

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



FEUP

Modelação e Avaliação do Impacto das Descargas de Efluente Tratado nas ETAR da Bacia do Rio Lima

João Restivo

VERSÃO FINAL

Dissertação

Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente

Orientador pelas Águas do Minho e Lima: Engenheiro Pedro Bastos (Director de Operação e Manutenção)

Orientador pela FEUP: Professor Rui Boaventura (Investigador Principal)

Setembro de 2009

Modelação e Avaliação do Impacto das Descargas de Efluente Tratado nas ETAR da Bacia do Rio Lima

João Monteiro de Oliveira Restivo

Dissertação

Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente

Aprovado em provas públicas pelo Júri:

Presidente: Professor Paulo Monteiro

Arguente: Engenheiro Adriano Magalhães

14 de Setembro de 2009

Resumo

A presente dissertação insere-se na temática da qualidade de água superficial. O objectivo consiste na avaliação do impacto provocado pela descarga de efluente tratado nas ETAR da bacia hidrográfica do rio Lima. A motivação subjacente baseia-se no interesse público em conhecer as condições do recurso hídrico, bem como o impacto sobre este da actividade da empresa gestora, a Águas do Minho e Lima. O interesse desta empresa passa pela melhoria contínua do seu desempenho, demonstração do cumprimento dos seus objectivos sociais, e pelo conhecimento dos resultados práticos dos investimentos realizados.

Este processo é abordado de diversas perspectivas:

- Começou-se por fazer a caracterização do meio hídrico, recorrendo a valores históricos de qualidade de água e a ferramentas estatísticas;
- Fez-se a análise do impacto recorrendo à caracterização da linha de água a montante e a jusante dos pontos onde são efectuadas descargas de efluente pelas estações de tratamento.
- Pela análise dos dados históricos discute-se o impacto que a entrada em funcionamentos destas ETAR teve na qualidade da água do rio Lima.
- Com os dados de qualidade recolhidos fez-se a calibração do modelo matemático QUAL2Kw e analisou-se o comportamento dos parâmetros considerados relevantes para a caracterização da qualidade de água, ao longo do curso do rio.

Os resultados obtidos permitem concluir que se verificou uma melhoria em termos qualitativos do recurso hídrico com a entrada em funcionamento das ETAR em estudo.

A análise do impacto directo na qualidade da água do rio, provocado pela descarga de efluente tratado de ETAR, no respectivo troço do rio, permite caracterizá-lo como não significativo.

Tendo por base a simulação efectuada, conclui-se que as descargas das ETAR em estudo não têm impacto relevante na qualidade da água do rio Lima.

Abstract

The essay here presented belongs to the surface water quality field. The main goal consists in the evaluation of the impact caused by the unloading of treated wastewater by the treatment plants managed by Águas do Minho e Lima on the Rio Lima's drainage basin. The motivation behind the work is fed by the public interest on the conditions of the natural resource, as well as the effect the company's activities has on it. The company's interest regards the possibility of continuous improvement, fulfilling its social goals and understanding what practical results the sums invested achieved.

The process is approached from different viewpoints:

- Firstly the behavior of the water quality data is analyzed through the application of statistical tools;
- Historical data is observed to study the significance of the start of the studied plants' activity, between 2005 and 2006;
- The evaluation of the impact is done by sampling the water line before and after the points where the load is freed into the river;
- The behavior of the water quality parameters along the river current is simulated using the QUAL2Kw model.

The resulting data demonstrates that there is an improvement in the conditions of the resource after the previously mentioned plants started functioning.

The observed impact caused by the rejection of wastewater doesn't assume much importance, since the dimension of the increments is small compared to the general values.

The application of a mathematical model allows one to learn about, and evaluate, the behavior of the study's variables throughout the water line.

It is thus concluded that the unloading of treated wastewater by the studied treatment plants on the river does not alter its water quality.

Agradecimentos

Ao Engenheiro Pedro Bastos pela orientação, pelas sugestões e pelo tempo dispendido tendo em vista a obtenção do melhor resultado final.

Ao Professor Rui Boaventura pela orientação e sugestões ao longo do período de desenvolvimento desta dissertação.

Ao Professor Joaquim Góis pelo apoio dado na abordagem utilizando ferramentas estatísticas aos dados de qualidade de água.

Ao Engenheiro Adriano Magalhães pelas sugestões de abordagem ao problema e de estruturação destas.

Ao Engenheiro Filipe Lopes pela disponibilidade demonstrada durante a realização das campanhas de amostragem.

Aos operadores das ETAR abordadas pelo apoio fornecido durante a realização das campanhas de amostragem.

Ao pessoal das Águas do Minho e Lima pela vontade e disponibilidade para ajudar dentro das suas responsabilidades na empresa.

O Autor

Índice

Resumo	5
Abstract.....	7
Agradecimentos	9
Índice	11
Lista de Figuras	xiv
Lista de Tabela	xvii
Abreviaturas e Símbolos.....	1
1. Introdução	3
1.1. Enquadramento	3
1.1.1. Qualidade de Água	3
1.1.2. Tratamento de Águas Residuais	5
1.1.3. Enquadramento Legal.....	7
1.1.4. Modelação Matemática da Qualidade de Água	8
1.1.5. Bacia Hidrográfica do Rio Lima	9
1.1.6. Águas do Minho e Lima	10
1.1.6.1. Direcção de Operação e Manutenção	12
1.2. Motivação e Objectivos	13
1.3. Metodologia	15
1.4. Estrutura da Dissertação	16
2. Revisão Bibliográfica	17
2.1. Introdução	17
2.2. Parâmetros de Qualidade de Água	17
2.3. Plano Bacia Hidrográfica do Rio Lima.....	19
2.4. Plano de Monitorização da Qualidade de Água da AdML	20
2.5. Qualidade de Água na Albufeira do Touvedo	22
2.6. Modelação Matemática	23

2.7.	Conclusões do Capítulo	25
3.	Recolha e Aquisição de Dados.....	27
3.1.	Compilação de Dados Disponíveis	27
3.1.1.	Dados SNIRH.....	27
3.1.2.	Dados de Qualidade de Água na Albufeira do Touvedo	28
3.1.3.	Dados do Plano Anual de Monitorização da AdML	28
3.2.	Campanhas de Amostragem no rio Lima.....	29
3.2.1.1.	1ª Campanha.....	29
3.2.1.2.	2ª Campanha.....	31
3.2.1.3.	3ª Campanha.....	33
3.3.	Conclusões do Capítulo	35
4.	Caracterização da Qualidade de Água do Meio Receptor	37
4.1.	Introdução	37
4.2.	Análise de Componentes Principais.....	38
4.2.1.	Bertiandos.....	39
4.2.2.	Fonte Velha	44
4.3.	Análise Estatística Descritiva	47
4.4.	Conclusões do Capítulo	49
5.	Modelação Matemática	51
5.1.	Introdução	51
5.2.	Descrição do Modelo	52
5.3.	Representação do Trecho Seleccionado.....	53
5.3.1.	Dados Introduzidos no Modelo	55
5.3.1.1.	Inputs de Fevereiro 2007.....	57
5.3.1.2.	Inputs da 3ª Campanha	59
5.4.	Métodos de Cálculo e Calibração	62
5.4.1.	Fevereiro de 2007	64
5.4.2.	3ª Campanha	64
5.4.3.	Média dos parâmetros.....	65
5.5.	Resultados de Simulação	65
5.5.1.	Resultados de Simulação - Fevereiro de 2007.....	65

5.5.2.	Resultados Simulação - 3º Campanha	68
5.6.	Conclusões do Capítulo	71
6.	Avaliação de Impacto e Qualidade	73
6.1.	Avaliação com base na compilação de dados existentes - valores históricos	73
6.2.	Avaliação de Impacto Directo da Descarga de Cada ETAR	76
6.2.1.	Avaliação da Mistura nos Pontos de Amostragem	76
6.3.	Avaliação da Qualidade da Água.....	78
6.3.1.	Enquadramento Legal.....	78
6.3.1.1.	Produção de Água para Consumo Humano.....	78
6.3.1.1.1.	1ª Campanha.....	78
6.3.1.1.2.	2ª Campanha.....	79
6.3.1.2.	Águas Balneares.....	79
6.3.1.2.1.	1ª Campanha.....	80
6.3.1.2.2.	2ª Campanha.....	80
6.3.1.3.	Descargas	80
6.3.2.	Valores de Referência do INAG	81
6.3.3.	Comparação de Valores de Qualidade Simulados com Valores de Referência.....	84
6.4.	Conclusões do Capítulo	88
7.	Conclusões Gerais e Sugestões de Trabalho Futuro	91
7.1.	Conclusões Gerais.....	91
7.2.	Sugestões para Trabalho Futuro	92
8.	Referências.....	95
Anexos		99

Lista de Figuras

Figura 1 - Evolução da mortalidade anual face à introdução de práticas de saúde pública nos Estados Unidos da América.	6
Figura 2- Organigrama representativo da hierarquia funcional das Águas do Minho e Lima.	12
Figura 3 - Representação da região da bacia hidrográfica e das ETAR consideradas para o estudo.	15
Figura 4 - Localização geográfica dos pontos de amostragem na linha de água na 3ª Campanha.	34
Figura 5 - Localização das estações de qualidade da rede do SINRH utilizadas para a análise estatística.	39
Figura 6 - Representação gráfica da posição das variáveis e indivíduos no plano formado pelos eixos 1 e 2	40
Figura 7 - Representação gráfica da posição das variáveis e indivíduos no plano formado pelos eixos 1 e 3.	42
Figura 8 - Representação gráfica da posição das variáveis e indivíduos no plano formado pelos eixos 1 e 4.	43
Figura 9 - Representação gráfica das variáveis e dos indivíduos no plano formado pelos eixos 1 e 2.	45
Figura 10 - Representação gráfica das variáveis e dos indivíduos no plano formado pelos eixos 1 e 3.	46
Figura 11 - Representação gráfica do trecho do Rio Lima seleccionado para a modelação matemática da qualidade da água.	52
Figura 12 - Representação esquemática do trecho do Rio Lima seleccionado para a modelação matemática da qualidade da água.	54
Figura 13 - Esquema do funcionamento do processo de aplicação da modelação matemática aos vários conjuntos de valores.	64
Figura 14 - Evolução do Oxigénio dissolvido ao longo do percurso seleccionado.	66
Figura 15 - Evolução de CBO rápida ao longo do percurso seleccionado.	66
Figura 16 - Evolução de Fósforo orgânico ao longo do percurso seleccionado.	66
Figura 17 - Evolução do Fósforo inorgânico ao longo do percurso seleccionado.	66

Figura 18 - Evolução do Azoto orgânico ao longo do percurso seleccionado.....	66
Figura 19 - Evolução do Azoto amoniacal ao longo do percurso seleccionado.	66
Figura 20 - Evolução dos Nitratos ao longo do percurso seleccionado.	67
Figura 21 - Evolução dos Detritos ao longo do percurso seleccionado.	67
Figura 22 - Evolução de Condutividade ao longo do percurso seleccionado.	67
Figura 23 - Evolução de Patogénicos ao longo do percurso seleccionado.	67
Figura 24 - Evolução do Oxigénio dissolvido ao longo do percurso seleccionado.	69
Figura 25 - Evolução de CBO rápida ao longo do percurso seleccionado.....	69
Figura 26 - Evolução de Fósforo orgânico ao longo do percurso seleccionado.	69
Figura 27 - Evolução do Fósforo inorgânico ao longo do percurso seleccionado.	69
Figura 28 - Evolução do Azoto orgânico ao longo do percurso seleccionado.....	69
Figura 29 - Evolução do Azoto amoniacal ao longo do percurso seleccionado.	69
Figura 30 - Evolução dos Nitratos ao longo do percurso seleccionado.	70
Figura 31 - Evolução dos Detritos ao longo do percurso seleccionado.	70
Figura 32 - Evolução de Condutividade ao longo do percurso seleccionado.	70
Figura 33 - Evolução de Patogénicos ao longo do percurso seleccionado.	70
Figura 34 - Representação do perfil de SST no Rio Lima antes e após a entrada em funcionamento das ETAR.....	74
Figura 35 - Representação do perfil de Fósforo total no Rio Lima antes e após a entrada em funcionamento das ETAR.....	75
Figura 36 - Representação do perfil de CQO no Rio Lima antes e após a entrada em funcionamento das ETAR.....	75
Figura 37 - Comparação dos valores de oxigénio dissolvido obtidos por modelação com a referência seleccionada.	84
Figura 38 - Comparação dos valores obtidos por modelação de SST com a referência seleccionada.	85
Figura 39 - Comparação de valores de CBO obtidos por modelação com a referência seleccionada.	85
Figura 40 - Comparação entre valores de Azoto Amoniacal obtidos por modelação e os da referência seleccionada.	86
Figura 41 - Comparação de valores de Nitratos obtidos por modelação com a referência seleccionada.	87
Figura 42 - Comparação dos valores de Coliformes Fecais obtidos por modelação com a referência seleccionada.	87

Figura 43 - Comparação entre valores obtidos por modelação de pH e a referência seleccionada.....	88
---	----

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Valores de capitação de água anual.	4
Tabela 2 - Lista dos principais accionistas das Águas do Minho e Lima.	11
Tabela 3 - Enumeração e descrição dos parâmetros de qualidade de água considerados relevantes.	17
Tabela 4- Número de ocorrências em cada classe de referência do INAG para os pontos a montante das ETAR geridas pela AdML.	21
Tabela 5 - Número de ocorrências em cada classe de referência do INAG para os pontos a jusante das ETAR administradas pela AdML.	21
Tabela 6 - Percentagem de pontos que cumpriram totalmente os requisitos legais do Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto.	22
Tabela 7 - Valores de caracterização da água na albufeira do Touvedo.	23
Tabela 8 - Valores de qualidade de água para as amostras recolhidas durante a 1ª Campanha na ETAR de Lanheses/Geraz do Lima.	30
Tabela 9 - Valores de qualidade de água para as amostras recolhidas durante a 1ª Campanha na ETAR de Ponte de Lima.	30
Tabela 10 - Valores de qualidade de água para as amostras recolhidas durante a 1ª Campanha na ETAR de Ponte da Barca.	30
Tabela 11 - Valores de qualidade de água para as amostras recolhidas durante a 1ª Campanha na ETAR de Arcos de Valdevez.	31
Tabela 12 - Valores de qualidade de água para as amostras recolhidas durante a 2ª Campanha na ETAR de Lanheses/Geraz do Lima.	32
Tabela 13 - Valores de qualidade de água para as amostras recolhidas durante a 2ª Campanha na ETAR de Ponte de Lima.	32
Tabela 14 - Valores de qualidade de água para as amostras recolhidas durante a 2ª Campanha na ETAR de Ponte da Barca.	32
Tabela 15 - Valores de qualidade de água para as amostras recolhidas durante a 2ª Campanha na ETAR de Arcos de Valdevez.	33
Tabela 16 - Resultados da caracterização analítica da qualidade de água obtidos na 3ª Campanha.	34

Tabela 17 - Parâmetros de estatística descritiva obtidos para os valores históricos registados pela estação do SINRH em Bertiandos.	47
Tabela 18 - Valores de correlação entre parâmetros de qualidade de água identificados para a estação de Bertiandos.	48
Tabela 19- Qualidade da água a jusante do trecho seleccionado.	56
Tabela 20 - Caracterização dos pontos de entrada do sistema a simular (Fevereiro 07).....	57
Tabela 21 - Valores de caudal registados e estimados para o Rio Lima e os seus afluentes em Fevereiro 07.....	58
Tabela 22 - Caracterização dos pontos de entrada no sistema a simular para Fevereiro 07.	59
Tabela 23 - Propriedades meteorológicas utilizadas na simulação para Fevereiro 2007.	59
Tabela 24 - Valores de qualidade inicial no troço a simular recolhidos na 3ª campanha de amostragem.	60
Tabela 25 - Valores de caudal do Rio Lima e respectivos efluentes utilizados na simulação correspondente aos valores de dia 2 de Junho.....	61
Tabela 26 - Valores de entrada no sistema a simular para a 3ª campanha de amostragem.	62
Tabela 27 - Valores de parâmetros meteorológicos para as simulações efectuadas com dados obtidos na 3ª campanha de amostragem.....	62
Tabela 28 - Pesos atribuídos aos parâmetros para ponderação no cálculo do ajuste efectuado.	63
Tabela 29 - Caudais médios diários recolhidos para tratamento pelo sistema interceptor e dirigido para as estações de tratamento.	74
Tabela 30 - Resultados obtidos para a comparação entre os valores a jusante das ETAR obtidos por amostragem e por estimação de SST.....	76
Tabela 31 - Resultados obtidos para a comparação entre os valores a jusante das ETAR obtidos por amostragem e por estimação de CF.....	77
Tabela 32 - Valores encontrados na legislação para as descargas de efluente tratado realizadas pelas ETAR.	80
Tabela 33 - Valores limite estabelecidos nas Licenças de Descarga.....	81
Tabela 34 - Valores e classes de referência para a qualidade de água em função do seu uso fornecidos pelo INAG.	81
Tabela 35 - Descrição das classes consideradas pelo INAG para a caracterização de águas superficiais em função do seu uso.....	82
Tabela 36 – Classificação atribuída às amostras recolhidas no desenvolvimento deste estudo segundo os valores de referência do INAG	83

Abreviaturas e Símbolos

AdML	Águas do Minho e Lima
ARH	Administração da Região Hidrográfica, IP
ACP	Análises de Componentes Principais
CBO ₅	Carência Bioquímica de Oxigénio a 5 dias
CQO	Carência Química de Oxigénio
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
INAG	Instituto da Água, IP
ISQ	Instituto de Soldadura e Qualidade
LAAM	Laboratório de Análises do Alto Minho
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
SST	Sólidos Suspensos Totais
SSV	Sólidos Suspensos Voláteis.
PEAASAR	Plano Estratégico de Abastecimento de Águas e Saneamento de Águas Residuais
VMA	Valor Máximo Admitido
VMR	Valor Máximo Recomendado

1.Introdução

1.1. Enquadramento

A presente dissertação insere-se no tema da qualidade de águas superficiais. Num âmbito mais restrito, foca-se essencialmente no impacte das descargas das Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) geridas pela Águas do Minho e Lima na bacia hidrográfica do Rio Lima.

1.1.1. Qualidade de Água

A medição da qualidade da água visa a avaliação do estado do ecossistema onde o meio hídrico se insere, do seu estado trófico, da capacidade desta para suportar as diversas utilizações que lhe são requeridas, e dos impactes originados pela actividade humana (WHO, 2003).

Este recurso assume-se como essencial em diversas perspectivas. A necessidade do Homem ingerir cerca de dois a três litros de água (Mendes e Oliveira, 2004) diariamente, sob a forma líquida ou contida em alimentos, será a mais imediata. Numa outra perspectiva, uma grande parte das actividades humanas consomem igualmente água, sejam estas industriais, recreativas, de transporte, de geração de energia, entre inúmeras outras. Esta necessidade estende-se igualmente a outras espécies. A sustentabilidade da humanidade e da vida no planeta Terra mostra-se assim dependente da disponibilidade de água. Pode-se portanto afirmar que a disponibilidade da água é também essencial e limitadora da sustentabilidade do actual nível civilizacional humano. Não é inoportuno referir que as necessidades inerentes ao desenvolvimento tecnológico e social actual são mais elevadas do que as mais básicas de suporte de vida. Ou seja, verifica-se uma tendência de maior consumo de água à medida que se observam regiões mais desenvolvidas, como se observa na Tabela 1 (Belyaev, 1987).

Tabela 1 - Valores de capitação de água anual.

Região	Consumo de água anual por habitante (m ³)
África	245
Ásia	529
América do Norte e Central	1861
América do Sul	478
Europa	1280

A composição química da água está identificada, sendo constituída por duas moléculas de hidrogénio e uma de oxigénio. Devido à sua interacção com o meio encontra-se disponível na natureza associada a outras substâncias. A análise de um recurso hídrico relativamente a estas substâncias permite caracterizar a sua qualidade. Apesar de ser normal a existência destas substâncias dissolvidas ou suspensas na água, por vezes identificam-se situações em que as quantidades detectadas se distanciam das normalmente encontradas. Geralmente denominam-se estas situações como de poluição ou contaminação. São estes casos que podem tornar a exploração de um recurso hídrico imprópria para a utilização prevista e afectam o ecossistema relativamente ao seu estado trófico, causados ou não por actividades humanas. Assim, a avaliação da qualidade da água baseia-se na determinação analítica dos parâmetros indicadores e na sua comparação com dados de referência históricos ou padrões pré-estabelecidos.

Geralmente, o maior problema relativo à poluição causada pela descarga de águas residuais é a depleção de oxigénio no meio hídrico. Existem duas situações distintas de situações em que a descarga de águas residuais causa problemas a este nível (Mendes e Oliveira, 2004; Burton e Tchobanoglous, 2000; Manahan, 2005):

- a introdução de matéria orgânica no meio hídrico receptor, que consome o oxigénio existente, desencadeando situações de desoxigenação prejudiciais para a vida aquática;
- a introdução de nutrientes (azoto e fósforo), que são limitantes ao crescimento de algas e outras espécies autotróficas. O processo de fotossíntese, que liberta oxigénio para o meio na presença de luz solar, e o processo de respiração, que consome oxigénio do meio quando na escuridão, compensam-se em situações normais. A introdução de quantidades excessivas de nutrientes no meio provoca o crescimento destas populações levando a um desequilíbrio e a grandes variações no valor de oxigénio no meio. A degradação destas espécies após a sua morte introduz novamente azoto e fósforo no meio e consome o oxigénio dissolvido. O crescimento destas espécies provoca dificuldades ao nível da entrada de luz e das trocas gasosas com a atmosfera, ao ocupar uma grande percentagem

da interface que é a superfície do meio hídrico, dificultando assim o rearejamento. O consumo excessivo do oxigénio do meio e as dificuldades no rearejamento provocam a morte das espécies que necessitam de valores de oxigénio dissolvido mais elevados. O processo de introdução de nutrientes no meio designa-se eutrofização.

Como tal, os principais parâmetros de avaliação da qualidade da água são baseados no fenómeno da depleção de oxigénio. Estes baseiam-se na medida do oxigénio disponível, da matéria orgânica e dos nutrientes presentes no meio hídrico.

Outro problema de qualidade de água em meios hídricos receptor de águas residuais urbanas reside na possibilidade de existirem microrganismos patogénicos. Os parâmetros indicadores da sua presença baseiam-se na contagem de bactérias que geralmente estão associadas a microrganismos patogénicos, ou no teste da existência destes microrganismos directamente. Estes parâmetros encontram-se descritos na secção Parâmetros de Qualidade de Água.

Uma forma de avaliar a qualidade da água é através do cálculo de indicadores que agrupem os parâmetros analíticos.

Realce-se que o objectivo da gestão de um recurso hídrico não é garantir água no seu estado puro, o que seria em si uma perturbação do estado natural do meio. O objectivo será assegurar uma utilização racional e sustentável do meio hídrico, tanto a nível ambiental como numa perspectiva económica de desenvolvimento da região (Instituto da Água, 2000).

1.1.2. Tratamento de Águas Residuais

A maior contribuição para a contaminação de um recurso hídrico tem origem na actividade humana. O problema da contaminação dos meios de origem de água para consumo humano não é uma realidade recente. No entanto, até finais do século XIX a maior preocupação com a qualidade de água prendia-se com os aspectos estéticos. Foram os avanços científicos na área da saúde e da bacteriologia que permitiram estabelecer uma associação de causa e efeito entre a qualidade de água para consumo humano e as mortes causadas por doenças ligadas ao consumo desta (Letterman, 1999). A relação entre a introdução de técnicas para a melhoria de qualidade de água e os seus efeitos na saúde pública pode ser observada na Figura 1 (CDC, 2000), onde se verifica o efeito na taxa de mortalidade da introdução de práticas de cloragem no abastecimento de água nos Estados Unidos.

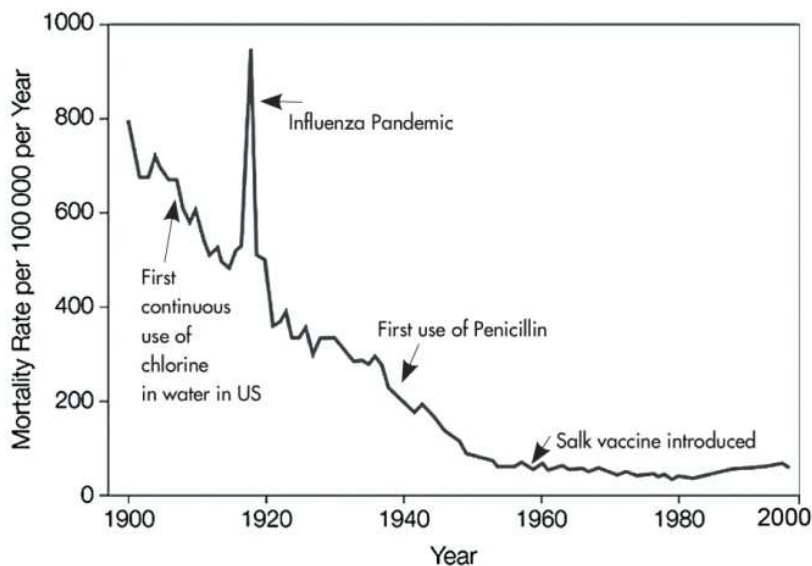


Figura 1 - Evolução da mortalidade anual face à introdução de práticas de saúde pública nos Estados Unidos da América.

Em Portugal, as questões ambientais apenas assumiram relevância na agenda política em princípios da década de 1990. Este tipo de situações permitiu impulsionar o desenvolvimento de sistemas de recolha e tratamento de águas residuais.

O tratamento de águas residuais urbanas consiste num conjunto de operações e processos técnicos, desde a recolha de águas residuais em redes de drenagem, à sua condução a interceptores e posteriormente a Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) onde são sujeitas a processos de tratamento, até à rejeição da água residual tratada no meio hídrico receptor.

Historicamente, o tratamento de águas residuais urbanas teve como primeiro objectivo a remoção de material suspenso, de material orgânico biodegradável e a eliminação de organismos patogénicos (Burton e Tchobanoglous, 2000). Processos adicionais como a remoção dos nutrientes (azoto e fósforo) foram abordados a partir da década de 1970. De facto, um maior conhecimento dos impactes provocados pela descarga de águas residuais urbanas e das consequências da qualidade da água encontrada nos meios receptores levou à introdução de novos processos de tratamento mais sofisticados e abrangentes.

Os tratamentos podem ser classificados quanto à sua natureza:

- os tratamentos físicos, como a filtração e a sedimentação, entre outros, foram os primeiros a ser aplicados ao tratamento de água, baseiam-se na aplicação de forças físicas e resultaram da observação directa de fenómenos naturais;
- os tratamentos químicos, como a formação de precipitados ou a oxidação por cloragem, consistem na remoção ou conversão de contaminantes através da adição de compostos químicos ou da promoção de reacções químicas;

- os tratamentos biológicos consistem na remoção de contaminantes através da actividade biológica e tanto podem ter como alvo matéria biodegradável como os nutrientes presentes.

O tratamento de águas residuais numa estação é dividido por etapas:

- a fase preliminar corresponde à remoção de corpos presentes que podem prejudicar os processos de tratamento na sua operação e manutenção;
- o tratamento primário visa a remoção da matéria suspensa e da matéria orgânica presente, geralmente através de processos físicos;
- o tratamento secundário garante a remoção de matéria orgânica biodegradável através de processos biológicos, podendo-se nesta fase acrescentar a remoção de nutrientes;
- outras etapas quando a qualidade do efluente a tratar assim o exige. No tratamento de águas residuais urbanas a afinação da qualidade da água mais comum é a eliminação de microrganismos patogénicos por desinfecção.

A selecção dos tipos de tratamento a instalar toma em consideração factores como os custos, a legislação, a qualidade do efluente, a compatibilidade com sistemas pré-existentes, entre outros.

1.1.3. Enquadramento Legal

A gestão de sistemas de saneamento é objecto de diversificada legislação.

Os objectivos de tratamento de águas residuais urbanas em estações de tratamento, em função das características do aglomerado servido, são definidas pelo Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de Junho. Este indica o nível de tratamento necessário para águas residuais urbanas. Os objectivos para o efluente descarregado são apresentados como a percentagem de remoção de contaminantes e os valores de qualidade final pretendidos. Igualmente é feita a distinção entre a descarga realizada em zonas sensíveis e menos sensíveis à eutrofização. Está prevista uma revisão periódica, de 4 em 4 anos, da classificação atribuída neste documento às zonas de descarga.

A reclassificação das zonas de descargas sensíveis à eutrofização foi realizada pela introdução do Decreto-Lei nº 348/98, de 9 de Novembro. A descrição das zonas sensíveis e menos sensíveis à eutrofização foi alterada pelo Decreto-Lei nº 172/2001, de 26 de Maio, e mais tarde pelo Decreto-Lei nº 148/2004, de 22 de Junho.

Os objectivos de qualidade de água em função da utilização são descritos pelo Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto. A verificação de conformidade relativa aos valores de qualidade de água necessários para a utilização da água realiza-se através da contagem das amostras cuja análise resulta em valores de qualidade que ultrapassam os estabelecidos. Para cada uma das

finalidades está definido o número de ultrapassagens permitido em percentagem, bem como o número e a frequência de amostragem requerida e os valores limite de qualidade de água.

A Lei nº 58/2005, de 29 de Dezembro transpõe para a legislação nacional a denominada Lei da Água. Esta tem como objectivo a definição de estratégias de gestão de águas interiores que tenham em vista o cumprimento de princípios de boa gestão ambiental. Neste âmbito, são definidas Regiões Hidrográficas, bem como os órgãos públicos de gestão destas, e os representantes dos utentes dos recursos hídricos abrangidos. Esta lei atribui responsabilidades aos órgãos respectivos, estabelecendo guias gerais para o planeamento da exploração e protecção dos recursos hídricos. Estes planeamentos são efectuados em dois níveis, nacional e regional, permitindo assim que as responsabilidades de gestão sejam atribuídas aos órgãos respectivos, mas mantendo uma linha geral estratégica unificadora.

O Decreto-Lei nº 77/2006, de 30 de Março uniformiza os trâmites de caracterização dos meios hídricos. Adicionalmente são também estabelecidos os objectivos, os métodos e as frequências de amostragem para a monitorização dos recursos hídricos.

O controlo das utilizações dos recursos hídricos e a atribuição das responsabilidades é estabelecido pelo Decreto-Lei nº 226-A/2007, de 31 de Maio, que completa a reformulação do regime de utilização de recursos hídricos iniciada na Lei da Água, através da aprovação de um novo regime de utilização de recursos hídricos e respectivos títulos de licença, concessão ou autorização.

O Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR) estabelece objectivos e estratégias gerais para a gestão de sistemas de abastecimento e de saneamentos de águas residuais. Actualmente encontra-se em vigor a versão II deste documento, elaborado para o período entre 2007 e 2013 (Ministério do Ambiente, 2007). Este documento apoia-se na legislação existente, fornecendo a base para a criação de novos documentos legais que permitam atingir e seguir os objectivos delineados neste plano.

1.1.4. Modelação Matemática da Qualidade de Água

Um modelo define-se como uma representação simplificada da realidade que está em estudo. Assim, este pode assumir diversas formas, entre as quais a de um modelo matemático. Um modelo matemático pode ser definido como uma formulação idealizada que representa a resposta de um sistema a um estímulo externo. No estudo efectuado o sistema corresponde ao meio receptor, e o estímulo externo às descargas de águas residuais urbanas tratadas pelas ETAR consideradas. Este tipo de ferramenta pode ser utilizado para efeitos de simulação do

comportamento nas condições actuais, em novas condições ou para definir os estímulos necessários para produzir uma resposta desejada. (Chapra, 1997). Assim, a simulação matemática pode ser utilizada como uma ferramenta de gestão (Quadrado e Gomes, 1998).

A realização de análises periódicas a um meio hídrico pode não se mostrar como uma alternativa viável quando existe necessidade de monitorizar exaustivamente a qualidade da água superficial. Os factores que se consideram são os custos, disponibilidade de recursos e mesmo a acessibilidade. A simulação matemática adaptada ao sistema em questão pode ser uma alternativa viável, quando em posse de dados e métodos de qualidade que permitam uma representação fiável da realidade. De facto, a sua relação custo-eficácia pode gerar um ascendente sobre as técnicas tradicionais de monitorização.

No caso particular em estudo, a aplicação de um modelo a um trecho do Rio Lima permitirá avaliar a qualidade da água face às descargas efectuadas pelas ETAR no curso de água. A complexidade da resposta do sistema a estímulos sob a forma de injeções difusas ou discretas requiere que a sua análise seja realizada sobre a aplicação de um modelo matemático (Deksissa, 2004).

A informação obtida complementa as análises à qualidade de água efectuadas em amostras recolhidas com proximidade aos pontos de descarga. A comparação de valores obtidos por simulação matemática com análises realizadas no trecho em questão permitem avaliar a qualidade dos dados e do modelo. Espera-se que seja assim possível conhecer o impacto destas descargas sem ser necessária a recolha de amostras periódicas para monitorização.

1.1.5. Bacia Hidrográfica do Rio Lima

A bacia hidrográfica do Rio Lima encaixa-se na zona entre a bacia hidrográfica do Rio Minho a Norte, o território pertencente a Espanha a Nordeste, a Sul a bacia do Rio Cávado e a Oeste o Oceano Atlântico. Esta bacia tem uma área de 1140 km² em território português, totalizando uma área de 2450 km² conjuntamente com Espanha. Esta extensão encontra-se disposta na direcção Este/Nordeste – Oeste/Sudoeste de uma forma alongada. O seu percurso de 67 km em território português divide-se em três trechos relativos ao seu perfil longitudinal. O primeiro, a montante, de declive suave, apresenta uma altitude média de 800 metros numa superfície de planalto. Segue-se um percurso de declive 1,5%, mais acentuado, desde a albufeira de Alto Lindoso até próximo de Ponte da Barca, onde a linha de água se encaixa entre vertentes íngremes. O restante percurso até à foz em Viana do Castelo possui um declive médio, de cerca de 0,1%, tornando-se as encostas do vale mais suaves. No total, o rio percorre 108 km antes de desaguar no Oceano Atlântico. O vale do Lima é das regiões nacionais mais ricas em recursos

hídricos, devido à elevada precipitação provocada pela barreira natural que constituem as serras da região do Minho.

A predominância de maciços graníticos na região confere aos cursos de água da bacia do Rio Lima uma baixa quantidade de sais dissolvidos. No entanto, a região possui uma importante biodiversidade, abrangendo algumas áreas que gozam de especial protecção face à sua conservação.

A maior parte dos cursos de água constituintes da bacia hidrográfica do rio Lima apresenta uma boa qualidade de água. No entanto, existe uma degradação desta no curso de água principal, em parte devido aos empreendimentos hidroeléctricos do Alto Lindoso e do Touvedo. As albufeiras criadas apresentam um grau de eutrofização mais elevado que a restante linha de água. A maior parte dos focos de poluição refere-se a descargas de efluentes domésticos e industriais (Instituto da Água, 2000). A legislação nacional não indica a existência de nenhuma zona definida como sensível.

Em termos de comportamento demográfico, é possível identificar uma discrepância entre as regiões litorais e as situadas numa zona mais interior. Estas últimas apresentam taxa de crescimento negativa, enquanto as primeiras são caracterizadas por valores positivos, mas próximos do zero. Apesar da existência de alguns centros urbanos de aglomeração populacional, sendo o maior deles a cidade de Viana do Castelo, situada junto ao estuário do rio Lima, a região apresenta uma grande dispersão populacional indiferenciada quanto à localização. Novamente, a zona litoral da bacia hidrográfica do Rio Lima detém um maior valor de densidade empresarial (INE, 2007).

1.1.6. Águas do Minho e Lima

A Águas do Minho e Lima (AdML) é a empresa responsável pela exploração e gestão exclusiva do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e Saneamento do Minho-Lima. A região abrangida pela área de intervenção da AdML encontra-se delimitada pelas bacias do Rio Minho e do Rio Lima, englobando o território da NUT III denominado Minho-Lima. Esta concessão foi atribuída por um prazo de 30 anos. Este Sistema está concebido para servir cerca de 300 mil pessoas, podendo fornecer mais de 100 mil metros cúbicos de água por dia e tratar 45 mil metros cúbicos de efluentes no mesmo período. Esta sociedade tem por objecto social a captação, tratamento e distribuição de água para consumo público e a recolha, tratamento e rejeição de efluentes dos municípios do sistema.

A empresa é constituída por capitais públicos, sendo a distribuição do capital pelos accionistas representada na Tabela 2.

Tabela 2 - Lista dos principais accionistas das Águas do Minho e Lima.

Accionistas	%
Águas de Portugal, SGPS, SA	75,00
Município de Viana do Castelo	8,14
Município de Caminha	3,41
Município de Ponte de Lima	2,85
Município de Valença	2,72
Município de Monção	2,49
Município de Vila Nova de Cerveira	1,48
Município de Arcos de Valdevez	1,36
Município de Melgaço	0,95
Município de Ponte da Barca	0,81
Município de Paredes de Coura	0,79

A hierarquia funcional da empresa encontra-se explanada na Figura 2 (Mendonça e Santos, 2008).

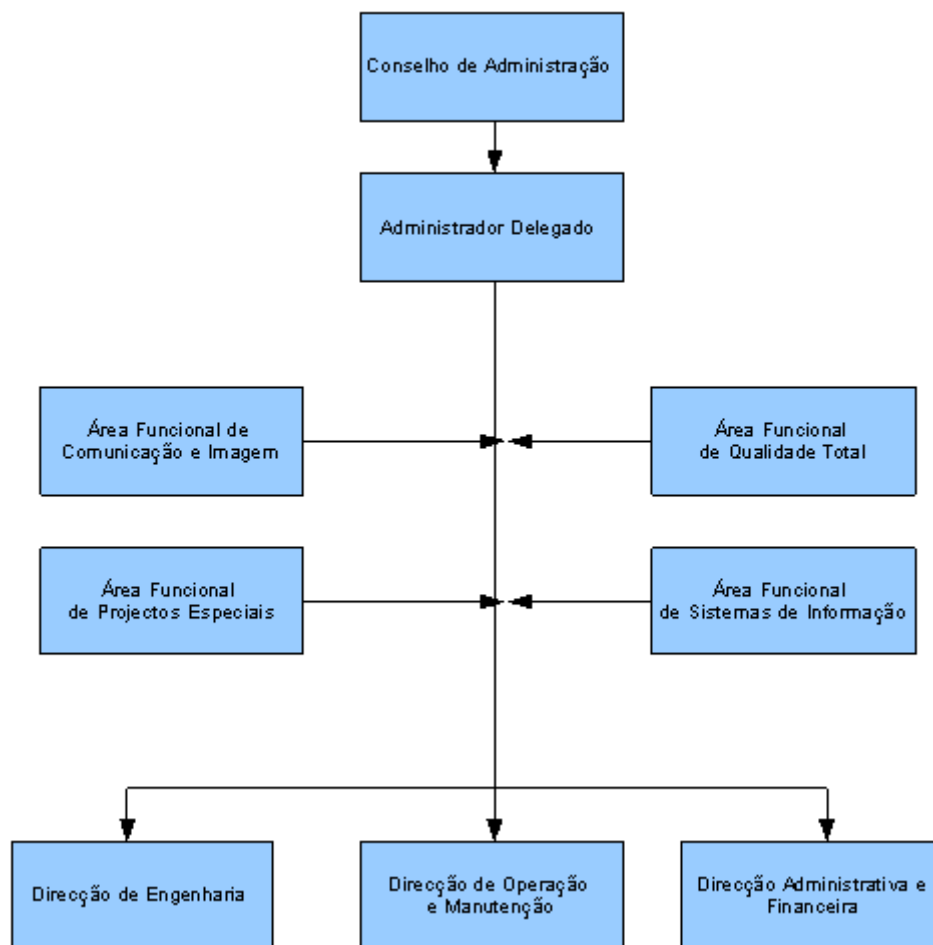


Figura 2- Organograma representativo da hierarquia funcional das Águas do Minho e Lima.

O estudo aqui descrito decorreu sobre orientação da Direcção de Operação e Manutenção.

1.1.6.1. Direcção de Operação e Manutenção

Esta direcção é responsável pela operação e manutenção das infra-estruturas geridas pela AdML, em particular as de captação, tratamento e adução de água e a intercepção e tratamento de águas residuais. A missão é garantir o funcionamento correcto e ininterrupto do abastecimento de água aos reservatórios em alta, bem como a recolhas e o tratamento adequado das águas residuais posteriormente descarregadas no meio receptor. Esta direcção está dividida em três serviços distintos, dois dos quais destinados a assegurar a operação dos componentes dos subsistemas de abastecimento de água e saneamento. Adicionalmente, um terceiro assegura a manutenção,

aprovisionamento e suporte operacional das infra-estruturas do sistema multimunicipal (Mendonça e Santos, 2008).

1.2. Motivação e Objectivos

A água é o elemento natural com maior importância tanto a nível de suporte de vida como a nível de desenvolvimento económico de uma região (Instituto da Água, 2000).

O estudo do impacto provocado pelas descargas de efluentes efectuadas pelas ETAR na bacia do Rio Lima vai de encontro ao objecto social da empresa. Apesar de a monitorização da qualidade da água superficial não ser um elemento específico destes objectivos, a essência da gestão do sistema multimunicipal de saneamento abrange este tema.

O investimento realizado nos últimos 5 anos concretizou-se, a nível das estações de tratamento, no melhoramento ou substituição das instalações existentes consideradas incapazes de cumprir os objectivos estabelecidos. De modo semelhante foi realizado um investimento no sistema interceptor de águas residuais. Este investimento traduz-se num aumento substancial de caudais tratados e consequentemente numa maior percentagem da população e da indústria servida. Esta tendência é demonstrada na secção *Avaliação de Impacto e Qualidade*. Como tal, é interessante para a empresa demonstrar as melhorias atingidas com estes investimentos.

Os municípios que detêm uma percentagem do capital social da empresa são parte interessada em manter as águas do rio Lima com uma qualidade, no mínimo, dentro dos parâmetros legais. A análise dos impactos provocados pela actividade da AdML no meio hídrico possibilita a comunicação aos municípios dos resultados obtidos, nomeadamente das melhorias obtidas na qualidade de água do meio hídrico receptor.

A Administração Hidrográfica Regional de Norte, segundo o Decreto-Lei nº 58/2005, de 29 de Dezembro, atribui licenças de descargas que estabelecem a eficiência de remoção e os valores finais da qualidade de água residual após tratamento. Estas licenças são o instrumento que permite à AHR, em parceria com o INAG, garantir que o impacto causado pela actividade desenvolvida pela AdML não é prejudicial para a qualidade de água superficial do recurso hídrico. O conhecimento deste impacto por parte da entidade responsável do sistema permite uma resposta voluntária mais rápida aos problemas eventualmente detectados. Adicionalmente permitirá que a AdML preveja deficiências na qualidade da água superficial devido à sua actividade, adiantando-se à resposta da entidade gestora do meio hídrico quanto às acções necessárias para a sua correcção.

A AdML possui um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) certificado. Este tipo de ferramenta de gestão ambiental é regulado pela norma internacional ISO 14001. Por definição

consiste numa estrutura cíclica de melhoria que permite à entidade certificada gerir os impactes provocados pela sua actividade e integrar o ambiente nos seus processos. A sua implementação está definida na norma internacional segundo seis etapas (Whitelaw, 2004):

- estabelecimento de uma política ambiental com os objectivos e compromissos que a empresa assume;
planeamento da estratégia a aplicar após avaliação dos aspectos ambientais de maior impacte;
- implementação da estratégia definida através de definição de processos, documentação, formação, comunicação, atribuição de responsabilidades e controlo;
- monitorização e medição dos impactes identificados e auditorias aos registos do SGA da empresa; revisão pela direcção dos resultados práticos da aplicação deste tipo de sistema de gestão, identificando correcções necessárias e possibilidade de melhoria;
- aplicação das correcções e melhorias identificadas, fechando o ciclo de melhoria contínua.

A avaliação do impacte provocado pela descarga de águas residuais tratadas nas ETAR geridas pela AdML na bacia hidrográfica do Rio Lima integra-se na aplicação do SGA nos pontos de identificação dos aspectos ambientais de maior impacte e de monitorização e medição destes.

Os objectivos finais da dissertação desenvolvida englobaram:

- a compilação de dados de qualidade de água do rio Lima existentes, e a colmatação destes com recolha e análise de amostras conforme considerado necessário;
- a análise estatística dos dados históricos de qualidade de água recolhidos, obtendo-se uma caracterização do meio receptor hídrico que permite avaliar o impacto directo das descargas de cada ETAR e os valores de qualidade de água obtidos por modelação matemática face ao comportamento histórico observado;
- a aplicação de um modelo matemático que, após um processo de calibração, permita simular a variação dos valores de qualidade de água num trecho do rio Lima;
- a análise do resultado prático dos investimentos realizados no sistema de saneamento gerido pela AdML a nível da qualidade de água do rio Lima através dos dados históricos;
- a avaliação do impacto directo na qualidade de água do meio hídrico receptor das descargas de efluente tratado nas ETAR em estudo;
- a comparação dos valores de qualidade de água obtidos por amostragem no rio Lima com valores de referência;
- a avaliação do impacto das descargas de efluente tratado através da análise dos valores de qualidade de água obtidos por modelação matemática e comparação com valores de referência.

