram reportadas à APA.

Este tipo de análise levantou ainda um problema temporal, já que um mês é um período bastante extenso e os episódios de *bypass* ocorrem apenas duram algumas horas, suscitando a não possibilidade em determinar qual a altura do mês em que ocorreu o episódio e quais os caudais afluentes contribuintes.

Assim, e uma vez que se conhecia a data e a duração de cada ocorrência de derrame optou-se por fazer a análise inversa, ou seja, partindo de cada episódio fazer a análise do caudal afluente e da bombagem. Definiu-se como período de cada episódio em causa, os 2 dias anteriores e o próprio dia do derrame e como duração do episódio o intervalo de tempo em que se está a efetuar o *bypass* do caudal afluente para o mar.

Analisando os dados enviados à Agência Portuguesa do Ambiente (Tabela 1), pode verificar-se que, dos 13 episódios ocorridos durante os anos de 2013 e 2014, quatro se deveram à necessidade de limpeza do poço, um à inspeção vídeo IG para ETAR Ave. quatro a avarias de equipamentos e quatro ao excesso do caudal afluente.

Para todos estes casos considerou-se importante estimar não só o caudal, mas também a quantidade total de águas de saneamento enviadas para o mar para se poder ter uma ideia mais real da situação em causa. Para isso efetuaram-se os seguintes cálculos:

1. caudal médio horário proveniente do ponto de recolha de Vila do Conde, para o período de cada episódio;
2. caudal médio horário proveniente da estação elevatória do Forte, para o período de cada episódio;
3. caudal médio horário total através da soma dos valores obtidos em 1 e 2;
4. volume total de afluente à estação elevatória, calculado através do produto do número de horas de duração de cada episódio e o caudal médio horário total;
5. caudal médio horário bombeado durante o episódio;
6. quantidade total de afluente bombeado, calculado através do produto entre o número de horas de duração de cada episódio e o caudal bombeado médio horário;

7. caudal escoado através do *bypass* estimado pela diferença entre o caudal total afluente e o caudal total bombeado;
8. volume escoado através do *bypass* estimado através do produto do caudal de *bypass* pela duração do episódio.

No caso em que os episódios de *bypass* ocorrem devido ao facto da comporta de admissão de efluente estar fechada, todo o caudal afluente é diretamente desviado para o oceano sendo, nestes casos, o caudal de *bypass* igual ao caudal afluente. Nos casos de limpeza do poço reservatório admite-se que o tempo de encerramento da comporta de admissão já contabiliza o tempo de bombagem da água existente no poço e que será antecipadamente elevado para a ETAR.

Os valores resultantes dos cálculos atrás indicados são indicados na Tabela 3 seguinte.

Episódio	Caudal Médio do PR Vila do Conde (m ³ /dia)	Caudal Médio da EE Forte (m ³ /dia)	Caudal Médio de Afluente Total (m ³ /dia)	Quantidade e Total de Afluente (m ³)	Caudal Afluente Total (m ³ /h)	Caudal Médio Bombeado (m ³ /h)	Quantidade e de <i>Bypass</i> (m ³)	Caudal Médio do <i>Bypass</i> (m ³ /h)
1	10.627	5.355	15.983	3.330	666	-	3.330	666
2	5.981	4.483	10.464	552	436	-	552	436
3	4.790	10.007	14.797	7.707	617	-	7.707	617
4	6.524	8.355	14.879	6.819	620	582	416	38
5	10.231	12.721	22.951	3.825	956	874	328	82
6	11.148	13.430	24.578	3.414	1.024	967	192	57
7	11.148	12.969	24.117	5.276	1.005	1.127	-639	-122
8	6.386	3.518	9.904	4.952	413	-	4952	413
9	5.709	4.975	10.684	890	445	-	890	445
10	16.311	5.435	21.747	906	906	-	906	906
11	10.458	3.710	14.169	787	590	-	787	590
12	4.559	8831	13.389	6.695	558	-	6.695	558
13	6.272	5.388	11.660	5.830	486	-	5.830	486

Tabela 3 - Cálculo do Caudal e Quantidade Afluente e do Caudal e Quantidade de *bypass*

O episódio 7 origina um caudal médio de *bypass* negativo, ou seja, não só não teria sido necessário recorrer a *bypass* como, segundo os valores obtidos, ainda se bombeou água que não existia no poço. Este valor pode dever-se ao facto de, devido à eliminação de muitas medições do caudal afluente, o valor do caudal afluente utilizado ser muito menor que o real eliminando assim a necessidade de *bypass*.

Pela Águas do Noroeste, foram ainda fornecidos dados respeitantes ao número de horas de funcionamento das bombas em cada dia de cada episódio ocorrido que, depois de

removidos os zeros e acertados os erros de registo, permitiram tirar uma média do número de horas de funcionamento em cada dia e, ainda, calcular o número de períodos em que se utiliza uma, duas ou 3 bombas.

No entanto e uma vez que estes dados não fornecem informação completa, nomeadamente se as bombas se encontram a trabalhar em simultâneo ou intercaladas, optou-se por não os considerar na realização do presente trabalho.

2.7 Episódios a considerar

Depois de, através dos cálculos explicitados em cima, se ter calculado a quantidade de afluente que seguiu para *bypass* em cada um dos episódios relatados, verificou-se que no caso do episódio 7 este valor era negativo, situação impossível de acontecer.

Assim, serão apenas considerados na análise a efetivar os episódios 1 a 6 e 8 a 13, constantes da Tabela 4.

Episódio	Volume Afluente (m ³)	Caudal Médio Afluente (m ³ /h)	Volume do <i>bypass</i> (m ³)	Caudal Médio do <i>bypass</i> (m ³ /h)
Episódio 1	3.330	666	3.330	666
Episódio 2	552	436	552	436
Episódio 3	7.707	617	7.707	617
Episódio 4	6,819	620	416	38
Episódio 5	3.825	956	328	82
Episódio 6	3.414	1.024	192	57
Episódio 8	4,952	413	4,952	413
Episódio 9	890	445	890	445
Episódio 10	906	906	906	906
Episódio 11	787	590	787	590
Episódio 12	6,695	558	6,695	558
Episódio 13	5,830	486	5,830	486

Tabela 4 – Volume e Caudal Afluentes e de *Bypass* dos Episódios a considerar

Na tabela anterior, os episódios sublinhados a verde – os episódios 3, 8, 12 e 13 correspondem aos episódios de *bypass* devidos à lavagem de poço e os episódios a azul - episódios 1, 2, 9, 10 e 11, correspondem a episódios de avaria ou outro tipo de intervenção. Todos estes episódios têm em comum o facto de o *bypass* ter ocorrido devido ao fecho da comporta de admissão de afluente, por opção ou por avaria, e, por isso, todo o caudal afluente ter sido desviado para o mar.

No caso dos episódios 4 a 6, a comporta de admissão de afluente continuou aberta o que significa que durante todo o episódio as bombas puderam continuar a bombear evitando

que todo o caudal afluyente fosse para *bypass*, diminuindo, desse modo, uma extensão do derrame.

2.8 Proposta de Soluções. Análise Comparativa

Depois da análise dos dados anteriores e tendo como o objetivo a definição de uma solução técnica que resolva ou diminua a possibilidade de ocorrência de episódios como os relatados, afiguram-se como possíveis as seguintes 5 soluções:

- construção de um novo poço de bombagem suplementar;
- aumento da capacidade do poço existente e da capacidade de bombagem;
- acionar a bomba de reserva sempre que se verifique excesso de volume afluyente;
- instalação de uma nova bomba;
- substituição de uma das bombas existentes por outra de maior capacidade.