As ETAR consideradas para este fim são as designadas como ETAR de Arcos de Valdevez, de Ponte da Barca, de Ponte de Lima e de Lanheses/Geraz do Lima. A sua localização encontra-se na Figura 3.

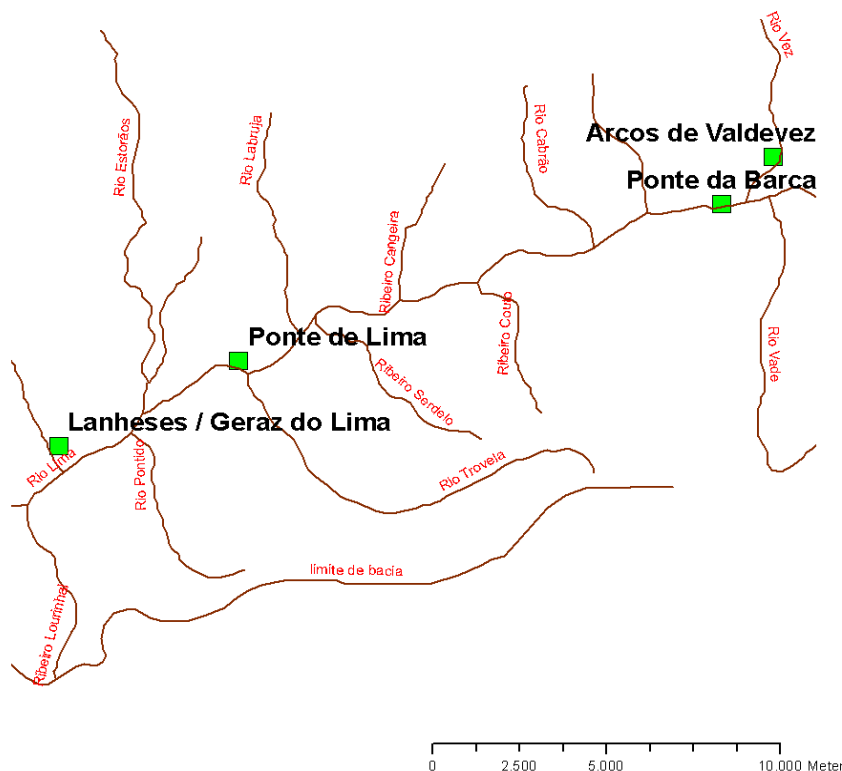


Figura 3 - Representação da região da bacia hidrográfica e das ETAR consideradas para o estudo.

A ETAR de Arcos de Valdevez entrou em funcionamento em Maio de 2005. Em Maio de 2006 procedeu-se ao arranque da ETAR de Lanheses/Geraz do Lima e de Ponte de Lima. A ETAR que serve o município de Ponte da Barca arrancou em Junho de 2006. As características das linhas de tratamento destas podem ser consultadas no Anexo A.

1.3. Metodologia

A metodologia baseou-se, numa primeira fase, na recolha de dados existentes referentes à qualidade das águas superficiais em diversos pontos do rio Lima, e aos dados referentes às descargas de efluentes das ETAR em estudo.

Seguidamente, a análise destes dados permitiu determinar quais as novas medições a efectuar de modo a completar a informação.

A existência de dados que abrangem um período de tempo antes e depois da entrada em funcionamento das estações de tratamento facilita uma análise histórica do efeito do início da

exploração destas na qualidade da água do meio receptor. Estes dados são também base para uma caracterização do meio hídrico com recurso a ferramentas estatísticas.

A aplicação de modelos matemáticos para a construção de perfis de qualidade de água no Rio Lima pretendeu esclarecer se os valores dos parâmetros analisados se devem à actividade das ETAR. A hipótese de simular o comportamento dos parâmetros de qualidade de água permitiu complementar os valores obtidos por análise directa.

A avaliação do impacto foi efectuada recorrendo ao Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto, referente aos valores de qualidade de água para diversos usos finais, e às classificações atribuídas pelo INAG, as quais compilam os diversos usos e avaliam a qualidade da água num só indicador. Pretende-se obter uma zonificação da qualidade da água segundo os parâmetros definidos nestes dois documentos, utilizando os dados resultantes da aplicação de um modelo matemático ao sistema. Adicionalmente avaliou-se a qualidade das águas residuais tratadas segundo o Decreto-Lei nº 152/97, de 1 de Agosto.

1.4. Estrutura da Dissertação

Para além da *Introdução*, esta dissertação contém mais 5 capítulos. No capítulo *Revisão Bibliográfica* é descrito o estado da arte e são apresentados trabalhos relacionados. No capítulo *Recolha e Aquisição de Dados* é descrito o processo de recolha de dados de qualidade de água em diversas fontes, bem como o processo de amostragem realizado. No capítulo *Caracterização da Qualidade de Água do Meio Receptor* é realizada uma análise estatística aos valores históricos do meio hídrico em estudo, de modo a se obter informação sobre as características típicas deste. No capítulo *Modelação Matemática* é descrito o processo de aplicação de um modelo à evolução da qualidade de água num trecho do Rio Lima como modo de avaliar o impacto provocado pelas descargas efectuadas pelas ETAR geridas pela AdML. No capítulo *Avaliação de Impacto e Qualidade* os resultados obtidos são analisados, avaliando-se o impacto provocado pela descarga de efluentes tratados nas ETAR geridas pela AdML, bem como comparando estes com valores de referência. Na secção *Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros* apresentam-se as principais conclusões retiradas do trabalho desenvolvido, bem como recomendações para trabalhos futuros.

2.Revisão Bibliográfica

2.1. Introdução

Nesta secção são analisados alguns trabalhos desenvolvidos recentemente sobre avaliação da qualidade da água e sobre a sua modelação, considerados relevantes para o desenvolvimento desta dissertação. Estes incidem sobre os parâmetros de qualidade de água utilizados para avaliar a qualidade de água, sobre a avaliação da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Lima e também sobre a aplicação de processos semelhantes aos utilizados nesta dissertação noutras localizações geográficas.

2.2. Parâmetros de Qualidade de Água

Foi realizada uma recolha de informação sobre os parâmetros de qualidade de água referidos na bibliografia e considerados mais relevantes. Esta informação está apresentada na Tabela 3 (Mendes e Oliveira 2004; Eaton et al. 2005).

Tabela 3 - Enumeração e descrição dos parâmetros de qualidade de água considerados relevantes.

Parâmetro	Descrição
Sólidos Suspensos Totais	Medida de sólidos em suspensão no meio aquático, decantáveis ou coloidais. Podem ter origem geológica ou em efluentes, dependendo do clima e da estação do ano considerada. Contribuem para problemas a nível organoléptico e estético.
Sólidos Suspensos Voláteis (SSV)	É a fracção de SST que se volatiliza por calcinação (550 ± 50 °C). A grande parte destes é material orgânico, biodegradável ou não.
Azoto Total	Representa o total de Azoto presente nos vários estágios do ciclo deste. Este consiste em diversos processos biogeoquímicos através dos quais o azoto flui no meio ambiente.
Azoto Kjeldhal	Representa os compostos de azoto orgânicos e amoniacais. Provem de processos de biodegradação e de efluentes urbanos, industriais e agrícolas. Divide-se entre orgânicos e inorgânicos. Serve como índice para acompanhar a evolução da poluição azotada.
Absorbância a 254 nm	É uma indicação da matéria orgânica presente na água.
Nitratos e Nitritos	Referem-se aos compostos azotados de mais elevado estado oxidativo. Provêm do

	uso de fertilizantes e de efluentes domésticos ou agrícolas, e alguns industriais. Podem originar problemas sanitários graves quando a água é destinada ao consumo humano.
Carência Química de Oxigénio (CQO)	Medida da matéria orgânica susceptível de ser oxidada por meios químicos. Inclui as substâncias não biodegradáveis, assumindo assim um valor superior à CBO, especialmente em alguns efluentes do tipo industrial.
Carência Bioquímica de Oxigénio a 5 dias (CBO ₅)	Medida da matéria orgânica susceptível de ser degradada por processos biológicos. Geralmente considera-se a medida de matéria orgânica degradada ao fim de 5 dias quando se realiza o ensaio laboratorial. A sua relação com a CQO permite caracterizar e avaliar a biodegradabilidade de um efluente. A CBO₅ de degradação rápida está associada a esgotos domésticos, enquanto a CBO₅ de degradação lenta associa-se a efluentes do tipo industrial. (Chapra et al., 2008)
Oxidabilidade ao Permanganato de Potássio	Permite uma estimativa de materiais orgânicos presentes na água. Utiliza um oxidante menos enérgico do que o utilizado para a CQO que aproxima os resultados dos obtidos por via microbiana. A presença de carga orgânica tem por principal origem a actividade antropogénica. Não representa um risco directo, mas pode sim ser um indicador de presença de substâncias prejudiciais.
Cor	Propriedade devida a substâncias em solução ou suspensão na água. Os principais agentes que conferem cor a uma água são o ferro, o manganésio e as substâncias húmicas.
Condutividade	Medida do grau de mineralização. Varia com a temperatura. Os sais responsáveis podem ter origem na lixiviação dos solos, em efluentes agrícolas e industriais ou transportados por via aérea. A condutividade por si não afecta a qualidade da água, mas sim os componentes que ela representa. Assim, pode ser prejudicial para consumo humano, ser formadora de incrustações e corrosões, ou quando usada em processos industriais.
Fósforo Total	A forma mais comum em águas superficiais é o ião fosfato, PO₄³⁻. Pode resultar de processos de biodegradação ou de lavagens de solos, mas deve-se normalmente a descargas de efluentes industriais, domésticos e agrícolas.
Oxigénio Dissolvido	Factor determinante nos processos físicos, químicos e biológicos que decorrem no meio aquático. Influenciado pela temperatura e pela sua pressão parcial na atmosfera, o seu valor máximo é função da concentração de sais dissolvidos. Afecta o sabor da água e as condições de vida de espécies piscícolas.
pH	Indica se uma água é ácida ou básica, exprimindo o valor da actividade do ião hidrogénio. Função da origem da água e dos terrenos que atravessa. Influenciado por actividade biológica e outros parâmetros de qualidade de água.
Coliformes Totais e Fecais (CF e CT)	Refere-se a um grupo de bactérias bioquimicamente relacionadas. Principal instrumento para identificar contaminação fecal numa água. Funciona principalmente como indicador da presença de bactérias patogénicas.
Enterococos Intestinais (EI)	Grupo que engloba grande parte dos microrganismos denominados por estreptococos em matéria fecal. Apresentam maior resistência do que os coliformes fecais. Residente em trato intestinal, pode estar associado a infecções urinárias e endocardites.
Estreptococos Fecais (EF)	Grupo de bactérias presentes em matéria fecal. Normalmente relacionada com a presença de coliformes fecais.

Salmonelas	Microrganismos patogénicos com incidência especialmente em termos alimentares. A ingestão dá origem a intoxicações alimentares.
------------	--

2.3. Plano Bacia Hidrográfica do Rio Lima

O plano da bacia hidrográfica do Rio Lima, desenvolvido pelo INAG, contém uma secção dedicada à avaliação da qualidade da água. Esta avaliação tem como suporte os dados obtidos a partir das redes de qualidade de água do SNIRH. As perspectivas de melhoria apontadas referem a necessidade de dados de qualidade que cubram totalmente a zona de interesse geográfico. Também é apontada a necessidade de obter valores de parâmetros que permitam avaliar a qualidade de água para uma maior variedade de utilizações e fins. Aquando da elaboração do PBH era referido o estado de “abandono” de algumas destas estações de monitorização, encontrando-se desactivadas ou a realizar amostragem com frequência insuficiente.

No plano da bacia hidrográfica do rio Lima encontra-se uma perspectiva da evolução da qualidade da água na década de 1990 a 2000, sendo identificada uma ligeira perda de qualidade da água a jusante de Ponte da Barca, mas mais expressiva a jusante de Ponte de Lima. A montante de Ponte da Barca, a água ter-se-á mantido com boa qualidade. Segundo esta linha de observações, verifica-se que no troço terminal do Rio Lima registou-se uma degradação mais acentuada da qualidade da água superficial. Pontualmente foram observados valores de concentração de nitratos e coliformes fecais significativos.

A qualidade da água superficial foi classificada segundo as indicações da Equipa de Projecto do Plano Nacional da Água (EPPNA), que gere o desenvolvimento dos planos de bacia hidrográfica. Esta classificação é semelhante à atribuída pelo INAG, descrita na secção

Avaliação de Impacto e Qualidade. Com base nesta, 9 locais dos 14 com dados disponíveis foram alocados na classe B, “fracamente poluído”, 2 na classe C, “poluído”, e 3 na classe E, “extremamente poluído”. É referido que 64% dos locais tinham uma qualidade de água superficial razoável.

As albufeiras de Touvedo e Alto Lindoso foram avaliadas como estando em estado eutrófico mais elevado relativamente ao restante meio hídrico. A análise à zona do estuário do Lima está afectada por falta de dados, mas no início do período de estudo foram detectados elevados valores de oxigénio dissolvido, reduzido teor de nutrientes e de matéria orgânica. No entanto o valor dos indicadores de bactérias patogénicas obrigou à interdição temporária da apanha de bivalves, devido aos riscos para a saúde humana inerentes ao seu consumo.

Apenas uma das duas praias fluviais identificadas na área apresentou condições favoráveis para a prática balnear, sendo que noutra praia se identificaram valores irregulares de parâmetros microbiológicos.

Referente a esta década (1990-2000) identifica-se a carência de sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais urbanas como um dos problemas a abordar com maior impacto na qualidade da água superficial na bacia do Rio Lima. Esta observação é reforçada na listagem dos objectivos futuros a atingir.

2.4. Plano de Monitorização da Qualidade de Água da AdML

A AdML tem um plano de monitorização da qualidade do meio receptor. Estes ensaios são realizados pelo Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ).

A análise do meio receptor efectua-se com mais frequência na época balnear, pois a zona da bacia hidrográfica considerada mostra-se muito atractiva turisticamente e com grandes movimentos sazonais. Conjuntamente são realizadas algumas análises de controlo fora da época balnear.

Esta análise do impacto das descargas de ETAR está limitada aos pontos imediatamente a montante e a jusante da descarga do efluente tratado, considerando assim apenas estas secções, e não todo o percurso do Rio Lima como um sistema. Esta abordagem pretende evitar que focos de poluição difusos ou pontuais se manifestem nos resultados finais da análise. Os trechos que se situam entre os pontos a jusante de uma dada ETAR e a montante da ETAR seguinte não são estudados, e portanto a influência das descargas nestes troços, que constituem grande parte do percurso do Rio, não é conhecida.

Os resultados são apresentados sobre a forma de relatórios mensais com elevado nível de detalhe. A informação mais pertinente é compilada, após tratamento estatístico, num relatório final anual.

A análise do relatório final referente a 2008 confere uma visão geral bastante completa dos resultados obtidos.

A qualidade da água no meio receptor foi avaliada segundo os critérios de referência de um indicador de qualidade sugerido pelo INAG. Este apresenta uma classificação em cinco níveis, de A a E. Uma amostra é classificada no mesmo nível do parâmetro analítico que obtenha pior classificação. Estes estão discriminados na secção *Avaliação do Impacto e Qualidade*, Tabela 34 e Tabela 35, onde se incluem também as gamas de valores para cada classe.

Foram registadas o número de ocorrências nos pontos a montante e a jusante dos locais de descarga. Estes resultados encontram-se na Tabela 4 e Tabela 5, respectivamente.

Tabela 4- Número de ocorrências em cada classe de referência do INAG para os pontos a montante das ETAR geridas pela AdML.

Classe do INAG	Número de Pontos	Percentagem de Pontos
Classe A	0	0
Classe B	75	56,8
Classe C	33	25,0
Classe D	7	5,3
Classe E	17	12,9

Tabela 5 - Número de ocorrências em cada classe de referência do INAG para os pontos a jusante das ETAR administradas pela AdML.

Classe do INAG	Número de Pontos	Percentagem de Pontos
Classe A	0	0
Classe B	35	33,1
Classe C	43	31,6
Classe D	16	11,8
Classe E	32	23,5

É registado que o maior número de ocorrências na classe E verifica-se na época balnear, em Julho e Agosto, que corresponde ao período com maior frequência de amostragem. O maior número de classes B atribuídas ocorre fora desta época.

A análise de indicadores de qualidade de água não se mostra uma ferramenta suficiente para avaliar o impacto de uma actividade sobre uma massa de água (Hann e Troubonis, 1985). Adicionalmente foi realizada a análise dos valores de qualidade de água face ao Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto relativo aos requisitos de qualidade de água segundo o seu uso. As percentagens de cumprimento total encontram-se na Tabela 6, sendo que os valores de referência se encontram no Anexo S.

Tabela 6 - Percentagem de pontos que cumpriram totalmente os requisitos legais do Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto

Percentagem de Pontos	
Montante	Jusante
14,18	11,03

Os incumprimentos devem-se principalmente à ultrapassagem dos valores máximos legais dos parâmetros microbiológicos.

2.5. Qualidade de Água na Albufeira do Touvedo

Está disponível a análise, e correspondente tratamento estatístico, da qualidade da água na albufeira do Touvedo (Bastos, 2006). Esta situa-se a montante de Arcos de Valdevez e é considerada, devido à sua posição na bacia hidrográfica do Rio Lima, como representativa da qualidade da água superficial bruta neste recurso hídrico.

Este estudo foi realizado tendo em vista o projecto de uma estação de tratamento de água para consumo humano. Este projecto concretizou-se na ETAR de São Jorge, que se encontra actualmente em fase final de construção. O sistema de São Jorge irá ser responsável pela captação, tratamento e abastecimento de água aos concelhos de Arcos de Valdevez, Caminha, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Viana do Castelo, e Vila Nova de Cerveira. O seu objectivo passa pela substituição dos sistemas de distribuição de água de pequena dimensão existentes, devido às dificuldades de controlo de qualidade de água e em assegurar o caudal necessário às populações servidas.

Esta albufeira tem como função modular os caudais turbinados na Barragem de Alto Lindoso, situada a montante.

Os resultados obtidos para os valores máximos dos parâmetros seleccionados para avaliar a qualidade de água encontram-se na Tabela 7, junto com as observações efectuadas pelo autor. Uma compilação mais extensiva abrangendo todo o período de análise encontra-se no Anexo B.

Tabela 7 - Valores de caracterização da água na albufeira do Touvedo.

Parâmetro	Valor Máximo Observado
Turvação	9,5 NTU
Cor	10,8 mg/l Pt-Co
Cheiro	3
Temperatura	24 °C
Condutividade	30 μ S/cm
Dureza Total	22 mg CaCO_3 /l
CQO	9 mg O_2 /l
CBO5	3 mg O_2 /l
Oxidabilidade	2.8 mg O_2 /l
COT	< lim. detecção
Coliformes Totais	18.000 UFC/100 ml
Coliformes Fecais	3.000 UFC/100 ml
Ferro	0,264 mg Fe/l
Manganês	0,053 mg/l
Azoto Amoniacal	0,15 mg NH_4 /l

2.6. Modelação Matemática

Os objectivos dos estudos aqui referidos derivam do interesse em monitorizar a qualidade de água e de identificar possíveis causas de alterações.

A pesquisa inicial incidiu sobre estudos de modelos recentes considerados relevantes, mas não se encontraram trabalhos deste tipo realizados na bacia hidrográfica em estudo. A aplicação de modelos de qualidade de água semelhante em diferentes localizações permitiu averiguar as necessidades e potencialidades e compreender o seu funcionamento.

O modelo QUAL2Kw foi aplicado a título académico de modo a demonstrar as possibilidades deste modelo, obtendo resultados que sugerem a boa aproximação dos valores simulados aos obtidos por amostragem (Pelletier et al., 2007).

O mesmo modelo foi aplicado à bacia hidrográfica do rio Lis de modo a proceder à avaliação da qualidade da água e das transformações biogeoquímicas da mesma. O modelo foi calibrado para dois cenários distintos. Naquele estudo foram reproduzidos satisfatoriamente os valores reais obtidos por análise de amostras. (Vieira, 2007).

Bakan (2007) aplicou a versão QUAL2E no rio Mert na costa da Turquia. Esta aplicação teve como objectivo avaliar a qualidade de água presente e futura, tendo em consideração as maiores descargas efectuadas e identificadas. A calibração para vários cenários mostrou que o modelo era capaz de simular convenientemente a qualidade de água nesta corrente. Isto permitiu correr a simulação para cenários hipotéticos e avaliar igualmente condições futuras para diferentes tipos de gestão de recursos hídricos.

O modelo QUAL2E foi utilizado por Sivri et al. (2008) para simular a qualidade da água no estuário do Rio de Firitina, na região do Mar Negro. Este estudo teve por objectivo avaliar o impacto de viveiros piscícolas e da construção de estradas e de uma barragem.

Kannel et al. (2007) simularam, utilizando o modelo QUAL2Kw, a qualidade da água no rio Bagmati. A utilização para simulação de diferentes estratégias de gestão mostrou que, apesar de algumas falhas pontuais o modelo pode ser utilizado neste tipo de aplicações com garantia de resultados com utilidade prática.

Salveti et al. (2008) utilizaram o modelo QUAL2E para simular as condições de qualidade da água superficial na bacia do rio Dese-Zero. O modelo BASINS-SWAT foi utilizado para condições meteorológicas húmidas. O objectivo foi estudar o comportamento da qualidade da água numa região com grande densidade de actividades agrícolas, obtendo-se resultados satisfatórios.

Yuceer et al. (2006) realizaram uma comparação recorrendo a métodos estatísticos entre dois modelos, o QUAL2E e o RSDS (River and Stream Dynamics Simulation), desenvolvido considerando o sistema como um reactor fechado de mistura completa e implementado em MATLAB. Os resultados obtidos demonstram que os valores obtidos pelo segundo se apresentam mais robustos e portanto mais fiáveis em relação ao primeiro. A simulação foi efectuada utilizando dados reais provenientes do rio Yesilirimark, na Turquia. A maior fragilidade do modelo QUAL2E relaciona-se com a estimativa dos parâmetros.

A revisão bibliográfica mostra que o modelo QUAL2E, ou a versão QUAL2Kw, são os mais correntemente utilizados. Este carece de um vasto conhecimento da qualidade de água real, de modo a ser possível realizar a sua calibração e obter um modelo fiável da realidade.

2.7. Conclusões do Capítulo

Existem dados extensos relativos à qualidade de água na Albufeira do Touvedo. A água neste local pode ser considerada como livre de contaminações significativas, e assim ser utilizada como base para as avaliações do impacto causado pelas descargas dos efluentes tratados nas ETAR geridas pela AdML no rio Lima.

Os trabalhos relativos à avaliação do impacto em estudo estão restringidos aos valores obtidos imediatamente a montante e a jusante das ETAR, não tendo sido estudado o efeito ao longo do percurso do Rio.

Existem diversas instâncias de aplicação de modelos matemáticos para avaliar e estudar o impacto causado por diversas actividades na qualidade de água de diferentes meios hídricos a nível global.

O conhecimento de trabalhos realizados anteriormente sobre o assunto permite identificar áreas a que se possa dedicar uma maior atenção, e aplicar técnicas não desenvolvidas para este contexto regional.

A compilação de um maior número de dados de diversas fontes, a recolha de amostras de pontos considerados pertinentes para completar os existentes, a análise histórica da qualidade das águas superficiais, a visão holística do sistema considerado, a aplicação de modelos matemáticos para verificar o impacto causado pelas descargas de efluente tratado e o recurso a ferramentas SIG mostram-se como oportunidades de inovação.

3.Recolha e Aquisição de Dados

O processo de recolha e aquisição de dados de qualidade de água para posterior análise foi realizado em duas fases:

- uma primeira fase que teve por objectivo fazer a compilação e análise dos dados de qualidade da água do rio Lima disponíveis;
- uma segunda fase que consistiu na realização de 3 campanhas de amostragem no rio Lima, as duas primeiras com o objectivo de avaliar o impacto directo das descarga de cada ETAR e a terceira com o objectivo de obter dados de qualidade de água do rio Lima necessários à calibração do modelo matemático.

3.1. Compilação de Dados Disponíveis

3.1.1. Dados SNIRH

O Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos é o sistema de informação do Ministério do Ambiente sobre os recursos hídricos nacionais. Este sistema disponibiliza uma grande quantidade de dados na sua página web, abrangendo uma grande diversidade temática. Entre elas encontram-se dados relativos à qualidade de águas superficiais e subterrâneas, a zonas balneares, a albufeiras e a outras áreas relacionadas com recursos hídricos.

A rede de monitorização de qualidade de águas superficiais assume um especial interesse para este estudo. Esta rede possibilita a análise da evolução da qualidade da água ao longo do curso do Rio Lima numa perspectiva histórica. Esta perspectiva pretende confrontar os valores obtidos de qualidade de água antes e após a entrada em funcionamento das ETAR geridas pela AdML.

Ao longo do Rio Lima identificam-se 8 estações de monitorização. O Anexo C apresenta uma descrição destas estações. Cada estação retorna dados de qualidade relativos à sua finalidade. Infelizmente verifica-se que, na maior parte, as estações não apresentam uma continuidade de dados e que, efectivamente, quatro destas foram encerradas no ano 2000.

A rede de qualidade de água do SINRH oferece uma vasta gama de parâmetros, nomeadamente: Azoto Total, Azoto Kjeldahl, CQO, CBO₅, Condutividade, Fósforo Total, Oxigénio Dissolvido, Cor, pH, SST, Coliformes Fecais, Coliformes Totais, Enterococos Intestinais, Estreptococos Fecais e Salmonelas. Estes foram seleccionados tendo em conta a sua representatividade em relação à qualidade da água, à disponibilidade de dados, à natureza dos efluentes descarregados e à capacidade de análise laboratorial. Igualmente foi tida em conta a sua

relação com a caracterização das descargas de efluentes tratados pelas ETAR em questão. Os dados considerados encontram-se no Anexo D.

O estudo dos valores dos parâmetros de qualidade está intimamente ligado com os valores de caudais e de precipitação na bacia hidrográfica. Deste modo, para ser possível realizar uma análise histórica da variação da qualidade da água e para estabelecer um modelo matemático, foi necessário obter estes valores junto do SINRH (Anexo E).

3.1.2. Dados de Qualidade de Água na Albufeira do Touvedo

O estudo realizado sobre a qualidade de água da Albufeira do Touvedo (Bastos, 2004), no rio Lima, foi descrito na secção *Revisão Bibliográfica*.

A situação geográfica da albufeira confere à água aqui encontrada um elevado grau de pureza. A caracterização da água realizada pode ser considerada como representativa da qualidade desta previamente ao impacto proveniente de descargas de efluentes tratados nas ETAR em estudo no meio hídrico receptor. O estado de eutrofização identificado na secção de *Revisão Bibliográfica* não aparenta revelar-se nos dados aqui obtidos.

Esta análise servirá como referência para avaliar o impacto causado pelo funcionamento das ETAR da bacia hidrográfica do Rio Lima nas águas superficiais. Adicionalmente poderá ser utilizada como qualidade de água na origem, antes da influência de focos de poluição, para a modelação da qualidade de água num trecho deste rio situado imediatamente a jusante.

O conjunto dos dados utilizados para a avaliação do impacto na qualidade da água e posterior modelação encontra-se no Anexo B.

3.1.3. Dados do Plano Anual de Monitorização da AdML

Os dados referentes às descargas de efluentes tratados nas ETAR em estudo e às condições do meio receptor a montante e a jusante destas foram obtidos a partir dos relatórios desenvolvidos pelo ISQ referidos na *Revisão Bibliográfica*.

Apenas foram considerados os dados referentes ao ano de 2008 e relativos às ETAR de Arcos de Valdevez, Ponte da Barca, Ponte de Lima e Lanheses/Geraz do Lima.

Os parâmetros analisados foram os mesmos que os disponíveis no SINRH, acrescentando-se o Azoto amoniacal e retirando-se a Condutividade.

Como foi referido na *Revisão Bibliográfica*, as amostras do efluente descarregado são recolhidas mensalmente durante todo o ano. O meio receptor é amostrado com frequência mensal apenas na época balnear, sendo apenas colhidas duas amostras do meio receptor fora desta época.

Os dados recolhidos e os métodos de análise utilizados encontram-se no Anexo F e G respectivamente.

3.2. Campanhas de Amostragem no rio Lima

Foi feita a recolha e a análise de amostras de água em pontos estratégicos do Rio Lima no âmbito deste estudo, de modo a complementar a informação já existente.

Foram seleccionados oito pontos de amostragem, quando possível dentro do indicado nos regulamentos da empresa (Gonçalves, 2008), para as duas primeiras campanhas de amostragem, situados a montante e a jusante dos pontos de descarga de efluente tratado das ETAR em análise. As distâncias previstas são de cerca 100 metros antes do ponto de descarga, e cerca de 300 metros após este. Estas distâncias pretendem, a montante, evitar a interferência da descarga nos valores de qualidade e, a jusante, permitir que a mistura da descarga na linha de água seja próxima de uma mistura completa.

Uma terceira campanha foi realizada como suporte à simulação da evolução da qualidade da água num troço seleccionado no Rio Lima. Os pontos foram seleccionados em função das necessidades de calibração do modelo utilizado.

Todas as amostragens ao meio hídrico foram realizadas na margem deste, a uma profundidade de cerca de 50 centímetros, quando possível efectuar sem perturbar os sedimentos depositados no fundo do canal.

3.2.1.1. 1ª Campanha

As amostras realizaram-se em dois períodos diferentes devido à disponibilidade limitada dos laboratórios.

Como tal, a primeira deslocação, realizada no dia 25 de Março de 2009, limitou-se às ETAR de Lanheses/Geraz do Lima e Ponte de Lima. Neste dia e nos anteriores não se registaram ocorrências de precipitação.

Na ETAR de Lanheses/Geraz do Lima a descarga é efectuada numa pequena ribeira (Ribeira de Muragalhos), a cerca de 500 metros do Rio Lima. As amostras foram recolhidas segundo os protocolos de amostragem, o mais aproximadamente possível das distâncias recomendadas do ponto de afluência desta ribeira no rio Lima.

Na ETAR de Ponte de Lima a recolha efectuou-se sensivelmente dentro das distâncias previstas, sendo que a montante foi necessário o cuidado de evitar a influência de um possível foco de poluição pontual associado a uma actividade independente.

Uma segunda amostragem foi realizada no dia 15 de Abril de 2009. Os pontos de amostragem abrangidos por esta recolha de amostras de água superficial foram os localizados a montante e a jusante das ETAR de Arcos de Valdevez e Ponte de Lima. Neste dia, e nos

anteriores, registou-se alguma precipitação, pelo que os valores dos parâmetros a analisar foram afectados por este fenómeno.

Na ETAR de Arcos de Valdevez devido à dificuldade de acesso ao curso de água, a amostra a jusante foi recolhida a sensivelmente 1 km do ponto de descarga de efluente tratado.

Todas as análises foram efectuadas no laboratório situado na ETAR de Ponte de Lima, por pessoal especializado.

Os resultados obtidos nas amostras recolhidas em Lanheses/Geraz do Lima encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8 - Valores de qualidade de água para as amostras recolhidas durante a 1ª Campanha na ETAR de Lanheses/Geraz do Lima.

Parâmetros	Montante	Jusante
pH	6,03	6,04
CQO (mg/L)	<10	<10
CBO5 (mg/L)	1	2
SST (mg/L)	1	2
SSV (mg/L)	<1	<1

Os dados relativos à ETAR de Ponte de Lima estão representados na Tabela 9.

Tabela 9 - Valores de qualidade de água para as amostras recolhidas durante a 1ª Campanha na ETAR de Ponte de Lima.

Parâmetros	Montante	Jusante
pH	7,12	6,59
CQO (mg/L)	<10	15
CBO5 (mg/L)	2	5
SST (mg/L)	1	2
SSV (mg/L)	<1	<1

Os valores nas amostras recolhidas na ETAR de Ponte da Barca encontram-se na Tabela 10.

Tabela 10 - Valores de qualidade de água para as amostras recolhidas durante a 1ª Campanha na ETAR de Ponte da Barca.

Parâmetros	Montante	Jusante
pH	6,85	6,90
CQO (mg/L)	<10	<10
CBO ₅ (mg/L)	2	1
SST (mg/L)	2	6

SSV (mg/L)	1	2
------------	---	---

Os resultados referentes à ETAR de Arcos de Valdevez são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Valores de qualidade de água para as amostras recolhidas durante a 1ª Campanha na ETAR de Arcos de Valdevez.

Parâmetros	Montante	Jusante
pH	6,35	6,40
CQO (mg/L)	<10	<10
CBO ₅ (mg/L)	0	3
SST (mg/L)	2	4
SSV (mg/L)	<1	1

3.2.1.2. 2ª Campanha

Os resultados obtidos permitiram ter uma ideia do impacto causado por este tipo de descargas. No entanto, de modo a realizar-se uma análise que permita confirmar o que estes primeiros resultados sugerem, foi necessário realizar novas campanhas de amostragem. Estas novas campanhas tiveram como objectivo a análise de parâmetros adicionais que permitissem complementar a informação obtida na 1ª Campanha de amostragem. Os parâmetros seleccionados para análise nos Laboratórios das Águas do Cávado foram:

- SST;
- Coliformes Fecais e Coliformes Totais, de modo a ser possível avaliar a presença de microrganismos patogénicos;
- Absorvância a 254 nm e Oxidabilidade ao Permanganato de Potássio, que complementam a informação obtida pelos parâmetros de avaliação da quantidade de matéria orgânica (CBO₅ e CQO).

Os métodos utilizados encontram-se indicados no Anexo H. As campanhas de amostragem foram divididas de modo semelhante às anteriores, realizando-se a primeira dia 27 de Abril nas ETAR de Lanheses/Geraz do Lima e Ponte de Lima, e a segunda a 6 de Maio nas ETAR de Ponte da Barca e Arcos de Valdevez. Os pontos de recolha de amostras são semelhantes aos indicados

para a primeira campanha realizada, adicionando-se a amostragem do efluente descarregado para o meio hídrico receptor.

Os resultados obtidos na recolha efectuada a montante, jusante e à saída do decantador na ETAR de Lanheses/Geraz do Lima encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12 - Valores de qualidade de água para as amostras recolhidas durante a 2ª Campanha na ETAR de Lanheses/Geraz do Lima.

Parâmetros	Montante	Descarga	Jusante
SST (mg/L)	<1	20,3	1,1
Oxidabilidade (mg O ₂ /L)	1,2	10	<1
UV 254 nm	0,0293	0,1181	0,0341
Coliformes Fecais (ufc/100 ml)	55	7620	160
Coliformes Totais (ufc/100 ml)	355	118000	6000

Os valores referentes à ETAR de Ponte de Lima estão representados na Tabela 13.

Tabela 13 - Valores de qualidade de água para as amostras recolhidas durante a 2ª Campanha na ETAR de Ponte de Lima.

Parâmetros	Montante	Descarga	Jusante
SST (mg/L)	<1	5,3	1,1
Oxidabilidade (mg O ₂ /L)	1,8	10	2,8
UV 254 nm	0,0399	0,1827	0,0404
Coliformes Fecais (ufc/100 ml)	2100	62000	1100
Coliformes Totais (ufc/100 ml)	19000	340000	10400

Os resultados obtidos nas amostras recolhidas na ETAR de Ponte da Barca são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Valores de qualidade de água para as amostras recolhidas durante a 2ª Campanha na ETAR de Ponte da Barca.

Parâmetros	Montante	Descarga	Jusante
SST (mg/L)	1,9	11,3	1,8
Oxidabilidade (mg O ₂ /L)	1,4	10	1,6
UV 254 nm	0,0474	0,2769	0,0463
Coliformes Fecais (ufc/100 ml)	20	27200	245
Coliformes Totais (ufc/100 ml)	1000	230000	2580

A Tabela 15 apresenta os valores obtidos na análise às amostras recolhidos nos pontos referidos na ETAR de Arcos de Valdevez.

Tabela 15 - Valores de qualidade de água para as amostras recolhidas durante a 2ª Campanha na ETAR de Arcos de Valdevez.

Parâmetros	Montante	Descarga	Jusante
SST (mg/L)	<1	13,3	1
Oxidabilidade (mg O ₂ /L)	<1	9,5	<1
UV 254 nm	0,0258	0,1704	0,026
Coliformes Fecais (ufc/100 ml)	40	13600	40
Coliformes Totais (ufc/100 ml)	745	430000	1600

A análise dos resultados obtidos está descrita na secção *Avaliação de Impacto e Qualidade*.

3.2.1.3. 3ª Campanha

A aplicação de um modelo matemático à qualidade da água de um troço do Rio Lima implica a sua calibração através da análise de valores reais recolhidos no sistema. Foram determinados os parâmetros requeridos como *inputs* do utilizador para quatro pontos, respectivamente as descargas efectuadas pelas ETAR de Arcos de Valdevez e de Ponte da Barca e dois pontos adicionais situados no Rio Lima. A recolha e análise foram realizadas com o apoio do Laboratório de Análises do Alto Minho (LAMM).

Para uma melhor compreensão do comportamento da qualidade da água no meio receptor hídrico foi realizada uma campanha de amostragem no dia 2 de Junho. Os parâmetros em análise foram:

- Azoto Amoniacal	- Nitratos	- CBO ₅	- SST
- Azoto Kjeldahl	- Nitritos	- Fósforo Total	- SSV
- Coliformes Totais	- Coliformes Fecais	- Oxigénio Dissolvido	

Os métodos de análise utilizados para a caracterização dos parâmetros de água são apresentados no Anexo Q.

Os locais de amostragem estão representados na Figura 4, e correspondem às descargas de efluente tratado das ETAR de Arcos de Valdevez e de Ponte da Barca e a dois pontos de amostragem de água superficial, situados na Ecovia do rio Lima nas freguesias de Bravães e Santa Cruz de Lima, nos concelhos de Ponte da Barca e Ponte de Lima, respectivamente.

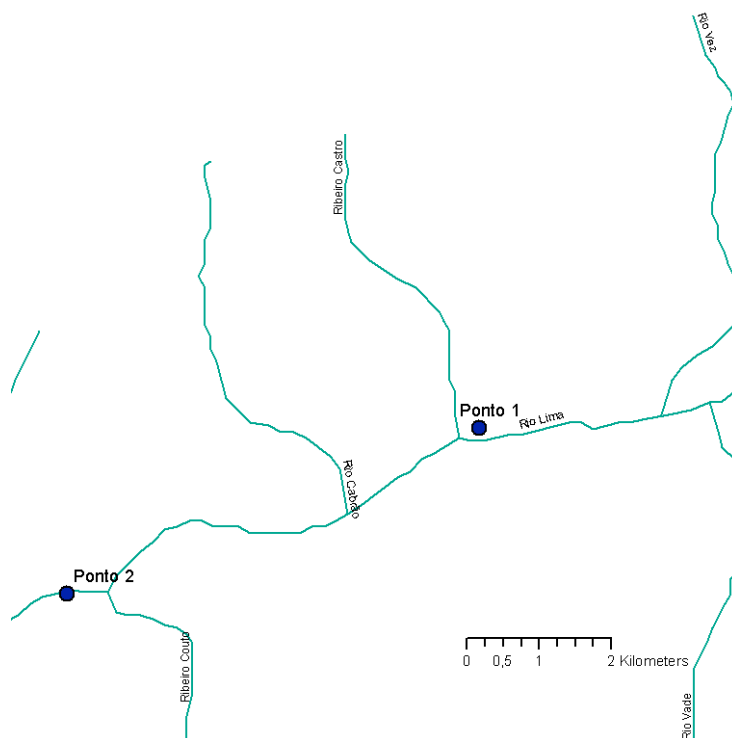


Figura 4 - Localização geográfica dos pontos de amostragem na linha de água na 3ª Campanha.

Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 16.

Tabela 16 - Resultados da caracterização analítica da qualidade de água obtidos na 3ª Campanha.

Parâmetro	ETAR Arcos de Valdevez	ETAR Ponte da Barca	Ponto 1	Ponto 2
Amónio (mg/L)	0,65	0,51	0,64	0,58
Azoto Kjeldhal (mg/L)	16,9	<2,0	<2,0	<2,0
Azoto Total (mg/L)	77,2	3,2	<2,9	<2,9
CBO5 (mg/L)	20	70	<2	8
Oxigénio Dissolvido (mg/L)	-	-	8,0	7,4
Condutividade (µS/cm)	1599	469	35	33
Fósforo Total (mg/L)	17,5	9,2	0,4	0,2
Nitratos (mg/L)	263,8	12,6	<10,2	<10,2
Nitritos (mg/L)	0,578	0,054	0,033	0,034
SST (mg/L)	16	12	<3	<3
SSV (mg/L)	14	10	<3	<3
Coliformes Fecais (mg/L)	6100	200000	60	10
Coliformes Totais (mg/L)	7800	60000	560	160

É importante realçar nestes valores o facto de existirem valores bastante mais elevados de Azoto Kjeldhal e Total, Condutividade e Nitratos na descarga da ETAR de Arcos de Valdevez

quando comparada com a descarga da ETAR de Ponte da Barca. Realce-se também que nesta última o valor dos parâmetros microbiológicos apresentam um valor também mais elevado.

3.3. Conclusões do Capítulo

Existem dados históricos de qualidade de água no meio hídrico em estudo, mas que se apresentam incompletos.

As campanhas de amostragem realizadas procuraram obter valores que permitissem a avaliação do impacto das descargas em análise, além de fornecer dados para a modelação matemática deste. Apesar de se procurar evitar que os resultados fossem perturbados por problemas de mistura, isto nem sempre foi possível.

4. Caracterização da Qualidade de Água do Meio Receptor

4.1. Introdução

Neste capítulo apresenta-se a análise dos dados históricos recolhidos através da aplicação de ferramentas estatísticas. Obteve-se assim resultados que permitem conhecer valores típicos dos parâmetros de qualidade de água do meio hídrico em estudo, bem como o seu comportamento. Estes resultados permitem a comparação com os valores obtidos por amostragem ou por simulação, averiguando a sua validade e significância.

A região da bacia hidrográfica do Rio Lima caracteriza-se por uma vincada alternância a nível meteorológico. Esta divide-se em sazonal e anual (Instituto da Água, 2000). A diferença sazonal corresponde à variação entre valores de precipitação em época seca e em época chuvosa. Esta primeira ocorre normalmente entre os meses de Maio/Junho e Setembro/Outubro, sendo os restantes meses correspondentes à época chuvosa. Adicionalmente, verifica-se também a ocorrência de séries de anos secos ou húmidos. Pode-se assumir que se verifica uma correlação entre os valores de precipitação e evapotranspiração na área e o caudal do troço em estudo. O impacto dos efluentes tratados na qualidade da água e a capacidade do Rio em depurar estes elementos varia fortemente com o caudal escoado. Como tal, torna-se importante considerar esta evidência na análise histórica dos dados de qualidade de água.

Os valores disponíveis de qualidade da água encontram-se muito dispersos temporalmente. Verifica-se que para cada entrada temporal, se registam frequências muito baixas de valores registados para os parâmetros considerados. A realização de qualquer análise estatística requer que, pelo menos, a maior parte destes valores esteja associada às mesmas entradas representativas de amostras recolhidas. De modo a proceder a esta agrupação e diminuir a dispersão de valores no tempo, optou-se por determinar o valor médio de cada parâmetro num dado intervalo. Estes intervalos, considerando o que foi referido anteriormente, foram definidos como as épocas de maior (época de chuva) e menor (época de seca) precipitação anuais. Estas épocas foram definidas tendo em conta os valores de precipitação observados, Anexo E, e encontram-se definidas no Anexo I, Tabela 1.

4.2. Análise de Componentes Principais

A necessidade de estabelecer associações entre as várias variáveis susceptíveis de relacionarem os valores de qualidade de água e a sua evolução temporal impulsionou o uso de ferramentas estatísticas de análise multivariável. O método seleccionado foi a Análise de Componentes Principais.

Esta ferramenta estatística é uma técnica habitual para encontrar correlações em conjuntos de dados com grande dimensão, onde para cada indivíduo (amostra) existem diversas variáveis (parâmetros de qualidade de água). Pretende-se realçar as semelhanças entre os dados em estudo e obter uma representação gráfica destes. Isto atinge-se através de uma redução dimensional das estruturas relacionais entre as variáveis, de modo a obter a projecção de dados em gráficos compatíveis com a interpretação visual que realcem as estruturas mais importantes entre os indivíduos e as variáveis. (Smith 2006).

Deste modo, como resultado final, temos uma matriz que indica o valor do coeficiente atingido por cada variável (parâmetros de qualidade de água) relativamente a cada um dos eixos factoriais. Cada eixo corresponde à redução sucessiva das dimensões do conjunto de dados, obtendo-se correlações entre as variáveis de modo a serem expressas em função de uma só variável. O processo aplicado em função das restantes variáveis resulta na obtenção de vários eixos factoriais. O mesmo processo é aplicado aos indivíduos (amostras), obtendo-se uma matriz semelhante (Morrison, 1990).

No Anexo J apresenta-se uma esquematização do algoritmo utilizado para a aplicação desta ferramenta (Góis, 1993).