Contudo, desde já e como ponto de partida, existem duas condições essenciais e básicas que todas as soluções indicadas têm de cumprir para que sejam consideradas. Por um lado, a necessidade de ser cumprido o artigo 175º do Decreto Regulamentar 23/95 – a velocidade de escoamento superior a 0,7 m/s⁹ e por outro, a capacidade de elevação deve ser pelo menos a indicada no projeto elaborado que é de 270 litros/s.

Cada uma das alternativas será estudada separadamente, realizando-se para cada uma delas uma estimativa das despesas de exploração e do investimento necessário e dos benefícios de cada uma. O período de análise de cada solução será de 23 anos correspondente ao período de vida útil previsto, admitindo-se que a data de início da análise é o primeiro dia do ano de 2016.

2.8.1 Construção de um Poço Adicional ou Aumento da Capacidade do existente

A opção de construção de um novo poço de bombagem interligado com o existente, será tecnicamente a mais indicada, não só por ser logisticamente fácil a sua construção mas também, por não se ter de encerrar, mesmo que temporariamente, a estação elevatória.

Também facilitará as manobras de limpeza, que se realizam de 6 em 6 meses, mantendo-se sempre um poço em funcionamento e evitando – por esta causa, a descarga direta para o mar dos volumes de águas residuais afluentes.

Tem ainda a vantagem de diminuir as probabilidades de derrame devido a avarias pois, uma vez que não é provável a avaria das duas comportas ao mesmo tempo, em caso de avaria de uma o caudal afluente pode ser desviado para o outro poço.

Um primeiro aspeto a considerar na análise a efetuar, é a necessidade em determinar o volume do poço adicional que é necessário para evitar situações de derrame.

Uma primeira abordagem para a fixação de um volume de poço adicional, corresponde à hipótese de, apesar de estar a ocorrer bombagem, esta não ser suficiente para enviar todo o caudal afluente para ETAR do Ave e, assim, haver a descarga do volume de águas residuais remanescente para o mar. O volume máximo derramado, nesta situação é o correspondente ao Episódio 4, que é de aproximadamente 416 m³ durante um período de 11 horas.

Na figura 9 temos uma comparação gráfica entre os volumes afluentes e de *bypass* nos casos em que a bombagem continua a funcionar, como podemos verificar, nestes casos, apenas uma pequena parte do volume afluente é enviada para *bypass*.

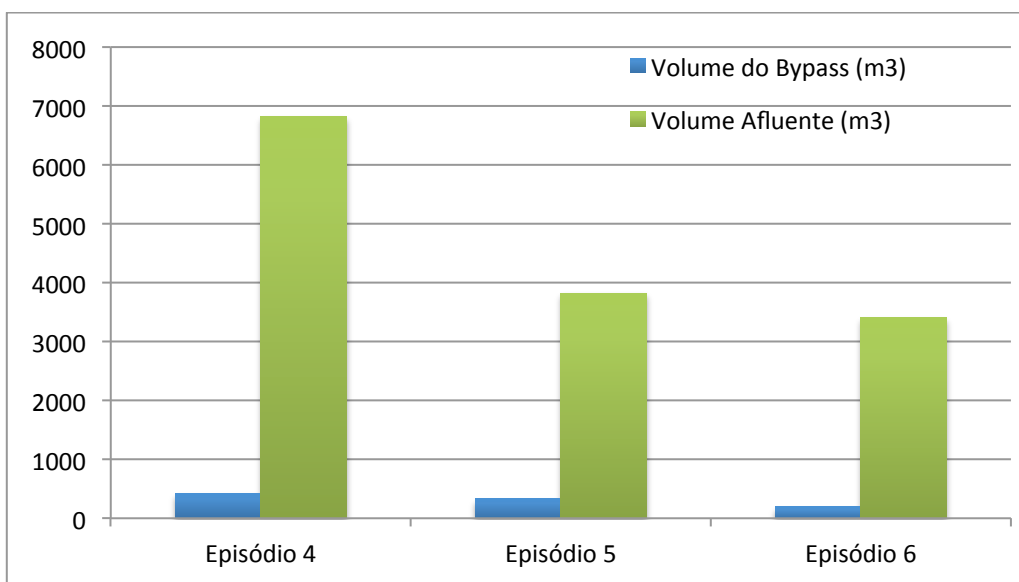


Figura 9 – Comparação entre volume afluente e de *bypass*, nos casos em que a bombagem funciona

Um segundo modo de proceder para determinar o volume do poço auxiliar, consiste em considerar os derrames resultantes do encerramento das comportas de admissão e que originam o desvio de todo o caudal para o mar.

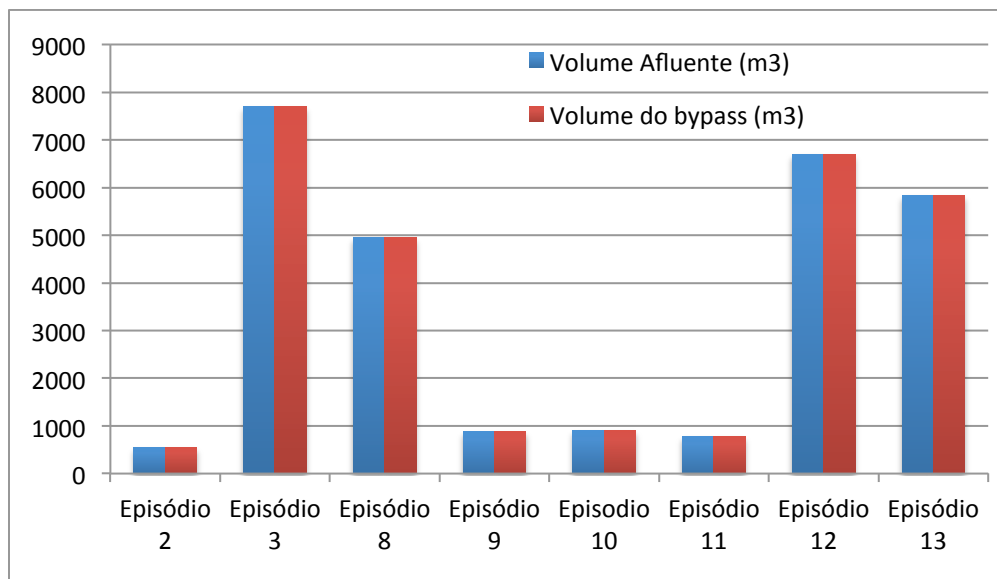


Figura 10 – Comparação entre volume afluente e de *bypass*, sem bombagem

Como se verifica na figura 10, no caso de a bombagem não ter capacidade de funcionar devido ao fecho das comportas, o volume de *bypass* coincide com o volume afluente e é muito superior aos volumes descarregados no caso de existir bombagem. Com base no conjunto de valores disponíveis durante o período em análise constata-se que as capacidades em causa são variáveis em cerca de 8.000 m³ e 1.000 m³.

Utilizando o valor médio da bombagem para os dois anos em estudo e as considerações realizadas acima, pode proceder-se ao cálculo do valor que, caso existisse um poço auxiliar com o volume de 416 m³ suplementar, seria descarregado para o oceano nos Episódios 2, 3 e 8 a 13. Esse valor é de 1431 m³. Tal análise encontra-se explicitada na figura 11 seguinte.