Este método é utilizado como *standard* em análises multivariável, com resultados práticos demonstrados nos mais diversos domínios do conhecimento.

Este tipo de análise requer que sejam seleccionados blocos de dados contínuos para os quais não exista falta de dados. Como tal, foi necessária a redução do período de estudo, das estações analisadas e a exclusão de algumas variáveis de modo a possibilitar a aplicação desta ferramenta. Os dados brutos utilizados para o processo estão representados no anexo D, correspondentes às estações de Fonte Velha e Bertandos, pertencentes à rede de qualidade de água do SINRH. A localização destas estações na bacia hidrográfica do Rio Lima encontra-se na Figura 5.

A aplicação desta ferramenta permitirá obter a relação entre os parâmetros de qualidade de água seleccionados e a sua evolução temporal, bem como as relações existentes entre eles.

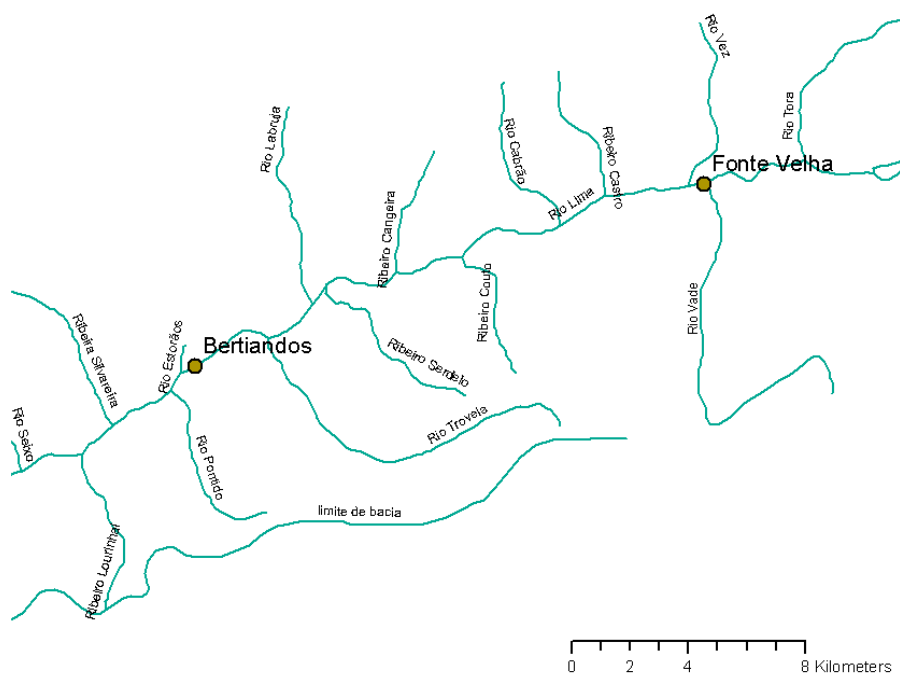


Figura 5 - Localização das estações de qualidade da rede do SINRH utilizadas para a análise estatística.

4.2.1. Bertandos

Os valores recolhidos referentes à estação de Bertandos, integrada na rede de qualidade do SINRH, que permitiram realizar a Análise de Componentes Principais encontram-se apresentados no Anexo I, Tabela 2.

Os períodos a que corresponde cada amostra estão definidos como ChNN (época de chuvas que se inicia no ano NN e termina em NN+1) ou como SeNN (época de seca que se inicia e termina no ano NN). A denominação dos parâmetros está codificada, sendo que a CQO corresponde a Carência Química de Oxigénio, a CBO a Carência Bioquímica de Oxigénio a 5 dias, a CF os Coliformes Fecais, a CT os Coliformes Totais, a C a cor, a EF os Estreptococos Fecais e a SST os Sólidos Suspensos Totais.

Os eixos que apresentaram uma percentagem de explicação significativa, representante da sua influência sobre o comportamento do conjunto de dados inicial, estão no Anexo I, Tabela 3. A projecção das correlações entre as variáveis e/ou indivíduos pode ser feita através da sua representação nos planos definidos por dois eixos que, entre si, representem uma percentagem de explicação suficiente. A associação entre variáveis faz-se com base em critérios de localização no

plano e de proximidade, sendo que o afastamento ao centro das variáveis indica uma maior correlação. A análise dos indivíduos faz-se por critérios análogos (CERENA, 2000).

Os valores apresentados no Anexo I, Tabela 4, são as coordenadas de cada variável face ao eixo representado. Conhecendo esta tabela, podemos compreender quais as variáveis que estão verdadeiramente correlacionadas com o eixo em estudo e desta forma assumir a sua representatividade no plano factorial considerado. Considera-se para cada variável a sua coordenada mais elevada em valor absoluto.

As coordenadas dos indivíduos activos, isto é, das épocas designadas para a análise, estão no Anexo I, Tabela 5.

A representação gráfica da nuvem de dados no plano formado pelos eixos 1 e 2 está na Figura 6.

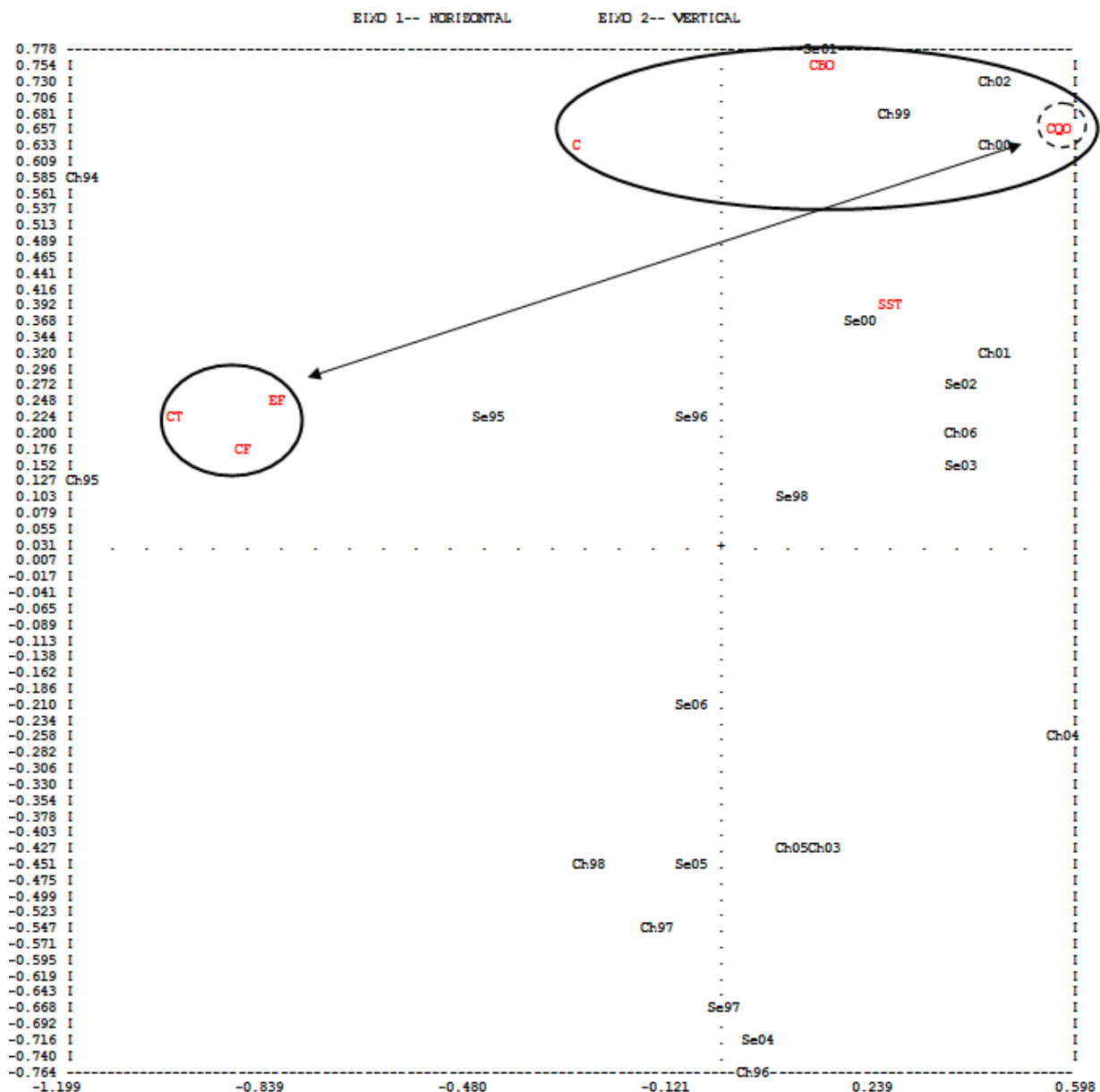


Figura 6 - Representação gráfica da posição das variáveis e indivíduos no plano formado pelos eixos 1 e 2

A análise da representação na Figura 6 permite concluir que existe uma forte correlação positiva entre as variáveis Cor, CBO5 e CQO. Estes dois últimos parâmetros são indicadores da quantidade de matéria orgânica existente na água analisada. O facto das tendências destas duas variáveis serem semelhantes permite concluir que a biodegradabilidade dos compostos no meio receptor hídrico se mantém constante ao longo do tempo. A diferença entre os dois parâmetros consiste na inclusão na CQO da matéria orgânica não degradável biologicamente. A análise do plano factorial permite concluir que existe uma forte correlação positiva entre as variáveis CT, CF e EF, projectadas no semi-eixo negativo. Deste último grupo de variáveis identifica-se uma correlação negativa com a variável CQO projectada no semi-eixo positivo.

Os indivíduos, ou amostras, que correspondem ao período após a entrada em funcionamento das ETAR em estudo associam-se a indivíduos que correspondem aos períodos de maior precipitação. Os períodos de maior precipitação caracterizam-se pela existência de um maior valor de caudal no meio hídrico receptor, auxiliando à diluição de contaminantes. O comportamento aqui encontrado sugere que os indivíduos que correspondem ao período após a entrada em funcionamento das ETAR em estudo apresentam valores de parâmetros de qualidade de água menos elevados.

O plano formado pelos eixos 1 e 3 está desenhado na Figura 7.

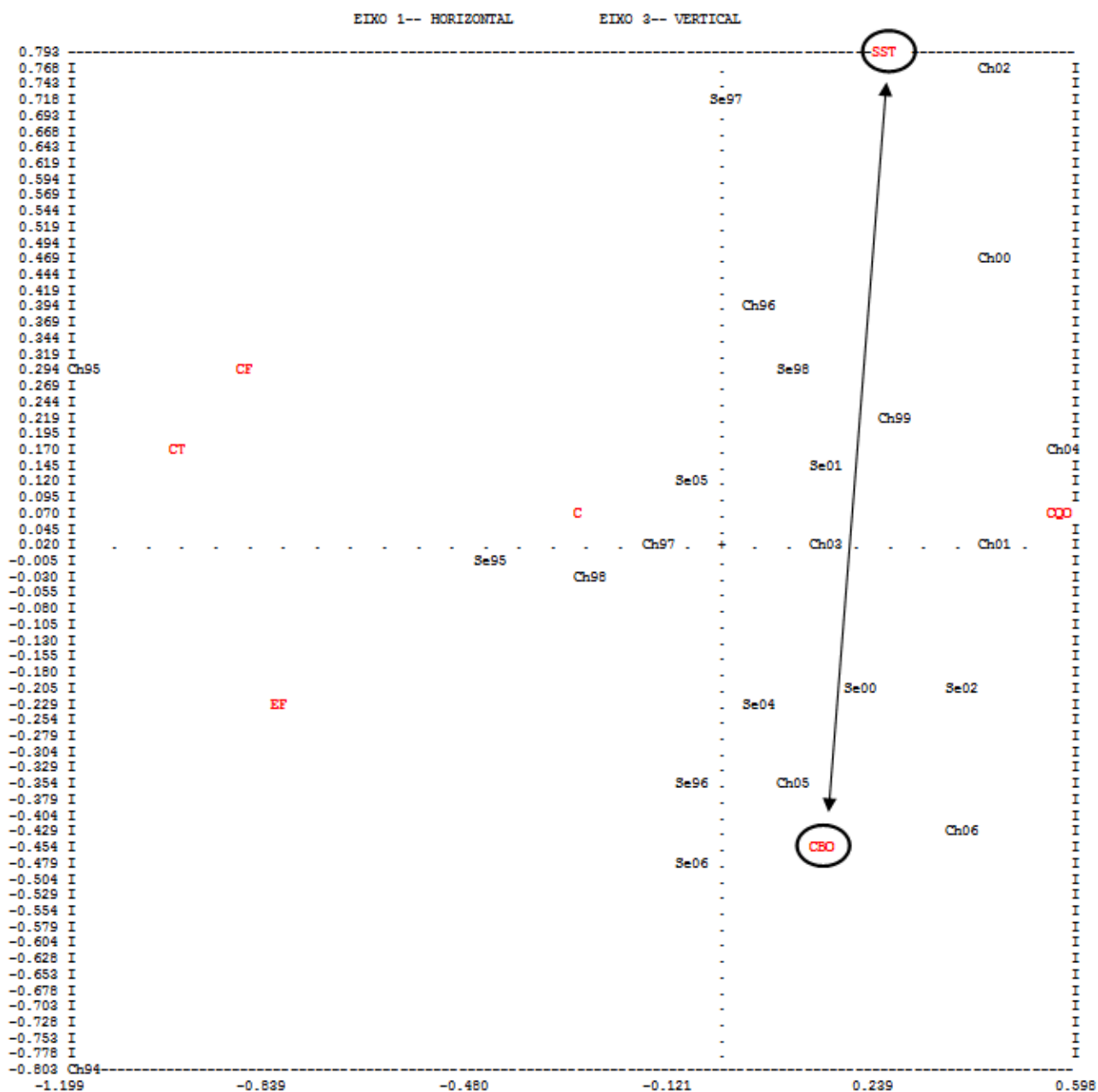


Figura 7 - Representação gráfica da posição das variáveis e indivíduos no plano formado pelos eixos 1 e 3.

A observação desta figura permite identificar uma oposição entre os valores de CBO5 e de

SST. Como tal, não existirá uma elevada percentagem de matéria biodegradável nos sólidos suspensos encontrados no curso de água. A análise aos indivíduos demonstra que os valores das épocas de seca de 2005 e 2006 se associam, colocando-se à esquerda do eixo 3 vertical. Estas serão posteriores à entrada em funcionamento das ETAR.

Os eixos 1 e 4 estão representados na Figura 8.

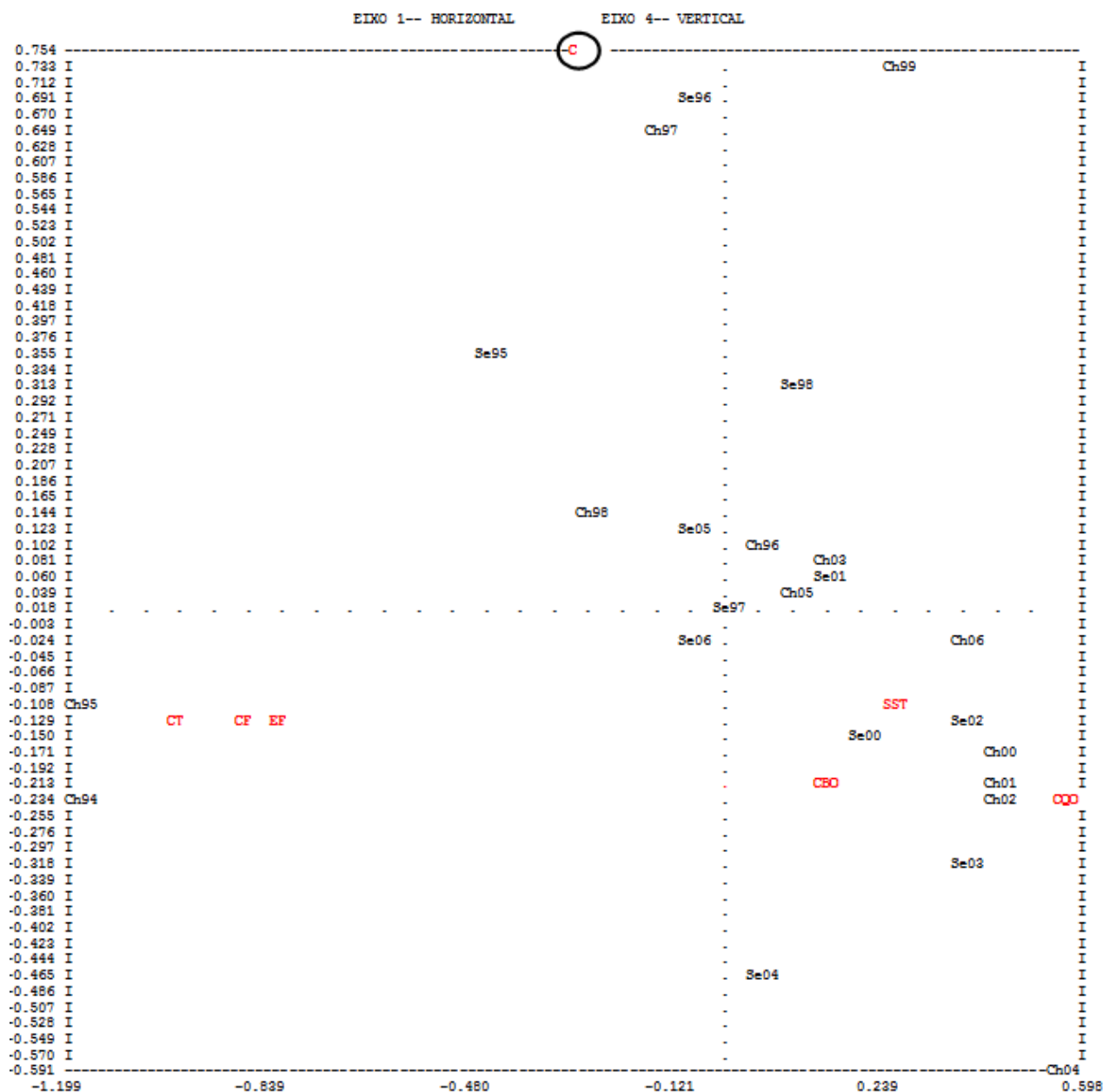


Figura 8 - Representação gráfica da posição das variáveis e indivíduos no plano formado pelos eixos 1 e 4.

Os valores obtidos para a variável Cor afastam-se do comportamento das restantes variáveis. Os restantes eixos não permitiram atingir novas conclusões, e consequentemente não se encontram representados.

4.2.2. Fonte Velha

Os valores correspondentes à estação de amostragem de Fonte Velha que apresentam características que permitiram realizar a análise estatística abordada estão colocados no Anexo I, Tabela 6.

O valor da percentagem de explicação alocada a cada eixo, referente à influência destes no conjunto de dados inicial, encontra-se na Tabela 7 do Anexo I.

As correlações das variáveis para cada eixo factorial e as coordenadas dos indivíduos estão descritos na Tabela 8 e Tabela 9 do Anexo I.

O plano formado pelos eixos 1 e 2 está desenhado na Figura 9.

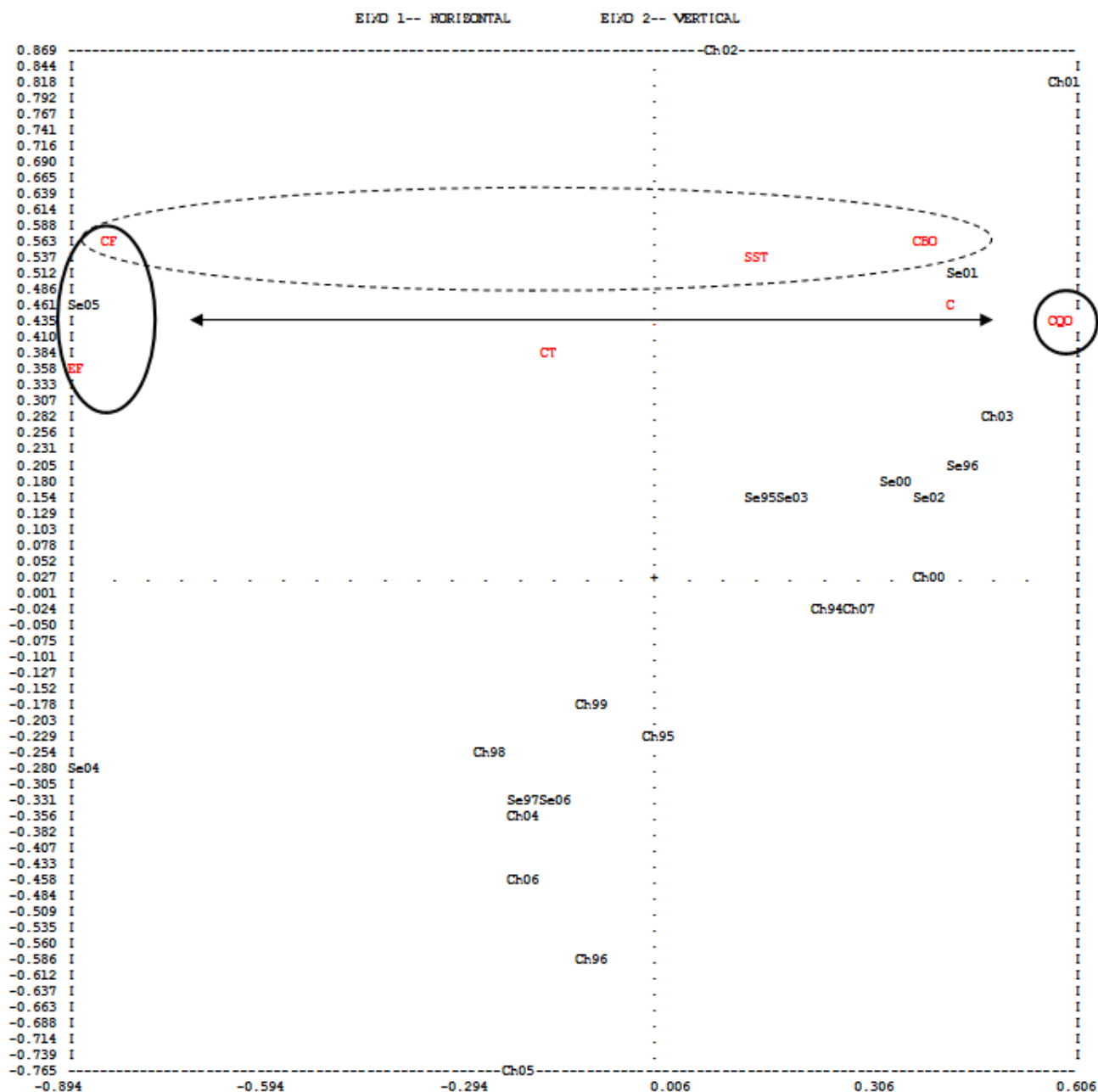


Figura 9 - Representação gráfica das variáveis e dos indivíduos no plano formado pelos eixos 1 e 2.

Neste plano identifica-se uma correlação positiva entre os parâmetros microbiológicos Coliformes e Estreptococos Fecais. Esta relação seria expectável face à natureza destes. Uma associação semelhante identifica-se no eixo vertical entre os Coliformes Fecais, os SST e a CBO₅. Esta situação pode fornecer informação sobre a constituição dos sólidos que se encontram em suspensão. A correlação negativa entre os parâmetros microbiológicos e a CQO, previamente analisada, decorre novamente neste plano. A posição dos indivíduos representantes dos períodos secos de 2005 e 2006 do lado esquerdo do eixo vertical situa-os numa zona onde se encontra grande parte dos períodos chuvosos. Esta situação indica que estes períodos apresentaram valores mais próximos dos tipicamente encontrados em épocas de chuva. O comportamento pode ser

associado à entrada em funcionamento das ETAR que tratam o efluente descarregado para o curso de água em estudo.

O plano formado pelos eixos 1 e 3 está representado na Figura 10.

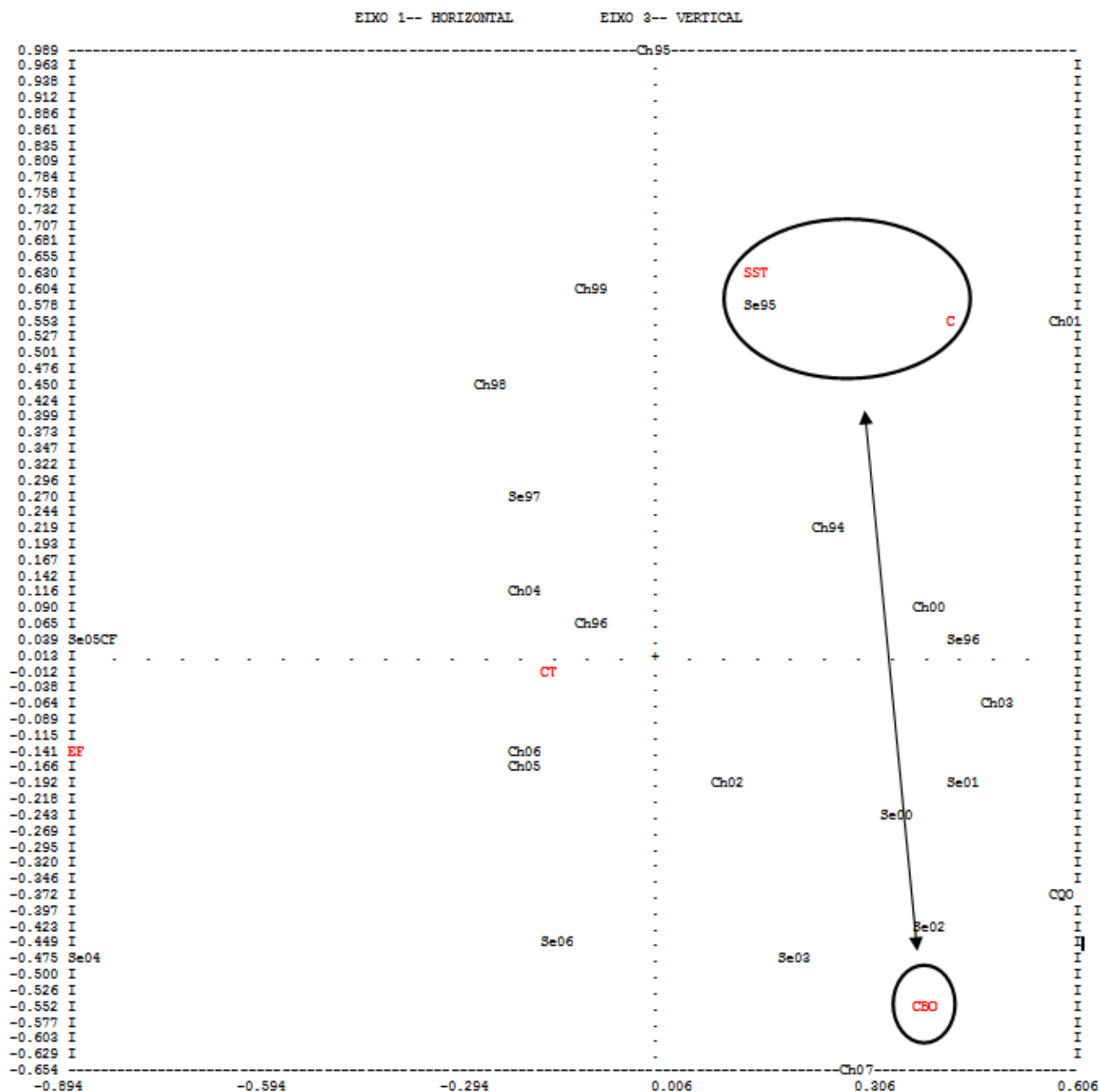


Figura 10 - Representação gráfica das variáveis e dos indivíduos no plano formado pelos eixos 1 e 3.

Neste plano identifica-se uma associação forte entre os valores de SST e de Cor. Isto sugere que a cor observada se deve aos sólidos suspensos na linha de água. A oposição destes valores aos de CBO5 é em tudo semelhante ao discutido anteriormente. A posição dos indivíduos relativos ao período após a entrada em funcionamento das estações de tratamento da bacia hidrográfica é semelhante, situando-se inferiormente ao eixo horizontal.

Os restantes eixos não ofereceram informações relevantes, e assim a sua apresentação neste documento foi excluída.

4.3. Análise Estatística Descritiva

A caracterização de um meio hídrico quanto à qualidade de água pode ser efectuada através de uma análise estatística simples aos diversos parâmetros de avaliação desta. Esta informação pode ser complementada pela determinação da correlação entre os parâmetros de qualidade de água, de modo a auxiliar a compreensão do comportamento destas variáveis. Estas análises foram efectuadas recorrendo ao pacote de Análise de Dados do *software* Microsoft Excel.

Os valores obtidos através da função Estatística Descritiva para a estação situada em Bertandos estão expressos na Tabela 17 - Parâmetros de estatística descritiva obtidos para os valores históricos registados pela estação do SINRH em Bertandos.. Verifica-se que os valores registados para estas outras estações (Anexo L) são semelhantes aos aqui apresentados.

Tabela 17 - Parâmetros de estatística descritiva obtidos para os valores históricos registados pela estação do SINRH em Bertandos.

	Média	Desvio-padrão	Variância da amostra	Mínimo	Máximo	Contagem
Amoníaco	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	70
Azoto Kjeldahl	0,70	0,71	0,50	0,14	3,20	42
CQO	7,71	3,93	15,42	1,00	32,00	117
CBO 5 dias	1,59	0,80	0,63	0,10	6,00	132
Coliformes Fecais	1391	7574,99	57380499,08	7,00	87000,00	133
Coliformes Totais	8587	29496,32	870032860,40	15,00	310000,00	128
Condutividade	28,00	-	-	28,00	28,00	1
Cor	12,71	7,19	51,73	1,40	67,00	126
Estreptococos Fecais	279,85	743,98	553502,37	3,00	4600,00	75
Fósforo total	0,06	0,10	0,01	0,01	0,50	66
Nitrato Total	3,05	2,46	6,07	1,70	23,00	130
Nitrito Total	0,27	1,56	2,43	0,01	10,00	41
Oxidabilidade	2,35	0,80	0,63	0,80	5,90	109
Oxigénio dissolvido	-	-	-	0,00	0,00	0
pH	7,04	0,59	0,35	5,40	9,00	48
Sólidos dissolvidos totais	190,00	172,46	29741,92	41,60	379,20	3
Sólidos suspensos totais	5,73	5,56	30,91	0,60	50,00	134

Os valores da correlação obtida entre os parâmetros de qualidade de água encontrados nos registos históricos da estação de Bertandos encontram-se na Tabela 18. Os parâmetros representados são aqueles para os quais se encontraram valores de correlação significativos. A sua nomenclatura encontra-se abreviada por motivos de representação. A abreviatura *N Kjdl* refere-se ao Azoto Kjeldahl, *N total* ao Azoto Total, *NH₃* ao Azoto Amóniacal, *CQO* à Carência Química de Oxigénio, *CBO5* à Carência Biológica de Oxigénio a 5 dias, *CF* aos Coliformes Fecais, *CT* aos Coliformes Totais, *C* à Cor, *EF* aos Estreptococos Fecais, *F* ao Fósforo Total, *NO₃* aos Nitratos, *NO₂* aos Nitritos, *Oxd* à Oxidabilidade, *OD* ao Oxigénio Dissolvido medido no campo, *pH* ao pH medido no campo, *SDT* aos Sólidos Dissolvidos Totais e *SST* aos Sólidos Suspensos Totais. Novamente, devido ao volume dos dados, os valores obtidos para as restantes estações da rede de qualidade de água do SINRH relevantes para este estudo estão apresentados no Anexo L.

Tabela 18 - Valores de correlação entre parâmetros de qualidade de água identificados para a estação de Bertandos.

	<i>N Kjdl</i>	<i>CQO</i>	<i>CBO5</i>	<i>CF</i>	<i>CT</i>	<i>C</i>	<i>EF</i>	<i>F</i>	<i>NO₃</i>	<i>NO₂</i>	<i>Oxd</i>	<i>pH</i>	<i>SDT</i>	<i>SST</i>
<i>CQO</i>	-0,18	1,00												
<i>CBO5</i>	-0,22	0,29	1,00											
<i>CF</i>	0,15	-0,05	0,05	1,00										
<i>CT</i>	0,26	-0,05	0,15	0,94	1,00									
<i>C</i>	-0,17	0,05	0,15	0,15	0,17	1,00								
<i>EF</i>	-0,02	-0,07	0,42	0,71	0,83	0,21	1,00							
<i>F</i>	0,00	-0,13	-0,21	0,01	0,05	0,11	0,17	1,00						
<i>NO₃</i>	-0,09	-0,15	-0,03	-0,05	-0,07	-0,06	-0,07	0,07	1,00					
<i>NO₂</i>	-0,05	-0,35	-0,39	-0,03	-0,05	0,39	-0,04	-0,14	0,03	1,00				
<i>Oxd</i>	-0,12	0,07	0,24	0,15	0,23	0,35	0,41	-0,19	0,05	-0,18	1,00			
<i>pH</i>	0,57	0,05	0,14	0,03	-0,04	-0,37	-0,06	-0,24	-0,13	0,33	0,02	1,00		
<i>SDT</i>	-	-0,43	0,70	0,94	0,97	0,87	1,00	1,00	-0,05	0,00	0,13	-0,75	1,00	
<i>SST</i>	-0,09	0,19	0,03	0,00	-0,01	0,24	-0,03	-0,11	-0,04	-0,05	0,61	0,05	0,75	1,00

Na estação de Bertandos identificam-se valores de correlação elevados entre os parâmetros bacterianos. É interessante observar uma forte correlação positiva entre o valor de *SDT* e de Coliformes Fecais e Totais. O valor de *pH* apresenta uma correlação positiva com o valor de Azoto Kjeldahl. Isto pode ser explicado pelas variações de *pH* provocadas pela evolução dos diversos estágios do ciclo do azoto, onde se promove a libertação e extracção de iões de hidrogénio do meio, nomeadamente a acção das bactérias nitrificantes que convertem Azoto Amóniacal em Nitratos e Nitritos. Numa escala menor encontram-se também valores de correlação positivos entre os parâmetros indicadores de matéria orgânica e o valor de *SST*. As correlações negativas entre valores indicadores de bactérias patogénicas e parâmetros de

avaliação de quantidade de matéria orgânica não apresentam valor absoluto tão elevado como sugerido na Análise de Componentes Principais. As correlações apresentadas nas outras estações apresentam-se semelhantes, acrescentando-se valores de outras formas de Azoto presente no meio hídrico. Enquanto o Azoto Kjeldahl, tal como os Nitratos, geralmente apresenta uma correlação positiva (excepto em Bertandos) com o Fósforo, as outras formas de Azoto apresentam uma correlação negativa com este. Existem valores de correlação que apresentam um alto valor absoluto, mas que não são relevantes devido ao baixo número de amostras, como por exemplo os valores de Condutividade em Fonte Velha.

4.4. Conclusões do Capítulo

A análise estatística de valores de qualidade de água históricos é prejudicada pelas lacunas na frequência temporal encontradas nestes.

A aplicação de diferentes ferramentas de análise estatística permite obter resultados mais robustos, apesar de por vezes se encontrarem valores contraditórios. A ocorrência destes pode ser influência das lacunas referidas.

As associações entre parâmetros de qualidade de água foram ao encontro do expectável, existindo relações fortes entre os parâmetros indicadores de microrganismos patogénicos, entre os indicadores de presença de matéria orgânica e entre os valores encontrados para os nutrientes Fósforo e Azoto, nas várias fases do seu ciclo.

É possível identificar um comportamento dos parâmetros de qualidade de água distinto antes e depois da entrada em funcionamento das ETAR em estudo. No entanto, esta distinção não está totalmente definida. As variações sazonais de caudais e de populações na área e a menor disponibilidade de dados referentes à situação posterior prejudicam esta análise.

5. Modelação Matemática

5.1. Introdução

A selecção de apenas um trecho do percurso do rio Lima para simulação da qualidade da água prende-se com a necessidade de conhecer todas as entradas e saídas do sistema. Uma aplicação exaustiva de um modelo a toda a bacia hidrográfica é, no entanto, possível, sendo necessária a recolha de informação sobre as descargas e captações efectuadas que permita a realização do estudo com o rigor suficiente.

A amostragem e posterior caracterização analítica em diversos pontos no curso de água seleccionado tiveram em vista a necessidade de calibrar o modelo. Deste modo foi possível obter valores para as variáveis desconhecidas que integram o modelo. Estes valores permitem também comparar os resultados da simulação com os correspondentes à situação real.

O processo de selecção de um trecho para simulação da qualidade de água superficial teve em conta a existência e a possibilidade de recolha adicional de informação relevante e necessária à aplicação do modelo, relativa ao rio Lima e aos seus afluentes. No entanto, também foi prestada a devida atenção à extensão do percurso seleccionado, evitando-se seleccionar um percurso demasiado pequeno que não permitiria observar a evolução dos parâmetros de qualidade de água superficial. Deste modo foi seleccionado o trecho do rio Lima situada entre a Albufeira do Touvedo e a ETAR de Ponte de Lima. Este percurso inclui a ETAR de Ponte da Barca e o ponto de confluência do rio Vez, onde a ETAR de Arcos de Valdevez efectua a respectiva descarga. Este trecho inclui também vários outros afluentes: rio Tora, rio Vade, ribeiro Castro, rio Cabrão, ribeiro Couto, ribeira Cangeira, ribeira Sardelo, rio Labujo e rio Touvela. Este sistema está representado na Figura 11.

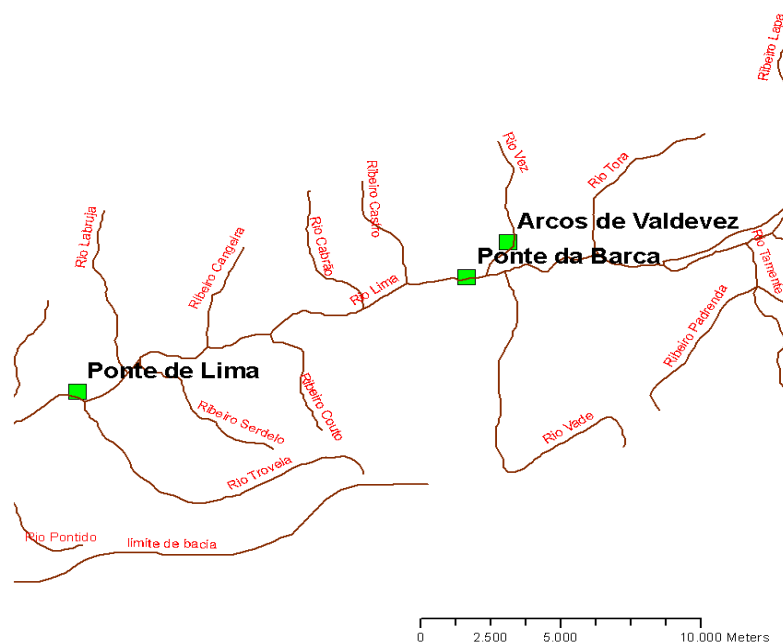


Figura 11 - Representação gráfica do trecho do Rio Lima seleccionado para a modelação matemática da qualidade da água.

A escolha do modelo a utilizar para simular a evolução da qualidade da água teve em consideração a sua disponibilidade e fiabilidade. Como tal, após revisão cuidada da bibliografia disponível, foram identificados diversos modelos passíveis de serem utilizados no trabalho aqui proposto. Verificou-se igualmente que um dos que é bastante utilizado como padrão é o modelo de suporte informático QUAL2Kw. Este modelo foi desenvolvido por Steve Chapra, Greg Pelletier e Hua Tao, no Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Tufts, em Medford, Massachussets, Estados Unidos da América e é distribuído livremente.

5.2. Descrição do Modelo

O modelo QUAL2Kw permite simular a evolução da qualidade de água num curso de água espacialmente e temporalmente. Este *software* pretende ser uma versão melhorada e actualizada do modelo QUAL2E.

Caracteriza-se por abordar o curso de água como unidimensional, assumindo que a mistura vertical e longitudinal é perfeita. De modo semelhante, o caudal é considerado como não uniforme e constante. A simulação de transferências de calor e de variação da temperatura ao longo do dia também é efectuada. A definição do percurso da linha de água em estudo está limitada a um só ramo. Outro ponto importante na modelação passa pela possibilidade de simular a entrada e saída de massa e calor do sistema, podendo assim proceder à simulação de afluentes e abduções de água do meio hídrico em questão.

O interface gráfico está implementado numa folha de cálculo do *software Microsoft Excel*. Este interface permite ao utilizador desenhar o sistema a modelar, definindo a forma física deste e os parâmetros necessários, como condições iniciais, entradas, saídas e condições naturais ao longo da simulação. Este interface permite igualmente ao usuário interpretar os resultados graficamente ou numericamente. As operações numéricas são efectuadas a partir dos dados introduzidos na folha de cálculo por um algoritmo programado na linguagem *Fortran 90*.

De modo a permitir variar as características da geometria do curso de água, a qualidade inicial ou as condições meteorológicas ao longo do percurso seleccionado para a modelação, o modelo permite dividir este em secções de diferentes dimensões.

O software permite realizar uma calibração em função de dados introduzidos pelo utilizador, obtendo assim valores para as variáveis de cálculo que aproximem o modelo o mais possível da realidade. A descrição desta calibração encontra-se na secção *Métodos de Cálculo e Calibração*. Um elevado número de cenários permite calibrar o modelo com maior fiabilidade, fornecendo assim uma segurança mais elevada ao utilizador. Estes cenários podem ser variações das condições iniciais de qualidade, dos caudais escorridos, condições climáticas, entre outros. No caso em estudo as limitações temporais não permitiram realizar uma recolha de dados que possibilitasse uma análise de sensibilidade ao modelo.

O modelo QUAL2Kw requer que o utilizador escolha entre diversas opções de cálculo para situações específicas. Os dados necessários podem variar conforme as opções tomadas. Os métodos de cálculo seleccionados e os dados seleccionados para estes encontram-se discriminados na secção na secção *Métodos de Cálculo e Calibração*.

O processo que este *software* utiliza baseia-se num balanço de massa aliado ao conhecimento dos comportamentos dos parâmetros e das reacções entre eles. Estes comportamentos encontram-se descritos no manual que acompanha o modelo, sendo que estão também detalhados na literatura que deu origem ao desenvolvimento deste. No Anexo M encontra-se um esquema representativo, retirado do manual que acompanha o *software*, dos processos considerados na simulação (Chapra et al., 2008; Chapra, 1997).

5.3. Representação do Trecho Seleccionado

O trecho seleccionado encontra-se limitado a montante pela Albufeira do Touvedo e a jusante pela foz do rio Trovela, imediatamente a montante da ETAR da Ponte de Lima. O percurso abrange 24 km do Rio Lima e 9 afluentes. Dentro deste espaço encontra-se o ponto de descarga da ETAR de Ponte da Barca, e no rio Vez encontra-se o ponto de descarga da ETAR de Arcos de Valdevez. A captação de água de São João foi desprezada devido ao seu pequeno impacto no caudal do rio. Este troço foi dividido em várias secções escolhidas face às características do rio e da topografia do rio, bem como a localização geográfica dos pontos de

amostragem e de entrada no sistema. A representação esquemática e sem escala desta divisão, bem como dos pontos de entrada no sistema, encontra-se na Figura 12.

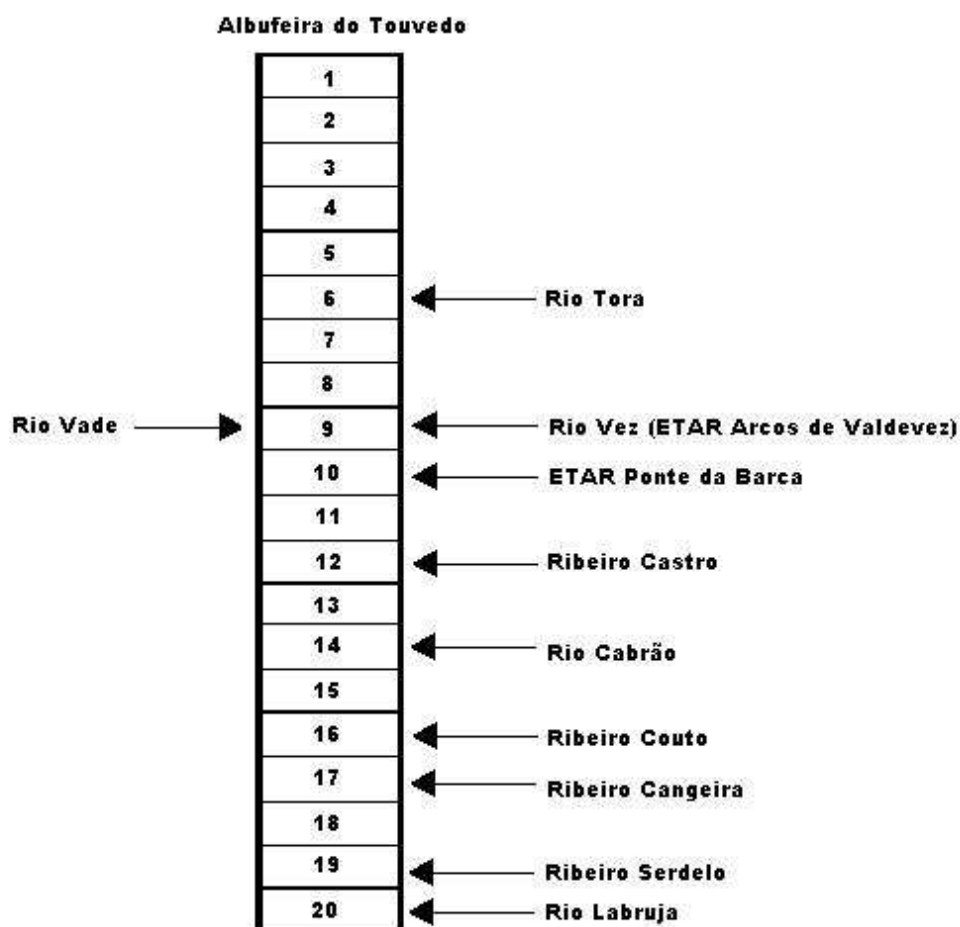


Figura 12 - Representação esquemática do trecho do Rio Lima seleccionado para a modelação matemática da qualidade da água.