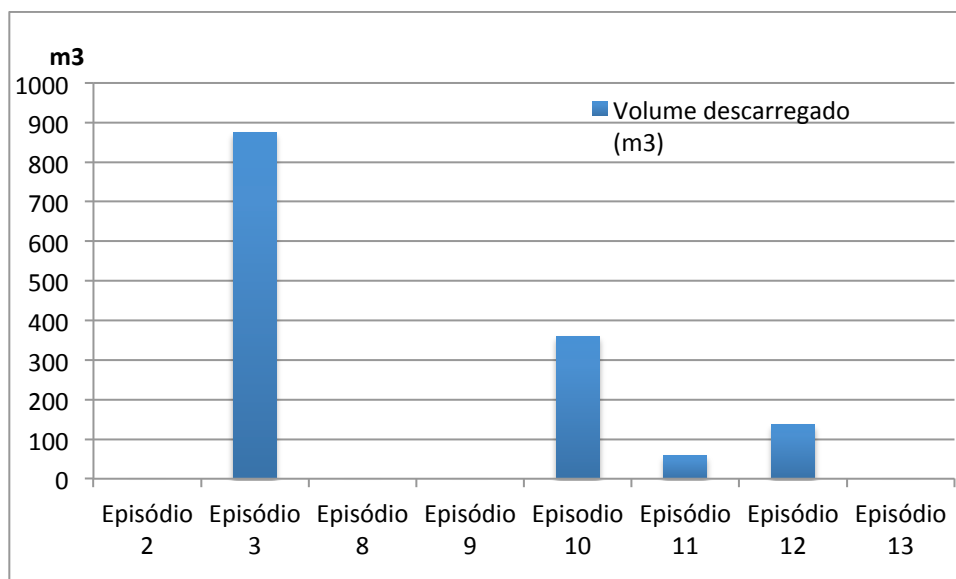


Figura 11 – Volume não descarregado caso existisse poço reservatório auxiliar

Através da análise da referida figura, é possível concluir que mantendo os mesmos níveis de bombagem ocorridos no período de 2 anos, a construção de um poço com cerca de 875 m³ de capacidade seria suficiente para evitar qualquer descarga para o mar. No entanto, tem de referir-se que, este valor de volume foi calculado com recurso aos valores médios de bombagem. Em situação de grande afluências as bombas trabalham a um ritmo mais elevado que o médio, permitindo elevar um maior volume e, como tal, o volume necessário do poço não necessitaria de ser tão elevado. Está-se portanto e para a observação em causa, a considerar um volume maior do que aquele que seria efetivamente necessário.

Por último, foi analisada a situação correspondente à situação em que as comportas são fechadas devido à necessidade de realizar uma inspeção ao interceptor gravítico. Neste caso a existência ou não do poço não tem qualquer influência uma vez que a água é enviada para descarga antes de atingir a estação elevatória.

Aliando este facto, à situação de que um novo poço de capacidade igual a 875 m³ ser cerca de 3,5 vezes superior à do poço existente, e por isso considerada relativamente elevada, optou-se por estudar o que aconteceria se o poço a construir tivesse uma capacidade inferior, por exemplo, suficiente para absorver todo o volume de *bypass* no caso em que a bombagem continua a funcionar - isto é 420 m³. Este acréscimo, será a capacidade suficiente para receber o volume de *bypass* correspondente ao terceiro maior episódio ocorrido nos dois anos em análise. Os resultados globais para todos o episódios são os constantes da tabela 5.

	Volume Bypass Atual (m ³)	Caudal médio de bypass (m ³ /h)	Caudal Médio Bombagem (m ³ /h)	Volume Bombeado (m ³)	Excedente ?	Volume Excedente (m ³)	bypass ?	Volume bypass
Episódio 1	3.330	666	0	0	Sim	3.330	Sim	3.330
Episódio 2	552	436	546	692	Não	0	Não	0
Episódio 3	7.707	617	546	6.831	Sim	876	Sim	456
Episódio 4	416	38	582	6.404	Não	0	Não	0
Episódio 5	328	82	874	3.497	Não	0	Não	0
Episódio 6	192	57	967	3.222	Não	0	Não	0
Episódio 8	4.952	413	546	6.558	Não	0	Não	0
Episódio 9	890	445	546	1.093	Não	0	Não	0
Episódio 10	906	906	546	546	Sim	360	Não	0
Episódio 11	787	590	546	729	Sim	59	Não	0
Episódio 12	6.695	558	546	6.558	Sim	137	Não	0
Episódio 13	5.830	486	546	6.558	Não	0	Não	0
Total	32.584						Total	3.786

Tabela 5 – Volume de *bypass* com a consideração de um novo poço de 420 m³

Analisando os resultados da tabela 5, verifica-se que, caso existisse um poço adicional de 420 m³, num período de características idênticas às ocorridas nos anos de 2013 e 2014, apenas teria sido necessário recorrer a *bypass* por duas vezes, uma aquando da inspeção do interceptor gravítico - em que a existência ou não de poço auxiliar não tem qualquer influência, e outra, aquando da lavagem do poço, sendo possível, neste caso, reduzir o caudal derramado para apenas cerca de 11% do valor do caudal derramado com apenas um poço.

Para calcular os custos desta solução é necessário considerar 2 tipos de custos: os custos de investimento relativos à construção do poço – escavações, paredes, fundo, etc., e os resultantes da instalação de novos equipamentos de bombagem e os custos relativos a despesas de exploração relativos ao consumo de energia elétrica..

O cálculo do consumo de energia elétrica, foi realizado a partir do conhecimento da curva de potência dos grupos elevatórios com base no gráfico constante da figura 8. Com base neste gráfico a equação que relaciona o caudal elevado com a potência consumida – obtida por ajuste polinomial aplicado ao conjunto de valores do gráfico, é

$$P = 232,23Q^4 - 705,3Q^3 + 285,62Q^2 + 154,64Q + 132,64$$

Em que P representa a potência expressa em kW e Q o caudal elevado expresso em m3/s.

Partindo desta equação e considerando o custo médio unitário que a entidade gestora compra a energia elétrica – 0,0865 €/kW.h, um rendimento hidráulico das bombas de 86% e ainda, realizando uma projeção da inflação até ao ano de 2038 é possível calcular o consumo elétrico da bombagem do caudal que, na situação atual, seria descarregado por *bypass*.

	Volume que segue para Bypass agora (m3)	Volume que segue para bypass com tanque (m3)	Volume extra bombeado (m3)	Caudal de bombagem (3 bombas) (m3/s)	Potência Necessária (kW)	Tempo de trabalho extra (s)	Energia Necessária a Fornecer (kWh)	Preço de Energia
Episódio 2	552,267	0,0	552	0,506	208	1091	63,020	5,59
Episódio 3	7.706,657	455,8	7251	0,506	208	14330	827,409	73,38
Episódio 4	415,960	0,0	416	0,506	208	822	47,466	4,21
Episódio 5	328,183	0,0	328	0,506	208	649	37,450	3,32
Episódio 6	191,555	0,0	192	0,506	208	379	21,859	1,94
Episódio 8	4.952,038	0,0	4952	0,506	208	9787	565,086	50,11
Episódio 9	890,350	0,0	890	0,506	208	1760	101,599	9,01
Episodio 10	906,108	0,0	906	0,506	208	1791	103,398	9,17
Episódio 11	787,156	0,0	787	0,506	208	1556	89,824	7,97
Episódio 12	6.694,589	0,0	6695	0,506	208	13230	763,931	67,75
Episódio 13	5.829,800	0,0	5830	0,506	208	11521	665,249	59,00
							Total=	291,45

Tabela 6– Custo de Exploração com energia elétrica utilizada

Os custos de construção do poço são, maioritariamente devidos à escavação e remoção dos solos.