Cada secção individual foi caracterizada em função das suas características topográficas. Os valores de largura de secção no fundo do canal foram estimados utilizando a ferramenta Google Earth. Os valores de declive do fundo do canal foram calculados utilizando um Sistema de Informação Geográfica, e posteriormente corrigidos por comparação com os encontrados em (Instituto da Água, 2000).

A caracterização exhaustiva destes ramos encontra-se no Anexo N.

5.3.1. Dados Introduzidos no Modelo

Para a calibração do modelo utilizaram-se os dados compilados apresentados no capítulo *Recolha e Aquisição de Dados* e os dados obtidos na campanha de amostragem realizada no âmbito deste trabalho apresentadas no mesmo capítulo.

A fiabilidade dos valores resultantes da aplicação de um modelo matemático depende grandemente da qualidade dos dados disponíveis. Igualmente, a possibilidade de exploração de mais do que um cenário real na simulação permite obter um modelo mais robusto e uma representação da realidade face a diferentes condições, reais ou hipotéticas, com um mais elevado grau de confiança.

A disponibilidade limitada para a realização de amostragens e análises que permitam caracterizar os estímulos e a situação inicial do trecho em estudo não permite uma caracterização exaustiva destes elementos. Como tal, apenas se realizaram análises relativas aos dois pontos de entrada principais, as ETAR de Ponte da Barca e de Arcos de Valdevez, e a dois pontos situados ao longo do percurso do rio Lima de modo a caracterizar a evolução da qualidade de água ao longo do seu percurso. De modo a complementar estes valores foi realizada a calibração e simulação também com dados disponibilizados pelo SINRH e pela AdML/ISQ. Esta calibração refere-se a dados existentes do mês de Fevereiro de 2007.

Como referido na secção *Revisão Bibliográfica*, a qualidade de água na Albufeira de Touvedo é representativa da situação antes de existir qualquer descarga de efluente tratado pelas ETAR em estudo. Os valores utilizados para a qualidade de água a montante do trecho seleccionado referem-se aos encontrados na Albufeira do Touvedo (Bastos, 2006) para Fevereiro de 2006, de modo a obter valores equivalentes da época do ano para a qual a simulação é realizada.

A caracterização inserida na folha de cálculo do QUAL2Kw encontra-se na Tabela 19. Os valores em branco não foram inseridos pois não estavam disponíveis. Os valores de CBO correspondem aos valores no final da degradação biológica, e não após 5 dias. A conversão foi efectuada utilizando a Equação 1 (Eaton et al., 2005; Pelletier et al., 2007), onde a constante de decomposição k se situam no intervalo 0,05-0,3 dia⁻¹ (Chapra, 1997) O valores escolhido neste caso foi de 0,18 dia⁻¹ (Vieira 2007).

$$CBO_{final} = \frac{CBO_5}{1 - e^{-5k}}$$

Equação 1 - Relação entre CBO final e CBO a 5 dias.

O valor aqui obtido foi inserido como CBO rápida, sendo o valor de CBO lenta obtida através da Equação 2 (Vieira 2007). O seu significado está explicado na secção *Recolha e Aquisição de Dados*.

$$CBO_{lenta} = 0,90 \times CQO - CBO_{rápida}$$

Equação 2 - Relação entre CBO de digestão lenta e CBO de digestão rápida.

Os valores de fósforo orgânico e inorgânico foram obtidos através do valor de fósforo total, sendo este dividido entre os dois tipos e mantidos em proporção de 1:1 entre orgânico e inorgânico (Pelletier et al., 2007). O parâmetro matéria particulada foi aproximado ao valor de Sólidos Suspensos Totais (Vieira, 2007).

Tabela 19- Qualidade da água a jusante do trecho seleccionado.

Qualidade de água a jusante	Unidades	Valor
Temperatura	C	10,9
Condutividade	µS/cm	21,5
Sólidos inorgânicos	mg/L	
Oxigénio dissolvido	mg/L	10,4
CBO lenta	mg O ₂ /L	3,7
CBO rápida	mg O ₂ /L	1,7
Azoto orgânico	µg N/L	80,0
Azoto amoniacal	µg N/L	60,0
Nitratos	µg N/L	4300,0
Fósforo orgânico	µg P/L	0,03
Fósforo inorgânico	µg P/L	0,03
Fitoplâncton (clorofila a)	µg/L	1997,0
Detritos	mg/L	1,5
Patogénicos	cfu/100 mL	82,0
Constituinte genérico	Definido pelo utilizador	
Alcalinidade	mg CaCO ₃ /L	2,9
pH	Unidades Sorënsen	6,6

5.3.1.1. Inputs de Fevereiro 2007

De modo a proceder à auto-calibração foram inseridos valores reais de qualidade de água. Os pontos de amostragem disponíveis para a data considerada na simulação incluíram as estações de amostragem do SINRH de Fonte Velha e São João, e os valores obtidos pelo ISQ a montante e jusante da ETAR de Ponte da Barca e a montante da ETAR de Ponte de Lima. Os valores destes parâmetros encontram-se na Tabela 20. Aqueles que se encontram indicados com “<” são parâmetros cujo resultado se situou abaixo do limite inferior de detecção do método indicado. Estes valores, para efeitos de calibração, foram excluídos de modo a não perturbarem o processo.

Tabela 20 - Caracterização dos pontos de entrada do sistema a simular (Fevereiro 07).

Parâmetro	Unidade	Fonte Velha	ETAR Ponte da Barca Montante	ETAR Ponte da Barca Jusante	São João	ETAR Ponte de Lima Montante
Distancia	km	6,78	7,3	8,1	22,15	23
Condutividade	µS/cm	10,1	-	-	11	-
Oxigénio Dissolvido	mg O ₂ /L	-	9,65	4,83	-	5,83
CBO5 lenta	mg O ₂ /L	-	<2,26	<7,66	-	<2,26
CBO5 rápida	mg O ₂ /L	3,37	<6,74	<6,74	3,37	<6,74
Azoto Amoniacal	µg N/L	140	64	100	100	100
Nitratos	µg N/L	2900	-	-	3700	-
Fósforo Orgânico	µg P/L	12,5	42,5	14,5	12,5	10
Fósforo Inorgânico	µg P/L	12,5	42,5	14,5	12,5	10
Detritos	mg/L	3,8	<17	<17	3,2	<17
Patogénicos (CF)	cfu/100 mL	12	400	78	58	320
Alcalinidade	mg CaCO ₃ /L	0,14	-	-	-	-
pH	U. Sorënsen	7,2	6,4	6,4	7,2	6,2

Os pontos de entrada identificados para o percurso seleccionado dividem-se em efluentes tratados provenientes das ETAR ou rios afluentes do escoamento principal. Os afluentes foram tratados apenas como entradas de água sem afectar a qualidade do curso principal, modificando apenas o caudal escoado deste. Os valores de caudal destes afluentes não estão disponíveis na sua maior parte, sendo que apenas se obtiveram dados directos referentes ao rio Vez. A opção tomada para estimar a contribuição de cada um destes cursos de água passou pela divisão do diferencial de caudal no rio Lima entre os afluentes abrangidos por este, em função da dimensão da sua área de drenagem. As áreas de drenagem foram estimadas utilizando um Sistema de Informação

Geográfica. Os valores de caudal obtidos ao longo do Rio Lima e os afluentes situados entre estas estações encontram-se na Tabela 21. Os valores que se encontram a vermelho não estavam disponíveis para o período em estudo. Como tal, estes foram estimados através da determinação do valor médio de caudal no mesmo período em anos anteriores.

Tabela 21 - Valores de caudal registados e estimados para o Rio Lima e os seus afluentes em Fevereiro 07.

Estação de medição de caudal	Área de drenagem relativa	Caudal medido no Rio Lima	Caudal Estimado no afluente
Touvedo	-	21,8	-
Rabaçal	-	41,4	-
Rio Tora	100%	-	6,9
Ponte da Barca	-	48,3	-
Rio Vez	-	3,7	-
Rio Vade	41,9%	-	10,8
Ribeiro Castro	5,7%	-	1,5
Rio Cabrão	10,5%	-	2,7
Ribeiro Couto	12,0%	-	3,1
Ribeiro Cangeira	17,9%	-	4,6
Ribeiro Serdelo	4,8%	-	1,2
Rio Labruja	49,0%	-	12,7
Ponte de Lima	-	78	-

O valor descarregado pela ETAR de Ponte da Barca para o meio receptor foi obtido através dos valores registados pela equipa responsável, referente ao mês de Outubro de 2008. É razoável assumir que este valor é representativo das descargas efectuadas para os períodos considerados.

A ETAR de Arcos de Valdevez descarrega para o rio Vez, um afluente do rio Lima. Deste modo, o tratamento dos dados deste caso é uma excepção, sendo considerados os valores obtidos para a qualidade de água a jusante da ETAR de Arcos de Valdevez.

Os parâmetros de qualidade de água introduzidos para os pontos de entrada no sistema estão representados na Tabela 24. Os parâmetros para os quais não existiam dados, bem como a caracterização da qualidade de água dos afluentes excepto o rio Vez, foram completados com os utilizados para a caracterização da água antes do impacto das descargas das ETAR em estudo, referentes à qualidade de água na Albufeira do Touvedo, em Fevereiro de 2006.

Tabela 22 - Caracterização dos pontos de entrada no sistema a simular para Fevereiro 07.

	Unidade	Rio Vez	ETAR Ponte da Barca
Distância	km	7270	8000
Caudal	m ³ /s	3,79	0,013
Oxigénio dissolvido	mg/L	6,6	1,7
CBO lenta	mg O ₂ /L	7,6	17,9
CBO rápida	mg O ₂ /L	6,7	15,3
Azoto amoniacal	µg N/L	90,0	6300,0
Fósforo orgânico	µg P/L	10,0	3450,0
Fósforo inorgânico	µg P/L	10,0	3450,0
Detritos	mg D/L	17,0	45,0
Patogénicos	cfu/100ml	19,0	8000,0
Alcalinidade	mg CaCO ₃ /L	100,0	100,0
pH	U. Sorënsen	6,3	4,4

Os valores meteorológicos foram obtidos a partir do Sistema de Informação Nacional de Recursos Hídricos e estão apresentados na Tabela 23. Estes consistem em valores médios e constantes ao longo do período e do percurso da simulação.

Tabela 23 - Propriedades meteorológicas utilizadas na simulação para Fevereiro 2007.

Parâmetro	Unidade	Valor
Temperatura do ar	°C	11,5
Tempera de orvalho	°C	3,5
Velocidade do vento	m/s	1,0
Nebulosidade	% cobertura	80
Sombra	% cobertura	20
Radiação Solar	W/m ²	3000,0

5.3.1.2. Inputs da 3ª Campanha

Esta campanha foi realizada no dia 2 de Junho de 2009 e está descrita na secção *Recolha e Aquisição de Dados*.

Foram introduzidos valores de qualidade inicial e de *inputs* ao sistema, de modo semelhante ao descrito na secção *Inputs de Fevereiro 2007*.

Os valores de água antes do impacto das descargas das ETAR em estudo, a montante do trecho seleccionado, foram semelhantes aos utilizados para o processo descrito na secção *Fevereiro 2007*.

Os valores de qualidade de água inicial introduzidos no modelo, correspondentes aos valores reais obtidos por amostragem e análise, estão representados na Tabela 24.

Tabela 24 - Valores de qualidade inicial no troço a simular recolhidos na 3ª campanha de amostragem.

Parâmetro	Unidade	3ª Campanha	
		Ponto 1	Ponto 2
Distância	Km	11,0	13,0
Condutividade	μS/cm	35,0	33,0
Oxigénio dissolvido	mg/L	8,0	7,5
CBO lenta	mgO ₂ /L	1,5	5,0
CBO rápida	mgO ₂ /L	3,3	13,0
Nitratos	μgNO ₃ /L	900,0	900,0
Azoto orgânico	ugN/L	1000,0	1000,0
Azoto amoniacal	ugN/L	640,0	580,0
Fósforo orgânico	ugP/L	200,0	100,0
Fósforo inorgânico	ugP/L	200,0	100,0
Detritos	mgD/L	3,0	3,0
Patogénicos	cfu/100ml	60,0	10,0
Alcalinidade	mgCaCO ₃ /L	3,9	3,9
pH	s.u.	6,9	6,9

Os pontos de entrada referem-se a descargas de ETAR e a afluência de cursos de água que alimentam o curso de água principal estudado. Como explicado anteriormente, os valores introduzidos para a qualidade de água dos afluentes foram considerados como equivalentes aos obtidos para a água sem impacto das descargas de efluente tratado nas ETAR em estudo. Os seus caudais são calculados através da proporção das suas áreas de drenagem aplicados aos valores de variação de caudal encontrados no Rio Lima. Os caudais obtidos directamente através das estações de amostragem do SINRH e os estimados através do método descrito estão representados na Tabela 25.

Tabela 25 - Valores de caudal do Rio Lima e respectivos efluentes utilizados na simulação correspondente aos valores de dia 2 de Junho.

Estação de medição de caudal	Caudal medido no Rio Lima	Caudal Estimado no afluente
Touvedo	-	-
Rabaçal	4,68	-
Rio Tora	-	6,9
Ponte da Barca	11,61	-
Rio Vez	1,9	-
Rio Vade	-	11,6
Ribeiro Castro	-	1,6
Rio Cabrão	-	2,9
Ribeiro Couto	-	3,3
Ribeiro Cangeira	-	5,0
Ribeiro Serdelo	-	1,3
Rio Labruja	-	13,6
Ponte de Lima	41,22	-

A descarga de efluente tratado na ETAR de Ponte da Barca é introduzida directamente no modelo, sendo que o caudal desta é obtido através dos valores registados pela equipa da AdML responsável. A ETAR de Arcos de Valdevez não descarrega directamente no Rio Lima, mas sim no afluente Rio Vez. Neste caso, ao contrário do anterior, optou-se por determinar matematicamente os valores dos parâmetros de qualidade de água no Rio Vez após a descarga da ETAR. Para este processo utilizaram-se os valores de qualidade de água antes da descarga das ETAR em estudo, os valores de caudal encontrado para este curso de água e os valores de qualidade de água e de caudal descarga da ETAR de Arcos de Valdevez. Isto deve-se à situação descrita na secção *Avaliação da Mistura*, onde se verifica que os valores obtidos nos pontos de amostragem imediatamente a jusante não correspondem a uma mistura perfeita dos componentes. Conjugado com a dificuldade de acesso a um ponto de recolha de amostra a jusante da ETAR de Arcos de Valdevez, optou-se pelo cálculo dos valores de qualidade de água no rio Vez a jusante da ETAR através de um balanço mássico. Os valores dos parâmetros de qualidade de água dos pontos de entrada no sistema associados às ETAR referidas estão apresentados na Tabela 26.

Tabela 26 - Valores de entrada no sistema a simular para a 3ª campanha de amostragem.

	Unidade	Rio Vez	ETAR Ponte da Barca
Distância	km	7270	8000
Caudal	m ³ /s	3,79	0,011
Oxigénio dissolvido	mg/L	6,55	1,71
CBO lenta	mgO ₂ /L	7,66	17,96
CBO rápida	mgO ₂ /L	6,74	15,33
Azoto amoniacal	µgN/L	90	6300
Fósforo orgânico	µgP/L	10	3450
Fósforo inorgânico	µgP/L	10	3450
Detritos	mg/L	17	45
Patogénicos	cfu/100ml	19	8000
Alcalinidade	mgCaCO ₃ /L	100	100
pH	U. Sorënsen	6,3	4,4

Os valores meteorológicos foram obtidos junto do SINRH e estão expressos na Tabela 27.

Tabela 27 - Valores de parâmetros meteorológicos para as simulações efectuadas com dados obtidos na 3ª campanha de amostragem.

Parâmetro	Unidade	Valor
Temperatura do ar	°C	11,5
Tempera de orvalho	°C	3,5
Velocidade do vento	m/s	1,0
Nebulosidade	% cobertura	80
Sombra	% cobertura	20
Radiação Solar	W/m ²	3000

5.4. Métodos de Cálculo e Calibração

A descrição das opções seleccionadas para o processo de calibração, bem como o método usado para determinar o valor do ajuste está apresentado no Anexo R. O tempo de cálculo necessário para realizar a calibração do modelo foi de cerca de 10 horas. O tempo de cálculo necessário para obter os resultados da simulação da qualidade de água foi de cerca de 3 minutos.

Os valores utilizados para o peso de cada variável na ponderação utilizada para determinar o ajuste nas auto-calibrações efectuadas encontram-se na Tabela 28 (Pelletier et al., 2007).

Tabela 28 - Pesos atribuídos aos parâmetros para ponderação no cálculo do ajuste efectuado.

Parâmetro	Peso para ponderação
Oxigénio Dissolvido	10
CBO lenta	0,7
CBO rápida	0,7
Amónio	2
Nitratos	2
Fósforo Orgânico	2
Fósforo Inorgânico	2
Detritos	1
Patogénicos	1
Alcalinidade	1
pH	2

O esquema do processo de calibração está descrito na Figura 13.

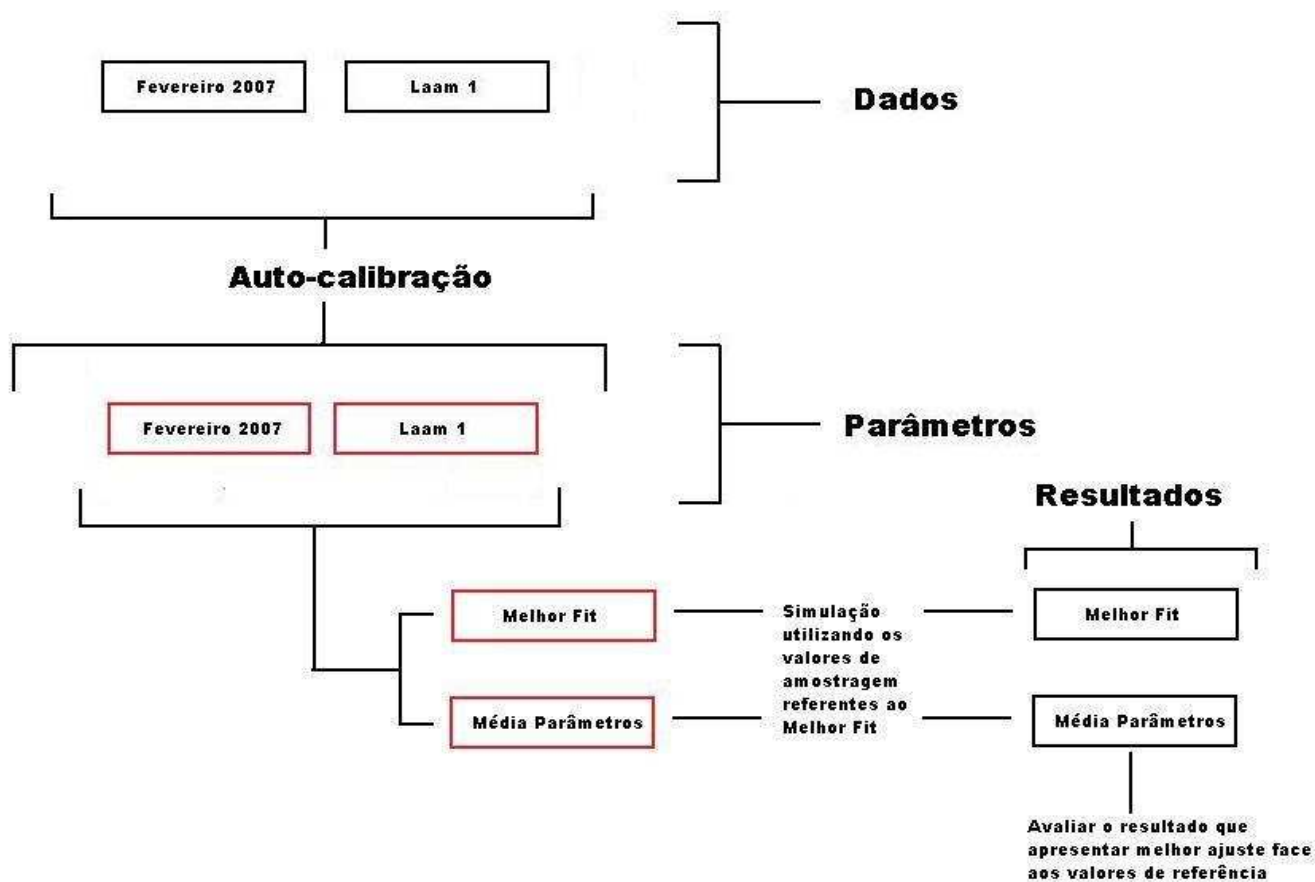


Figura 13 - Esquema do funcionamento do processo de aplicação da modelação matemática aos vários conjuntos de valores.

5.4.1. Fevereiro de 2007

Os valores obtidos para a auto-calibração efectuada com os dados obtidos para Fevereiro de 2007 apresentam-se no Anexo O. O ajuste obtido, quantificado como indicado na secção *Métodos de Cálculo e Calibração*, foi de 1,51.

5.4.2. 3ª Campanha

Os valores obtidos para a auto-calibração efectuada com os dados obtidos para a terceira campanha de amostragem, apresentam-se no Anexo O. O ajuste obtido foi de 4,83.

5.4.3. Média dos parâmetros

O ajuste obtido utilizando a média dos parâmetros foi de 4,55. Este valor foi inferior ao melhor encontrado e os seus resultados de qualidade de água não são aqui apresentados. O uso desta média não apresenta vantagens.

5.5. Resultados de Simulação

5.5.1. Resultados de Simulação - Fevereiro de 2007

Os resultados da simulação de qualidade de água ao longo do percurso seleccionado estão representados com os valores reais nas Figura 14 a Figura 23. Os pontos apresentados a vermelho correspondem aos mínimos do método seleccionado, para as situações em que este não foi atingido durante a análise das amostras recolhidas. Os valores obtidos discriminados são apresentados no Anexo P.

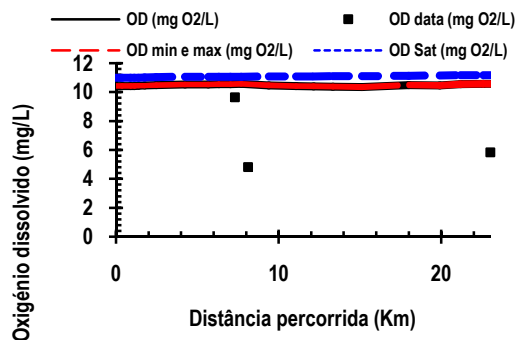


Figura 14 - Evolução do Oxigénio dissolvido ao longo do percurso seleccionado.

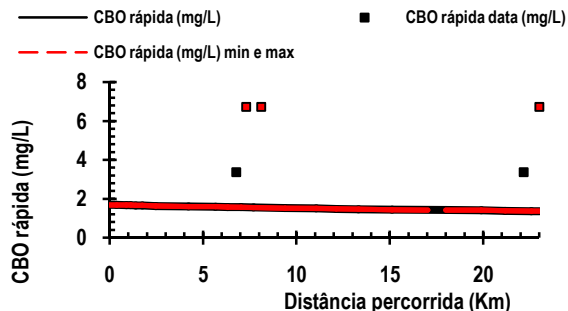


Figura 15 - Evolução de CBO rápida ao longo do percurso seleccionado.

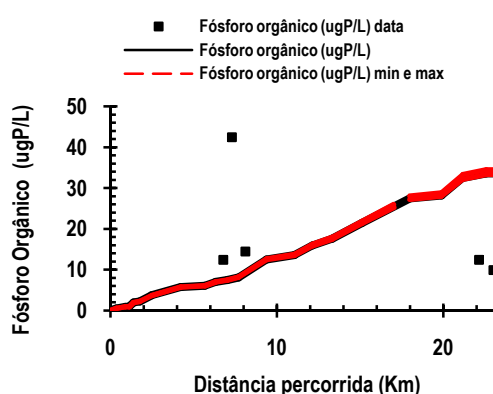


Figura 16 - Evolução de Fósforo orgânico ao longo do percurso seleccionado.

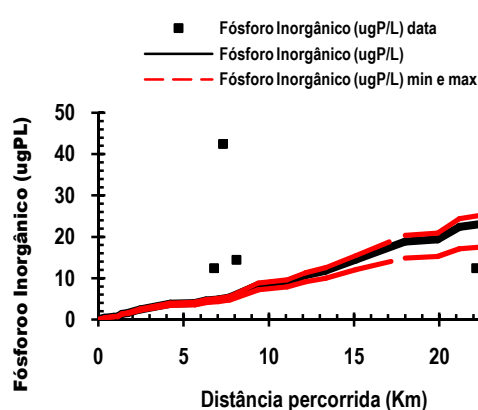


Figura 17 - Evolução do Fósforo inorgânico ao longo do percurso seleccionado.

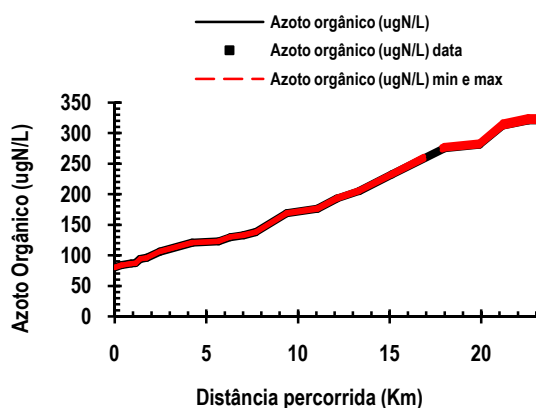


Figura 18 - Evolução do Azoto orgânico ao longo do percurso seleccionado.

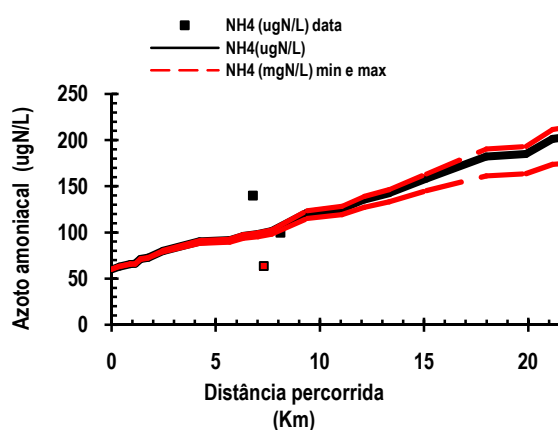


Figura 19 - Evolução do Azoto amoniacal ao longo do percurso seleccionado.

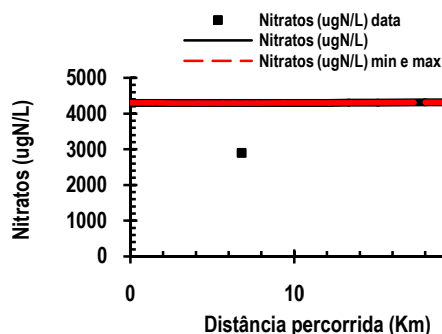


Figura 20 - Evolução dos Nitratos ao longo do percurso seleccionado.

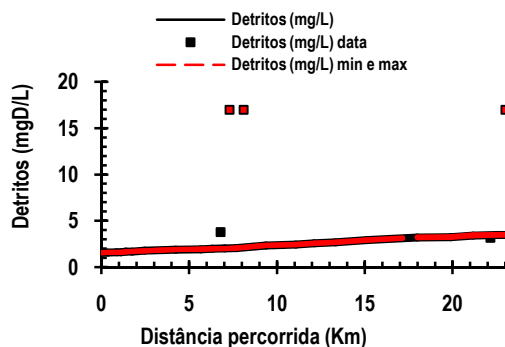


Figura 21 - Evolução dos Detritos ao longo do percurso seleccionado.

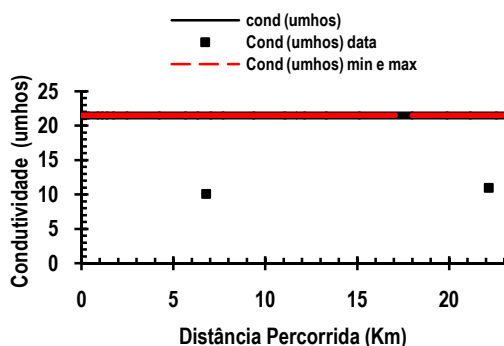


Figura 22 - Evolução de Condutividade ao longo do percurso seleccionado.

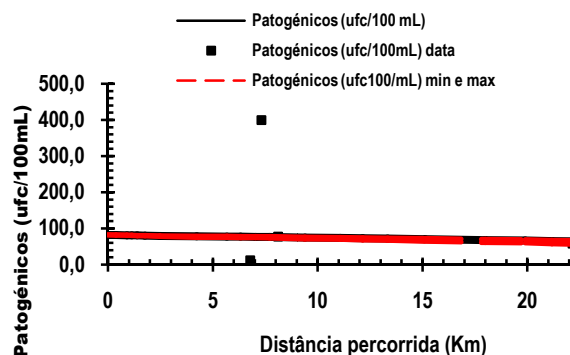


Figura 23 - Evolução de Patogénicos ao longo do percurso seleccionado.

A avaliação geral que se obtém a partir da observação dos gráficos de perfil da qualidade da água resultantes do processo de simulação é que o ajuste entre os valores de qualidade de água reais e simulados não se constitui de boa qualidade. Verifica-se uma especial discordância entre os valores reais de duas fontes distintas, o que prejudica o ajuste dos valores simulados. Existe coerência entre as ordens de grandeza obtidas na simulação e as das amostragens. Os comportamentos dos perfis tendem a ser semelhantes à realidade, exceptuando-se o caso do fósforo, em que se obtém uma tendência ascendente que não correspondeu à realidade. Existem casos em que alguns valores reais discordam entre si e dos valores simulados. Isto dever-se-á à baixa fiabilidade dos dados provenientes de fontes diferentes. No entanto, verifica-se que as gamas apresentadas se situam próximas das encontradas na secção *Caracterização da Qualidade de Água do Meio Receptor*.

5.5.2. Resultados Simulação - 3º Campanha

Os resultados da auto-calibração efectuada utilizando dados da 3ª Campanha de amostragem, encontram-se representados graficamente desde a Figura 24 à Figura 33. A descrição exaustiva destes é apresentada no Anexo P. Novamente os pontos que na análise laboratorial não atingiram o mínimo de detecção do método encontram-se representados a vermelho e não foram considerados para a calibração do modelo.

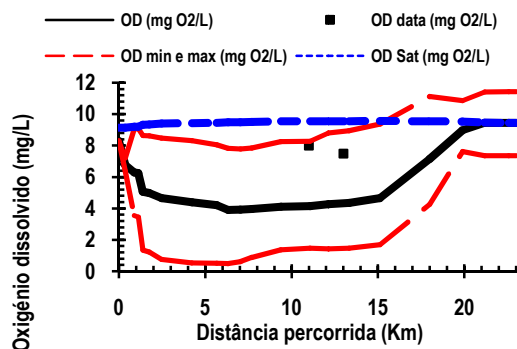


Figura 24 - Evolução do Oxigénio dissolvido ao longo do percurso seleccionado.

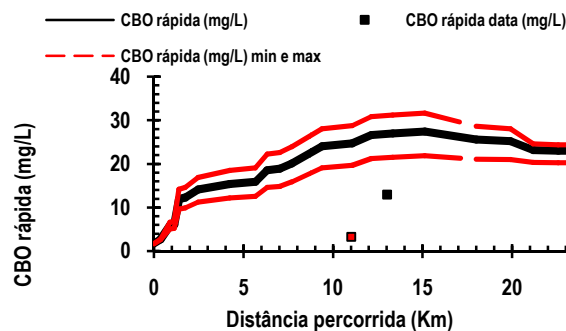


Figura 25 - Evolução de CBO rápida ao longo do percurso seleccionado.

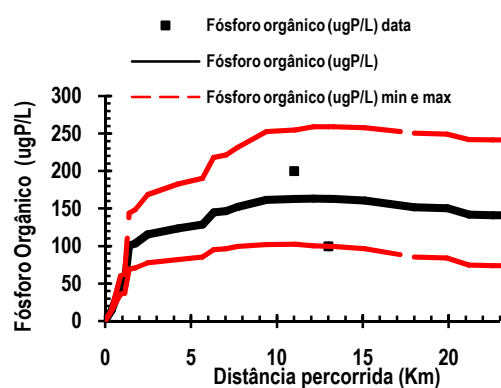


Figura 26 - Evolução de Fósforo orgânico ao longo do percurso seleccionado.

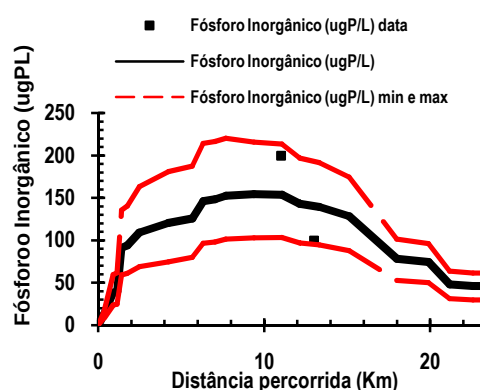


Figura 27 - Evolução do Fósforo inorgânico ao longo do percurso seleccionado.

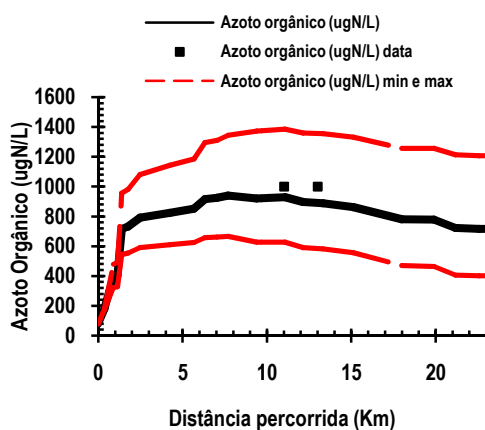


Figura 28 - Evolução do Azoto orgânico ao longo do percurso seleccionado.

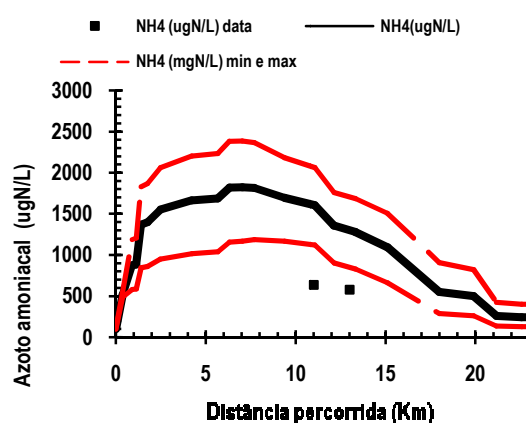


Figura 29 - Evolução do Azoto amoniacal ao longo do percurso seleccionado.

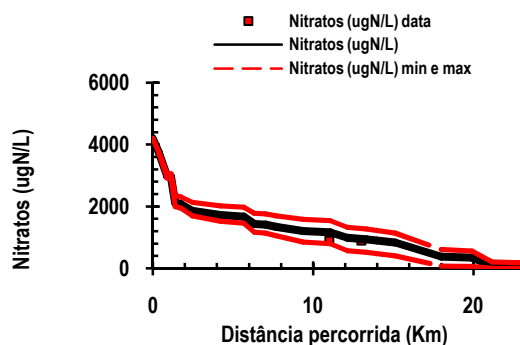


Figura 30 - Evolução dos Nitratos ao longo do percurso seleccionado.

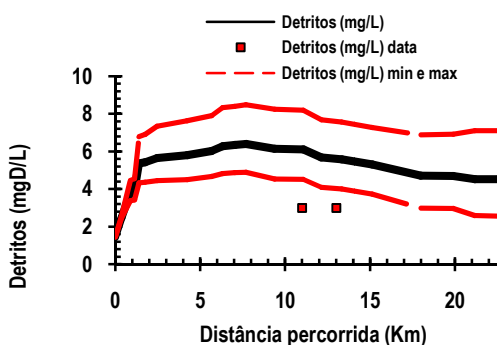


Figura 31 - Evolução dos Detritos ao longo do percurso seleccionado.

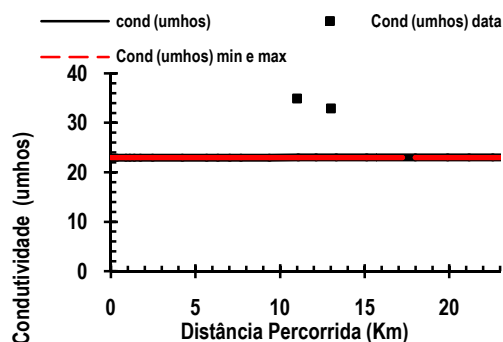


Figura 32 - Evolução de Condutividade ao longo do percurso seleccionado.

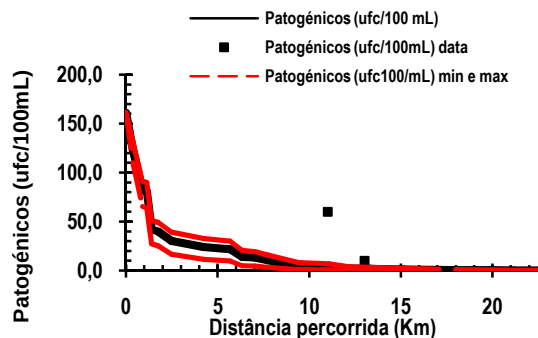


Figura 33 - Evolução de Patogénicos ao longo do percurso seleccionado.

Os resultados obtidos para a modelação utilizando dados de qualidade de água real obtidos por amostragem a 2 de Junho apresentam um ajuste elevado, denotando-se uma melhor adaptação dos valores simulados do que a encontrada nos resultados anteriores. Os valores das amostragens situam-se na maior parte dos casos dentro dos limites mínimos e máximos previstos. As excepções dão-se no caso da CBO rápida, onde se obtém um aumento anormal do valor imediatamente a jusante da Albufeira do Touvedo. Detecta-se um padrão de alteração dos valores de qualidade de água, mais acentuado no caso referido, sensivelmente a 2 km da Albufeira do Touvedo. Este fenómeno carece de estudo através de uma análise de sensibilidade que permitiria avaliar qual a origem deste comportamento. Os valores de Azoto Amoniacal situam-se igualmente abaixo dos limites obtidos, mas os valores das amostragens não atingiram o mínimo de detecção do método, e assim não assumem relevância. O mesmo acontece com os valores de SST. Os valores de bactérias indicadores de substâncias patogénicas simulados situam-se um pouco abaixo dos valores reais obtidos por amostragem, mas são da mesma ordem de grandeza. Os valores aqui obtidos aproximam-se dos calculados na secção *Caracterização da Qualidade de Água do Meio Receptor*, com excepção do caso da CBO rápida na situação já mencionada.

5.6. Conclusões do Capítulo

A qualidade dos resultados obtidos por modelação depende fortemente da qualidade dos dados introduzidos.

Uma mais extensa caracterização da linha de água, incluindo recolha mais intensiva de valores de qualidade reais, de monitorização de entradas e saídas, e extensão a todo o comprimento desta permitiria obter melhores resultados para a simulação.

A possibilidade de obtenção de dados distanciados temporalmente permite caracterizar melhor os parâmetros internos físicos, químicos e biológicos da simulação da evolução da qualidade de água no meio hídrico.

Os resultados obtidos beneficiariam de uma análise de sensibilidade realizada com uma maior quantidade de dados.

O melhor ajuste dos valores simulados aos valores reais obtido permite realizar uma avaliação do impacto causado pelas descargas efectuadas pelas ETAR em estudo geridas pela AdML.

6.Avaliação de Impacto e Qualidade

A avaliação do impacto das descargas das estações de tratamento de águas residuais consiste numa fase de análise de variação da qualidade da água, seguida por uma fase de comparação com valores de referência. A primeira abrange duas perspectivas distintas:

- a comparação entre valores históricos de qualidade de água, avaliando o efeito dos investimentos realizados a nível de estações de tratamento e dos interceptores de água residual;
- a discussão dos valores obtidos por amostragem dos pontos a montante e a jusante destas estações.

Como valores de referência para a segunda perspectiva de avaliação do impacto foram utilizados:

- os valores encontrados no Anexo XXI do Decreto-lei nº 236/98, de 1 de Agosto de 1998, apresentados no Anexo S;
- o sistema de classificação da qualidade de água em função dos valores de parâmetros considerados relevantes, disponibilizado pelo INAG, apresentado na Tabela 41 e Tabela 42.

6.1. Avaliação com base na compilação de dados existentes - valores históricos

A comparação de valores históricos de qualidade de água antes e após a entrada em funcionamento das ETAR em estudo foi realizada recorrendo aos dados encontrados no Anexo D. Os parâmetros seleccionados pretendem ser representativos da evolução da qualidade da água temporalmente, sendo esta escolha também realizada em função da quantidade de dados disponíveis. Foram avaliados os comportamentos dos valores médios anuais de modo a obter uma maior robustez e representatividade da realidade.

O arranque das ETAR em estudo deu-se entre 2005 e 2006. Associado a estas alargou-se o sistema interceptor, o que resultou em maiores caudais de águas residuais urbanas recolhidas e conduzidas para tratamento e rejeição final. A evolução destes valores, fornecidos pela AdML, encontra-se na Tabela 29. Assumindo que o número de habitantes da região não registou um crescimento elevado (INE,2007), pode-se concluir que a percentagem de população servida aumentou significativamente. De igual modo, a quantidade de efluente rejeitado para o meio receptor hídrico sem tratamento terá diminuído.

Tabela 29 - Caudais médios diários recolhidos para tratamento pelo sistema interceptor e dirigido para as estações de tratamento.

	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
Ponte de Lima								
2001 (m ³ /dia)	480	168	219	304	211	491	614	295
2008 (m ³ /dia)	1830	3012	2451	1857	1687	1780	1682	1679
Ponte da Barca								
2001 (m ³ /dia)	407	330	291	246	327	274	138	163
2008 (m ³ /dia)	429	513	453	451	434	524	291	257
Arcos de Valdevez								
2001 (m ³ /dia)	480	750	736	702	1006	882	714	670
2008 (m ³ /dia)	1241	1659	1491	1305	1125	1005	882	792

A Figura 34 apresenta os valores médios de SST para os anos de 1999 e 2006. Os valores de 1999 representam a qualidade da água antes da entrada em funcionamento das ETAR. A outra série refere-se à situação após a entrada em funcionamento das estações em análise. Optou-se por representar estas séries típicas para facilitar a análise e não sobrecarregar as representações com informação.

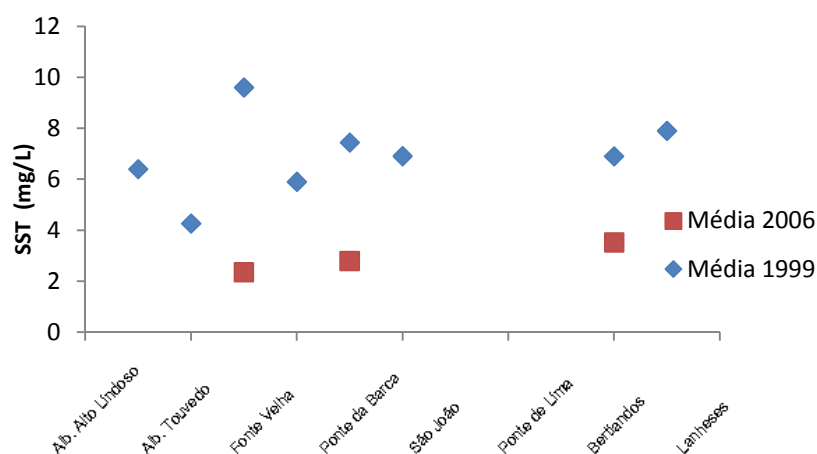


Figura 34 - Representação do perfil de SST no Rio Lima antes e após a entrada em funcionamento das ETAR.

Verifica-se que os valores em 2006 se situam abaixo dos referentes ao ano de 1999. Isto denota a melhoria de qualidade de água consequente da entrada em funcionamento das ETAR em 2005 e 2006 e do alargamento do sistema interceptor.

A Figura 35 apresenta os valores obtidos para o Fósforo total.