Uma vez que o poço reservatório existente tem 4 metro de profundidade o poço a ser construído deverá também ter os mesmos 4 metros para facilitar possíveis transferências de água de um poço para o outro.

Em termos de investimento relativo à construção do poço suplementar, considerar-se-á que o poço tem as dimensões parciais de 10 m x 10,5 m x 4 m.

Para o cálculo do investimento associado a essa construção, consideram-se para valores unitários para os itens de construção mais significativos os seguintes valores:

- escavação, remoção e transporte de 420 m³ de terra – 21€/m³ ⁽¹⁰⁾
- laje de fundo 10,5 x 10 x 0,4 – 102€/m² ⁽¹⁰⁾
- 2 paredes dos lados mais extensos – 10,5 x 4 x 0,30 – 322 €/m² ⁽¹⁰⁾
- 2 paredes dos lados mais curtos – 10 x 4 x 0,30 – 322 €/m² ⁽¹⁰⁾
- laje de topo 10,5 x 10 x 0,2 – 83 €/m² ⁽¹⁰⁾

A estes valores unitários corresponde os custos totais constantes da tabela 7.

Tarefa	Quantidade	Preço Unitário (€)	Preço Total (€)
Escavação, Remoção e carregamento do solo	420 m ³	21	8.820
Laje de Fundo	105 m ²	102	10.710
Paredes 10,5	42 m ²	322	13.524
Paredes 10	40 m ²	322	12.880
Laje de Cobertura	105 m ²	83	8.715
	Total		54.649

Tabela 7 – Custos de construção de um poço de 420 m³

Aos custos da energia gasta na elevação têm de ser adicionada a inflação. Uma vez que não foram encontradas projeções da taxa de inflação até ao ano horizonte de projeto optou-se por obter a taxa média de inflação dos últimos 23 anos e utilizar esse valor para os 23 anos que ocorrem desde 2016 a 2038.

Volume de Bypass sem poço adicional (m3)	32.584	Custo da energia (€/2 anos)	430
Volume de Bypass com poço adicional de 420 m3 (m3)	3.786	Custo de Obra (€)	54.649
Bypass evitado até horizonte de projeto (m3)	331.177	Custo Total (€)	59.594
		Custo Diluído pelos 23 anos	2.591

(€/ano)	
Custo por m3 até	0,18
horizonte do projeto (€/m3)	

Tabela 8 – Resumo da solução construção de um novo poço de 420 m3

Como se verifica dos elementos constante da tabela 8, o custo estimado desta solução, diluído pelos 23 anos do projeto, é de 2.544 € por ano, prevendo-se que, com o poço auxiliar seja possível evitar a descarga de cerca de 28.800 m³ de águas residuais para o Oceano Atlântico a cada 2 anos, num total de cerca de 331.177m³ até ao horizonte de projeto.

2.8.2 Funcionamento da Bomba de Reserva em Situações de Emergência

Outra das hipóteses que se considerou na análise realizada, foi utilizar a bomba de reserva em situações de emergência, ou seja, nas situações em que as 3 bombas não têm capacidade para bombear toda a água que aflui ao poço reservatório.

Neste caso apenas se podem considerar os episódios 4, 5 e 6 uma vez que são estes os únicos que tem excesso de caudal afluente. Em todos os outros episódios, a comporta de acesso estava fechada, quer por avaria quer por necessidade de manobras, não sendo possível o caudal afluente entrar no tanque reservatório.

Episódio	Volume Afluente (m ³)	Caudal Médio mente (m ³ /h)	Volume do <i>bypass</i> (m ³)	Caudal Médio do <i>bypass</i> (m ³ /h)
Episódio 4	6819	620	416	38
Episódio 5	3825	956	328	82
Episódio 6	3414	1024	192	57

Tabela 9 – Episódios e caudais a serem considerados para esta solução

As bombas existentes na estação estão instaladas em paralelo e têm uma curva característica obtida a partir do gráfico apresentado na figura 8:

$$H = 62 - 5Q - 100Q^2 \quad H[m], Q[m^3/s]$$

Uma vez que as diversas bombas estão montadas em paralelo as correspondentes curvas características, dependendo de estarem duas, três ou quatro bombas a funcionar, tomam a seguinte forma:

$$2 \text{ bombas} \quad H = 62 - \frac{5}{2}Q - \frac{100}{4}Q^2 \quad H[m], Q[m^3/s]m$$

$$3 \text{ bombas} \quad H = 62 - \frac{5}{3}Q - \frac{100}{9}Q^2 \quad H[m], Q[m^3/s]$$

$$4 \text{ bombas} \quad H = 62 - \frac{5}{4}Q - \frac{100}{16}Q^2 \quad H[m], Q[m^3/s]$$

A instalação tem de ser capaz de bombear água residual com uma energia suficiente para que esta consiga vencer um desnível topográfico de 30,65 m. Com efeito, a câmara de bombagem esta à cota de -4,60 m e a câmara de transição da ETAR encontra-se à cota de 26,05m. Para além do desnível topográfico tem de ser consideradas as parcelas relativas às perdas de carga – contínuas e localizadas, que acontecem ao longo dos cerca de 6.000 m através de uma conduta de ferro fundido dúctil de 700 mm de diâmetro e de acordo com a equação seguinte que definirá a designada curva caraterística da instalação:

$$H = H_{geom} + jL + \sum_{i=1}^n (\Delta H_{Loc})_i$$

Neste caso particular consideraram-se as perdas de carga localizadas inexistentes tornando assim a curva caraterística da bomba mais simples. o coeficiente unitário de perdas de carga é dado pela equação:

$$j = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{U^2}{2g}$$

Para a determinação da curva caraterística, é necessário calcular a variação da altura manométrica, para diferentes caudais, recorrendo-se para isso à formula de Colebrook-White para calcular o factor de atrito Darcy-Weisbach e, posteriormente as perdas de carga contínuas e as perdas de carga totais.

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log_{10} \left(\frac{k}{3,7D} + \frac{2,51}{Re\sqrt{\lambda}} \right)$$

em que k é a rugosidade equivalente, D o diâmetro da conduta e Re o número de Reynolds do escoamento.

Na tabela seguinte resume-se os cálculos efetuados e relativos à determinação das várias alturas geométricas.

Q (l/s)	Q(m ³ /s)	U (m/s)	Re	λ	J	JL	H=HGeom + JL
100	0,1	0,26	139916	0,0267	0,00013	0,79	31,44

150	0,15	0,39	209874	0,0263	0,00029	1,75	32,40
200	0,2	0,52	279832	0,0262	0,00051	3,09	33,74
250	0,25	0,65	349791	0,0261	0,00080	4,82	35,47
300	0,3	0,78	419749	0,0261	0,00115	6,92	37,57
350	0,35	0,91	489707	0,0260	0,00157	9,40	40,05
400	0,4	1,04	559665	0,0260	0,00204	12,26	42,91
450	0,45	1,17	629623	0,0260	0,00259	15,51	46,16
500	0,5	1,30	699582	0,0259	0,00319	19,13	49,78
550	0,55	1,43	769540	0,0259	0,00386	23,15	53,80
600	0,6	1,56	839498	0,0259	0,00459	27,53	58,18
650	0,65	1,69	909456	0,0259	0,00538	32,29	62,94

Tabela 10 – Cálculos necessários ao cálculo da curva caraterística da instalação

Na figura seguinte apresenta-se as diferentes curvas caraterísticas correspondentes às hipóteses de utilização de 1, 2 ou 3 bombas e a curva caraterística da instalação. A interseção entre a curva caraterística da instalação e cada uma das curvas caraterísticas das bombas, é possível retirar o ponto de funcionamento de cada hipótese de exploração, ou seja, o valor de caudal e de altura total de elevação exigida para a instalação.¹¹

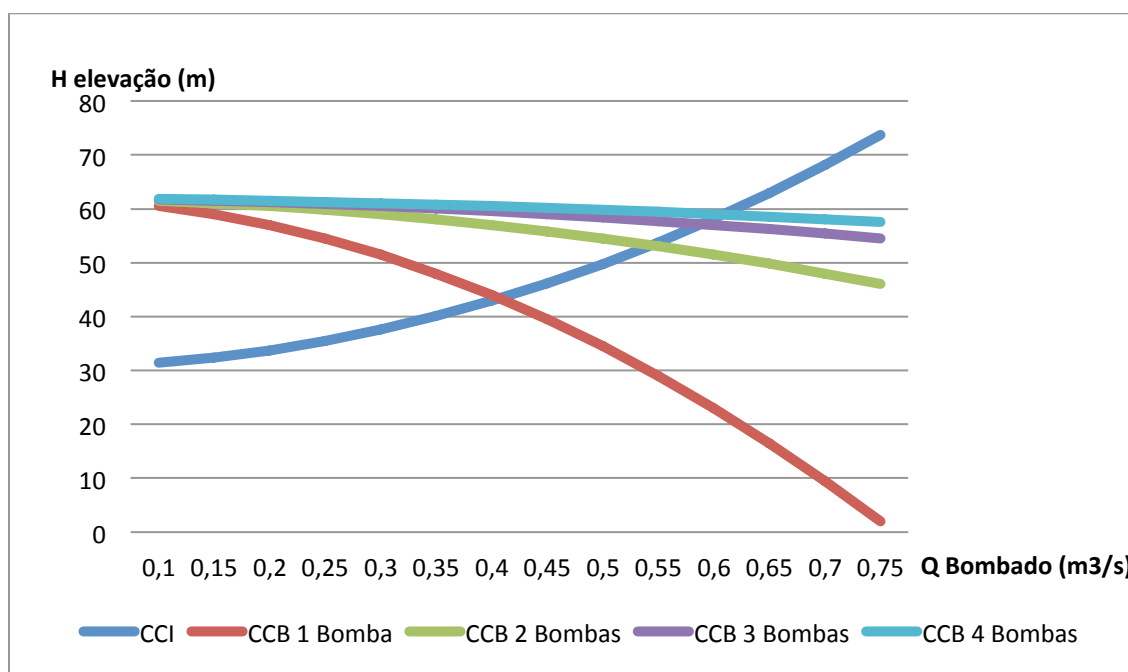


Figura 12 – Curvas caraterísticas das várias bombas e curva caraterística da instalação

Na hipótese pretendida de utilização da bomba de reserva para auxílio à bombagem do caudal afluyente, o ponto de funcionamento, ou seja o ponto de interseção entre as curva caraterística correspondente ao funcionamento de 4 Bombas e a curva caraterística da instalação corresponde a um ponto de funcionamento de 0,541 m³/s e 53,99 m.

Para esta solução poder ser considerada a velocidade do líquido dentro das condutas que o elevam à ETAR tem de ser superior a 0,7 m/s⁹ o que, para o caudal de 0,54 m³/s se verifica - velocidade igual a 1,41 m/s.

Assim, e uma vez que o poço reservatório apenas tem uma capacidade de 246 m³, considerar-se-á que a bombagem do caudal afluente é feita por partes, bombeando volumes iguais à capacidade do poço.

	Volume Afluente (m3)	Duração do Episódio (s)	Q bombagem (4 bombas) (m3/s)	Tempo de Bombagem (s)	Bombagem suficiente?
Episódio 4	6.819	39.600	0,5230	13.039	SIM
Episódio 5	3.825	14.400	0,5230	7.314	SIM
Episódio 6	3.414	12.000	0,5230	6.527	SIM

Tabela 11 – Averiguação da viabilidade do acionamento da bomba auxiliar para evitar situações de *bypass*

Como se verifica pela tabela 11, o acionamento da bomba de reserva em situações de emergência seria o suficiente para evitar as situações de *bypass* devido ao excesso de caudal afluente situação que não ocorreu face à determinação operacional em considerar esta 4ª bomba exclusivamente para reserva de uma das restantes.

Esta opção tem ainda a vantagem de utilizar apenas equipamentos existentes reduzindo os seus custos apenas aos custos elétricos devidos à elevação de caudal que, anteriormente, era descarregado para o oceano.

	Volume extra elevado (m3)	Tempo Extra de Bombagem (h)	Potência Necessária (kW)	Energia Necessária (kWh)	Preço da Energia (€)
Episódio 4	415,96	0,220	530,769	117,260	7,60
Episódio 5	328,18	0,174	530,769	92,516	6,00
Episódio 6	191,55	0,102	530,769	54,000	3,50
				Total	17,10

Tabela 12 – Custos de operação da bomba de reserva em caso de emergência

Como se pode reparar, os valores do custo da energia em causa são desprezáveis.

Sob a forma de resumo, a tabela 13 apresenta os custos inerentes a esta solução.

Volume de <i>Bypass</i> sem bomba de reserva (m³)	936	Custo da energia (€/2 anos)	25,24
---	-----	------------------------------------	-------

Volume de <i>Bypass</i> com funcionamento de bomba de reserva (m³)	0	Custo de Obra (€)	0
<i>Bypass</i> evitado até horizonte de projeto (m³)	10.760	Custo Total (€)	290,26
		Custo Diluído pelos 23 anos (€/ano)	12,62
		Custo por m3 até horizonte do projeto (€/m3)	0,027

Tabela 13 – Resumo da utilização da bomba de reserva em situações de emergência

Como se verifica pela tabela 13, o custo da operação da bomba de reserva em situações de emergência é muito reduzido, apenas 0,027€ por m³ de derrame evitado, permitindo, até ao horizonte do projeto, evitar o *bypass* previsto de 10.760 m³.

2.8.3 Instalação de uma Bomba de Características Semelhantes às Existentes

A opção de instalação de uma nova bomba permitiria que a estação trabalhasse com 4 bombas em simultâneo e mantivesse uma de reserva, uma situação que permitiria elevar mais caudal do que a situação presente uma vez que agora trabalha com 3 bombas e uma de reserva.

Uma vez que a curva característica da instalação e as curvas características das bombas se mantêm o caudal excedente bombeado é o mesmo do que o calculado na solução anterior.

No entanto, enquanto a solução anterior era uma boa solução pois permitia evitar o *bypass* com poucos custos com esta solução passa-se o contrário. Não só é necessário adquirir uma bomba nova no valor de cerca de 38.000 euros como, devido à falta de espaço na sala de bombagem, se torna necessário recorrer a uma empresa de construção civil para proceder ao seu alargamento.