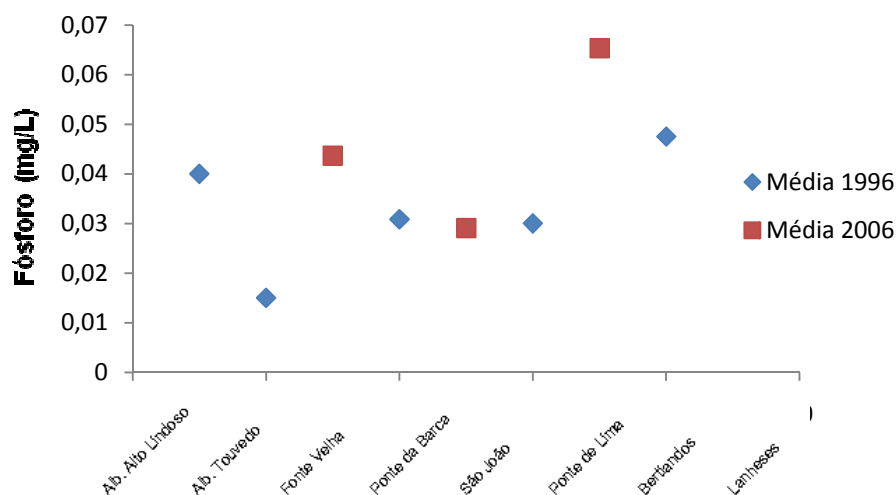


Figura 35 - Representação do perfil de Fósforo total no Rio Lima antes e após a entrada em funcionamento das ETAR.

Neste caso não se verificam melhorias significativas. O impacto associado a este tipo de composto é o fenómeno de eutrofização. Como referido na *Introdução* (Instituto da Água 2000), esta situação ocorre tipicamente apenas nas Albufeiras do Touvedo e do Alto Lindoso, situadas a montante das ETAR em estudo. Existe uma correlação, demonstrada na secção *Caracterização da Qualidade de Água do Meio Receptor*, entre o valor de Fósforo e o valor de compostos de Azoto encontrados, e assim admite-se um comportamento semelhante para este tipo de substâncias.

Na Figura 36 apresenta-se a situação referente aos valores de CQO.

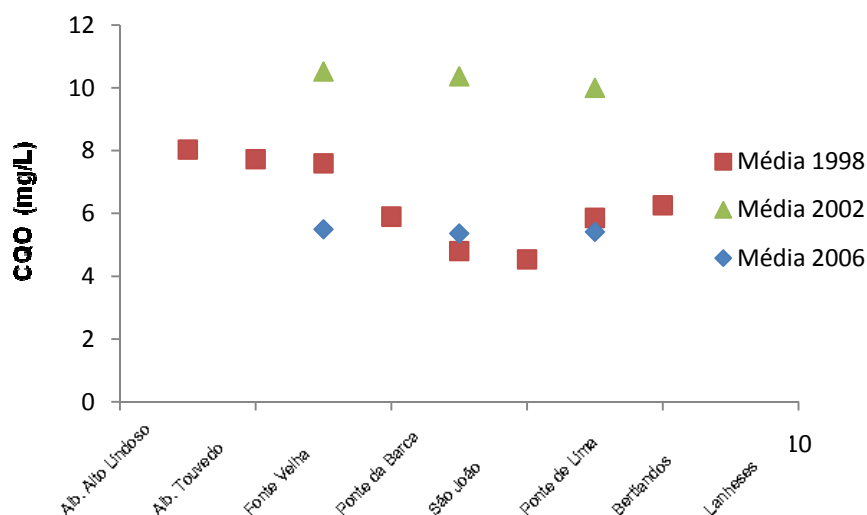


Figura 36 - Representação do perfil de CQO no Rio Lima antes e após a entrada em funcionamento das ETAR.

Neste caso registam-se duas situações distintas nos valores antes da entrada em funcionamento das estações de tratamento. No período anterior ao ano 2000 os valores aproximam-se mais dos referentes à entrada em funcionamento das estações. No entanto os valores pós-2000 apresentam-se mais elevados. Isto dever-se-á à ordem de grandeza dos valores apresentados. Considerando o comportamento dos valores de CQO habitual, as diferenças registadas não são muito elevadas. Pode-se verificar que os valores para o ano de 2006 se situam quase sempre abaixo dos valores referentes às outras séries, existindo algumas excepções nos valores do ano de 1998. Na secção *Caracterização da Qualidade de Água do Meio Receptor* evidencia-se a correlação dos valores de CQO com os valores de CBO₅. Admite-se assim que os comportamentos são semelhantes.

6.2. Avaliação de Impacto Directo da Descarga de Cada ETAR

6.2.1. Avaliação da Mistura nos Pontos de Amostragem

A mistura do efluente tratado descarregado pelas ETAR em estudo no meio hídrico receptor nos pontos de amostragem a jusante pode ser avaliada através de um balanço mássico, onde C representa o valor de um dado parâmetro de qualidade de água:

$$C_{jusante} = \frac{C_{montante} \times Caudal_{montante} + C_{descarga} \times Caudal_{descarga}}{Caudal_{montante} + Caudal_{descarga}}$$

Os resultados obtidos através desta análise encontram-se na Tabela 30 e Tabela 31.

Tabela 30 - Resultados obtidos para a comparação entre os valores a jusante das ETAR obtidos por amostragem e por estimação de SST.

ETAR	Caudal do rio (m ³ /s)	SST Montante (mg/L)	SST descarga (mg/L)	Caudal de descarga (m ³ /s)	SST Jusante (mg/L)	SST calculado (mg/L)
Ponte de Lima	31,4	1,0	5,3	0,027	1,1	1,0
Ponte da Barca	21,5	1,9	11,3	0,0052	1,8	1,9
Arcos de Valdevez	3,0	<1,0	13,3	0,017	1,0	<1,1

Tabela 31 - Resultados obtidos para a comparação entre os valores a jusante das ETAR obtidos por amostragem e por estimação de CF.

ETAR	Caudal (m ³ /s)	CF Montante (mg/L)	CF descarga (mg/L)	Caudal de descarga (m ³ /s)	CF Jusante (mg/L)	CF calculado (mg/L)
Ponte de Lima	31,4	21000	620000	0,02745	11000	21524
Ponte da Barca	21,5	200	272000	0,00524	2450	266
Arcos de Valdevez	3,0	400	136000	0,01726	400	1175

A observação destes valores demonstra que os pontos de amostragem não representam perfeitamente a mistura dos efluentes descarregados nas ETAR da bacia hidrográfica com o caudal da linha de água. No entanto, podemos assumir que a sua aproximação permite realizar uma discussão dos resultados desde que efectuada com a atenção requerida.

A observação dos valores recolhidos por amostragem a montante e a jusante das ETAR em estudo permitem avaliar o impacto que as descargas de efluente tratado efectuadas têm na qualidade de água do meio hídrico receptor.

A ordem de grandeza registada pelas análises laboratoriais realizadas a estas amostras revela-se demasiado baixa para observar qualquer impacto significativo. De facto existem diversos casos em que os mínimos de detecção do método não foram atingidos. As situações em que existem degradações da qualidade de água de montante para jusante de uma descarga de efluente tratado apresentam uma variação de valores pouco significativa, que não pode ser considerada como um verdadeiro impacto face às ordens de grandeza consideradas e mesmo ao erro associado aos métodos de análise.

As situações em que a qualidade de água do meio hídrico parece melhorar de montante para jusante podem ser explicadas igualmente pelo erro do método de análise ou pela existência de correntes preferenciais de mistura da descarga efectuada associada a um foco de poluição que altera a qualidade das amostras recolhidas a montante da descarga da ETAR em estudo.

A comparação dos valores de qualidade de água obtidos na 1^a e 2^a campanha analítica com os valores existentes (históricos) apresentados no capítulo *Recolha e Aquisição de Dados* mostra que os primeiros se situam em gamas com valores menores ou iguais aos segundos. A gama de valores menores atingida em alguns casos pode representar uma melhoria da qualidade da água após a entrada em actividade das ETAR em estudo.

6.3. Avaliação da Qualidade da Água

6.3.1. Enquadramento Legal

A avaliação da aptidão de uma água para um uso determinado está legislada no Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto. As utilizações de água superficial a que este documento se refere consistem no consumo humano após tratamento e a actividade balnear, sendo esta última a mais importante na região onde o meio hídrico em estudo se insere.

Os valores limites para os parâmetros de qualidade de água estabelecidos na legislação dividem-se entre valores máximos admissíveis (VMA) e recomendáveis (VMR). Para cada uso estão estabelecidos os períodos e as frequências de amostragem, bem como o número mínimo de amostras, em percentagem, que devem respeitar os valores máximos estabelecidos para que a água se considere apta para o uso determinado.

Devido à natureza do trabalho aqui descrito, e às limitações de tempo e disponibilidade, não se efectuaram amostras com a frequência prevista neste documento legislador. As amostras e análises realizadas foram apenas de carácter pontual e de avaliação de impacto. Como tal, o significado previsto para as referências legais VMA e VMR não são válidos neste âmbito, servindo apenas como referência na avaliação da qualidade da água e do impacto provocado pela descarga de efluente tratado efectuada pelas ETAR na bacia hidrográfica do Rio Lima.

6.3.1.1. Produção de Água para Consumo Humano

Os valores estabelecidos para qualidade de águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano, directa e indirectamente, encontram-se no Anexo S. Os valores de referência são apresentados em função do tipo de tratamento a que uma água com as dadas características teria de ser sujeita. A classe A1 refere-se a tratamento físico e desinfecção. A classe A2 acrescenta o tratamento químico. A classe A3 adiciona tratamento químico de afinação.

6.3.1.1.1. 1ª Campanha

As situações em que os valores estabelecidos na legislação para a classe A1 foram ultrapassados pelos valores das amostragens da 1ª Campanha foram as seguintes:

- as amostras recolhidas a montante e a jusante das ETAR Lanheses/Geraz do Lima (6,03 e 6,04) e Arcos de Valdevez (6,35 e 6,40) não respeitaram o VMR de pH (6,5-8,5);

- a amostra recolhida a jusante da ETAR de Ponte de Lima (5 mg CBO₅/L) não respeitou o VMR de CBO₅ (3 mg CBO₅/L).

As amostras que não respeitaram os valores estabelecidos para a classe A1 apresentaram valores sempre inferiores aos estabelecidos para a classe A2.

Os restantes parâmetros analisados respeitaram os valores estabelecidos para a classe A1.

6.3.1.1.2. 2ª Campanha

As situações em que os valores estabelecidos na legislação para a classe A1 foram ultrapassados pelos valores das amostragens da 2ª Campanha foram as seguintes:

- as amostras recolhidas a montante e a jusante da ETAR de Lanheses/Geraz do Lima (55 e 160 ufc/100 mL), da ETAR de Arcos de Valdevez (40 e 40 ufc/100 mL), da ETAR de Ponte de Lima (2100 e 1100 ufc/100 mL) e a jusante da ETAR de Ponte da Barca (254 ufc/100 mL) não respeitaram o VMR de Coliformes Fecais (20 ufc/mL);
- as amostras recolhidas a montante e a jusante das ETAR de Ponte da Barca (1000 e 2580 ufc/100 mL), de Arcos de Valdevez (745 e 1600 ufc/100 mL), de Lanheses/Geraz do Lima (355 e 6000 ufc/100 mL) e de Ponte de Lima (19000 e 10400 ufc/100 mL) não respeitaram o VMR de Coliformes Totais.

As situações em que os valores estabelecidos na legislação para a classe A2 foram ultrapassados pelos valores das amostragens da 2ª Campanha foram as seguintes:

- a amostra recolhida a montante da ETAR de Ponte de Lima (2100 ufc/100 mL) não respeitou o VMR de Coliformes Fecais (2000 ufc/100 mL);
- as amostras recolhidas a jusante da ETAR de Lanheses/Geraz do Lima (6000 ufc/100 mL) e a montante e jusante da ETAR de Ponte de Lima (19000 e 10400 ufc/100 mL) não respeitaram o VMR de Coliformes Totais (5000 ufc/100 mL).

6.3.1.2. Águas Balneares

Os valores estabelecidos para a qualidade de águas balneares encontram-se na Anexo S.

6.3.1.2.1. 1ª Campanha

Os valores de parâmetros de qualidade de água obtidos por análise das amostras recolhidas na 1ª Campanha de amostragem respeitam em todos os casos os valores estabelecidos na legislação.

6.3.1.2.2. 2ª Campanha

As situações em que os valores estabelecidos na legislação para Águas Balneares foram ultrapassados pelos valores das amostragens da 1ª Campanha foram as seguintes:

- as amostras recolhidas a jusante das ETAR de Lanheses/Geraz do Lima (160 ufc/100 mL), de Ponte de Lima (1100 ufc/100 mL) e de Ponte da Barca (254 ufc/100 mL) não respeitaram o VMR de Coliformes Fecais (100 ufc/100 mL);
- as amostras recolhidas a montante e a jusante da ETAR de Ponte de Lima (19000 e 10400 ufc/100 mL) não respeitaram o VMA de Coliformes Fecais;
- as amostras recolhidas a montante e jusante das ETAR de Arcos de Valdevez (745 e 1600 ufc/100 mL), Ponte da Barca (1000 e 2580 ufc/100 mL) e Ponte de Lima (19000 e 10400 ufc/100 mL) e a jusante da ETAR de Lanheses/Geraz do Lima (6000 ufc/100 mL) não respeitaram o VMR de Coliformes Totais (100 ufc/100 mL).

6.3.1.3. Descargas

A análise da qualidade das descargas de efluente tratado realizadas para o meio receptor em questão apenas foi efectuada no contexto da segunda campanha de amostragem.

A legislação vigente sobre a eficiência e sobre as características do efluente descarregado encontra-se no Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de Junho. Como referido na secção *Revisão Bibliográfica*, as zonas de descargas abordadas não estão classificadas como zonas sensíveis à eutrofização. Os valores estabelecidos na legislação para a qualidade de água destas descargas, comuns a zonas sensíveis e não-sensíveis à eutrofização, são apresentados na Tabela 32.

Tabela 32 - Valores encontrados na legislação para as descargas de efluente tratado realizadas pelas ETAR.

SST (mg/L)	CQO (mg O ₂ /L)	CBO5 (mg O ₂ /L)
35	125	25

A situação em que os valores estabelecidos na legislação para as descargas de efluente tratado foram ultrapassados pelos valores das amostragens destas foi a seguinte:

-a amostra recolhida na descarga da ETAR de Ponte da Barca na 3ª Campanha não respeitou o valor de concentração previsto de CBO₅.

Como descrito na secção Enquadramento Legal, a gestão das ETAR pela AdML está regida por Licenças de Descarga emitidas pela ARH. Os valores estabelecidos por estas são apresentados na Tabela 33 (AdML 2008).

Tabela 33 - Valores limite estabelecidos nas Licenças de Descarga.

pH	CQO (mg/L)	CBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)
6-9	125	25	35

A situação em que os valores estabelecidos nas Licenças de Descarga foram ultrapassados pelos valores das amostragens realizadas nas descargas das ETAR em estudo foi a seguinte:

-a amostra recolhida na descarga da ETAR de Ponte da Barca na 3ª Campanha não respeitou o valor de CBO₅

6.3.2. Valores de Referência do INAG

Os valores das classificações atribuídas pelo INAG para cada parâmetro de qualidade de água considerado encontram-se na Tabela 34 (Instituto de Água 2009).

Tabela 34 - Valores e classes de referência para a qualidade de água em função do seu uso fornecidos pelo INAG.

Parâmetro\Classe	A	B	C	D	E
pH	6,5-8,5	-	6,0-9,0	5,5-9,5	5,0-10,0
Condutividade (µS/cm, 20°C)	<=750	751-1000	1001-1500	1501-3000	>3000
Sat OD (%)	>=90	89-70	69-50	49-30	<30
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	<=3,0	3,1-5,0	5,1-8,0	8,1-20,0	>20,0
CQO (mg O ₂ /L)	<=10,0	10,1-20,0	20,1-40,0	40,1-80,0	>80,0
Oxidabilidade (mg O ₂ /L)	<=3,0	3,1-5,0	5,1-8,0	8,1-20,0	>20,0
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	<=0,10	0,11-1,00	1,10-2,00	2,01-5,00	>5,00
Nitratos (mg NO ₃ /L)	<=5,0	5,0-25,0	25,1-50,0	50,1-80,0	>80,0
SST (mg/L)	<=25,0	25,1-30,0	30,1-40,0	40,1-80,0	>80,0
Nitritos (mg NO ₂ /L)	<=0,01	0,011-0,020	0,021-0,15	0,16-0,3	>0,3
Coliformes Totais (/100 mL)	<=50	51-5000	5001-50000	>50000	-
Coliformes Fecais (/100 mL)	<=20	21-2000	2001-20000	>2000	-
Estreptococos fecais (/100 mL)	<=20	21-2000	2001-20000	>2000	-

A descrição das classes que este sistema utiliza para a classificação das águas superficiais segundo a sua capacidade de sustentar a actividade encontra-se na Tabela 35.

Tabela 35 - Descrição das classes consideradas pelo INAG para a caracterização de águas superficiais em função do seu uso.

Classe	Designação	Descrição
A	Sem Poluição	Águas consideradas como isentas de poluição, aptas a satisfazer potencialmente as utilizações mais exigentes em termos de qualidade.
B	Fracamente Poluído	Águas com qualidade ligeiramente inferior à classe A, mas podendo também satisfazer potencialmente todas as utilizações.
C	Poluído	Águas com qualidade "aceitável", suficiente para irrigação, para usos industriais e produção de água potável após tratamento rigoroso. Permite a existência de vida piscícola (espécies menos exigentes) mas com reprodução aleatória; apta para recreio sem contacto directo.
D	Muito Poluído	Águas com qualidade "medíocre", apenas potencialmente aptas para irrigação, arrefecimento e navegação. A vida piscícola pode subsistir, mas de forma aleatória.
E	Extremamente Poluído	Águas ultrapassando o valor máximo da Classe D para um ou mais parâmetros. São consideradas como inadequadas para a maioria dos usos e podem ser uma ameaça para a saúde pública e ambiental.

A classificação atribuída às amostras recolhida nos pontos descritos na secção *Recolha e Aquisição de Dados*, segundo a classificação sugerida pelo INAG, encontra-se na Tabela 36. Os pontos para os quais não existem valores de referência ou para os quais o limite inferior de detecção não foi atingido não se encontram representados.

Tabela 36 – Classificação atribuída às amostras recolhidas no desenvolvimento deste estudo segundo os valores de referência do INAG .

Parâmetro/Local de Amostragem	Arcos de Valdevez Montante	Arcos de Valdevez Jusante	Ponte da Barca Montante	Ponte da Barca Jusante	Ponte de Lima Montante	Ponte de Lima Jusante	Lanheses/Geraz do Lima Montante	Lanheses/Geraz do Lima Jusante
pH	C	C	A	A	A	A	C	C
CQO	A	A	A	B	-	B	-	-
CBO ₅	A	A	A	B	A	B	A	A
SST	A	A	A	A	A	A	A	A
Oxidabilidade	A	A	A	A	A	A	A	A
Coliformes Fecais	B	B	A	B	C	B	B	B
Coliformes Totais	B	B	B	B	C	C	B	C
Classificação Final	C	C	B	B	C	C	C	C

A classificação final atribuída ao troço que abrange a ETAR de Arcos de Valdevez em termos de qualidade de água a montante e a jusante não sugere que exista uma degradação desta. A colocação na classe de *poluído* resulta dos valores de pH encontrados, que estão relacionados com a geologia do terreno (Instituto de Água, 2000).

O rio Lima após a descarga de efluente tratado a partir da ETAR da Ponte da Barca manteve-se como *fracamente poluído*. Isto deve-se aos valores registados de Coliformes Totais. No entanto existem outros parâmetros (como a CQO e a CBO₅) que alteram a sua classe de montante para jusante, mas sem efeito na classificação final. O INAG indica que as amostras classificadas neste nível pode sustentar todo o tipo de actividades, mas que é possível detectar-se uma diferença de qualidade em comparação com o nível superior.

A observação dos resultados obtidos não permite identificar uma degradação da qualidade da água sobre o efeito das descargas de efluente tratado pela ETAR de Ponte de Lima. A classificação atribuída após consulta dos valores de referência do INAG mantém-se como *poluída*. O estudo dos valores discriminados permite concluir que esta classificação se verifica devido aos parâmetros de Coliformes Fecais e Totais. Segundo o INAG, no entanto, as águas classificadas como *poluídas* podem potencialmente satisfazer todos os tipos de usos a que estão sujeitas com a devida atenção, excepto o recreio com contacto directo que não é aconselhado.

A análise das amostras a montante e jusante da descarga de efluente tratado pela ETAR de Lanheses/Geraz do Lima sugere que não existe um impacto na qualidade da água. O facto de a qualidade ser classificada como *poluída* deve-se essencialmente ao valor de pH e de Coliformes Totais. No entanto este primeiro parâmetro está altamente sujeito às condições geológicas da

bacia hidrográfica, sendo portanto difícil atribuir a sua origem a uma fonte de poluição (Instituto da Água, 2000). Esta classificação indica que a água tem condições aceitáveis para fins industriais, de recreio e de captação para consumo humano após tratamento rigoroso.

6.3.3. Comparação de Valores de Qualidade Simulados com Valores de Referência

Os resultados obtidos no processo de modelação que apresentaram melhor ajuste aos valores amostrados, como descrito na secção *Modelação Matemática*, são aqui comparados com valores de referência. A referência seleccionada foi a fornecida pelo INAG e apresentada na Tabela 41 e na Tabela 42. Pretende-se obter uma descrição da adaptabilidade do recurso hídrico aos fins que lhe são destinados ao longo do seu percurso.

A Figura 37 apresenta a evolução do valor de oxigénio dissolvido obtida através da aplicação do modelo, no trecho definido, face aos valores de referência. Os valores representados referem-se aos limites superiores dos níveis de classificação. É também apresentado o ponto onde a descarga realizada pela ETAR de Ponte da Barca e a o rio Vez confluem com o rio Lima.

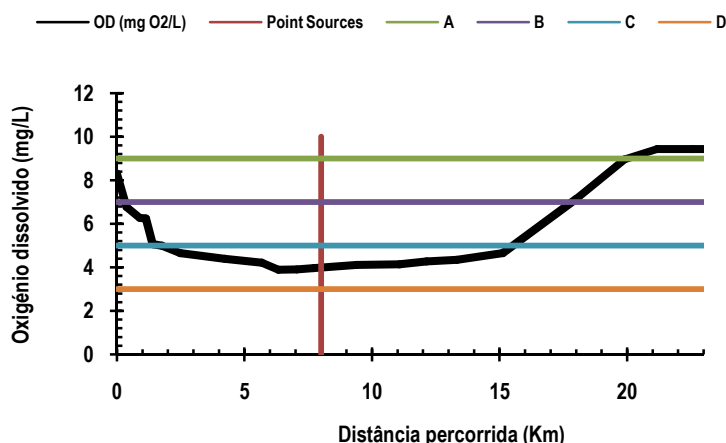


Figura 37 - Comparação dos valores de oxigénio dissolvido obtidos por modelação com a referência seleccionada.

Na Figura 37 verifica-se que o valor encontrado na Albufeira do Touvedo se encontra dentro dos valores de qualidade do nível B. No entanto este valor altera-se, situando-se na gama de valores de Oxigénio Dissolvido que do nível D. No entanto esta alteração dá-se a montante do ponto onde as cargas poluentes em estudo são introduzidas. Na secção final do percurso os valores deslocam-se para o nível A, *sem poluição*. Não se pode assim atribuir este comportamento à descarga de efluente tratado pelas ETAR geridas pela AdML.

A Figura 38 apresenta uma análise semelhante referente aos valores de SST, apresentando-se os limites superiores das classes de referência estabelecidas pelo INAG.

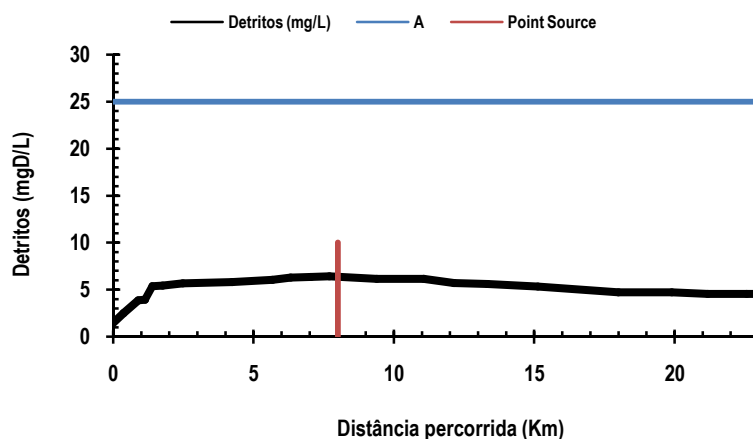


Figura 38 - Comparação dos valores obtidos por modelação de SST com a referência seleccionada.

A observação da Figura 38 demonstra que existe um aumento do valor de SST após a Albufeira do Touvedo. Após esta situação, o valor mantém-se constante, num intervalo que inclui o ponto de entrada das descargas de efluente tratado provenientes das ETAR consideradas, e que se prolonga até ao fim do trecho seleccionado. Pode-se afirmar que as descargas de efluente tratado efectuadas por estas ETAR não alteram o comportamento do valor de SST no trecho seleccionado, sendo que este se mantém sempre no nível A para águas *não poluídas*.

A Figura 39 apresenta a mesma análise referente aos valores de CBO rápida. Neste caso estes são comparados com os valores dos limites superiores de CBO₅ previstos na referência, por nível, devido à natureza das descargas efectuadas.

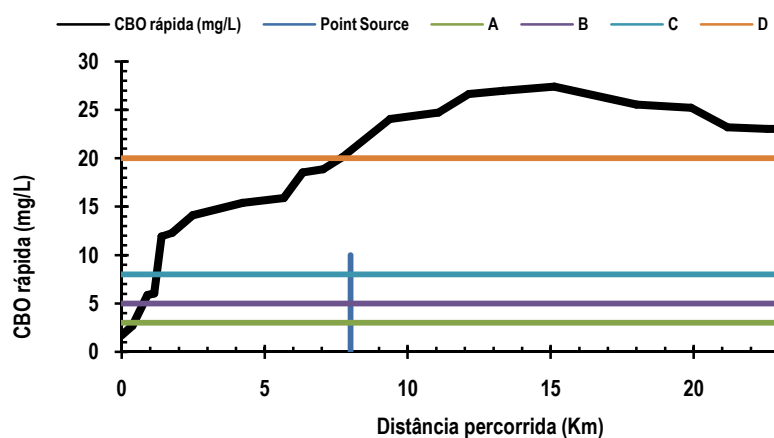


Figura 39 - Comparação de valores de CBO obtidos por modelação com a referência seleccionada.

A Figura 39 sugere um aumento de grandes dimensões nos valores de CBO rápida a jusante da Albufeira do Touvedo. Este aumento não é concordante com os valores obtidos por amostragem. A determinação da causa deste fenómeno requiere uma análise de sensibilidade cuidada, com recurso a uma maior quantidade de dados reais. Os valores simulados são substancialmente mais elevados que os valores de referência. Isto não permite tirar conclusões sobre o efeito das descargas efectuadas pelas ETAR em análise nesta secção.

A Figura 40 apresenta novamente a mesma análise realizada para os valores de Azoto Amoniacal.

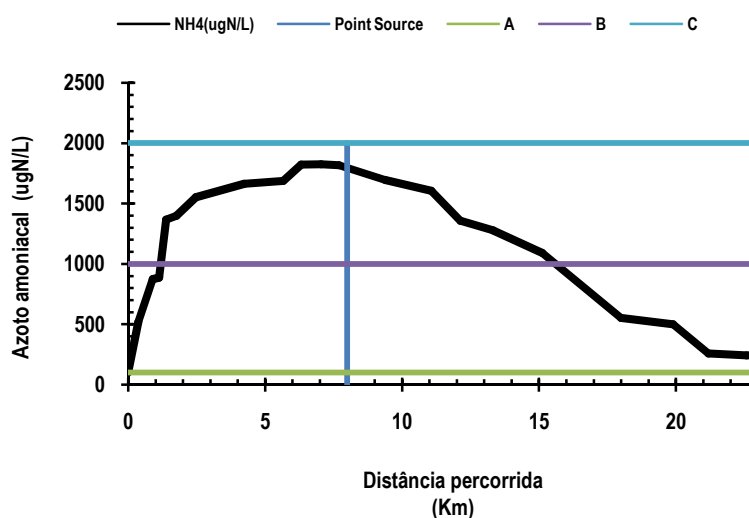


Figura 40 - Comparação entre valores de Azoto Amoniacal obtidos por modelação e os da referência seleccionada.

Novamente na Figura 40 verifica-se um aumento substancial dos valores modelados a jusante da Albufeira do Touvedo. Estes colocam-se assim dentro da gama de valores do nível C. No entanto, após o ponto onde as cargas poluentes são introduzidas na linha de água verifica-se uma diminuição deste valor, estabilizando na secção final do percurso. Este valor final está mais concordante com os valores amostrados, como descrito na secção *Modelação Matemática* e encontra-se dentro dos valores previstos para o nível B. As descargas de efluente tratado efectuado não terão impacte no valor de Azoto Amoniacal encontrado no recurso hídrico em estudo.

A Figura 41 apresenta os valores de Nitratos face aos valores de referência seleccionados.

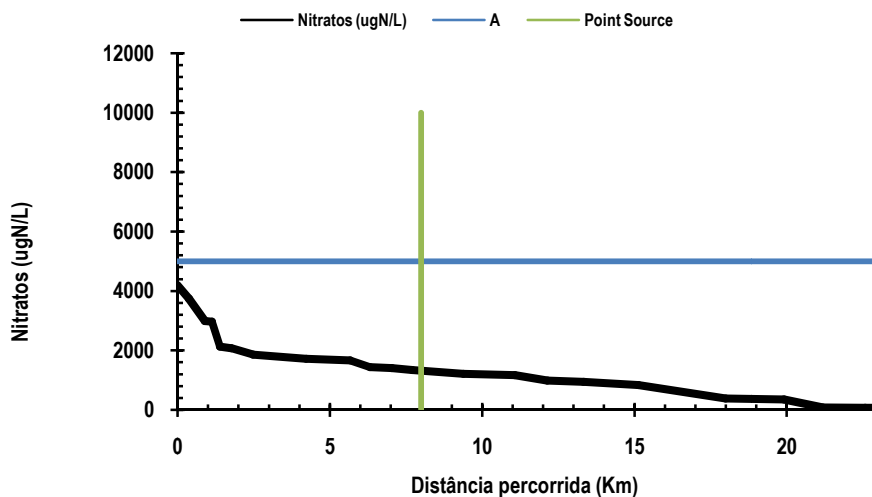


Figura 41 - Comparação de valores de Nitratos obtidos por modelação com a referência seleccionada.

A interpretação da Figura 41 demonstra que o valor de Nitratos se situa sempre numa gama largamente inferior aos limites da referência para o nível A. A introdução de uma carga poluente não aparenta ter um impacte significativo no valor modelado.

A análise realizada nos mesmos parâmetros aos valores de bactérias indicadoras de microrganismos patogénicos é apresentada na Figura 42. Os valores são apresentados numa escala logarítmica de base 10 para melhor representação. Neste caso a espécie indicadora considerada foram os Coliformes Fecais.

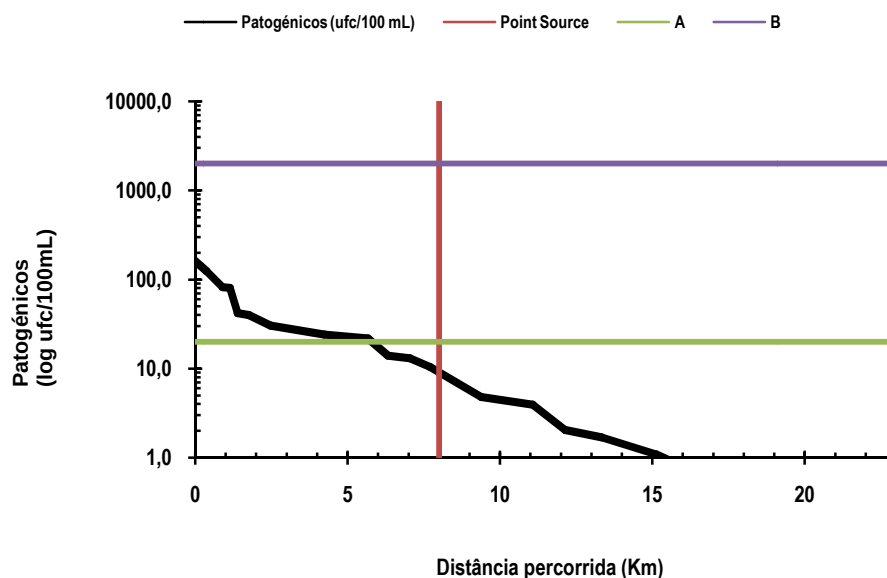


Figura 42 - Comparação dos valores de Coliformes Fecais obtidos por modelação com a referência seleccionada.

Neste caso o valor de Coliformes Fecais na Albufeira do Touvedo situa-se no nível B, mas ao longo do percurso do rio desloca-se para o nível A. O impacto da introdução de cargas poluentes não é detectado.

A Figura 43 apresenta a comparação entre os valores de pH obtidos por modelação e a referência seleccionada.

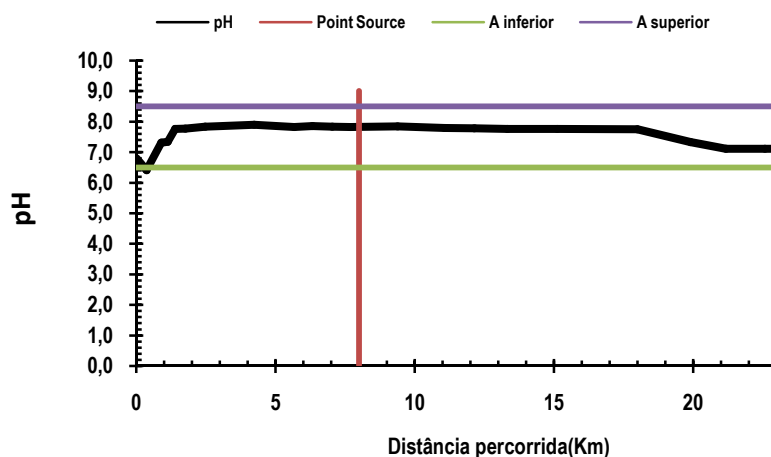


Figura 43 - Comparação entre valores obtidos por modelação de pH e a referência seleccionada.

Como se observa na Figura 43 existe um ligeiro aumento do valor de pH a montante da Albufeira do Touvedo. O valor estabiliza-se no intervalo que inclui os pontos de entrada das cargas poluentes em estudo, mantendo-se até ao troço final do percurso onde existe uma redução deste valor até níveis semelhantes aos encontrados na água considerada como livre de contaminações. As variações existentes não ultrapassam a gama de valores estabelecida para o nível A, *sem poluição*.

6.4. Conclusões do Capítulo

O estudo do impacto directo das descargas de efluente tratado nas instalações da AdML não permitiu identificar degradações da qualidade da água com origem na actividade das ETAR em estudo.

As situações em que os valores legais ou de referência não são respeitados não apresentam uma significância elevada, uma vez que os valores atingidos mantêm a mesma ordem de grandeza dos desejáveis.

A entrada em funcionamento das ETAR em estudo e as melhorias introduzidas no sistema interceptor provocou uma melhoria da qualidade de água a nível de SST e de matéria orgânica

presente no meio receptor. Os parâmetros de nutrientes Azoto e Fósforo não apresentam um padrão que sugira uma melhoria.

A comparação dos valores das amostras recolhidas com os valores estabelecidos pela legislação vigente apresenta poucas situações que poderão ter interesse vigiar:

- a descarga efectuada pela ETAR de Ponte da Barca não respeitou o valor de CBO_5 estabelecido;
- as amostras recolhidas a montante e a jusante da ETAR de Ponte de Lima não respeitaram o VMA de Coliformes Fecais.

O impacto provocado pelas descargas de efluentes tratados nas ETAR geridas pela AdML quando analisado face aos valores de referência do Instituto de Água, IP, não assume proporções elevadas, visto que não existe nenhum caso em que esta descarga resulte numa mudança de classe dos valores de referência. Os parâmetros para os quais se obtiveram resultados mais relevantes são o pH e os parâmetros microbiológicos.

A aplicação de um modelo matemática permitiu avaliar o comportamento dos parâmetros de qualidade de água face a valores de referência. Em casos pontuais esta análise não foi possível devido a anomalias detectadas nos resultados obtidos. No geral esta ferramenta demonstrou-se útil para este tipo de avaliação de impacto.

7. Conclusões Gerais e Sugestões de Trabalho Futuro

7.1. Conclusões Gerais

Os objectivos finais da dissertação desenvolvida englobaram:

- a compilação de dados de qualidade de água do rio Lima existentes, e a colmatação destes com recolha e análise de amostras conforme considerado necessário;
- a análise estatística dos dados históricos de qualidade de água recolhidos, obtendo-se uma caracterização do meio receptor hídrico que permite avaliar o impacto directo das descargas de cada ETAR e os valores de qualidade de água obtidos por modelação matemática face ao comportamento histórico observado;
- a aplicação de um modelo matemático que, após um processo de calibração, permita simular a variação dos valores de qualidade de água num trecho do rio Lima;
- a análise do resultado prático dos investimentos realizados no sistema de saneamento gerido pela AdML a nível da qualidade de água do rio Lima através dos dados históricos;
- a avaliação do impacto directo na qualidade de água do meio hídrico receptor das descargas de efluente tratado nas ETAR em estudo;
- a comparação dos valores de qualidade de água obtidos por amostragem no rio Lima com valores de referência;
- a avaliação do impacto das descargas de efluente tratado através da análise dos valores de qualidade de água obtidos por modelação matemática e comparação com valores de referência.

Verifica-se que estes objectivos foram cumpridos na sua totalidade.

O meio hídrico foi caracterizado utilizando métodos estatísticos, obtendo-se valores de correlação entre os parâmetros de qualidade dentro do expectável, sendo que foram identificadas também várias lacunas temporais nos dados históricos disponíveis que prejudicaram este tipo de análise.

A aplicação de um modelo foi objecto de uma calibração cuidada dos parâmetros físicos, químicos e biológicos inerentes ao funcionamento deste. Esta foi realizada utilizando dados reais referentes a diferentes cenários de modo a obterem-se resultados mais robustos. Verificou-se que a qualidade dos dados afecta fortemente a qualidade dos resultados, sendo que as características do rio Lima, com valores baixos e muito homogêneos de qualidade de água dificultam o ajuste

dos parâmetros internos do modelo. Foram obtidos resultados que possibilitaram a análise do impacto causado pela actividade das ETAR em estudo ao longo de uma secção da linha de água previamente definida, com a devida cautela nos casos em que os resultados da simulação não se apresentaram fiáveis. Este tipo de ferramenta mostrou-se como uma possibilidade de apoio à gestão de um sistema de saneamento, abrindo possibilidade à previsão do impacto causado por diferentes cenários de exploração das infra-estruturas da empresa.

Avaliou-se a influência dos investimentos realizados no sistema de saneamento. O impacto é claramente positivo, havendo melhorias nos valores de qualidade de água do meio hídrico em estudo.

A avaliação do impacto causado pela descarga de efluente tratado pelas ETAR em estudo foi analisada em diferentes perspectivas. Este impacto foi observado segundo a sua natureza e por comparação com os valores estabelecidos na legislação e pelo Instituto de Água. Verificou-se a existência de situações pontuais em que os valores obtidos por amostragem não respeitam os estabelecidos na legislação ou pelo INAG. Estas não apresentam alterações significativas à qualidade de água, sendo que este tipo de situações deve ser analisado num período mais extenso e com maior frequência de amostragem.

As descargas efectuadas foram também sujeitas a análise tendo por base os valores estabelecidos na legislação e nas Licenças de Descarga emitidas. Verificou-se a ultrapassagem pontual dos valores estabelecidos nas Licenças de Descarga e na legislação, sendo que este tipo de situações equipara-se às referidas anteriormente.

A comparação dos valores obtidos por modelação matemática com os valores de referência permitiu a avaliação do impacto causado pelas descargas de efluente tratado nas ETAR em estudo. Verificou-se que o seu funcionamento não parece afectar os valores de qualidade de água do meio hídrico receptor, não se registando alterações do comportamento destes valores após o ponto onde as descargas em estudo se efectuam.

A qualidade de água observada no rio Lima apresenta no geral uma boa qualidade, sendo que as descargas realizadas pelas ETAR em estudo não aparentam alterar esta condição.

7.2. Sugestões para Trabalho Futuro

A aplicação de um modelo matemático de qualidade de água a toda a bacia hidrográfica do rio Lima requer uma recolha exaustiva de dados reais que permitam efectuar uma calibração adequada a esta extensão.

A combinação de um modelo de qualidade de água devidamente calibrado com uma rede de monitorização de qualidade, de modo a fornecer *inputs* de valores reais ao sistema, permite a análise de vários cenários de gestão das infra-estruturas estudadas em tempo real. As

consequências das opções inerentes a um processo de decisão podem ser analisadas previamente, auxiliando a este processo. Igualmente também é possível analisar as consequências de condições fora do controlo da entidade gestora, auxiliando na acção a tomar para evitar impactos na qualidade de água do meio hídrico receptor prejudiciais.

8.Referências

Águas do Minho e Lims, AdML (2008). Resultados Relativos ao Plano de Monitorização das ETAR Geridas pela AdML - Ano 2008.

Bakan, G. (2007). Water quality modeling of the Mert stream.

Bastos, P. (2006). A caracterização da água da Albufeira do Touvedo com vista ao seu tratamento para consumo humano, Águas do Minho e Lima.

Belyaev, V. (1987). Per Capita Water Use. Moscovo, Instituto de Geografia da Academia Nacional de Ciências.

Burton, F. L. and G. Tchobanoglous (2000). Wastewater Engineering: treatment, disposal and reuse, McGraw-Hill.

Centre for Disease Control And Prevention, CDC Evolution of mortality rate in the US.

Chapra, S., G. Pelletier, et al. (2008). QUAL2K : A modelling framework for simulating river and stream water quality.

Chapra, S. C. (1997). Surface Water-Quality Modeling, McGraw-Hill.

Centre de Recursos Naturais e Ambiente (2000). Manual do Software ANDAD, Versão 7.1.0, IST

Deksissa, T., J. Meirlaen, et al. (2004). Simplifying dynamic river water quality modelling: A case study of inorganic nitrogen dynamics in the Crocodile River (South Africa).

Eaton, A. D., L. S. Clesceri, et al. (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Góis, J. (1993). Técnicas Geomatemáticas Aplicadas ao Tratamento de Dados da Prospeção Sísmica de Petróleos. Lisboa, Instituto Superior Técnico.

Gonçalves, C. (2008). Amostragem no Meio Hídrico Receptor de Águas Residuais Urbanas Tratadas, Águas do Minho e Lima.

Hann, H. H. and G. Troubonis (1985). Water Quality Classification as a Need for Evaluating Efficient Pollution Control Strategies for Surface Waters.

Instituto Nacional de Estatística, INE (2007). O território - Norte, Instituto Nacional de Estatística.

Instituto da Água, I. (2000). Plano Bacia Hidrográfica do Rio Lima, Instituto da Água, IP.

Instituto de Água, I. (2009). Classificação dos cursos de água superficiais de acordo com as suas características de qualidade para usos múltiplos.

Kannel, P., Lee S., Kanel S.R, Lee Y.S., Ahn K.H. (2007). Application of QUAL2Kw for water quality modeling and dissolved oxygen control in the river Bagmati.

Letterman, R. D. (1999). Water Quality and Treatment, American Water Works Association, McGraw-Hill

Manahan, S.E. (2005). Environmental Chemistry. CRC Press

Mendes, B. and Oliveira J. F. S. (2004). Qualidade de Água para Consumo Humano. Lisboa, LIDEL.

Mendonça, T. and Santos R. (2008). Manual de Acolhimento - Águas do Minho e Lima, Águas do Minho e Lima.

Ministério do Ambiente, d. O. d. T. e. d. D. R. (2007). Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais II.

Morrison, D.F. (1995) Multivariate Statistical Methods, Statistical Series, McGraw-Hill

Pelletier, G. J., Kannel P. R., Lee S., Lee Y.S, Kanel, S.R. (2007). Application of automated QUAL2Kw for water quality modeling and management in the Bagmati River, Nepal.

Quadrado, F. and F. Gomes (1998). Modelação de Qualidade da Água no Rio Tejo. Amesterdam.

Salvetti, R., Acutis M., Azzellino A., Carpani M., Giupponi C, Parati P., Vale M., Vismara R. (2008). Modelling the point and non-point nitrogen loads to the Venice Lagoon (Italy): the application of water quality models to the Dese-Zero basin.

Sivri, N., Erturk A., Kose E. (2008). The Effects of a Fish Farming Scenario Using QUAL2E Modelling at Firtina Creek (Black Sea Region).

Smith, L. I. (2006). A tutorial on Principal Components Analysis.