Tarefa	Unidades	Preço Unitário	Total
Escavação, Remoção e Carregamento de Solo ¹⁰	20 m ³	21	420
Demolição da parede existente ¹⁰	10 m ²	139	1.390
2 Paredes - 2 m x 2 m ¹⁰	4 m ²	308	1.232

1 Parede - 5 m x 2 m ¹⁰	10 m ²	308	3.080
Tecto - 2 m x 5 m ¹⁰	10 m ²	76	760
		Total	6.882

Tabela 14 – Custos estimados de alargamento da sala de bombagem

É necessário notar que, para obtenção desta estimativa considerou-se o caso mais simples, ou seja, que a parede a demolir não era parede mestra e que por isso podia ser facilmente demolida.

Volume de <i>bypass</i> com 3 bombas(m³)	936	Custo da energia (€/2 anos)	25,24
Volume de <i>bypass</i> com 4 bombas (m³)	0	Custo de Obra + bomba(€)	6.882 + 38.000
<i>bypass</i> evitado até horizonte de projeto (m³)	10.760	Custo Total (€)	45.172
		Custo Diluído pelos 23 anos (€/ano)	1.964
		Custo por m3 até horizonte do projeto (€/m3)	4,20

Tabela 15 – Resumo da instalação de uma bomba extra de características iguais às existentes

2.8.4 Substituição de uma das Bombas Existentes por uma de Maior Capacidade

A principal vantagem desta opção relativamente à opção de adquirir uma bomba extra de características semelhantes às existentes é, no primeiro caso, não serem necessárias obras de expansão da sala de bombagem simplificando o processo.

O primeiro passo para definir as características da bomba a comprar é estudar as das bombas existentes, para isso, e recorrendo ao gráfico da figura 13 podemos retirar o ponto de funcionamento das 3 bombas através da intercepção desta curva com a da curva característica da instalação: PF (0,5197 m³/s; 52,1309m)

	Volume do Afluente (m3)	Duração do Episódio (h)	Nº de Volumes de 246 m3	Caudal de Bombagem (m3/s)	Tempo de Bombagem de 246m3 (h)	Tempo de Bombagem do Afluente (h)	Bombagem suficiente?
Episódio 4	6.819	11	27,720	0,506	0,135	3,743	SIM
Episódio 5	3.825	4	15,549	0,506	0,135	2,100	SIM
Episódio 6	3.413	3,333	13,874	0,506	0,135	1,874	SIM

Tabela 16 – Averiguação da necessidade de *bypass* com as 3 bombas existentes

Através da análise da tabela 16 verifica-se que, se as três bombas se encontrarem a funcionar em paralelo, não é necessário recorrer a *bypass*. Assim, a substituição de uma das bombas por uma de maior capacidade apenas teria vantagens na redução dos consumos energéticos.

	Volume a elevar (m3)	Tempo de bombagem (h)	Potencia Necessária (kW)	Energia Necessária (kWh)	Preço da Energia (€)
Episódio 4	6819	3,743	398,075	1490,158	128,90
Episódio 5	3825	2,100	398,075	835,878	72,30
Episódio 6	3413	1,874	398,075	745,844	64,52
				Total	265,72

Tabela 17 – Consumo energético para elevar a totalidade nos caudais para o presente e até ao horizonte do projeto

Uma vez que, caso se elevasse a totalidade do caudal recorrendo às 3 bombas se obteria um gasto de 3.954 euros, este é o valor que a bomba a adquirir deve custar para compensar a troca.

3. CONCLUSÕES

Das 4 soluções propostas há 3 que se provaram capazes de reduzir o volume de água enviada para *bypass*: a construção de um poço adicional, o funcionamento da bomba de reserva em casos de emergência e a aquisição e instalação de uma nova bomba, de características semelhantes às existentes, para se passar a funcionar com 4 bombas + 1 de reserva.

A quarta solução proposta foi descartada uma vez que, para os volumes de *bypass* registados, não era necessária para os reduzir e tinha custos muito elevados

	Volume de <i>bypass</i> Evitado	Custo Total	Custo/ano de funcionamento	Custo/m³ de <i>bypass</i> Evitado
Construção de Poço Adicional	331.177	59.594	2589	0,180
Funcionamento da bomba de reserva em situações de emergência	10.760	290	13	0,027
Aquisição e instalação de uma Bomba de caraterísticas semelhantes	10.760	45.172	1964	4,198
Substituição de uma bomba por uma de maior capacidade	10.760	300	13	0,028

Tabela 18 – Resumo das soluções propostas e viáveis

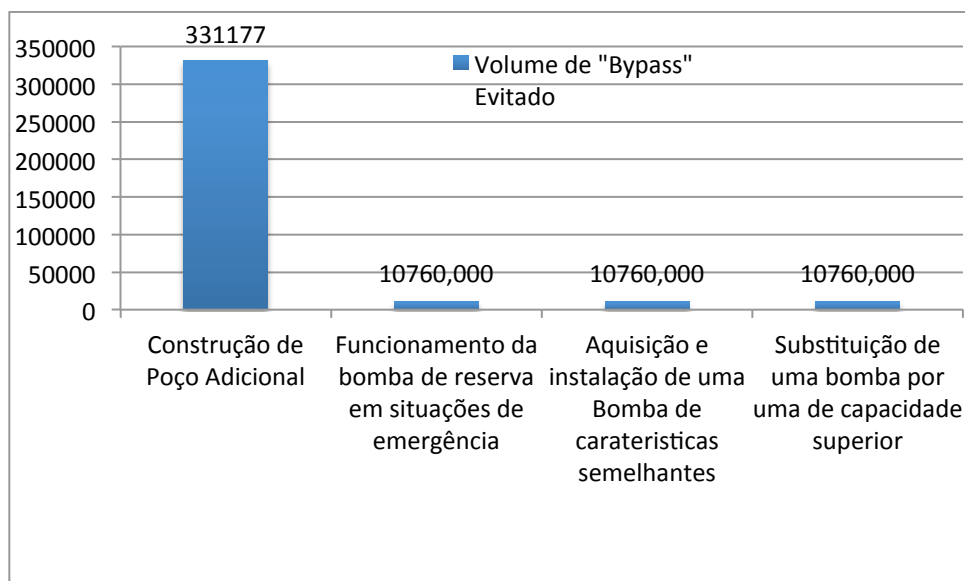


Figura 13 – Volume de *bypass* evitado por cada solução proposta

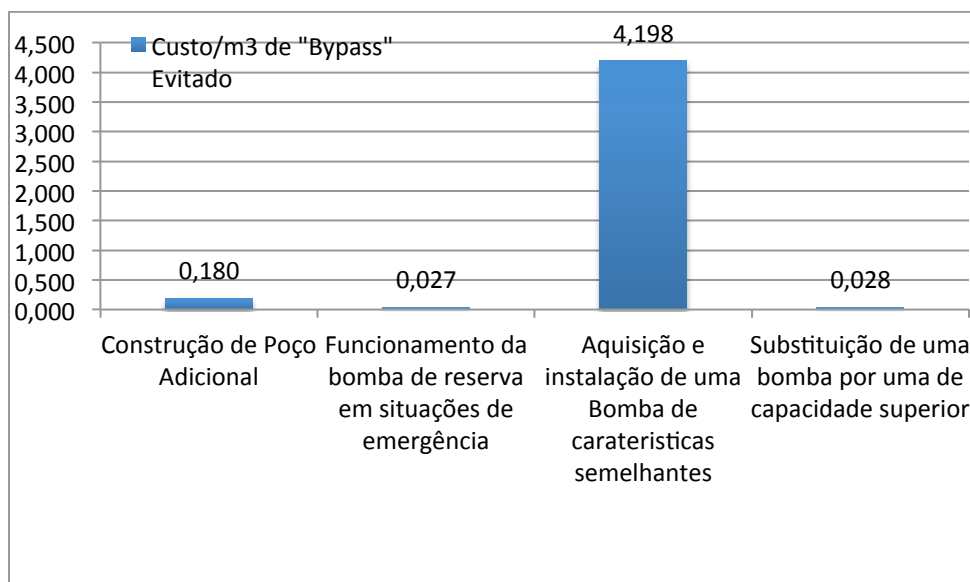


Figura 14 – Custo da solução por volume de *bypass* evitado

Através da análise da tabela 18 e das figuras 16 e 17, é possível concluir que, apesar de não ser a opção mais barata e de representar um elevado investimento inicial, quase 70000€, a opção mais equilibrada é a construção de um poço adicional, uma vez que evita o envio de grandes quantidades de águas residuais para o oceano a um custo aceitável.

Esta solução tem ainda a vantagem de, por existirem 2 poços, a ocorrência de *bypass* estar menos sujeita a avarias, uma vez que não é provável que avariem os mecanismos de acesso aos dois poços de uma só vez.

4. PROPOSTAS DE DESENVOLVIMENTO

Uma vez que as descargas de águas residuais para o oceano atlântico provocam impactos ambientais propõe-se que, no futuro se realizem análises periódicas para que se possa avaliar a evolução dos contaminantes e o seu possível efeito nas espécies existentes.

Este foi uma análise que se tentou realizar no decorrer da dissertação mas que se mostrou impossível devido à inexistência de análises, as únicas análises a que se conseguiu aceder foi às da Associação Bandeira Azul que apenas se realizam durante a época balnear.

Propõe-se ainda que, se instale um medidor de caudal para medir a quantidade de água que é enviada por bypass para o oceano para que se consiga determinar com a máxima precisão possível e, conseqüentemente, seja possível estimar os seus impactos no meio de descarga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1** - Pordata, “População servida por sistemas público de abastecimento de água, sistemas de drenagem de águas residuais e estações de tratamento de águas residuais (ETAR) (%)”, <http://www.pordata.pt/Portugal/Ambiente+de+Consulta/Gr%C3%A1fico>, Acesso em 28 de Junho de 2015
- 2** - Decreto-Lei Nº152/97 de 19 de Junho. Diário da República nº 139/97 – I Série – A. Ministério do Ambiente
- 3** - Águas do Noroeste, S.A., “Quem somos”, <http://www.adnoroeste.pt/aguas-do-noroeste/quem-somos>. Acesso em 28 de Junho de 2015
- 4** - Decreto-Lei nº41/2010 de 29 de Abril. Diário da República nº83/2010 – I Série. Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território
- 5** - Águas do Noroeste, S.A., "Missão, Visão e Valores”, <http://www.adnoroeste.pt/aguas-do-noroeste/missao-visao-e-valores> Acesso em 28 de Junho de 2015
- 6** - PR 92.07 – Projeto de execução dos interceptores do Baixo Ave (FD10) relativa à frente de drenagem FD10, Estação Elevatória “Molhe Sul” e interceptor Vila do Conde, Tomo 1 – Projecto de Execução, Volume 1 – Memória descritiva e justificativa, (2008)
- 7** - Henriques, J.D. & da Palma, J.C.P. & Ribeiro, A.S. (2007) Medição de caudal em sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais urbanas (1ª edição). Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Instituto Regulador de Águas e Resíduos.
- 8** - José Carlos Villajulca, “Ventajas, inconvenientes y aplicaciones de caudalímetros ultrassónicos”, <http://www.instrumentacionycontrol.net/cursos-libres/instrumentacion/curso-completo-medicion-flujo-caudal/item/324-ventajas-inconvenientes-y-aplicaciones-de-caudalímetros-ultrasonicos.html>, Acesso em 28 de Junho de 2015
- 9** - Decreto Regulamentar nº 23/95 de 23 de Agosto. Diário da República Nº194/95 – I Série – B. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações
- 10** - Cype Ingenieros, S.A. Gerador de Preços. Portugal. www.geradordepreços.info. Acesso em 28 de Junho de 2015

11 - Monteiro, P.T.S, (2006), Máquinas Hidráulicas, Apontamento de apoio às aulas de Mecânica dos Fluídos II

ANEXOS

Exemplos

Anexo I – Primeira página do ficheiro “Caudais Diários Bombados”

Data	Caudalímetro		Caudal Afluente	Afluente-Bombado	Bombado-Afluente
	EE's VC Norte Contagens (m3)	Leitura			
2013/Jan/01 10:01	10710316				
2013/Jan/02 08:53	10720126	9810	10592	782	-782
2013/Jan/03 08:46	10731731	11605	10701	-904	904
2013/Jan/04 08:45	10742830	11099	11990	891	-891
2013/Jan/05 08:47	10753132	10302	10437	135	-135
2013/Jan/06 08:55	10761776	8644	8260	-384	384
2013/Jan/07 07:01	10773675	11899	11924	25	-25
2013/Jan/08 08:55	10782557	8882	9357	475	-475
2013/Jan/09 08:57	10793644	11087	12402	1315	-1315
2013/Jan/10 08:42	10803238	9594	8797	-797	797
2013/Jan/11 08:45	10813263	10025	10223	198	-198
2013/Jan/12 08:43	10823352	10089	11685	1596	-1596
2013/Jan/13 08:56	10835093	11741	10427	-1314	1314
2013/Jan/14 08:33	10847100	12007	12469	462	-462
2013/Jan/15 08:45	10857531	10431	10994	563	-563
2013/Jan/16 08:27	10873662	16131	13703	-2428	2428
2013/Jan/17 12:46	10886394	12732	14064	1332	-1332
2013/Jan/18 08:44	10903539	17145	22024	4879	-4879
2013/Jan/19 08:45	10932135	28596	24236	-4360	4360
2013/Jan/20 09:15	10941525	9390	18801	9411	-9411
2013/Jan/21 09:05	10960547	19022	15800	-3222	3222
2013/Jan/22 08:51	10974667	14120	16467	2347	-2347
2013/Jan/24 09:26	11008240	33573	33265	-308	308
2013/Jan/25 10:46	11025324	17084	17978	894	-894
2013/Jan/26 09:09	11035424	10100	11135	1035	-1035
2013/Jan/27 08:45	11048850	13426	21660	8234	-8234
2013/Jan/28 08:41	11071577	22727	16649	-6078	6078
2013/Jan/29 08:38	11089942	18365	13581	-4784	4784
2013/Jan/30 09:08	11098411	8469	12892	4423	-4423
2013/Jan/31 09:15	11110400	11989	12432	443	-443
2013/Fev/01 09:01	11121557	11157	15283	4126	-4126
2013/Fev/02 13:40	11136771	15214	12292	-2922	2922
2013/Fev/03 08:54	11147253	10482	10056	-426	426
2013/Fev/04 09:06	11160961	13708	9266	-4442	4442
2013/Fev/05 09:03	11171362	10401	10512	111	-111
2013/Fev/06 09:46	11179458	8096	12795	4699	-4699
2013/Fev/07 08:59	11191282	11824	12244	420	-420
2013/Fev/08 09:49	11201324	10042	10089	47	-47
2013/Fev/09 08:25	11211036	9712	10127	415	-415
2013/Fev/11 08:38	11230117	19081	12008	-7073	7073
2013/Fev/12 08:55	11240782	10665	10093	-572	572
2013/Fev/13 08:41	11250647	9865	9900	35	-35
2013/Fev/14 08:46	11260271	9624	9583	-41	41
2013/Fev/15 08:44	11270563	10292	10693	401	-401
2013/Fev/16 08:52	11280999	10436	10527	91	-91
2013/Fev/17 08:41	11289700	8701	14998	6297	-6297
2013/Fev/18 08:39	11306849	17149	12358	-4791	4791
2013/Fev/19 08:35	11321879	15030	10140	-4890	4890
2013/Fev/20 08:40	11327933	6054	10840	4786	-4786
2013/Fev/21 08:45	11337675	9742	12815	3073	-3073
2013/Fev/22 07:01	11357166	19491	17008	-2483	2483