Vieira, J. d. S. (2007). Transformações biogeoquímicas na bacia hidrográfica do Rio Lis.

Whitelaw, K. (2004). ISO 14001 environmental systems handbook, Elsevier.

World Health Organization, WHO (2003). Guidelines for safe recreational water environments, World Health Organization.

Yuceer, M., Karadurmus E., Berber R. (2006). "Simulation of river streams: Comparison of a new technique with QUAL2E." Mathematical and Computer Modelling.

Anexos

Anexo A

ETAR Ponte de Lima

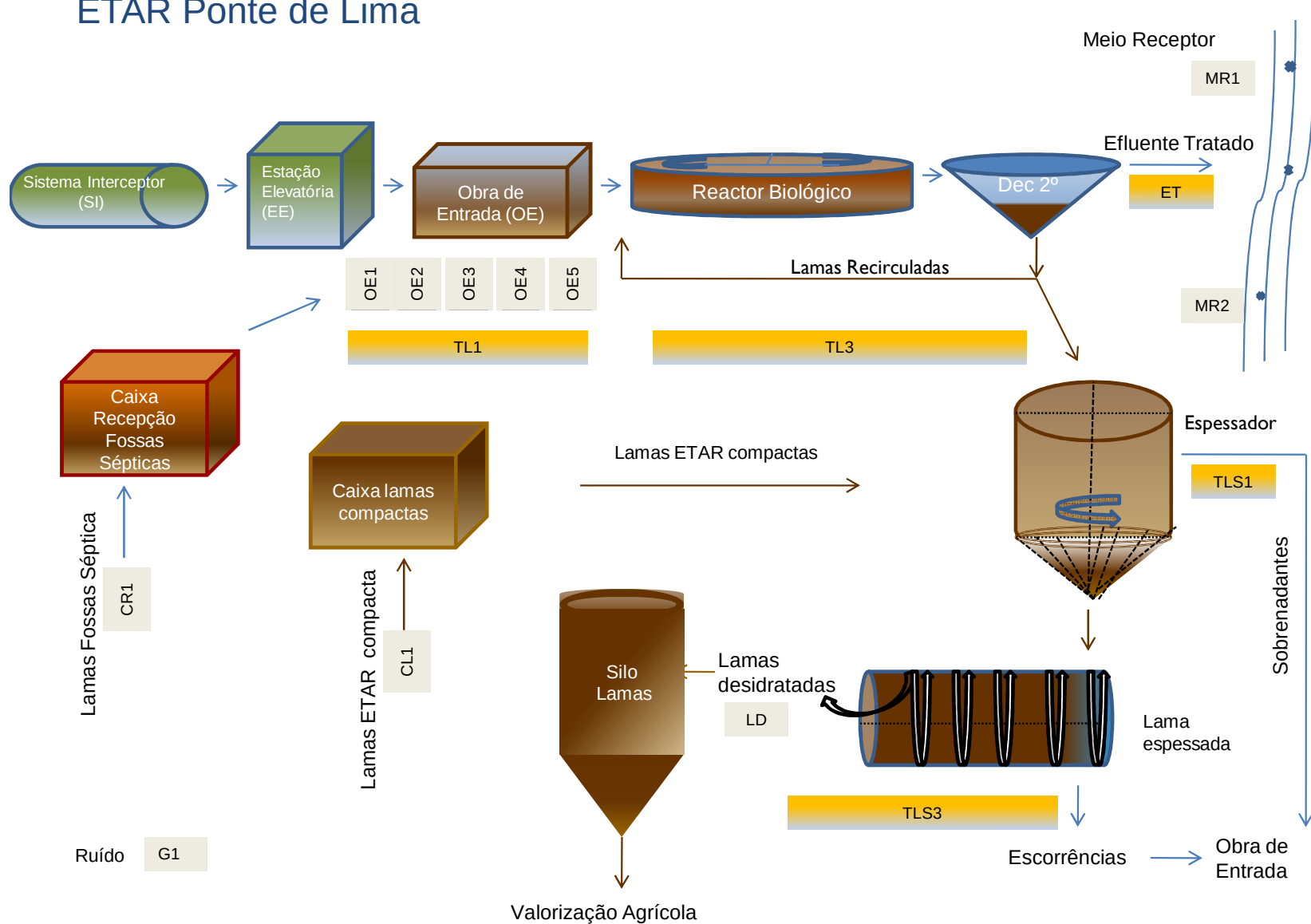


Ilustração 1 - Esquema de tratamento da ETAR de Ponte de Lima.

ETAR Ponte da Barca

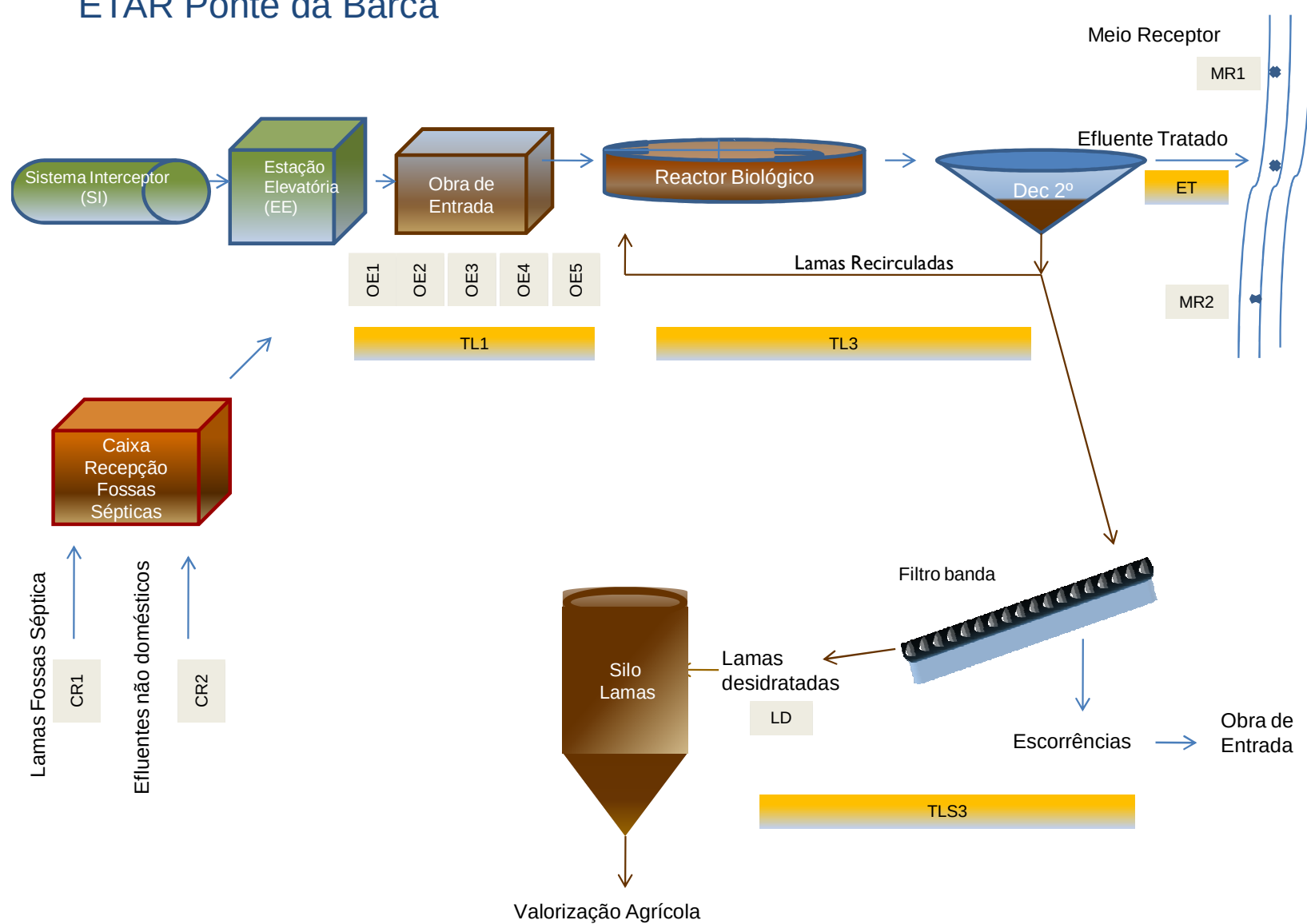


Ilustração 2 - Esquema de tratamento da ETAR de Ponte da Barca.

ETAR Arcos de Valdevez

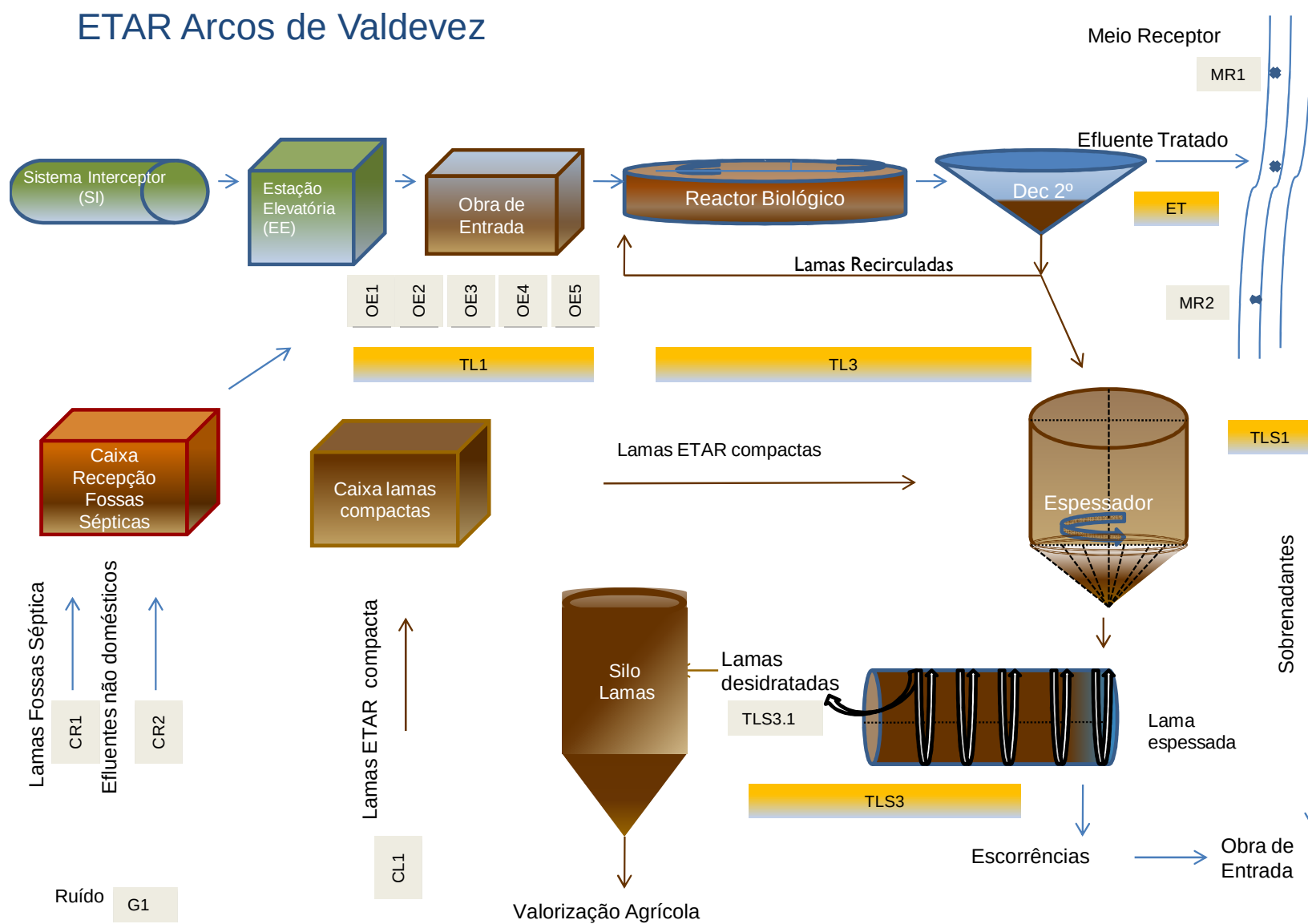


Ilustração 3 - Esquema de tratamento da ETAR de Arcos de Valdevez.

ETAR Lanheses/Geraz do Lima

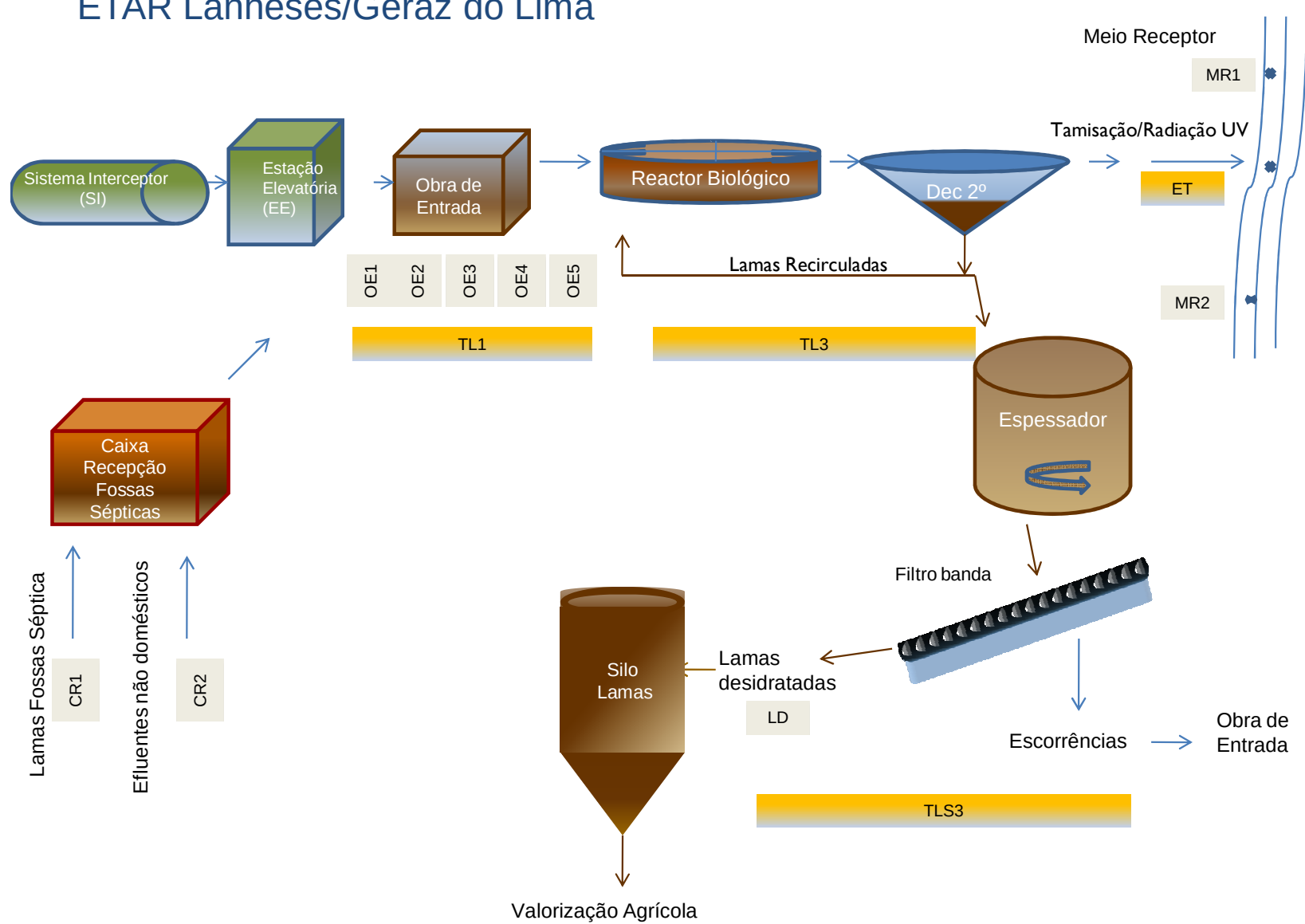


Ilustração 4 - Esquema de tratamento da ETAR de Lanheses/Geraz do Lima.

Anexo B

Tabela 1 - Valores de qualidade de água na albufeira do Touvedo.

	Unid	31-07	06-08	13-08	20-08	27-08	03-09	10-09	17-09	24-09	01-10	08-10	15-10	22-10	29-10	05-11	12-11	20-11	26-11	03-12	10-12
Cor	mg/l	4,5	4,7	5,4	5,5	5,6	7,3	10,8	4,3	5	6,7	7,7	6	5,1	5,6	5,1	3,2	3,4	2,5	3,1	2,7
Turvação	NTU	2,2	2,5	3	2,6	3,1	2,1	2	2	1,8	1,2	2,2	2,6	1,8	2,6	1,6	9,5	1,4	1,9	1,2	1,2
Cheiro	T.Dil	3	3	3	3	3	3	3	1	1	2	0	1	1	1	2	1	2	1	1	1
Temperatura	°C	23,7	23	24	22,5	22,5	22,5	18	20,5	19	20,5	20	18,5	17	16,5	16	15,5	12	12	15,5	11,5
pH	Esc. Sor.	7,54	7,22	7,6	7,11	6,9	7,32	6,83	7,04	6,34	6,91	6,1	6,42	6,6	6,46	6,33	6,49	6,41	6,59	6,72	7,05
Índice de saturação	-	-2,7	-2,9	-1,3	-2,9	-3,14	-2,78	-3,3		-3,69	-3,16	-4	-3,68	-3,55	-4,32	-4,29	-4,07	-4,1	-3,71	-3,55	-3,23
Condutividade	□S/cm	30	32	33	31	32	33	32	37	33	35	37	34	31	23	22	22	35	30	30	33
Azoto amoniacal	mg/l NH4	0,06	0,07	0,15	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,1	0,06	0,08	0,08	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06
Oxidabilidade	mgO2/l	2,4	2,2	2,1	2,8	2,7	2,4	2,3	1,9	2	1,8	1,5	1,7	1,6	2	1,6	2,2	1,4	1,3	1,4	1,6
Ferro	mg/l Fe	0,094	0,109	0,196	0,218	0,055	0,148	0,152	0,064	0,091	0,264	0,077	0,197	0,079	0,082	0,055	0,038	0,053	0,038	0,038	0,05
Sólidos suspensos totais	mg/l	4,2	8	8	7,7	8,2	8,4	8	8	8	8	8	9,2	4	4	4	20	4	4	4	8
Coliformes totais	nº UFC/100 ml	200	70	310	18000	4500	5000	2400	49	30	250	625	140	2400	750	642	750	250	42	48	23
Coliformes fecais	nº UFC/100 ml	5600	80	35	850	3000	41	2200	33	16	42	60	35	500	100	7	100	154	8	2	2
Estreptococos fecais	nº UFC/100 ml	290	440	50	205	420	162	255	52		215	36	158	345	155	10	0	1	38	7	66
Germes totais (37º)	nº UFC/ml	242	78	660	1025	1803	570	277	390	390	233	3445	515	930	1184	77	165	35	413	50	128
Germes totais (22º)	nº UFC/ml	460	142	910	3050	2328	800	385	305	705	325	4550	610	1300	2190	700	560	228	1038	137	240
Escherichia coli	nº UFC/100 ml	0	0	0	0	0	0	0			0	28	0	0	33	4	100	0	5	2	2
Enterococos	nº UFC/100 ml	290	440	50	205	420	162	255	52	0	215	36	158	345	155	10	0	1	38	7	66
Alcalinidade	mg/l CaCO3	5,79	5,92	8,49	6,12	6,32	6,3	6,9	6,7	7,3	6,95	6,55	5,85	5,45	2,22	2,56	3	5,2	5,96	5,61	6,66
Dureza total	mg/l CaCO3		6,2	8,3		6,9		7,3	6,7	7,2		7,4		7,2				22		5,5	
Sólidos totais	mg/l		28	28		46															
Oxigénio dissolvido	mg O2/l		8,29	8,35		8,62		8,64		13,19		6,04		8,04		10,76		9,18		9,28	
Nitritos	mg NO2/l		0,016	0,008				0,008		0,008		0,008		0,011		0,013		0,013		0,014	
Fósforo	mg P2O5/l		0,067	0,067		0,067		0,067		0,067		0,186		0,067		0,067		0,067		0	
Clostridium sulfitorredutores	nº UFC/20 ml	0	0	0	0	0	0	10		2		2		3	4	6	1	1	1	1	
Clostridium perfringens	nº UFC/20 ml	0	0	0	0	0	0	0				0		0	2	0	0	0	0	1	
Clorofila a	□g/l		6,103	23,585		12,015		16,91		8,01		2,937		5,874		4,272		5,34		7,467	
Feopigmentos	□g/l		8,849	6,319		3,872		0,845		3,204		1,549		1,228		1,148		1,015		2,430	
Transparência																					
Cloretos	mg/l		5,19			2,5				3,33						2,74				3,91	
Brometos	mg/l		0,1			0,1				0,01										0,01	
Sulfatos	mg/l		1,7			2,7				2,8						1,7				2,2	
Sílica	mg/l SiO2		0,7			3,9				2,7										1	
Cálcio	mg/l Ca		2,2	2,5	2,6	2,5	2,2	2,4	2,3	2,5	2,3	2,3	2,7	2,7	1,5	0,039	2	1,9	2,1	2,1	
Magnésio	mg/l		0,46			0,54			0,27	0,77											
Sódio	mg/l Na		3,2			3,9				3,2										3,4	
Potássio	mg/l K		0,8			0,93				0,74										0,71	
Alumínio	mg/l		0,039			0,039				0,039										0,039	
Anidrido Carbónico livre	mg/l CO2		8			8				14										8	
Nitratos	mg/l NO3		2			2,8				6,5										3,9	

	Unid	31-07	06-08	13-08	20-08	27-08	03-09	10-09	17-09	24-09	01-10	08-10	15-10	22-10	29-10	05-11	12-11	20-11	26-11	03-12	10-12
Azoto Kjeldahl	mg/l N		0,6			0,8				0,6										0,14	
CQO	mg O2/l		3			6				9										6	
CBO5	mg O2/l		1			1				3										1	
Carbono orgânico total	mg/l C		1			1				1										1	
Sulfureto Hidrogénio	mg/l		0,05			0,05				0,05										0,05	
Hidrocarbonetos diss./emuls.	mg/l		0,002			0,002				0,02										0,02	
Fenóis	mg/l C6H5O		0,0003			0,0003				0,0003										0,0003	
Substâncias tensio-activas	mg/l		0,02			0,02				0,02										0,02	
Outros compostos organocl.	□g/l		inf. lim.			inf. lim.				inf. lim.											
Manganês	mg Mn/l		0,016			0,027				0,053										0,012	
Pesticidas total	mg/l		inf. lim.			inf. lim.				inf. lim.										inf. lim.	
Hidrocarb. polic. aromáticos	mg/l		inf. lim.			inf. lim.				inf. lim.										inf. lim.	
Salmonelas	UFC/1000 ml		0			0								0						0	
□□global	mBq/l		Falta			Falta				Falta						15				15	
□□global	mBq/l		Falta			Falta				Falta						76				77	
Trítio	Bq/l		Falta			Falta				Falta						0,8				3,52	
Dose indicativa total			Falta			Falta				Falta											
Tetracloroeteno	□g/l		0,028			0,028				0,028										0,028	
Tricloroeteno	□g/l		15			15				15										15	
Fitoplâncton	Nº Cel/ml		12427			30121				8261						5659					
Zooplâncton	Nº Ind/m3		69696			33000				35280						51053					
Flúor	mg/l		0,19																		
Arsénio	mg/l As		0,002																		
Cianetos	mg/l CN		0,05																		
Mercúrio	mg/l Hg		0,0003																		
Pesticidas s. individualizada	mg/l		inf. lim.																		
Subst. extraíveis c/ clorof.	mg/l		0,1																		
Boro	mg/l B		0,1																		
Cobre	mg/l Cu		0,008																		
Zinco	mg/l Zn		0,02																		
Bário	mg/l Ba		0,004																		
Prata	mg/l Ag		0,003																		
Cádmio	mg/l Cd		0,001																		
Crómio	mg/l Cr		0,003																		
Níquel	mg/l Ni		0,006																		
Chumbo	mg/l Pb		0,011																		
Antimónio	mg/l		0,005																		
Selénio	mg/l Se		0,005																		
Benzeno	mg/l		0,1																		
Benzeno(a) pireno	mg/l		0,004																		

Tabela 2 - Valores de qualidade de água na albufeira do Touvedo.

	Unid	20-11	26-11	03-12	10-12	17-12	24-12	03-01	07-01	14-01	21-01	28-01	04-02	07-02	18-02	25-02	04-03	11-03	18-03	25-03
Cor	mg/l	3,4	2,5	3,1	2,7	3,8	2,8	3,2	3,6	3,1	3,2	3,6	2,2	4	3,8	2,9	2,7	2,7	2,6	3,6
Turvação	NTU	1,4	1,9	1,2	1,2	1,5	1,4	2,2	1,3	1,0	1,1	0,96	1,1	3,3	6,9	1,2	8,6	1,1	5,4	1,6
Cheiro	T.Dil	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	0	1	1
Temperatura	°C	12	12	15,5	11,5	12	8,5	12,5	9,5	10,5	12	11	10,3	11,5	10,8	11,1	11,2	11,8	11,4	14,5
pH	Esc. Sor.	6,41	6,59	6,72	7,05	6,52	6,64	6,56	6,83	6,8	6,51	6,42	6,87	6,32	6,65	6,58	6,8	6,74	6,68	6,30
Índice de saturação	-	-4,1	-3,71	-3,55	-3,23	-3,74	-3,73	-3,69	-3,53		-3,69	-4,15	-3,85	-4,49	-4,18	-4,27	-3,94	-4,05	-4,21	-4,57
Condutividade	µS/cm	35	30	30	33	32	31	32	33	35	29	31	21	24	20	21	26	23	21	21
Azoto amoniacal	mg/l NH4	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,08	0,06	0,06	0,08	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,10	0,10	0,10	0,10
Oxidabilidade	mgO2/l	1,4	1,3	1,4	1,6	1,4	1,5	1,9	2,5	1,3	1,7	1,5	1,3	1,61	1,73	1,8	3,76	1,48	1,6	1,4
Ferro	mg/l Fe	0,053	0,038	0,038	0,05	0,038	0,043	0,038	0,161	0,051	0,038	0,039	0,044	0,045	0,12	0,038	0,059	0,05	0,038	0,054
Sólidos suspensos totais	mg/l	4	4	4	8	4	4	4	4	4	4	2	1,1	2	2	1,1	42	3,4	2,9	1
Coliformes totais	nº UFC/100 ml	250	42	48	23	2215	600	91	59	293	340	1700	750	3525	2100	79	625	250	447	625
Coliformes fecais	nº UFC/100 ml	154	8	2	2	91	9	29	13	21	24	47	20	105	200	3	250	3	211	67
Estreptococos fecais	nº UFC/100 ml	1	38	7	66	88	0	13	1	1	160	0	50	13	12	0	9	14	8	>>>
Germes totais (37°)	nº UFC/ml	35	413	50	128	192	43	204	77	67	57	166	328	565	848	114	236	225	159	2633
Germes totais (22°)	nº UFC/ml	228	1038	137	240	270	366	573	700	325	242	2675	1058	3900	7600	400	545	301	1060	8700
<i>Escherichia coli</i>	nº UFC/100 ml	0	5	2	2	0	9	0	0	14	16	47	20	75	0	0	0	0	14	17
Enterococos	nº UFC/100 ml	1	38	7	66	88	0	13	1	1	160	0	50	13	12	0	9	14	8	>>>
Alcalinidade	mg/l CaCO3	5,2	5,96	5,61	6,66	6,27		5,49	5,49	6,42	5,83	3,33	3,14			2,72	3,33	2,67	2,32	2,47
Dureza total	mg/l CaCO3	22		5,5		7,7		6,7		5,8		6,8	4,4			4,1		4,2		3,2
Sólidos totais	mg/l							22				27	11			21		28		23
Oxigénio dissolvido	mg O2/l	9,18		9,28		8,73		9,66		10,4		10,96	10,76			10,08		9,52		8,52
Nitritos	mg NO2/l	0,013		0,014		0,019		0,025		0,016		0,01	0,016			0,012		0,012		0,016
Fósforo	mg P2O5/l	0,067		0		0,067		0,067		0,067		0,067	0,067			0,067		0,068		0,067
<i>Clostridium sulfitorredutores</i>	nº UFC/20 ml	1	1	1		0		0		1		6	2			2		0		0
<i>Clostridium perfringens</i>	nº UFC/20 ml	0	0	1		0		0		1		6	2			1		0		0
Clorofila a	µg/l	5,34		7,467		10,413		5,073		1,869		2,136	4,272			3,204				
Feopigmentos	µg/l	1,015		2,430		1,362		2,964		2,056		0,854	0,774			1,655				
Transparência																				
Cloretos	mg/l			3,91				3,82										3,42		
Brometos	mg/l			0,01				0,1					0,01					0,01		
Sulfatos	mg/l			2,2				2					5					1,9		
Sílica	mg/l SiO2			1				2										6		
Cálcio	mg/l Ca	1,9	2,1	2,1		2,2		2,3	2,2		2,7	2,09	1,6			1,3	1,4	1,5	1,4	1,2
Magnésio	mg/l							0,22										0,14		
Sódio	mg/l Na			3,4				3,2					3,2					3,2		

	Unid	20-11	26-11	03-12	10-12	17-12	24-12	03-01	07-01	14-01	21-01	28-01	04-02	07-02	18-02	25-02	04-03	11-03	18-03	25-03
Potássio	mg/l K			0,71				1,6					1,6					1,6		
Alumínio	mg/l			0,039				0,039										0,042		
Anidrido Carbónico livre	mg/l CO2			8				8					6					8		
Nitratos	mg/l NO3			3,9				1,1					4,2					3,1		
Azoto Kjeldahl	mg/l N			0,14				0,14					0,14					0,14		
CQO	mg O2/l			6				6					6					4		
CBO5	mg O2/l			1				2					1					1		
Carbono orgânico total	mg/l C			1				1,7					0,5					0,99		
Sulfureto Hidrogénio	mg/l			0,05				0,05					0,05					0,05		
Hidrocarbonetos diss./emuls.	mg/l			0,02				0,02					0,02					0,002		
Fenóis	mg/l C6H5O			0,0003				0,0003					0,0003					0,0003		
Substâncias tensio-activas	mg/l			0,02				0,02					0,02					0,02		
Outros compostos organocl.	µg/l												inf. lim.					inf. lim.		
Manganês	mg Mn/l			0,012				0,023					0,0078					0,012		
Pesticidas total	mg/l			inf. lim.				inf. lim.					inf. lim.					inf. lim.		
Hidrocarb. polic. aromáticos	mg/l			inf. lim.				inf. lim.					inf. lim.					inf. lim.		
Salmonelas	UFC/1000 ml			0				0												
α global	mBq/l			15				15					15							
β global	mBq/l			77		15		45					34							
Trítio	Bq/l			3,52		40		4,42					1,83							
Dose indicativa total																				
Tetracloroetano	µg/l			0,028				0,028					0,028							
Tricloroetano	µg/l			15				15					15							
Fitoplâncton	Nº Cel/ml							4191	6454				1997							
Zooplâncton	Nº Ind/m3							14700					8450					14400		
Flúor	mg/l												0,19							
Arsénio	mg/l As												0,0063							
Cianetos	mg/l CN												0,05							
Mercúrio	mg/l Hg												0,00095							
Pesticidas s. individualizada	mg/l												inf. lim.							
Subst. extraíveis c/ clorof.	mg/l												0,1							
Boro	mg/l B												0,32							
Cobre	mg/l Cu												0,013							
Zinco	mg/l Zn												0,063							
Bário	mg/l Ba												0,0032							
Prata	mg/l Ag												0,0095							
Cádmio	mg/l Cd												0,0032							
Crómio	mg/l Cr												0,0095							
Níquel	mg/l Ni												0,019							

[illegible]

Tabela 3 - Valores de qualidade de água na albufeira do Touvedo.

	Unid	01-04	08-04	15-04	22-04	29-04	06-05	13-05	20-05	28-05	03-06	11-06	17-06	26-06	01-07	08-07	15-07	22-07	29-07
Cor	mg/l	3,1	3,4	3,5	4,8	2,0	2	2,8	3,1	4,8	4,7	4,9	3,5	2	2,3	2,4	2,8	3,0	3,1
Turvação	NTU	4,0	1,2	1,6	0,8	1,0	1,1	2,8	1,1	1,4	1,4	1,8	0,93	1,6	0,98	1	1,1	0,8	1
Cheiro	T.Dil	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2
Temperatura	°C	14,8	12,3	12,6	15,4	15,2	16,1	15,4	15,6	15,2	18,1	17,9	20	22,1	20,6	18,7	20,2	17,9	20,9
pH	Esc. Sor.	6,32	6,71	6,74	6,59	6,80	6,99	6,70	6,53	6,77	6,78	6,87	6,86	6,91	6,87	6,69	6,62	6,68	6,71
Índice de saturação	-	-4,42	-3,93	-3,95	-3,85	-3,74	-3,93	-3,75	-3,95	-3,73	-3,77	-3,55	-3,48	-3,47	-3,66	-3,73	-3,63	-3,66	-3,65
Condutividade	µS/cm	21	23	23	24	24	25	25	24	23	22	23	23	24	24	25	26	26	25
Azoto amoniacal	mg/l NH4	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Oxidabilidade	mgO2/l	1,2	0,87	1,3	1,2	1,3	1,7	1,6	1,4	1,7	1,9	1,8			1,6	1,5	1,6	1,6	1,6
Ferro	mg/l Fe	0,050	0,048	0,127	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038	0,062	0,048	0,04	0,041	0,062	0,042	0,043	0,060	0,094	0,05
Sólidos suspensos totais	mg/l	1	1,8	1	1	1	1,8	4,9	1	4	1,4	1,5			2,3	2,4	1,0	1,0	1,2
Coliformes totais	nº UFC/100 ml	157	775	220	172	159	775	4850	4500	357	780	1100	570	500	225	50	660	8	160
Coliformes fecais	nº UFC/100 ml	48	185	7	11	67	180	350	675	46	50	75	20	500	4	5	159	8	105
Estreptococos fecais	nº UFC/100 ml	2	10	3	2	0	30	100	540	0	16	0	9	68	15	13	0	0	0
Germes totais (37°)	nº UFC/ml	225	82	715	290	295	440	7500	670	370	1500	790	560	2270	270	400	95	53	380
Germes totais (22°)	nº UFC/ml	543	390	1095	260	310	159	17300	1250	350	480	670	289	2075	110	710	349	314	1010
<i>Escherichia coli</i>	nº UFC/100 ml	0	21	0	0	0	0	131	0	0	50	30	0	75	0	0	0	0	35
Enterococos	nº UFC/100 ml	2	10	3	2	0	30	100	540	0	16	0	9	68	15	13	0	0	0
Alcalinidade	mg/l CaCO3	2,88	3,31	3,32	4,78	3,75	5,22	3,80	3,75	3,85	3,51	4,24	4,29	3,67	4,70	4,12	4,95	4,63	4,44
Dureza total	mg/l CaCO3		4,5		4,6	1,7	4,5		1,9	8,0		5,6			4,9		5,7		5,6
Sólidos totais	mg/l		24		25		24			11		17			23		22		20
Oxigénio dissolvido	mg O2/l		8,92	8,76	8,42		8,66			9,18		8,30			7,26		8,4		8,03
Nitritos	mg NO2/l		0,02		0,012		0,014			0,011		0,011			0,013		0,008		0,012
Fósforo	mg P2O5/l		0,070		0,079		0,070			0,07		0,07			0,07		0,07		0,07
<i>Clostridium sulfitorredutores</i>	nº UFC/20 ml		10		1		0			0		1			0		0		0
<i>Clostridium perfringens</i>	nº UFC/20 ml		0				0			0		0			0		0		0
Clorofila a	µg/l		5,073				3,471	4,539	7,476	4,539	13,35	2,937	1,869	5,073	4,959		4,398	3,738	3,204
Feopigmentos	µg/l		1,469				1,015	1,442	0,000	0,507	2,303	0,614	0,374	2,029	2,250		3,078	1,121	0,534
Transparência																			
Cloretos	mg/l		3,52				3,11					3,10			3,35				
Brometos	mg/l		0,1				0,1					0,1			0,1				0,1
Sulfatos	mg/l		1,4				1,7								1,9				1,8
Sílica	mg/l SiO2		6				4,0					5			6,5				7,0
Cálcio	mg/l Ca	1,4	1,7	1,5	1,7		1,7	2,06		1,8	1,6	1,8	2	1,96	1,8	1,8	2,1	2	1,8
Magnésio	mg/l		0,1				0,1					0,289							
Sódio	mg/l Na		3,2				3,2					3,2			3,2				3,2
Potássio	mg/l K		1,6				1,6					1,6			1,6				1,6

[illegible]

[illegible]

Tabela 4 - Valores de qualidade de água na albufeira do Touvedo.

	Unid	05-08	12-08	19-08	26-08	02-09	10-09	16-09	23-09	30-09	07-10
Cor	mg/l	3,2	3,3	3,4	2,5	3,5	3,2	3,1	2,2	4,7	3,9
Turvação	NTU	0,96	1,1	1,3	1,5	1,2	1,4	1,4	1,5	1,5	1,4
Cheiro	T.Dil	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1
Temperatura	°C	21,3	21,2	22,5	22,2	21,1	17,3	19,8	19,6	19,5	19,7
pH	Esc. Sor.	7,53	6,92	7,06	6,85	7,12	6,69	6,84	6,99	7,04	7,05
Índice de saturação	-	-2,86	-3,42	-3,24	-3,48	-3,1	-3,61	-3,35			-3,19
Condutividade	µS/cm	26	30	27	27	27	27	28	28	29	29
Azoto amoniacal	mg/l NH4	0,10	0,10	0,11	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Oxidabilidade	mgO2/l	1,8	1,8	1,8	2,2	2,4	2,1	2,4	2,1	2,4	2,4
Ferro	mg/l Fe	0,053	0,058	0,088	0,104	0,211	0,106	0,063	0,04	0,052	0,073
Sólidos suspensos totais	mg/l	1,7	1,6	4,0	3,4	2,9	2,6	2,5	3	3	3,1
Coliformes totais	nº UFC/100 ml	20	150	incontável	incontável	150	72	77	57	43	100
Coliformes fecais	nº UFC/100 ml	20	150	10	1825	0	72	0	23	6	100
Estreptococos fecais	nº UFC/100 ml	2	23	0	910	16	19	2	13	0	2
Germes totais (37°)	nº UFC/ml	270	360	3300	9300	1170	560	360	480	269	280
Germes totais (22°)	nº UFC/ml	280	5800	4600	16500	1980	1950	1000	1310	390	1050
<i>Escherichia coli</i>	nº UFC/100 ml	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enterococos	nº UFC/100 ml	2	23	0	910	16	19	2	13	0	2
Alcalinidade	mg/l CaCO3	4,61	4,66	4,8	4,8	5,47	4,9	5,57	5,21		5,53
Dureza total	mg/l CaCO3		6,8	1,8	5,2	5,9		6,2	6		6,3
Sólidos totais	mg/l		30		60	34		22	26		25
Oxigénio dissolvido	mg O2/l		8,34		8	8,28		7,92	9,02		8,38
Nitritos	mg NO2/l		0,012		0,016	0,014		0,015	0,013		0,013
Fósforo	mg P2O5/l		0,07		0,07	0,086		0,07	0,07		0,07
Clostridium sulfitorreductores	nº UFC/20 ml		0		0	0		0	1		0
Clostridium perfringens	nº UFC/20 ml		0		0	0		0	0		0
Clorofila a	µg/l		6,141	7,676	4,855	8,678		8,344	8,253	12,206	7,247
Feopigmentos	µg/l		1,335	0,734	3,301	3,471		2,870	5,340	3,814	6,370
Transparência											
Cloretos	mg/l					3,5					3,7
Brometos	mg/l					0,1					1,2
Sulfatos	mg/l					1,7					
Sílica	mg/l SiO2					8					9

[illegible]

[illegible]

Anexo C

Tabela 1 - Caracterização das estações da rede de qualidade do Sistema de Informação Nacional de Recursos Hídricos.

CÓDIGO	NOME	BACIA	ALTITUDE (M)	COORD_X (M)	COORD_Y (M)	ENTIDADE	DISTRITO	CONCELHO	FREGUESIA
02H/03	ALB. ALTO LINDOSO	LIMA/NEIVA	304	194264.95	544758.07	CCDR-NORTE	VIANA DO CASTELO	ARCOS DE VALDEVEZ	SOAJO
03G/07	ALB. TOUVEDO	LIMA/NEIVA	40	180503.96	537950.13	CCDR-NORTE	VIANA DO CASTELO	ARCOS DE VALDEVEZ	SÃO JORGE
03F/03	BERTIANDOS	LIMA/NEIVA	0	158503.43	531553.49	CCDR-NORTE	VIANA DO CASTELO	PONTE DE LIMA	BERTIANDOS
03F/06	D. ANA	LIMA/NEIVA	-	162000	533500	-	VIANA DO CASTELO	PONTE DE LIMA	-
03G/06	FONTE VELHA	LIMA/NEIVA	29	176085.32	537792.85	CCDR-NORTE	VIANA DO CASTELO	PONTE DA BARCA	PONTE DA BARCA
03E/01	LANHESES	LIMA/NEIVA	0	154824.59	528671.7	CCDR-NORTE	VIANA DO CASTELO	VIANA DO CASTELO	MOREIRA DE GERAZ DO LIMA
03G/02	PONTE BARCA	LIMA/NEIVA	29	176113.22	537799.72	CCDR-NORTE	VIANA DO CASTELO	PONTE DA BARCA	PONTE DA BARCA
03F/02	PONTE LIMA	LIMA/NEIVA	3	162268.65	533395.89	CCDR-NORTE	VIANA DO CASTELO	PONTE DE LIMA	PONTE DE LIMA
03F/04	SÃO JOÃO	LIMA/NEIVA	0	162351.28	533638.13	CCDR-NORTE	VIANA DO CASTELO	PONTE DE LIMA	PONTE DE LIMA

Tabela 2 - Caracterização das estações da rede de qualidade do Sistema de Informação Nacional de Recursos Hídricos.

RIO	ÁREA DRENADA (KM2)	DISTÂNCIA FOZ (KM)	ENTRADA FUNCIONAMENTO	DATA FECHO	OBJECTIVO	ESTADO
RIO LIMA	1510.91	67.37	01-11-1996	-	FLUXO-TFRONT-LE(PISC-SALM) / DQA_QUIM_VIG1 / CADC	ACTIVA
RIO LIMA	1693.74	48,49	01-11-1996	31-01-2000	IMPACTO	EXTINTA
RIO LIMA	2269.8	21.35	01-03-1989	-	CAPTAÇÃO-75-440 / EXTRACÇÃO / NITRATOS	ACTIVA
RIO LIMA	-	-	01-01-2000	-	PISCÍCOLA	ACTIVA
RIO LIMA	1728.77	43	01-03-1989	-	CAPTAÇÃO-75-440 / EXTRACÇÃO / DQA_QUIM_VIG1	ACTIVA
RIO LIMA	2372.92	16.38	01-05-1984	31-01-2000	IMPACTO	EXTINTA
RIO LIMA	1728.77	43	01-02-1985	31-01-2000	FLUXO	EXTINTA
RIO LIMA	2218.27	26.14	01-05-1984	31-01-2000	FLUXO	EXTINTA
RIO LIMA	2218.12	26.42	01-03-1989	-	CAPTAÇÃO-75-440 / EXTRACÇÃO / NITRATOS	ACTIVA

Anexo D

Os valores referentes à qualidade de água superficial do Rio Lima disponibilizados pelo Sistema de Informação Nacional de Recursos Hídricos foram recolhidos na página Web desta entidade, com endereço <http://www.snirh.pt>.

Para a sua obtenção é necessário dar entrada na secção de consulta de dados de base e seleccionar no separador de escolha de filtros as estações da Rede de Qualidade referentes ao Rio Lima. Os parâmetros para os quais foram recolhidos valores foram: Carência Química de Oxigénio, Carência Bioquímica de Oxigénio a 5 dias, Coliformes Fecais, Cor, Estreptococ Fecais, Fósforo Total, Oxigénio Dissolvido no campo, pH no campo, Sólidos Suspensos Totais, Azoto Kjeldhal, Coliformes Totais, Azoto Amoniacal, Azoto Total, Salmonelas, e Condutividade.

Anexo E

Os valores de caudais registados nas estações da rede hidrométrica do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos foram obtidos na página Web desta entidade com endereço <http://www.snirh.pt>.

Para aceder a estes valores é necessário dar entrada na secção de consulta de dados de base, e no separador de escolha de filtros seleccionar as estações da rede hidrométrica da bacia hidrográfica do rio Lima e os valores referentes a Caudais Médios Diários e Mensais.

A obtenção de valores meteorológicos decorre do mesmo modo, sendo necessário apenas seleccionar a Rede Meteorológica do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos.

Anexo F

Tabela 1 - Valores de Azoto total encontrados a montante, jusante e na descarga das ETAR sujeitas a análise.