Anexo II – Primeira Página do Ficheiro “Caudais Afluentes”, folha “EE Forte”

Período de Consulta: 2013-01-01 00:00 até 2015-01-01 23:59

EE Forte - Contagens				
Variáveis unidade				
Data	Caudalímetro 1			Total
	EE's VC Norte	Contagens Leitura (m3)		
2013/Jan/01 10:01		1416208		
2013/Jan/02 08:46		1417417	1209	4244
2013/Jan/03 08:39		1419069	1652	4608
2013/Jan/04 08:35		1420793	1724	5939
2013/Jan/05 08:39		1422023	1230	4407
2013/Jan/06 08:46		1422860	837	2924
2013/Jan/07 07:01		1425108	2248	6895
2013/Jan/08 08:44		1424841	-267	4311
2013/Jan/09 08:50		1426543	1702	5838
2013/Jan/10 08:33		1427806	1263	3511
2013/Jan/11 08:34		1428146	340	4903
2013/Jan/12 08:33		1429444	1298	4615
2013/Jan/13 08:46		1430374	930	3158
2013/Jan/14 08:26		1432152	1778	7003
2013/Jan/15 08:36		1432531	379	4990
2013/Jan/16 08:18		1434074	1543	4729
2013/Jan/17 12:43		1435877	1803	4995
2013/Jan/18 08:35		1437925	2048	5501
2013/Jan/19 08:37		1440290	2365	8947
2013/Jan/20 09:05		1441690	1400	5747
2013/Jan/21 08:45		1443602	1912	6243
2013/Jan/22 08:30		1444686	1084	4218
2013/Jan/24 09:15		1447290	2604	10689
2013/Jan/25 10:33		1449434	2144	5564
2013/Jan/26 08:53		1450207	773	2395
2013/Jan/27 08:32		1451359	1152	3835
2013/Jan/28 08:32		1452988	1629	7672
2013/Jan/29 08:31		1454500	1512	5489
2013/Jan/30 08:41		1456457	1957	5334
2013/Jan/31 09:03		1458348	1891	5196
2013/Fev/01 08:50		1459897	1549	4665
2013/Fev/02 13:18		1461475	1578	5137
2013/Fev/03 08:47		1462598	1123	3911
2013/Fev/04 08:59		1463460	862	3026
2013/Fev/05 08:55		1464901	1441	4462
2013/Fev/06 09:35		1466783	1882	6911
2013/Fev/07 08:50		1468920	2137	6532
2013/Fev/08 09:40		1469175	255	4341
2013/Fev/09 08:17		1469175	0	4578
2013/Fev/11 08:35		1470981	1806	4700
2013/Fev/12 08:46		1472674	1693	4257
2013/Fev/13 08:29		1474441	1767	4205
2013/Fev/14 08:38		1476009	1568	4141
2013/Fev/15 08:32		1477729	1720	5199

2013/Fev/16 08:40	1479289	1560	5143
2013/Fev/17 08:34	1480629	1340	3742
2013/Fev/18 08:30	1482768	2139	6259
2013/Fev/19 08:24	1484442	1674	3974
2013/Fev/20 08:28	1486509	2067	5342
2013/Fev/21 08:31	1487778	1269	3668
2013/Fev/22 07:01	1489766	1988	6029
2013/Fev/23 09:05	1491163	1397	4105
2013/Fev/24 08:25	1492331	1168	3277

Anexo III - Primeira página do ficheiro “Caudais Afluentes”, Folha “PR Vila do Conde”

Datetime	Volume PR Vila do Conde [m3]	
2013-01-01 00:00:00	535 480,000	
2013-01-02 00:00:00	541 828,000	6 348,000
2013-01-03 00:00:00	547 921,000	6 093,000
2013-01-04 00:00:00	553 972,000	6 051,000
2013-01-05 00:00:00	560 002,000	6 030,000
2013-01-06 00:00:00	565 338,000	5 336,000
2013-01-07 00:00:00	570 367,000	5 029,000
2013-01-08 00:00:00	575 413,000	5 046,000
2013-01-09 00:00:00	581 977,000	6 564,000
2013-01-10 00:00:00	587 263,000	5 286,000
2013-01-11 00:00:00	592 583,000	5 320,000
2013-01-12 00:00:00	599 653,000	7 070,000
2013-01-13 00:00:00	606 922,000	7 269,000
2013-01-14 00:00:00	612 388,000	5 466,000
2013-01-15 00:00:00	618 392,000	6 004,000
2013-01-16 00:00:00	627 366,000	8 974,000
2013-01-17 00:00:00	636 435,000	9 069,000
2013-01-18 00:00:00	652 958,000	16 523,000
2013-01-19 00:00:00	668 247,000	15 289,000
2013-01-20 00:00:00	681 301,000	13 054,000
2013-01-21 00:00:00	690 858,000	9 557,000
2013-01-22 00:00:00	703 107,000	12 249,000
2013-01-24 00:00:00	725 683,000	22 576,000
2013-01-25 00:00:00	738 097,000	12 414,000
2013-01-26 00:00:00	746 837,000	8 740,000
2013-01-27 00:00:00	764 662,000	17 825,000
2013-01-28 00:00:00	773 639,000	8 977,000
2013-01-29 00:00:00	781 731,000	8 092,000
2013-01-30 00:00:00	789 289,000	7 558,000
2013-01-31 00:00:00	796 525,000	7 236,000
2013-02-01 00:00:00	807 143,000	10 618,000
2013-02-02 00:00:00	814 298,000	7 155,000
2013-02-03 00:00:00	820 443,000	6 145,000
2013-02-04 00:00:00	826 683,000	6 240,000
2013-02-05 00:00:00	832 733,000	6 050,000
2013-02-06 00:00:00	838 617,000	5 884,000

2013-02-07 00:00:00	844 329,000	5 712,000
2013-02-08 00:00:00	850 077,000	5 748,000
2013-02-09 00:00:00	855 626,000	5 549,000
2013-02-10 00:00:00	864 402,000	8 776,000
2013-02-11 00:00:00	871 710,000	7 308,000
2013-02-12 00:00:00	877 546,000	5 836,000
2013-02-13 00:00:00	883 241,000	5 695,000
2013-02-14 00:00:00	888 683,000	5 442,000