Data	ETAR Arcos de Valdevez M Azoto total (mg/l)	ETAR Arcos de Valdevez Azoto total (mg/l)	ETAR Arcos de Valdevez J Azoto total (mg/l)	ETAR Ponte da Barca M Azoto total (mg/l)	ETAR Ponte da Barca Azoto total (mg/l)	ETAR Ponte da Barca J Azoto total (mg/l)	ETAR Ponte Lima M Azoto total (mg/l)	ETAR Ponte Lima Azoto total (mg/l)	ETAR Ponte Lima J Azoto total (mg/l)	ETAR Lanheses M Azoto total (mg/l)	ETAR Lanheses Azoto total (mg/l)	ETAR Lanheses J Azoto total (mg/l)
22-01-2008		5,4			6,2			16			25	
19-02-2008	0,81	8,4	0,74	0,56	25	0,5	1	11	1,1	0,62	24	0,68
11-03-2008		15			1,8			9,4			14	
22-04-2008		4,7			2,2			11			8,6	
13-05-2008	0,55	38	0,59	0,6	2,2	0,61	5,9	18	1,7	0,52	5,8	0,57
11-06-2008	0,57	20	0,56	0,52	5,7	0,5	6,4	24	0,7	0,5	29	0,7
15-07-2008	0,83	38	0,96	0,61	6,9	0,56	5,6	19	0,8	0,63	15	1,4
12-08-2008	0,71	2,5	0,69	0,58	8,1	0,79	1,8	6,3	0,9	0,5	5,9	0,64
23-09-2008		2,6			2,3			5,5			20	
21-10-2008		48			4,5			6,3			18	
19-11-2008	0,58	39	0,61	0,55	13	0,59	1,6	2,4	1	0,5	7,8	0,59
16-12-2008		9,7			1,3			8,4			7,5	

Tabela 2 - Valores de Azoto Kjeldhal encontrados a montante, jusante e na descarga das ETAR sujeitas a análise.

Data	ETAR Arcos de Valdevez M Azoto Kjeldahl (mg/l)	ETAR Arcos de Valdevez Azoto Kjeldahl (mg/l)	ETAR Arcos de Valdevez J Azoto Kjeldahl (mg/l)	ETAR Ponte da Barca M Azoto Kjeldahl (mg/l)	ETAR Ponte da Barca Azoto Kjeldahl (mg/l)	ETAR Ponte da Barca J Azoto Kjeldahl (mg/l)	ETAR Ponte Lima M Azoto Kjeldahl (mg/l)	ETAR Ponte Lima Azoto Kjeldahl (mg/l)	ETAR Ponte Lima J Azoto Kjeldahl (mg/l)	ETAR Lanheses M Azoto Kjeldahl (mg/l)	ETAR Lanheses Azoto Kjeldahl (mg/l)	ETAR Lanheses J Azoto Kjeldahl (mg/l)
19-02- 2008	0,5	6	0,5	0,5	25	0,5				0,5	8	0,5
13-05- 2008	0,5	38	0,5	0,5	1,5	0,5	5,5	18	0,68	0,5	2,8	0,5
11-06- 2008	2,7	10	0,5	0,5	5,7	0,5	0,5	20	0,5	0,5	2,8	0,5
15-07- 2008	0,5	38	0,5	0,5	5,4	0,5	5,2	19	0,5	0,5	5,4	0,5
12-08- 2008	0,5	2,5	0,5	0,5	8,1	0,5	1,2	6,3	0,9	0,5	2,2	0,5
19-11- 2008	0,5	4,1	0,5	0,5	1,9	0,5	1,3	2,4	0,5	0,5	1,7	0,5

Tabela 3 - Valores de Carência Química de Oxigénio encontrados a montante, jusante e na descarga das ETAR sujeitas a análise.

Data	ETAR Arcos de Valdevez M Carência Química de Oxigénio (mg/l)	ETAR Arcos de Valdevez Carência Química de Oxigénio (mg/l)	ETAR Arcos de Valdevez J Carência Química de Oxigénio (mg/l)	ETAR Ponte da Barca M Carência Química de Oxigénio (mg/l)	ETAR Ponte da Barca Carência Química de Oxigénio (mg/l)	ETAR Ponte da Barca J Carência Química de Oxigénio (mg/l)	ETAR Ponte Lima M Carência Química de Oxigénio (mg/l)	ETAR Ponte Lima Carência Química de Oxigénio (mg/l)	ETAR Ponte Lima J Carência Química de Oxigénio (mg/l)	ETAR Lanheses M Carência Química de Oxigénio (mg/l)	ETAR Lanheses Carência Química de Oxigénio (mg/l)	ETAR Lanheses J Carência Química de Oxigénio (mg/l)
22-01-2008		27			10			10			24	
19-02-2008	10	30	10	10	36	10	10	38	20	10	10	28
11-03-2008		36			33			23			24	
22-04-2008		10			37			16			25	
13-05-2008	10	26	10	10	24	10	15	21	10	10	27	10
11-06-2008	10	24	10	10	35	10	16	48	10	10	38	10
15-07-2008	10	27	10	10	33	10	17	35	10	10	19	10
12-08-2008	10	28	10	10	27	10	16	36	10	10	31	10
23-09-2008		28			32			25			34	
21-10-2008		23			25			22			24	
19-11-2008	10	28	10	10	21	10	19	24	10	10	17	10
16-12-2008		15			23			10			15	

Tabela 4 - Valores de CBO a 5 dias encontrados a montante, jusante e na descarga das ETAR sujeitas a análise.

Data	ETAR Arcos de Valdevez M CBO 5 dias (mg/l)	ETAR Arcos de Valdevez CBO 5 dias (mg/l)	ETAR Arcos de Valdevez J CBO 5 dias (mg/l)	ETAR Ponte da Barca M CBO 5 dias (mg/l)	ETAR Ponte da Barca CBO 5 dias (mg/l)	ETAR Ponte da Barca J CBO 5 dias (mg/l)	ETAR Ponte Lima M CBO 5 dias (mg/l)	ETAR Ponte Lima CBO 5 dias (mg/l)	ETAR Ponte Lima J CBO 5 dias (mg/l)	ETAR Lanheses M CBO 5 dias (mg/l)	ETAR Lanheses CBO 5 dias (mg/l)	ETAR Lanheses J CBO 5 dias (mg/l)
22-01-2008		3,7			3,3			3			3	
19-02-2008	3	3,3	3	3	10	3	3	15	3	3	3,1	3
11-03-2008		3			3			5			3	
22-04-2008		3			3			3,4			3	
13-05-2008	3	5,2	3	3	3	3	3	4,2	3	3	6,1	3
11-06-2008	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
15-07-2008	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
12-08-2008	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
23-09-2008		14			3			3			3	
21-10-2008		3			3			4,6			4,5	
19-11-2008	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
16-12-2008		3			3			3			3	

Tabela 5 - Valores de Fósforo total encontrados a montante, jusante e na descarga das ETAR sujeitas a análise.

Data	ETAR Arcos de Valdevez M Fósforo total (mg/l)	ETAR Arcos de Valdevez Fósforo total (mg/l)	ETAR Arcos de Valdevez J Fósforo total (mg/l)	ETAR Ponte da Barca M Fósforo total (mg/l)	ETAR Ponte da Barca Fósforo total (mg/l)	ETAR Ponte da Barca J Fósforo total (mg/l)	ETAR Ponte Lima M Fósforo total (mg/l)	ETAR Ponte Lima Fósforo total (mg/l)	ETAR Ponte Lima J Fósforo total (mg/l)	ETAR Lanheses M Fósforo total (mg/l)	ETAR Lanheses Fósforo total (mg/l)	ETAR Lanheses J Fósforo total (mg/l)
13-02-2008	0,05	4,8	0,04	0,02	4	0,02	0,23	4,4	0,1	0,02	2,4	0,03
07-05-2008	0,02	6,1	0,02	0,02	5	0,05	0,58	1,7	0,07	0,02	1,5	0,02
18-06-2008	0,02	3,7	0,02	0,02	4,4	0,02	1	5,4	0,05	0,02	5,1	0,05
09-07-2008	0,35	6,3	0,25	0,52	4,8	0,08	0,33	1	0,25	0,11	2,5	0,25
06-08-2008	0,18	8,3	0,08	0,41	5,4	0,57	1,3	3	0,12	0,05	4,2	0,5
13-11-2008	0,06	6,3	0,02	0,05	5,3	0,06	2,6	3,6	0,14	0,03	2,5	0,08

Tabela 6 - Valores de Oxigénio dissolvido encontrados a montante, jusante e na descarga das ETAR sujeitas a análise.

Data	ETAR Arcos de Valdevez M Oxigénio dissolvido (%)	ETAR Arcos de Valdevez Oxigénio dissolvido (%)	ETAR Arcos de Valdevez J Oxigénio dissolvido (%)	ETAR Ponte da Barca M Oxigénio dissolvido (%)	ETAR Ponte da Barca Oxigénio dissolvido (%)	ETAR Ponte da Barca J Oxigénio dissolvido (%)	ETAR Ponte Lima M Oxigénio dissolvido (%)	ETAR Ponte Lima Oxigénio dissolvido (%)	ETAR Ponte Lima J Oxigénio dissolvido (%)	ETAR Lanheses M Oxigénio dissolvido (%)	ETAR Lanheses Oxigénio dissolvido (%)	ETAR Lanheses J Oxigénio dissolvido (%)
13-02- 2008	92	42	66	100	37	86	62	62	100	63	68	100
07-05- 2008	100	4,9	100	96	7,8	98	100	5,3	100	91	7,6	89
18-06- 2008	110	97	110	87	86	86	120	77	77	100	72	100
09-07- 2008	100	82	110	110	97	110	100	95	120	97	110	99
06-08- 2008	110	100	110	110	100	110	120	110	120	100	110	110
13-11- 2008	71	6,9	68	73	8	69	86	7	86	79	7,8	78

Tabela 7 - Valores de pH encontrados a montante, jusante e na descarga das ETAR sujeitas a análise.

Data	ETAR Arcos de Valdevez M pH	ETAR Arcos de Valdevez pH	ETAR Arcos de Valdevez J pH	ETAR Ponte da Barca M pH	ETAR Ponte da Barca pH	ETAR Ponte da Barca J pH	ETAR Ponte Lima M pH	ETAR Ponte Lima pH	ETAR Ponte Lima J pH	ETAR Lanheses M pH	ETAR Lanheses pH	ETAR Lanheses J pH
22-01-2008		7,6			7,3			7,5			6,4	
19-02-2008	6,6	7,2	6,5	6,9	7,6	6,7	6,7	7,3	6,6	6	6,7	6,2
11-03-2008		7,5			7,4			7,2			6,8	
22-04-2008		6,9			6,9			7			6,8	
13-05-2008	6,8	7,4	6,6	6,8	7,4	6,8	7,2	7,2	6,7	6,3	7	6,2
11-06-2008	6,3	7,7	6,1	6,7	7,2	6,8	6,6	7	6,2	6,1	4,8	6,2
15-07-2008	6,4	7,7	6,8	6,9	7,3	6,5	7,4	7,5	7,3	6,4	6,9	6,4
12-08-2008	7	7,6	7,1	6,8	7,6	7,2	7,3	7,4	7	6,8	7,5	6,8
23-09-2008		7,5			7,2			6,9			6,6	
21-10-2008		6,7			7			7,1			6,5	
19-11-2008	5,9	7,1	6,1	6,4	7,1	5,9	6,9	7,3	6,3	5,6	7,1	5,9
16-12-2008		7,1			7,1			6,8			7,1	

Tabela 8 - Valores de Sólidos Suspensos totais encontrados a montante, jusante e na descarga das ETAR sujeitas a análise.

Data	ETAR Arcos de Valdevez M Sólidos suspensos totais (mg/l)	ETAR Arcos de Valdevez Sólidos suspensos totais (mg/l)	ETAR Arcos de Valdevez J Sólidos suspensos totais (mg/l)	ETAR Ponte da Barca M Sólidos suspensos totais (mg/l)	ETAR Ponte da Barca Sólidos suspensos totais (mg/l)	ETAR Ponte da Barca J Sólidos suspensos totais (mg/l)	ETAR Ponte Lima M Sólidos suspensos totais (mg/l)	ETAR Ponte Lima Sólidos suspensos totais (mg/l)	ETAR Ponte Lima J Sólidos suspensos totais (mg/l)	ETAR Lanheses M Sólidos suspensos totais (mg/l)	ETAR Lanheses Sólidos suspensos totais (mg/l)	ETAR Lanheses J Sólidos suspensos totais (mg/l)
11-03-2008		10			11			10			10	
22-04-2008		10			10			10			10	
13-05-2008	10	12	10	10	10	10	10	12	10	10	14	10
11-06-2008	10	10	10	10	10	10	10	23	10	10	23	10
15-07-2008	10	13	10	10	13	10	10	10	10	10	10	10
12-08-2008	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
23-09-2008		10			10			10			20	
21-10-2008		10			10			10			10	
19-11-2008	10	12	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
16-12-2008		10			10			10			10	

Tabela 9 - Valores de Coliformes Fecais encontrados a montante, jusante e na descarga das ETAR sujeitas a análise.

Data	ETAR Arcos de Valdevez M Coliformes Fecais (MPN/100ml)	ETAR Arcos de Valdevez Coliformes Fecais (MPN/100ml)	ETAR Arcos de Valdevez J Coliformes Fecais (MPN/100ml)	ETAR Ponte da Barca M Coliformes Fecais (MPN/100ml)	ETAR Ponte da Barca Coliformes Fecais (MPN/100ml)	ETAR Ponte da Barca J Coliformes Fecais (MPN/100ml)	ETAR Ponte Lima M Coliformes Fecais (MPN/100ml)	ETAR Ponte Lima Coliformes Fecais (MPN/100ml)	ETAR Ponte Lima J Coliformes Fecais (MPN/100ml)	ETAR Lanheses M Coliformes Fecais (MPN/100ml)	ETAR Lanheses Coliformes Fecais (MPN/100ml)	ETAR Lanheses J Coliformes Fecais (MPN/100ml)
22-02-2008	340	5500	150	56	6400	110	8100	360000	950	150	47000	650
14-05-2008	290	43000	360	470	2400	410	27000	150000	1400	130	210000	2000
12-06-2008	180	1500	320	340	350000	540	360000	1000000	3400	260	4100	360
16-07-2008	110	6400	610	200	22000	180	43000	52000	4700	410	50000	15000
13-08-2008	370	5100	820	14000	290000	21000	14000	140000	1200	170	14000	5400
20-11-2008	440	1600	330	430	5900	480	11000	16000	190	53	26000	830

Tabela 10 - Valores de Coliformes totais encontrados a montante, jusante e na descarga das ETAR sujeitas a análise.

Data	ETAR Arcos de Valdevez M Coliformes Totais (MPN/100ml)	ETAR Arcos de Valdevez Coliformes Totais (MPN/100ml)	ETAR Arcos de Valdevez J Coliformes Totais (MPN/100ml)	ETAR Ponte da Barca M Coliformes Totais (MPN/100ml)	ETAR Ponte da Barca Coliformes Totais (MPN/100ml)	ETAR Ponte da Barca J Coliformes Totais (MPN/100ml)	ETAR Ponte Lima M Coliformes Totais (MPN/100ml)	ETAR Ponte Lima Coliformes Totais (MPN/100ml)	ETAR Ponte Lima J Coliformes Totais (MPN/100ml)	ETAR Lanheses M Coliformes Totais (MPN/100ml)	ETAR Lanheses Coliformes Totais (MPN/100ml)	ETAR Lanheses J Coliformes Totais (MPN/100ml)
20- 02- 2008	3400	630000	2000	5200	380000	2500	130000	15000000	49000	6200	6100000	17000
14- 05- 2008	2500	810000	2900	2300	250000	2600	380000	3100000	25000	1800	2800000	16000
12- 06- 2008	1800	48000	1100	1500	730000	2900	3500000	7000000	28000	1000	67000	1700
16- 07- 2008	1300	270000	8000	3500	370000	1400	910000	490000	280000	1400	440000	84000
13- 08- 2008	3100	28000	4700	25000	4300000	40000	72000	370000	16000	730	190000	47000
20- 11- 2008	970	75000	2200	3300	340000	2900	68000	260000	3100	65	720000	5600

Tabela 11 - Valores de Estreptococos fecais encontrados a montante, jusante e na descarga das ETAR sujeitas a análise.

Data	ETAR Arcos de Valdevez M Estreptococos Fecais (MPN/100ml)	ETAR Arcos de Valdevez Estreptococos Fecais (MPN/100ml)	ETAR Arcos de Valdevez J Estreptococos Fecais (MPN/100ml)	ETAR Ponte da Barca M Estreptococos Fecais (MPN/100ml)	ETAR Ponte da Barca Estreptococos Fecais (MPN/100ml)	ETAR Ponte da Barca J Estreptococos Fecais (MPN/100ml)	ETAR Ponte Lima M Estreptococos Fecais (MPN/100ml)	ETAR Ponte Lima Estreptococos Fecais (MPN/100ml)	ETAR Ponte Lima J Estreptococos Fecais (MPN/100ml)	ETAR Lanheses M Estreptococos Fecais (MPN/100ml)	ETAR Lanheses Estreptococos Fecais (MPN/100ml)	ETAR Lanheses J Estreptococos Fecais (MPN/100ml)
20- 02- 2008	45	1100	27	14	1400	28	8200	120000	360	25	10000	130
14- 05- 2008	200	2700	66	69	300	110	5900	11000	1700	80	11000	160
12- 06- 2008	17	120	16	21	11000	73	60000	190000	130	110	1200	27
16- 07- 2008	47	270	54	28	3300	48	4900	2800	310	130	4600	1000
13- 08- 2008	210	400	98	160	1700	910	1700	11000	100	310	2900	590
20- 11- 2008	150	640	150	28	1000	30	800	1000	21	13	3400	91

Anexo G

Parâmetro	Acreditação	Norma	Método	DL 236/98 – Anexo XVII
pH	A	NP 411	Potenciometria	Electrometria (potenciometria)
CBO ₅	A	SMEWW 5210-B	Incubação e eléctrodo com membrana	Determinação de O ₂ dissolvido antes e após cinco dias de incubação a 20.°C ao abrigo da luz, com adição de um inibidor de nitrificação
CQO	A	ASTM 1252 / A	Oxidação e volumetria	Método do Dicromato de Potássio
SST	A	NP 505	Gravimetria	Centrifugação, secagem a 105 °C e pesagem. Filtração através de membrana filtrante de 0,45µm, secagem a 105°C e pesagem.
Azoto total	A	ISQ W034	Combustão a alta temperatura e detecção por infravermelhos	-----
Cor	CQI	Diluições sucessivas	NP 627	Método Fotométrico
Azoto Kjeldahl	A	Combustão a alta temperatura com detecção por infravermelhos (Cálculo)	ISQ W034	EAM
Azoto amoniacal	A	Destilação e Espectrometria de Absorção Molecular	SMEWW 4500-NH3 B e C	Espectrometria Absorção Molecular – EAM
Fósforo total	A	Digestão e Espectrometria de Absorção Molecular	SMEWW 4500 B E	EAM
Oxigénio dissolvido	CQI	ISQ W041	Método interno	Electroquímico
Coliformes totais	A (Sub)	Filtração em membrana com incubação em meio selectivo	Método Interno	----
Coliformes fecais	A (Sub)	Filtração em membrana com incubação em meio selectivo	Método Interno	-----
Estreptococos fecais	A (Sub)	Filtração em membrana com incubação em meio selectivo	ISO 7899-2	----
Salmonelas	A (Sub)	Filtração em membrana e incubação meio enriquecido	ISO 6340	Filtração por membrana e incubação em meio enriquecido

LEGENDA:

CQI – Parâmetro sujeito a controlo de qualidade interno

A – Parâmetro acreditado

Sub – Parâmetro subcontratado

Ilustração 1 - Métodos analíticos utilizados pelo Instituto de Soldadura Qualidade.

Parâmetro	Acreditação	Norma	Método	DL 236/98 – Anexo XV
pH	A	NP 411	Potenciometria	Potenciometria (Electrometria)
CBO ₅	A	SMEWW 5210-B	Incubação e eléctrodo com membrana	-----
CQO	A	Oxidação e volumetria	ASTM D 1252 / A	-----
SST	A	NP 505	Gravimetria	-----
Azoto total	A	ISQ W034	Combustão a alta temperatura e detecção por infravermelhos	-----
Cor	CQI	Diluições sucessivas	NP 627	Inspeção visual ou fotometria
Azoto Kjeldahl	A	Combustão a alta temperatura com detecção por infravermelhos (Cálculo)	ISQ W034	Método Kjeldahl
Azoto amoniacal	A	Espectrometria de Absorção Molecular	SMEWW 4500F	Espectrometria Absorção Molecular -EAM
Fósforo total	A	Digestão e Espectrometria de Absorção Molecular	SMEWW 4500 B E	EAM
Oxigénio dissolvido	CQI	ISQ W041	Método interno	Electroquímico
Coliformes totais	A (Sub)	Filtração em membrana com incubação em meio selectivo	Método Interno	Filtração por membrana e incubação em meio enriquecido
Coliformes fecais	A (Sub)	Filtração em membrana com incubação em meio selectivo	Método Interno	Filtração por membrana e incubação em meio enriquecido
Estreptococos fecais	A (Sub)	Filtração em membrana com incubação em meio selectivo	ISO 7899-2	Filtração por membrana e incubação em meio enriquecido
Salmonelas	A (Sub)	Filtração em membrana com incubação em meio selectivo	ISO 6340	Filtração por membrana e incubação em meio enriquecido

LEGENDA:

CQI – Parâmetro sujeito a controlo de qualidade interno

A – Parâmetro acreditado

Sub – Parâmetro subcontratado

Ilustração 2 - Métodos analíticos utilizados pelo Instituto de Soldadura Qualidade.

Anexo H

Ensaio	Resultado	Unidade	VLE	Técnica Analítica	Referência / Método de Ensaio
Coliformes fecais	6,20E+04	ufc/100 ml	---	Filt. por membrana	LTE028-1/12 (2008-07-03)
Coliformes totais	3,40E+05	ufc/100 ml	---	Filt. por membrana	LTE028-1/12 (2008-07-03)
Oxidabilidade	10	mg/l O ₂	---	Titulimetria	ISO 8467:1993
Sólidos suspensos totais	5,3	mg/l	---	Filt/Sec 103°-105°C	SMEWW 2540 D
* UV 254 nm	0,1827		---	EAM	SMEWW 5910 B

Ilustração 1 - Métodos de análise utilizados para obter os resultados referentes à 2ª Campanha de amostragem no Laboratório das Águas do Cavado.

Anexo I

Tabela 1 - Períodos de menor precipitação anuais.

Ano	Seca
1988	Junho-Setembro
1989	Maio-Setembro
1990	Maio-Setembro
1991	Abril-Agosto
1992	Maio-Agosto
1993	Junho-Agosto
1994	Junho-Agosto
1995	Junho-Setembro
1996	Junho-Setembro
1997	Junho-Setembro
1998	Maio-Setembro
1999	Junho-Agosto
2000	Junho-Setembro
2001	Maio-Setembro
2002	Maio-Setembro
2003	Maio-Outubro
2004	Abril-Outubro
2005	Abril-Outubro
2006	Maio-Outubro
2007	Junho-Novembro
2008	Maio-Setembro

Tabela 2 - Valores de qualidade de água utilizados para Análise de Componentes Principais em Bertandos.

	CQO	CBO	CF	CT	C	EF	SST
Ch94	5.28	2.53	216.67	29466.67	14.67	1756.67	3.70
Se95	6.00	1.55	3685.00	14435.00	17.50	495.00	5.40
Ch95	4.56	0.84	18217.20	65094.00	15.40	1052.80	4.56
Se96	7.60	1.50	330.00	3900.00	20.00	360.00	3.20
Ch96	4.93	0.27	353.33	4433.33	10.00	168.67	6.53
Se97	4.44	0.22	781.11	5544.44	10.00	316.22	8.98
Ch97	4.97	0.47	450.00	7000.00	16.00	52.00	3.47
Se98	7.10	1.30	645.00	9250.00	16.00	99.00	7.20
Ch98	4.80	0.98	1248.00	12834.00	12.00	276.50	4.32
Ch99	10.06	1.51	502.57	5165.71	22.33	101.67	6.91
Se00	10.00	2.00	490.00	5378.25	13.00	324.00	5.35
Ch00	10.00	2.00	393.71	3422.43	13.86	210.00	10.57
Se01	10.50	2.20	2836.00	9980.00	17.00	137.50	7.36
Ch01	10.00	2.00	542.43	2942.86	12.00	55.50	6.80
Se02	10.00	2.00	325.00	3627.40	12.49	50.33	5.00
Ch02	10.00	2.00	614.57	13110.00	13.86	45.33	12.17
Se03	10.00	2.00	443.83	4967.17	10.25	23.67	5.00
Ch03	6.34	1.00	254.00	2370.00	11.29	136.00	5.04
Se04	5.74	1.19	1006.14	5265.29	5.12	224.00	3.76
Ch04	12.40	0.85	358.80	1939.40	6.33	97.00	5.49
Se05	5.17	0.90	1008.29	10409.14	11.78	155.00	5.20
Ch05	5.17	1.55	170.67	1017.50	10.55	119.33	3.48
Se06	5.00	2.00	677.33	12278.33	11.12	97.00	2.92
Ch06	10.00	2.00	119.29	1089.29	13.20	69.75	3.44

Tabela 3 - Informação relativa aos eixos factoriais para a ACP realizada com os dados da estação de Bertlandos.

Eixo	Valores próprios	% Explicação	% Acumulada
1	2.09620	29.95	29.95
2	1.43820	20.55	50.49
3	1.16520	16.65	67.14
4	0.99395	14.20	81.34
5	0.75210	10.74	92.08

Tabela 4 - Coordenadas das variáveis nos eixos factoriais.

Nome	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4
CQO	0.5983	0.6244	0.0573	-0.2559
CBO	0.1775	0.7778	-0.4833	-0.2248
CF	-0.8674	0.1514	0.2642	-0.1525
CT	-0.9386	0.1993	0.1568	-0.1547
C	-0.2117	0.6187	0.0453	0.7538
EF	-0.7943	0.2225	-0.2434	-0.1425
SST	0.3078	0.3720	0.7931	-0.1239

Tabela 5 - Coordenadas dos indivíduos activos para cada eixo factorial.

Nome	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4
Ch94	-1.1989	0.5661	-0.8280	-0.2493
Se95	-0.4382	0.2086	-0.0308	0.3283
Ch95	-2.4509	0.2122	0.5368	-0.2779
Se96	-0.0324	0.2097	-0.3834	0.6681
Ch96	0.0535	-0.7880	0.3810	0.0711
Se97	-0.0143	-0.6888	0.6878	0.0058
Ch97	-0.0914	-0.5782	-0.0028	0.6267
Se98	0.1196	0.0817	0.2645	0.2956
Ch98	-0.2384	-0.4805	-0.0637	0.1130
Ch99	0.2778	0.6479	0.1980	0.7033
Se00	0.2665	0.3379	-0.2394	-0.1670
Ch00	0.5056	0.5997	0.4549	-0.1846
Se01	0.2022	0.7542	0.1159	0.0389
Ch01	0.4883	0.3019	-0.0010	-0.2306
Se02	0.4308	0.2385	-0.2330	-0.1456
Ch02	0.4627	0.6943	0.7512	-0.2487
Se03	0.4433	0.1337	-0.2271	-0.3416
Ch03	0.1693	-0.4437	-0.0069	0.0596
Se04	0.0572	-0.7388	-0.2461	-0.4835
Ch04	0.5831	-0.2753	0.1343	-0.6120
Se05	-0.0832	-0.4860	0.0869	0.1064
Ch05	0.1377	-0.4500	-0.3829	0.0110
Se06	-0.0681	-0.2448	-0.5135	-0.0521
Ch06	0.4181	0.1873	-0.4528	-0.0350
Se05	-0.0832	-0.4860	0.0869	0.1064

Tabela 6 - Valores de qualidade de água utilizados para Análise de Componentes Principais em Fonte Velha.

	CQO	CBO	CF	CT	C	EF	SST
Ch94	7.13	1.57	123.50	430.00	22.50	70.00	3.60
Se95	9.20	0.90	410.00	2000.00	15.00	71.00	10.00
Ch95	4.53	0.70	64.67	543.33	22.00	37.00	7.33
Se96	10.80	1.50	350.00	1000.00	20.00	58.00	4.80
Ch96	8.60	0.57	43.33	493.33	10.00	44.67	4.40
Se97	8.80	0.50	480.00	2600.00	10.00	120.00	6.80
Ch98	5.80	0.57	780.67	21689.67	17.00	20.00	3.87
Ch99	4.80	1.23	124.67	626.67	12.33	33.00	9.60

Ch00	10.20	1.40	21.33	158.00	15.33	1.00	6.53
Se00	10.00	2.00	141.25	445.00	14.25	57.00	5.85
Ch01	10.00	2.00	122.67	2472.67	19.67	84.00	12.60
Se01	10.60	2.20	1176.40	3878.00	19.60	44.00	5.12
Ch02	10.00	2.00	892.80	43926.80	16.40	101.00	6.48
Se02	11.13	2.00	62.67	1548.33	11.67	32.33	5.85
Ch03	10.00	2.00	114.67	735.00	15.13	13.67	7.50
Se03	10.00	2.00	435.17	9968.00	10.58	47.67	5.13
Ch04	6.00	1.03	165.60	16578.00	11.92	13.67	4.40
Se04	8.04	1.06	324.67	3179.50	4.95	544.00	4.10
Ch05	6.40	1.03	14.80	89.20	7.12	15.00	3.29
Se05	5.00	1.40	8611.43	9810.00	12.35	697.67	6.77
Ch06	4.50	1.72	124.83	334.33	12.92	78.00	2.80
Se06	5.83	2.00	324.00	1634.17	10.83	112.33	2.53
Ch07	10.00	2.20	88.71	1175.57	12.24	49.50	2.97

Tabela 7 - Informação relativa aos eixos factoriais para a ACP realizada com os dados da estação de Bertlandos.

Eixo	Valores próprios	% Explicação	% Acumulada
1	2.09620	29.95	29.95
2	1.43820	20.55	50.49
3	1.16520	16.65	67.14
4	0.99395	14.20	81.34
5	0.75210	10.74	92.08

Tabela 8 - Coordenadas das variáveis para cada eixo factorial.

Nome	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4
CQO	0.6060	0.4172	-0.3926	0.1980
CBO	0.3864	0.5389	-0.5867	0.0575
CF	-0.7789	0.5248	0.0078	0.0576
CT	-0.1543	0.3691	-0.0413	-0.8469
C	0.4418	0.4385	0.5193	-0.2128
EF	-0.8521	0.3226	-0.1566	0.2286
SST	0.1665	0.5155	0.6090	0.3652

Tabela 9 - Cordenadas dos indivíduos para cada eixo factorial.

Nome	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4
Ch94	0.2538	-0.0377	0.1951	-0.1642
Se95	0.1572	0.1194	0.5636	0.3299
Ch95	0.0179	-0.2467	0.9892	-0.0869
Se96	0.4440	0.1796	0.0018	0.0471
Ch96	-0.0885	-0.6120	0.0400	0.1011
Se97	-0.2063	-0.3488	0.2350	0.2175
Ch98	-0.2546	-0.2889	0.4293	-0.8427
Ch99	-0.0794	-0.2149	0.5827	0.2422
Ch00	0.4128	0.0074	0.0552	0.1988
Se00	0.3758	0.1486	-0.2749	0.2182
Ch01	0.5934	0.8036	0.5224	0.4500
Se01	0.4610	0.4937	-0.2295	0.0025
Ch02	0.1169	0.8690	-0.2095	-1.1673
Se02	0.4269	0.1251	-0.4430	0.2528
Ch03	0.4884	0.2595	-0.0813	0.2630
Se03	0.2071	0.1217	-0.4978	-0.0672
Ch04	-0.1776	-0.3831	0.0958	-0.5409
Se04	-0.8944	-0.3056	-0.5075	0.3549
Ch05	-0.2100	-0.7902	-0.1978	0.0319
Se05	-2.0217	0.9948	0.0409	0.2537

Ch06	-0.1774	-0.4926	-0.1618	-0.1109
Se06	-0.1671	-0.3567	-0.4679	-0.0546
Ch07	0.3220	-0.0453	-0.6799	0.0710

Anexo J

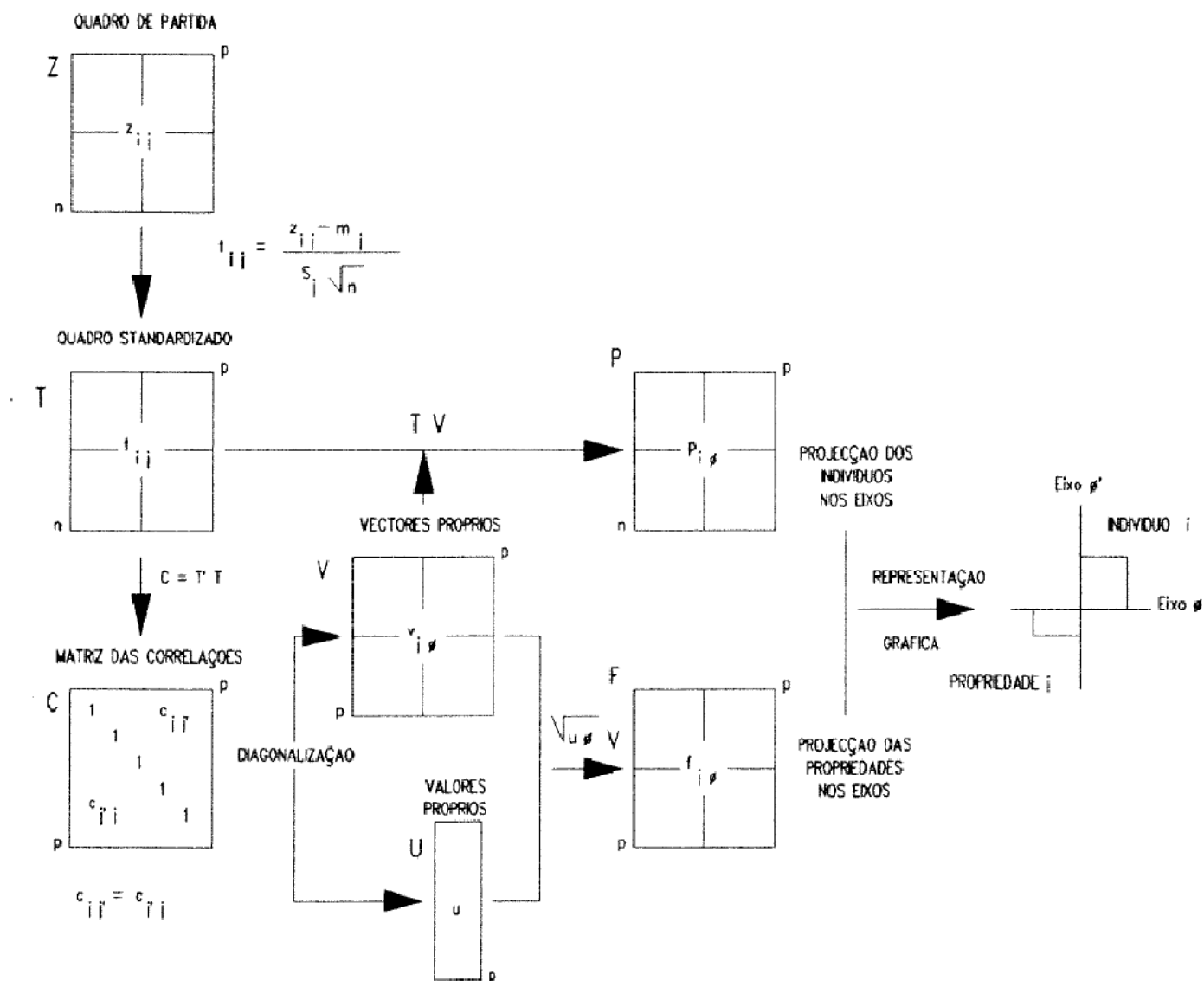


Ilustração 1 - Algoritmo de aplicação da Análise de Componentes Principais(Góis, 1993 #30).

Anexo L

Tabela 1 - Parâmetros de estatística descritiva obtidos para os valores de qualidade de água históricos recolhidos na estação do SINRH de Fonte Velha.

	Média	Desvio-padrão	Variância da amostra	Mínimo	Máximo	Contagem
<i>Amoníaco</i>	0,01	0,01	0,00	0,01	0,06	54
<i>Azoto Kjeldahl</i>	0,61	0,55	0,30	0,14	2,7	39
<i>CQO</i>	8,01	4,28	18,32	0,95	33	94
<i>CBO 5</i>	1,61	0,71	0,51	0,12	4,6	113
<i>Coliformes Fecais</i>	792	5659	32035151	1	60000	113
<i>Coliformes Totais</i>	5555	23340	544786350	20	213333	110
<i>Condutividade</i>	31,67	4,47	20,00	25,00	37	9
<i>Cor</i>	13,47	7,53	56,70	1,60	58	110
<i>Estreptococos Fecais</i>	104,25	284,08	80701,55	1,00	2000	60
<i>Fósforo total</i>	0,06	0,11	0,01	0,01	0,54	62
<i>Nitrato Total</i>	3,03	3,29	10,85	0,20	31,3	111
<i>Nitrito Total</i>	0,02	0,01	0,00	0,01	0,05	28
<i>Oxidabilidade</i>	2,39	0,58	0,34	0,80	4,3	98
<i>pH</i>	6,88	0,51	0,26	5,00	7,8	41
<i>Sólidos suspensos totais</i>	5,05	3,51	12,34	0,00	24,4	115

Tabela 2 - Parâmetros de estatística descritiva obtidos para os valores de qualidade de água históricos recolhidos na estação do SINRH de Lanheses.

	Média	Desvio-padrão	Variância da amostra	Mínimo	Máximo	Contagem
<i>Amoníaco</i>	0,01	0,01	0,00	0,01	0,07	60
<i>Azoto Kjeldahl</i>	34,00	-	-	4,00	34,00	1
<i>CQO</i>	8,23	8,18	66,90	1,50	71,20	86
<i>CBO 5</i>	1,37	0,92	0,84	0,00	4,50	105
<i>Coliformes Fecais</i>	1343	3299	10883999	20	28000	101
<i>Coliformes Totais</i>	11640	45745	2092695954	170	430000	89
<i>Cor</i>	12,91	3,60	12,99	9,00	21,00	32
<i>Estreptococos Fecais</i>	290,96	482,84	233138,41	1,00	2600,00	77
<i>Fósforo total</i>	0,06	0,05	0,00	0,01	0,26	89
<i>Nitrato Total</i>	3,31	2,89	8,36	2,00	16,60	91
<i>Nitrito Total</i>	0,04	0,02	0,00	0,01	0,05	61
<i>Oxidabilidade</i>	3,61	2,78	7,70	1,00	18,20	104
<i>pH</i>	6,77	0,67	0,44	4,60	9,00	51
<i>Sólidos dissolvidos totais</i>	871,45	1985,81	3943447,20	17,20	11492,00	80
<i>Sólidos suspensos totais</i>	9,71	17,37	301,86	0,80	180,00	108

Tabela 3 - Parâmetros de estatística descritiva obtidos para os valores de qualidade de água históricos recolhidos na estação do SINRH de Ponte da Barca.

	Média	Desvio-padrão	Variância da amostra	Mínimo	Máximo	Contagem
<i>Amoníaco</i>	0,01	0,01	0,00	0,01	0,10	60
<i>Amónia Total</i>	0,11	0,14	0,02	0,01	1,10	122

<i>CQO</i>	5,94	2,63	6,89	1,90	16,00	102
<i>CBO5</i>	1,01	0,73	0,53	0,00	4,00	122
<i>Coliformes Fecais</i>	3316	11850	140422569	1	84000	118
<i>Coliformes Totais</i>	280000	127279	16200000000	190000	370000	2
<i>Cor</i>	19,31	27,51	756,87	10,00	168,00	32
<i>Streptococos Fecais</i>	290,93	1329,58	1767776,52	0,00	9800,00	54
<i>Fósforo total</i>	0,03	0,03	0,00	0,01	0,14	61
<i>Nitrato Total</i>	3,25	3,46	11,95	2,00	23,30	108
<i>Nitrito Total</i>	0,05	0,03	0,00	0,01	0,25	61
<i>Oxidabilidade</i>	2,85	1,10	1,20	1,10	10,20	120
<i>Oxigênio dissolvido</i>	95,48	8,24	67,90	77,00	113,00	46
<i>pH</i>	6,86	0,83	0,69	4,30	9,40	47

Tabela 4 - Parâmetros de estatística descritiva obtidos para os valores de qualidade de água históricos recolhidos na estação do SINRH de Ponte de Lima.

	Média	Desvio-padrão	Variância da amostra	Mínimo	Máximo	Contagem
<i>Amoníaco</i>	0,01	0,01	0,00	0,01	0,09	58
<i>AmóniaTotal</i>	0,09	0,10	0,01	0,01	0,53	106
<i>Azoto Kjeldahl</i>	-	-	-	0,00	0,00	0
<i>CQO</i>	5,28	3,39	11,47	0,00	25,20	90
<i>CBO5</i>	1,02	0,73	0,54	0,00	4,40	106
<i>Coliformes Fecais</i>	686	2562	6567078	1	25000	101
<i>Coliformes Totais</i>	900225	1272474	1619190101250	450	1800000	2
<i>Cor</i>	11,84	3,82	14,61	5,00	24,00	31
<i>Streptococos Fecais</i>	156,81	325,72	106090,66	1,00	2000,00	53
<i>Fósforo total</i>	0,03	0,03	0,00	0,01	0,10	59
<i>Nitrato Total</i>	3,35	2,13	4,54	2,00	16,10	93
<i>Nitrito Total</i>	0,04	0,02	0,00	0,01	0,09	59
<i>Oxidabilidade</i>	2,43	0,95	0,89	1,10	6,00	106
<i>Oxigênio dissolvido</i>	98,06	9,66	93,41	79,00	125,00	35
<i>pH</i>	6,90	0,72	0,52	4,50	9,10	51

Tabela 5 - Parâmetros de estatística descritiva obtidos para os valores de qualidade de água históricos recolhidos na estação do SINRH de São João.

	Média	Desvio-padrão	Variância da amostra	Mínimo	Máximo	Contagem
<i>Amoníaco</i>	0,01	0,01	0,00	0,01	0,05	62
<i>AmóniaTotal</i>	0,07	0,09	0,01	0,01	0,56	113
<i>Azoto Kjeldahl</i>	0,66	0,61	0,37	0,14	3,10	43
<i>CQO</i>	7,95	3,67	13,46	1,00	21,00	107
<i>CBO5</i>	1,68	0,68	0,46	0,10	3,80	124
<i>Coliformes Fecais</i>	802	4201	17648382	0	45000	124
<i>Coliformes Totais</i>	3633	8445	71333077	24,00	60000	120
<i>Condutividade</i>	36,67	7,81	61,00	28,00	54,00	9
<i>Cor</i>	12,98	7,77	60,33	1,50	61,00	119

<i>Estreptococos Fecais</i>	182,91	620,79	385385,33	1,00	5000,00	67
<i>Fósforo total</i>	0,05	0,09	0,01	0,01	0,47	69
<i>Nitrato Total</i>	3,49	2,20	4,86	1,30	18,20	121
<i>Nitrito Total</i>	0,62	2,63	6,90	0,01	13,30	39
<i>Oxidabilidade</i>	2,32	0,55	0,31	1,20	3,70	100
<i>Oxigênio dissolvido</i>	70,00	-	-	70,00	70,00	1
<i>pH</i>	6,80	0,49	0,24	5,11	7,60	45
<i>Sólidos suspensos totais</i>	5,55	4,81	23,14	0,80	42,40	126

Tabela 1 - Valores de correlação entre parâmetros de qualidade de água encontrados para a estação de Fonte Velha.

	<i>Amoníaco</i>	<i>Azoto Kjeldahl</i>	<i>CQO</i>	<i>CBO5</i>	<i>Coliformes Fecais</i>	<i>Coliformes Totais</i>	<i>Condutividade</i>	<i>Cor</i>	<i>Estreptococos Fecais</i>	<i>Fósforo total</i>	<i>Nitrato</i>	<i>Nitrito</i>	<i>Oxidabilidade</i>
CQO	-0,16	-0,15	1,00										
CBO5	-0,09	0,20	0,36	1,00									
Coliformes Fecais	0,00	0,62	0,02	0,40	1,00								
Coliformes Totais	0,00	0,08	-0,02	0,06	0,29	1,00							
Condutividade	-	0,54	-	-	0,48	0,46	1,00						
Cor	0,00	0,07	0,01	0,03	0,19	0,23	-0,49	1,00					
Estreptococos Fecais	0,00	0,77	0,06	0,45	0,88	0,29	0,80	0,16	1,00				
Fósforo total	0,00	0,36	-0,14	-0,23	0,03	-0,04	-0,57	0,05	0,02	1,00			
Nitrato	-0,04	-0,08	0,03	-0,20	-0,04	-0,04	0,84	0,05	0,00	-0,18	1,00		
Nitrito	0,00	0,30	0,08	0,01	0,00	-0,15	0,08	-0,07	0,23	0,09	-0,21	1,00	
Oxidabilidade	0,12	0,13	0,14	0,17	0,31	0,11	-0,31	0,49	0,36	-0,21	0,11	0,10	1,00
pH	0,00	0,27	-0,04	0,23	0,15	-0,08	-0,95	-0,40	0,25	-0,17	-0,12	0,21	-0,04
SST	-0,09	0,44	0,13	0,05	0,33	0,04	-0,48	0,34	0,43	0,00	0,06	0,10	0,36

Tabela 2 - Valores de correlação entre parâmetros de qualidade de água encontrados para a estação de Lanheses.

	<i>Amoníaco</i>	<i>CQO</i>	<i>CBO5</i>	<i>Coliformes Fecais</i>	<i>Coliformes Totais</i>	<i>Cor</i>	<i>Estreptococos Fecais</i>	<i>Fósforo total</i>	<i>Nitrato</i>	<i>Nitrito</i>	<i>Oxidabilidade</i>	<i>Oxigénio dissolvido</i>	<i>Sólidos dissolvidos totais</i>
CQO	0,00	1,00											
CBO5	0,42	0,10	1,00										
Coliformes Fecais	0,02	0,05	0,10	1,00									
Coliformes Totais	-0,02	0,08	-0,02	0,87	1,00								
Cor	0,00	0,10	-0,09	-0,13	-0,15	1,00							
Estreptococos Fecais	0,01	-0,12	0,06	0,01	-0,04	-0,22	1,00						
Fósforo total	-0,05	0,20	0,09	0,05	0,03	0,32	0,02	1,00					
Nitrato Total	-0,06	-0,12	-0,05	-0,06	-0,04	-0,11	-0,04	0,05	1,00				
Nitrito Total	0,06	0,00	-0,03	0,10	0,06	-0,31	0,15	-0,21	0,21	1,00			
Oxidabilidade	-0,05	0,60	0,14	0,14	0,14	-0,09	-0,10	0,11	-0,05	0,12	1,00		
Oxigénio dissolvido	-	-0,23	-0,26	0,03	0,23	-	0,07	-0,06	0,33	-	-0,43	1,00	
pH	0,00	0,01	0,09	0,02	0,06	-0,11	0,03	-0,28	0,16	0,20	-0,07	-	
Sólidos dissolvidos totais	-0,05	0,49	0,14	0,10	0,09	-0,08	-0,18	0,04	-0,05	0,15	0,88	-0,62	1,00
SST	-0,04	0,18	-0,04	0,80	0,94	-0,15	0,06	0,04	-0,08	0,10	0,24	-0,07	0,16

Tabela 10 - Valores de correlação encontrados para os parâmetros de qualidade de água referentes à estação de Ponte da Barca.

	<i>Amoníaco</i>	<i>Amónia total</i>	<i>CQO</i>	<i>CBO5</i>	<i>Coliformes Fecais</i>	<i>Cor</i>	<i>Estreptococos Fecais</i>	<i>Fósforo total</i>	<i>Nitrato Total</i>	<i>Nitrito Total</i>	<i>Oxidabilidade</i>
CBO5	-0,15	0,34	0,20	1,00							
Coliformes Fecais	-0,02	0,17	-0,06	0,41	1,00						
Cor	0,00	0,11	0,23	0,42	-0,08	1,00					
Estreptococos Fecais	-0,02	0,06	0,49	0,17	0,30	-0,07	1,00				
Fósforo total	-0,05	-0,07	0,02	-0,01	0,08	0,15	0,17	1,00			
Nitrato Total	-0,05	-0,05	0,17	-0,05	-0,04	-0,10	-0,02	-0,10	1,00		
Nitrito Total	0,02	0,08	0,08	-0,15	-0,02	-0,01	0,10	-0,16	0,04	1,00	
Oxidabilidade	0,04	0,11	0,24	0,03	0,13	0,10	0,14	0,07	0,11	0,34	1,00
Oxigénio dissolvido	-	0,10	-0,01	0,17	-0,10	-	-	-	-0,06	-	0,04
pH	0,00	0,14	-0,05	-0,06	0,04	-0,14	0,14	0,06	-0,04	0,47	0,14

Tabela 411 - Valores de correlação encontrados para os parâmetros de qualidade de água referentes à estação de Ponte de Lima.

	<i>Amoníaco</i>	<i>AmóniaTotal</i>	<i>CQO</i>	<i>CBO5</i>	<i>Coliformes Fecais</i>	<i>Cor</i>	<i>Estreptococos Fecais</i>	<i>Fósforo total</i>
CQO	0,13	0,22	1,00					
CBO5	-0,06	-0,02	0,17	1,00				
Coliformes Fecais	0,02	0,06	0,11	-0,01	1,00			
Coliformes Totais	-	1,00	1,00	-1,00	1,00			
Cor	0,00	0,15	0,11	0,27	0,23	1,00		
Estreptococos Fecais	-0,03	-0,15	0,10	0,01	0,37	-0,05	1,00	
Fósforo total	-0,08	-0,01	0,02	0,11	-0,12	0,07	0,12	1,00
Nitrato Total	-0,07	-0,01	0,00	-0,12	-0,10	-0,18	0,04	0,20
Nitrito Total	0,05	-0,02	0,15	0,06	0,36	-0,10	0,17	-0,30
Oxidabilidade	-0,04	0,06	0,46	0,22	0,16	0,35	0,24	0,01
Oxigénio dissolvido	-	0,15	0,35	0,31	0,22	-	-	-
pH	0,00	-0,02	0,01	0,01	-0,05	-0,30	-0,01	-0,10

Tabela 5 - Valores de correlação entre parâmetros de qualidade de água encontrados para a estação de São João.

	Amoníaco	Amônia total	Azoto Kjeldahl	CQO	CBO5	Coliformes Fecais	Coliformes Totais	Condutividade	Cor	Estreptococos Fecais	Fósforo total	Nitrato Total	Nitrito Total	Oxidabilidade	pH
Azoto Kjeldahl	0,00	-0,18	1,00												
CQO	-0,32	0,05	-0,23	1,00											
CBO5	-0,20	0,04	-0,07	0,40	1,00										
Coliformes Fecais	0,00	-0,04	-0,12	0,07	0,17	1,00									
Coliformes Totais	0,00	0,00	-0,12	0,13	0,17	0,59	1,00								
Condutividade	-	-0,33	0,01	-	-	0,51	0,15	1,00							
Cor	0,00	0,18	0,08	0,14	0,04	-0,04	-0,01	0,77	1,00						
Estreptococos Fecais	0,00	-0,03	-0,06	0,08	0,07	0,26	0,71	0,25	0,03	1,00					
Fósforo total	0,00	-0,02	0,38	-0,33	-0,37	-0,06	-0,09	-0,07	0,07	0,19	1,00				
Nitrato Total	-0,09	0,17	0,10	-0,01	-0,07	-0,03	-0,05	0,95	0,20	-0,01	-0,14	1,00			
Nitrito Total	0,00	-0,12	0,10	-0,71	-0,47	-0,07	-0,09	0,25	-0,08	0,00	0,55	-0,17	1,00		
Oxidabilidade	0,11	0,12	-0,34	0,31	0,29	0,45	0,31	0,75	0,17	0,28	-0,29	0,15	-0,26	1,00	
pH	0,00	-0,10	0,10	0,09	0,10	-0,07	-0,03	0,68	-0,27	0,02	-0,30	-0,04	-0,20	0,02	1,00
SST	-0,11	0,05	0,00	0,21	0,06	0,05	0,21	0,87	0,16	0,06	-0,05	0,29	-0,04	0,39	-0,12

Anexo M

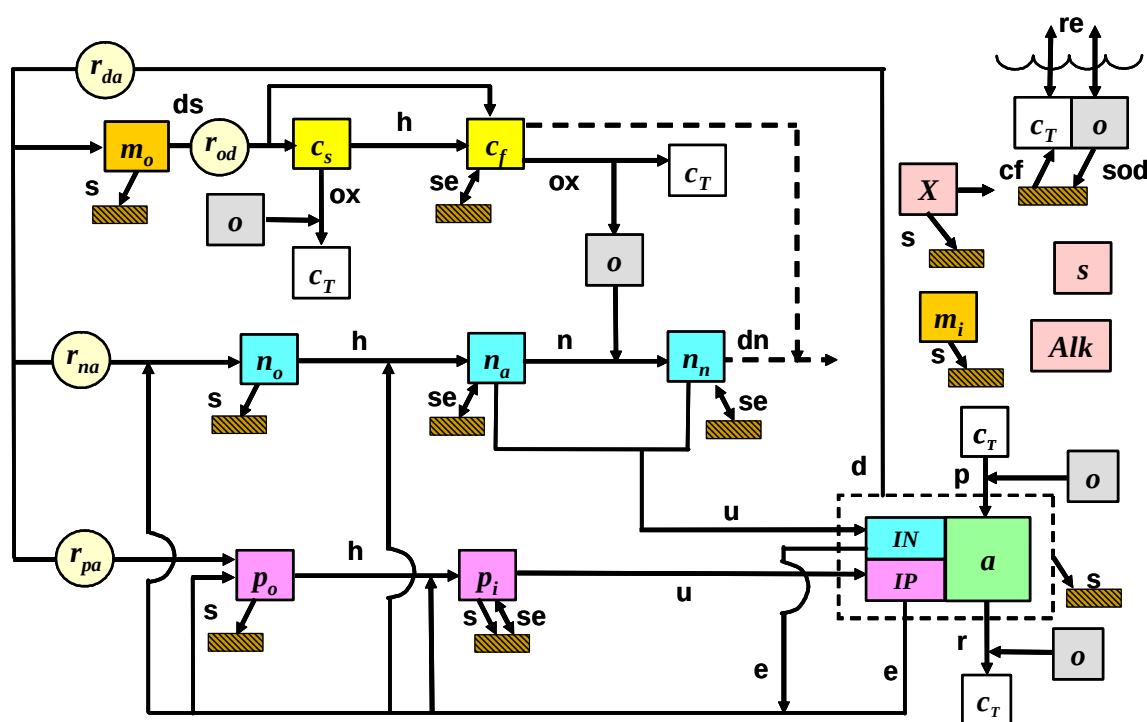


Ilustração 1 - Processos de transferência de massa e a cinética considerados pelo modelo QUAL2Kw.

Tabela 1 - Variáveis e respectivas abreviaturas utilizadas pelo modelo QUAL2Kw.

Variável	Símbolo	Unidade
Condutividade	S_1, S_2	μmhos
Sólidos Suspensos Inorgânicos	$m_{i,1}, m_{i,2}$	mgD/L
Oxigênio Dissolvido	O_1, O_2	mgO_2/L
CBO lenta	$C_{s,1}, C_{s,2}$	$\text{mg O}_2/\text{L}$
CBO rápida	$C_{f,1}, C_{f,2}$	$\text{mg O}_2/\text{L}$
Azoto Orgânico	$n_{o,1}, n_{o,2}$	$\mu\text{gN/L}$
Azoto Amoniacal	$n_{a,1}, n_{a,2}$	$\mu\text{gN/L}$
Nitratos	$n_{n,1}, n_{n,2}$	$\mu\text{gN/L}$
Fósforo Orgânico	$p_{o,1}, p_{o,2}$	$\mu\text{gP/L}$
Fósforo Inorgânico	$p_{i,1}, p_{i,2}$	$\mu\text{gP/L}$
Fitoplâncton	$a_{p,1}, a_{p,2}$	$\mu\text{gA/L}$
Detritos	$m_{o,1}, m_{o,2}$	mgD/L
Patogênicos	X_1, X_2	$\text{cfu}/100 \text{ mL}$
Constituinte Genérico	gen_1, gen_2	user defined
Alcalinidade	Alk_1, Alk_2	mgCaCO_3/L
Carbono Inorgânico Total	$C_{T,1}, C_{T,2}$	mole/L
Algas de Fundo (a_b na água superficial), Biofilme de bactérias heterotróficas (a_h na zona de sedimentos hiporréica)	a_b, a_h	gD/m^2
Azoto nas Algas de Fundo	IN_b	mgN/m^2
Fósforo nas Algas de Fundo	IP_b	mgP/m^2

O sobrescrito 1 indica variáveis na coluna de água e o sobrescrito 2 na zona hiporréica.

Tabela 2 - Processos e abreviaturas utilizadas pelo modelo QUAL2Kw.

Processo	Símbolo	Processo	Símbolo
Dissolução	ds	Respiração	r
Hidrólise	h	Excreção	e
Oxidação	ox	Morte	d
Nitrificação	n	Respiração/Excreção	rx
Denitrificação	dn	Rearejamento	re
Fotossíntese	f	Sedimentação	s
Carência de Oxigênio dos Sedimentos	SOD	Troca nos Sedimentos	se
Fluxo de Carbono Inorgânico nos Sedimentos	cf		

Anexo N

Tabela 1 - Caracterização dos ramos definidos para o troço do rio Lima sujeito a modelação.

Reach Label	Downstream end of reach label	Number	Reach	Downstream Latitude	Downstream Longitude	Downstream	Elevation		Manning Formula		
			length (km)			location (km)	Upstream (m)	Downstream (m)	Channel Slope	Manning n	Bot Width m
Fonte Velha ETAR Ponte da Barca Montante ETAR Ponte da Barca Jusante	Headwater	0		41,81	8,36	0,000		51,000	1,5	0,0800	10,00
		1	0,75	41,81	8,36	0,750	51,000	50,000	1,5	0,0800	17,96
		2	0,30	41,81	8,37	1,050	50,000	49,666	1,5	0,0800	48,26
		3	0,17	41,81	8,37	1,220	49,666	49,333	1,5	0,0800	15,27
		4	0,35	41,81	8,37	1,570	49,333	48,000	1,5	0,0800	65,99
		5	0,38	41,81	8,38	1,950	48,000	27,000	1,5	0,0800	46,19
		6	1,05	41,81	8,39	3,000	27,000	25,000	1,5	0,0800	65,93
		7	2,47	41,81	8,41	5,470	25,000	24,910	1,5	0,0800	42,82
		8	0,40	41,81	8,42	5,870	24,910	24,820	1,5	0,0800	20,09
		9	0,91	41,81	8,43	6,780	24,820	24,730	1,5	0,0800	47,77
		10	0,52	41,81	8,43	7,300	24,730	24,640	1,5	0,0800	28,02
		11	0,80	41,81	8,44	8,100	24,640	24,550	1,5	0,0800	30,07
		12	2,57	41,80	8,47	10,670	24,550	24,460	0,1	0,0500	49,77
		13	0,80	41,80	8,48	11,470	24,460	24,370	0,1	0,0500	29,31
		14	1,34	41,79	8,49	12,810	24,370	24,280	0,1	0,0500	56,24
		15	1,04	41,79	8,50	13,850	24,280	24,190	0,1	0,0500	46,01
		16	2,54	41,78	8,53	16,390	24,190	24,100	0,1	0,0500	41,84
		17	3,21	41,78	8,56	19,600	24,100	24,000	0,1	0,0500	73,50
		18	0,60	41,78	8,57	20,200	24,000	20,000	0,1	0,0500	31,03
		19	1,95	41,77	8,59	22,150	20,000	15,000	0,1	0,0500	81,69
São João ETAR Ponte de Lima Montante	20	0,85	41,76	8,59	23,000	15,000	15,000	0,1	0,0500	93,59	

Anexo O

Tabela 1 - Valores obtidos para os parâmetros de simulação da qualidade da água para a calibração efectuada com os dados de Fevereiro 07.

Parameter	Value	Units	Symbol	Auto-calibration inputs		
				Auto-cal	Min value	Max value
Stoichiometry:						
Carbon	40	gC	gC	No	30	50
Nitrogen	7,2	gN	gN	No	3	9
Phosphorus	1	gP	gP	No	0,4	2
Dry weight	100	gD	gD	No	100	100
Chlorophyll	1	gA	gA	No	0,4	2
Inorganic suspended solids:						
Settling velocity	0,301	m/d	v _i	Yes	0	2
Oxygen:						
Reaeration model	Owens-Gibbs			No		
Temp correction	1,024		q _a			
Reaeration wind effect	None					
O2 for carbon oxidation	2,69	gO ₂ /gC	r _{oc}			
O2 for NH4 nitrification	4,57	gO ₂ /gN	r _{on}			
Oxygen inhib model CBOD oxidation	Exponential					
Oxygen inhib parameter CBOD oxidation	0,60	L/mgO2	K _{socf}	Yes	0,60	0,60
Oxygen inhib model nitrification	Exponential					
Oxygen inhib parameter nitrification	0,60	L/mgO2	K _{sona}	Yes	0,60	0,60
Oxygen enhance model denitrification	Exponential					
Oxygen enhance parameter denitrification	0,60	L/mgO2	K _{sodn}	No	0,60	0,60
Oxygen inhib model phyto resp	Exponential					
Oxygen inhib parameter phyto resp	0,60	L/mgO2	K _{sop}	Yes	0,60	0,60
Oxygen enhance model bot alg resp	Exponential					
Oxygen enhance parameter bot alg resp	0,60	L/mgO2	K _{sob}	Yes	0,60	0,60
Slow CBOD:						
Hydrolysis rate	1,34665	/d	k _{hc}	Yes	0	5
Temp correction	1,0682815		q _{hc}	Yes	1	1,07
Oxidation rate	1,59095	/d	k _{dcs}	Yes	0	5
Temp correction	1,0357413		q _{dcs}	Yes	1	1,07
Fast CBOD:						
Oxidation rate	1,68345	/d	k _{dc}	Yes	0	5
Temp correction	1,0182469		q _{dc}	Yes	1	1,07
Organic N:						
Hydrolysis	1,2885	/d	k _{hn}	Yes	0	5
Temp correction	1,0633724		q _{hn}	Yes	1	1,07
Settling velocity	0,00148	m/d	v _{on}	Yes	0	2
Ammonium:						
Nitrification	8,152	/d	k _{na}	Yes	0	10
Temp correction	1,0542339		q _{na}	Yes	1	1,07
Nitrate:						
Denitrification	1,15072	/d	k _{dn}	Yes	0	2
Temp correction	1,0414687		q _{dn}	Yes	1	1,07
Sed denitrification transfer coeff	0,04175	m/d	v _{di}	Yes	0	1

Temp correction	1,0395871		q _{di}	Yes	1	1,07
Parameter	Value	Units	Symbol	Auto-cal	Min value	Max value
Organic P:						
Hydrolysis	0,06895	/d	k _{hp}	Yes	0	5
Temp correction	1,0253246		q _{hp}	Yes	1	1,07
Settling velocity	0,61742	m/d	v _{op}	Yes	0	2
Inorganic P:						
Settling velocity	0,09482	m/d	v _{ip}	Yes	0	2
Sed P oxygen attenuation half sat constant	1,75292	mgO ₂ /L	k _{sPi}	Yes	0	2
Phytoplankton:						
Max Growth rate	1,73202	/d	k _{gp}	Yes	1,5	3
Temp correction	1,0173033		q _{gp}	Yes	1	1,07
Respiration rate	0,18509	/d	k _{rp}	Yes	0	1
Temp correction	1,0247086		q _{rp}	Yes	1	1,07
Death rate	0,31867	/d	k _{dp}	Yes	0	1
Temp correction	1,0585564		q _{dp}	Yes	1	1,07
Nitrogen half sat constant	18,6885	ugN/L	k _{sPp}	Yes	0	150
Phosphorus half sat constant	28,7355	ugP/L	k _{sNp}	Yes	0	50
Inorganic carbon half sat constant	6,40E-05	moles/L	k _{sCp}	Yes	1,30E-06	1,30E-04
Phytoplankton use HCO ₃ - as substrate	No					
Light model	Half saturation					
Light constant	103,30272	langleys/d	K _{Lp}	Yes	28,8	115,2
Ammonia preference	25	ugN/L	k _{hnxp}	Yes	25	25
Settling velocity	0,01495	m/d	v _a	Yes	0	5
Bottom Plants:						
Growth model	Zero-order					
Max Growth rate	51,468	gD/m ² /d or /d	C _{gb}	Yes	0	100
Temp correction	1,0289646		q _{gb}	Yes	1	1,07
First-order model carrying capacity	118,4825	gD/m ²	a _{b,max}	Yes	50	200
Basal respiration rate	0,063681	/d	k _{r1b}	Yes	0	0,3
Photo-respiration rate parameter	0,310254	unitless	k _{r2b}	Yes	0	0,6
Temp correction	1,0576471		q _{rb}	Yes	1	1,07
Excretion rate	0,125775	/d	k _{eb}	Yes	0	0,5
Temp correction	1,0202678		q _{db}	Yes	1	1,07
Death rate	0,111825	/d	k _{db}	Yes	0	0,5
Temp correction	1,0217469		q _{db}	Yes	1	1,07
External nitrogen half sat constant	128,382	ugN/L	k _{sPb}	Yes	0	300
External phosphorus half sat constant	69,408	ugP/L	k _{sNb}	Yes	0	100
Inorganic carbon half sat constant	8,21E-05	moles/L	k _{sCb}	Yes	1,30E-06	1,30E-04
Bottom algae use HCO ₃ - as substrate	Yes					
Light model	Half saturation					
Light constant	27,00829	langleys/d	K _{Lb}	Yes	1	100
Ammonia preference	4,33432	ugN/L	k _{hnxb}	Yes	1	100
Subsistence quota for nitrogen	62,55369576	mgN/gD	q _{0N}	Yes	0,072	72
Subsistence quota for phosphorus	5,907097	mgP/gD	q _{0P}	Yes	0,01	10
Maximum uptake rate for nitrogen	351,863	mgN/gD/d	r _{mN}	Yes	350	1500
Maximum uptake rate for phosphorus	129,2915	mgP/gD/d	r _{mP}	Yes	50	200

Internal nitrogen half sat ratio	1,2159395		K _{gN, ratio}	Yes	1,05	5
Internal phosphorus half sat ratio	3,6686525		K _{gP, ratio}	Yes	1,05	5
Parameter	Value	Units	Symbol	Auto-cal	Min value	Max value
Nitrogen uptake water column fraction	0,52312		N _{UpWCfrac}	Yes	0	1
Phosphorus uptake water column fraction	0,12112		P _{UpWCfrac}	Yes	0	1
Detritus (POM):						
Dissolution rate	3,05735	/d	k _{dt}	Yes	0	5
Temp correction	1,07		q _{dt}	Yes	1,07	1,07
Settling velocity	2,62425	m/d	v _{dt}	Yes	0	5
Pathogens:						
Decay rate	0,8	/d	k _{dx}	Yes	0,8	0,8
Temp correction	1,07		q _{dx}	Yes	1,07	1,07
Settling velocity	1	m/d	v _x	Yes	1	1
alpha constant for light mortality	1	/d per ly/hr	apath	Yes	1	1
pH:						
Partial pressure of carbon dioxide	347	ppm	p _{CO2}			
Hyporheic metabolism						
Model for biofilm oxidation of fast CBOD	Zero-order		level 1			
Max biofilm growth rate	5	gO2/m ² /d or /d	"	No	0	20
Temp correction	1,047		"	No	1,047	1,047
Fast CBOD half-saturation	0,5	mgO2/L	"	No	0	2
Oxygen inhib model	Exponential		"			
Oxygen inhib parameter	0,60	L/mgO2	"	No	0,60	0,60
Respiration rate	0,2	/d	level 2	No	0,2	0,2
Temp correction	1,07		"	No	1,07	1,07
Death rate	0,05	/d	"	No	0,05	0,05
Temp correction	1,07		"	No	1,07	1,07
External nitrogen half sat constant	15	ugN/L	"	No	15	15
External phosphorus half sat constant	2	ugP/L	"	No	2	2
Ammonia preference	25	ugN/L	"	No	25	25
First-order model carrying capacity	100	gD/m ²	"	No	100	100
Generic constituent						
Decay rate	0,8	/d		No	0,8	0,8
Temp correction	1,07			No	1,07	1,07
Settling velocity	1	m/d		No	1	1
Use generic constituent as COD?	No					

Tabela 1 - Valores obtidos para os parâmetros de simulação da qualidade da água para a calibração efectuada com os dados de 2 de Junho de 2009, referente à 3ª Campanha de amostragem.

Parameter	Value	Units	Symbol	Auto-cal	Min value	Max value
<i>Stoichiometry:</i>						
Carbon	40	gC	gC	No	30	50
Nitrogen	7,2	gN	gN	No	3	9
Phosphorus	1	gP	gP	No	0,4	2
Dry weight	100	gD	gD	No	100	100
Chlorophyll	1	gA	gA	No	0,4	2
<i>Inorganic suspended solids:</i>						
Settling velocity	1,87322	m/d	v _i	Yes	0	2
<i>Oxygen:</i>						
Reaeration model	Internal			No		
Temp correction	1,024		q _a			

<i>Parameter</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>	<i>Symbol</i>	<i>Auto-cal</i>	<i>Min value</i>	<i>Max value</i>
Reaeration wind effect	None					
O2 for carbon oxidation	2,69	gO ₂ /gC	r_{oc}			
O2 for NH4 nitrification	4,57	gO ₂ /gN	r_{on}			
Oxygen inhib model CBOD oxidation	Exponential					
Oxygen inhib parameter CBOD oxidation	0,60	L/mgO ₂	K_{socf}	Yes	0,60	0,60
Oxygen inhib model nitrification	Exponential					
Oxygen inhib parameter nitrification	0,60	L/mgO ₂	K_{sona}	Yes	0,60	0,60
Oxygen enhance model denitrification	Exponential					
Oxygen enhance parameter denitrification	0,60	L/mgO ₂	K_{sodn}	No	0,60	0,60
Oxygen inhib model phyto resp	Exponential					
Oxygen inhib parameter phyto resp	0,60	L/mgO ₂	K_{sop}	Yes	0,60	0,60
Oxygen enhance model bot alg resp	Exponential					
Oxygen enhance parameter bot alg resp	0,60	L/mgO ₂	K_{sob}	Yes	0,60	0,60
<i>Slow CBOD:</i>						
Hydrolysis rate	1,75245	/d	k_{hc}	Yes	0	5
Temp correction	1,0626773		q_{hc}	Yes	1	1,07
Oxidation rate	1,2088	/d	k_{dcs}	Yes	0	5
Temp correction	1,0255381		q_{dcs}	Yes	1	1,07
<i>Fast CBOD:</i>						
Oxidation rate	0,01675	/d	k_{dc}	Yes	0	5
Temp correction	1,056896		q_{dc}	Yes	1	1,07
<i>Organic N:</i>						
Hydrolysis	0,07075	/d	k_{hn}	Yes	0	5
Temp correction	1,0628649		q_{hn}	Yes	1	1,07
Settling velocity	1,16708	m/d	v_{on}	Yes	0	2
<i>Ammonium:</i>						
Nitrification	9,0874	/d	k_{na}	Yes	0	10
Temp correction	1,0022008		q_{na}	Yes	1	1,07
<i>Nitrate:</i>						
Denitrification	1,97814	/d	k_{dn}	Yes	0	2
Temp correction	1,0615167		q_{dn}	Yes	1	1,07
Sed denitrification transfer coeff	0,52686	m/d	v_{di}	Yes	0	1
Temp correction	1,0216006		q_{di}	Yes	1	1,07
<i>Organic P:</i>						
Hydrolysis	3,81835	/d	k_{hp}	Yes	0	5
Temp correction	1,0089537		q_{hp}	Yes	1	1,07
Settling velocity	0,44406	m/d	v_{op}	Yes	0	2
<i>Inorganic P:</i>						
Settling velocity	0,72556	m/d	v_{ip}	Yes	0	2
Sed P oxygen attenuation half sat constant	1,37032	mgO ₂ /L	k_{spi}	Yes	0	2
<i>Phytoplankton:</i>						
Max Growth rate	1,896045	/d	k_{gp}	Yes	1,5	3
Temp correction	1,0500332		q_{gp}	Yes	1	1,07
Respiration rate	0,49258	/d	k_{rp}	Yes	0	1
Temp correction	1,03528		q_{rp}	Yes	1	1,07
Death rate	0,80477	/d	k_{dp}	Yes	0	1
Temp correction	1,0473879		q_{dp}	Yes	1	1,07
Nitrogen half sat constant	112,0305	ugN/L	k_{sPp}	Yes	0	150

<i>Parameter</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>	<i>Symbol</i>	<i>Auto-cal</i>	<i>Min value</i>	<i>Max value</i>
Phosphorus half sat constant	8,205	ugP/L	k_{sNp}	Yes	0	50
Inorganic carbon half sat constant	3,54E-05	moles/L	k_{sCp}	Yes	1,30E-06	1,30E-04
Phytoplankton use HCO3- as substrate	Yes					
Light model	Half saturation					
Light constant	57,6	langleys/d	K_{Lp}	No	28,8	115,2
Ammonia preference	25	ugN/L	k_{hnxp}	No	25	25
Settling velocity	0,15	m/d	v_a	No	0	5
<i>Bottom Plants:</i>						
Growth model	Zero-order					
Max Growth rate	30,948	gD/m ² /d or /d	C_{gb}	Yes	0	100
Temp correction	1,0229642		q_{gb}	Yes	1	1,07
First-order model carrying capacity	178,229	gD/m ²	$a_{b,max}$	Yes	50	200
Basal respiration rate	0,287157	/d	k_{r1b}	Yes	0	0,3
Photo-respiration rate parameter	0,017082	unitless	k_{r2b}	Yes	0	0,6
Temp correction	1,0630966		q_{rb}	Yes	1	1,07
Excretion rate	0,453695	/d	k_{eb}	Yes	0	0,5
Temp correction	1,0402864		q_{db}	Yes	1	1,07
Death rate	0,37006	/d	k_{db}	Yes	0	0,5
Temp correction	1,0546875		q_{db}	Yes	1	1,07
External nitrogen half sat constant	145,377	ugN/L	k_{sPb}	Yes	0	300
External phosphorus half sat constant	87,578	ugP/L	k_{sNb}	Yes	0	100
Inorganic carbon half sat constant	2,61E-05	moles/L	k_{sCb}	Yes	1,30E-06	1,30E-04
Bottom algae use HCO3- as substrate	Yes					
Light model	Half saturation					
Light constant	63,15121	langleys/d	K_{Lb}	Yes	1	100
Ammonia preference	35,71336	ugN/L	k_{hnxb}	Yes	1	100
Subsistence quota for nitrogen	70,43772384	mgN/gD	q_{0N}	Yes	0,072	72
Subsistence quota for phosphorus	6,3668368	mgP/gD	q_{0P}	Yes	0,01	10
Maximum uptake rate for nitrogen	723,8305	mgN/gD/d	r_{mN}	Yes	350	1500
Maximum uptake rate for phosphorus	187,901	mgP/gD/d	r_{mP}	Yes	50	200
Internal nitrogen half sat ratio	3,9391485		$K_{qN, ratio}$	Yes	1,05	5
Internal phosphorus half sat ratio	4,343273		$K_{qP, ratio}$	Yes	1,05	5
Nitrogen uptake water column fraction	0,84987		$N_{UpWCfrac}$	Yes	0	1
Phosphorus uptake water column fraction	0,37201		$P_{UpWCfrac}$	Yes	0	1
<i>Detritus (POM):</i>						
Dissolution rate	4,77825	/d	k_{dt}	Yes	0	5
Temp correction	1,07		q_{dt}	Yes	1,07	1,07
Settling velocity	0,73435	m/d	v_{dt}	Yes	0	5
<i>Pathogens:</i>						
Decay rate	0,8	/d	k_{dx}	Yes	0,8	0,8
Temp correction	1,07		q_{dx}	Yes	1,07	1,07
Settling velocity	1	m/d	v_x	Yes	1	1
alpha constant for light mortality	1	/d per ly/hr	$apath$	Yes	1	1
<i>pH:</i>						
Partial pressure of carbon dioxide	347	ppm	p_{CO2}			
<i>Hyporheic metabolism</i>						
Model for biofilm oxidation of fast CBOD	Zero-order		<i>level 1</i>			

<i>Parameter</i>	<i>Value</i>	<i>Units</i>	<i>Symbol</i>	<i>Auto-cal</i>	<i>Min value</i>	<i>Max value</i>
Max biofilm growth rate	5	gO2/m ² /d or /d	"	No	0	20
Temp correction	1,047		"	No	1,047	1,047
Fast CBOD half-saturation	0,5	mgO2/L	"	No	0	2
Oxygen inhib model	Exponential		"			
Oxygen inhib parameter	0,60	L/mgO2	"	No	0,60	0,60
Respiration rate	0,2	/d	<i>level 2</i>	No	0,2	0,2
Temp correction	1,07		"	No	1,07	1,07
Death rate	0,05	/d	"	No	0,05	0,05
Temp correction	1,07		"	No	1,07	1,07
External nitrogen half sat constant	15	ugN/L	"	No	15	15
External phosphorus half sat constant	2	ugP/L	"	No	2	2
Ammonia preference	25	ugN/L	"	No	25	25
First-order model carrying capacity	100	gD/m ²	"	No	100	100
<i>Generic constituent</i>						
Decay rate	0,8	/d		No	0,8	0,8
Temp correction	1,07			No	1,07	1,07
Settling velocity	1	m/d		No	1	1
Use generic constituent as COD?	No					

Anexo P

Tabela 1 - Resultados de qualidade de água obtidos para a simulação efectuada para Fevereiro 07.

x(km)	cond (umhos)	ISS (mgD/L)	DO(mgO2/L)	CBODs (mgO2/L)	CBODf (mgO2/L)	No(ugN/L)	NH4(ugN/L)	NO3(ugN/L)	Po (ugP/L)	Inorg P (ugP/L)	Phyto (ugA/L)	Detritus (mgD/L)	Pathogen	Alk	pH
0,00	21,50	0,00	10,42	3,71	1,69	80,00	60,00	4300,00	0,03	0,03	1997,00	1,55	82,00	2,93	6,60
0,38	21,50	0,00	10,42	3,71	1,68	83,69	63,15	4299,54	0,56	0,43	1995,96	1,58	81,59	2,93	6,60
0,90	21,50	0,00	10,43	3,70	1,68	86,48	65,74	4298,82	0,95	0,72	1995,13	1,60	81,13	2,93	6,61
1,14	21,50	0,00	10,43	3,70	1,68	86,83	66,03	4298,78	1,00	0,75	1995,04	1,60	81,10	2,93	6,61
1,40	21,50	0,00	10,45	3,69	1,66	93,96	71,35	4297,93	2,01	1,41	1993,08	1,67	80,31	2,93	6,62
1,76	21,50	0,00	10,46	3,69	1,66	95,81	72,70	4297,74	2,27	1,57	1992,57	1,69	80,12	2,93	6,63
2,48	21,50	0,00	10,48	3,68	1,63	106,13	80,07	4296,62	3,72	2,48	1989,73	1,78	79,04	2,93	6,64
4,24	21,50	0,00	10,53	3,66	1,60	120,75	90,25	4295,85	5,78	3,82	1985,76	1,91	77,70	2,93	6,66
5,67	21,50	0,00	10,54	3,66	1,60	122,79	91,62	4295,88	6,07	4,02	1985,22	1,93	77,57	2,93	6,66
6,33	21,50	0,00	10,55	3,65	1,58	129,82	96,27	4295,40	7,06	4,61	1983,31	1,99	76,91	2,93	6,67
7,04	21,50	0,00	10,56	3,65	1,57	132,91	98,29	4295,38	7,49	4,89	1982,48	2,02	76,68	2,93	6,67
7,70	21,50	0,00	10,57	3,64	1,56	137,80	101,45	4295,35	8,18	5,33	1981,17	2,06	76,30	2,93	6,68
9,39	21,50	0,00	10,47	3,61	1,52	168,65	121,14	4297,91	12,53	8,38	1972,89	2,36	74,29	2,93	6,64
11,07	21,50	0,00	10,41	3,60	1,51	176,21	125,74	4298,83	13,61	9,12	1970,88	2,43	73,90	2,93	6,62
12,14	21,50	0,00	10,40	3,59	1,48	193,10	135,83	4300,45	15,98	10,71	1966,34	2,58	72,75	2,93	6,61
13,33	21,50	0,00	10,38	3,58	1,46	204,97	142,72	4301,93	17,65	11,84	1963,15	2,69	72,01	2,93	6,60
15,12	21,50	0,00	10,34	3,56	1,44	232,19	158,28	4306,64	21,48	14,54	1955,80	2,93	70,40	2,93	6,59
18,00	21,50	0,00	10,49	3,55	1,42	275,58	182,40	4314,95	27,45	18,83	1943,79	3,21	67,18	2,93	6,63
19,90	21,50	0,00	10,45	3,55	1,41	281,07	185,20	4316,32	28,23	19,38	1942,30	3,25	66,91	2,93	6,62
21,18	21,50	0,00	10,55	3,55	1,38	312,51	201,39	4323,08	32,48	22,38	1933,51	3,43	64,51	2,93	6,65
22,58	21,50	0,00	10,58	3,54	1,37	321,14	205,56	4324,82	33,64	23,16	1931,10	3,47	63,83	2,93	6,65
23,00	21,50	0,00	10,58	3,54	1,37	321,14	205,56	4324,82	33,64	23,16	1931,10	3,47	63,83	2,93	6,65

Tabela 2 - Resultados de qualidade de água obtidos para a simulação efectuada para Fevereiro 07.

x(km)	Bot Alg (gD/m2)	TOC	TN	TP	TKN	TSS		Bot Algae			Hyporheic biofilm		Bot Alg Int N	Bot Alg Int P	Bot Alg Int N	Bot Alg Int P
						(mgD/L)	CBODu	mgA/m^2	NH3	DO sat	pHSat	gD/m^2	mgN/mgA	mgP/mgA	mgN/gD	mgP/gD
0,00	0,00	82,51	18818,40	1997,07	14518,40	201,25	221,95	0,00	0,05	10,99	6,95	2,93	39,35	0,29	393,49	2,87
0,38	0,00	82,48	18817,31	1996,95	14517,77	201,18	221,86	0,00	0,05	10,99	6,95	2,93	39,35	0,29	393,49	2,87
0,90	0,00	82,45	18816,00	1996,80	14517,18	201,11	221,79	0,00	0,05	10,99	6,95	3,45	39,35	0,48	393,49	4,76
1,14	0,00	82,45	18815,90	1996,79	14517,12	201,11	221,78	0,00	0,05	10,99	6,95	2,99	39,35	0,50	393,49	5,01
1,40	0,00	82,38	18813,39	1996,49	14515,46	200,98	221,61	0,00	0,06	11,00	6,95	4,48	26,16	0,54	261,60	5,39
1,76	0,00	82,37	18812,76	1996,41	14515,02	200,94	221,57	0,00	0,06	11,02	6,95	4,63	26,34	0,51	263,35	5,07
2,48	0,00	82,27	18808,90	1995,94	14512,28	200,75	221,32	0,00	0,07	11,04	6,95	5,30	19,73	0,54	197,25	5,40
4,24	0,00	82,15	18804,30	1995,36	14508,45	200,48	220,98	0,00	0,08	11,05	6,95	5,48	16,20	0,65	162,01	6,49
5,67	0,00	82,13	18803,84	1995,30	14507,96	200,45	220,94	0,00	0,08	11,05	6,95	6,68	16,37	0,65	163,73	6,53
6,33	0,00	82,07	18801,30	1994,98	14505,90	200,32	220,77	0,00	0,09	11,06	6,95	6,58	14,76	0,63	147,59	6,27
7,04	0,00	82,04	18800,44	1994,87	14505,06	200,27	220,70	0,00	0,09	11,06	6,95	7,04	15,19	0,69	151,94	6,85
7,70	0,00	82,00	18799,02	1994,68	14503,67	200,18	220,59	0,00	0,09	11,06	6,95	7,10	14,48	0,68	144,79	6,83
9,39	0,00	81,77	18792,49	1993,80	14494,57	199,64	219,95	0,00	0,10	11,08	6,95	4,95	12,79	0,81	127,90	8,06
11,07	0,00	81,71	18791,11	1993,61	14492,28	199,52	219,80	0,00	0,10	11,08	6,95	7,27	12,48	0,82	124,82	8,24
12,14	0,00	81,57	18787,02	1993,03	14486,57	199,22	219,43	0,00	0,11	11,09	6,95	6,02	11,97	0,86	119,72	8,58
13,33	0,00	81,48	18784,32	1992,64	14482,39	199,00	219,17	0,00	0,11	11,10	6,95	6,64	11,69	0,88	116,93	8,83
15,12	0,00	81,26	18778,85	1991,81	14472,20	198,51	218,59	0,00	0,12	11,11	6,95	5,19	11,20	0,94	111,99	9,37
18,00	0,00	80,88	18768,25	1990,08	14453,30	197,58	217,57	0,01	0,15	11,14	6,95	3,19	10,74	1,02	107,37	10,22
19,90	0,00	80,84	18767,18	1989,91	14450,86	197,48	217,46	0,01	0,15	11,14	6,95	7,17	10,69	1,03	106,86	10,32
21,18	0,00	80,54	18758,28	1988,38	14435,20	196,78	216,66	0,03	0,17	11,17	6,95	4,08	10,50	1,09	105,03	10,90
22,58	0,01	80,46	18755,46	1987,90	14430,64	196,58	216,43	0,07	0,18	11,18	6,95	5,64	10,55	1,12	105,55	11,15
23,00	0,01	80,46	18755,46	1987,90	14430,64	196,58	216,43	0,07	0,18	11,18	6,95	5,64	10,55	1,12	105,55	11,15

Tabela 3 - Resultados de qualidade de água obtidos para a simulação efectuada com valores de 2 de Junho de 2009.

x(km)	cond (umhos)	ISS (mgD/L)	DO(mgO2/L)	CBODs (mgO2/L)	CBODf (mgO2/L)	No(ugN/L)	NH4(ugN/L)	NO3(ugN/L)	Po (ugP/L)	Inorg P (ugP/L)	Phyto (ugA/L)	Detritus (mgD/L)	Pathogen	Generic		
														constituent	Alk	pH
0,00	23,00	0,00	8,30	1,91	1,69	80,00	100,00	4200,00	0,04	0,04	1997,00	1,45	161,00	0,00	3,92	6,80
0,38	23,00	0,00	6,78	2,37	2,69	181,19	519,64	3747,47	14,13	13,88	1912,21	2,48	123,56	0,00	3,92	6,41
0,90	23,00	0,00	6,28	3,59	5,87	393,30	872,97	2989,29	46,59	38,07	1724,72	3,87	81,80	0,00	3,92	7,31
1,14	23,00	0,00	6,24	3,65	6,03	403,24	887,21	2962,90	48,22	39,51	1716,42	3,92	80,45	0,00	3,92	7,34
1,40	23,00	0,00	5,06	5,63	11,93	715,54	1366,40	2127,42	100,44	90,91	1444,99	5,36	42,01	0,00	3,92	7,76
1,76	23,00	0,00	4,99	5,74	12,30	731,68	1397,60	2078,62	103,39	94,13	1428,58	5,43	39,80	0,00	3,92	7,78
2,48	23,00	0,00	4,65	6,19	14,09	790,79	1550,62	1861,93	115,57	109,08	1354,64	5,65	30,31	0,00	3,92	7,84
4,24	23,00	0,00	4,39	6,48	15,41	824,65	1662,61	1721,01	123,74	120,38	1301,30	5,81	24,06	0,00	3,92	7,90
5,67	23,00	0,00	4,21	6,75	15,90	852,59	1686,42	1670,30	128,62	125,81	1272,51	6,02	21,80	0,00	3,92	7,82
6,33	23,00	0,00	3,90	7,82	18,54	915,15	1820,81	1433,99	144,77	146,23	1146,92	6,29	13,92	0,00	3,92	7,86
7,04	23,00	0,00	3,91	7,97	18,87	924,43	1824,02	1411,24	146,83	148,25	1128,83	6,35	13,01	0,00	3,92	7,83
7,70	23,00	0,00	3,97	8,40	20,10	939,91	1817,50	1344,40	152,28	152,39	1065,82	6,40	10,46	0,00	3,92	7,83
9,39	23,00	0,00	4,11	9,24	24,07	921,37	1693,63	1207,68	161,53	154,36	870,92	6,14	4,79	0,00	3,92	7,84
11,07	23,01	0,00	4,14	9,49	24,74	927,96	1604,49	1171,19	162,65	153,64	822,85	6,12	3,93	0,00	3,92	7,79
12,14	23,01	0,00	4,28	9,91	26,65	895,83	1355,83	988,89	163,44	142,96	681,77	5,68	2,05	0,00	3,92	7,78
13,33	23,01	0,00	4,35	9,99	26,98	888,66	1277,00	943,37	163,00	139,43	647,52	5,58	1,69	0,00	3,92	7,76
15,12	23,02	0,00	4,65	10,03	27,42	861,73	1090,23	832,40	160,73	128,20	576,26	5,31	1,09	0,00	3,92	7,76
18,00	23,02	0,00	7,15	9,81	25,56	780,73	552,90	385,95	151,64	78,25	423,12	4,71	0,39	0,00	3,92	7,75
19,90	23,02	0,00	8,97	9,79	25,22	777,81	500,69	348,53	150,28	74,35	411,11	4,70	0,35	0,00	3,92	7,33
21,18	23,03	0,00	9,43	9,65	23,20	721,80	258,04	82,47	141,94	47,95	336,78	4,53	0,16	0,00	3,92	7,11
22,58	23,03	0,00	9,43	9,65	23,05	716,82	243,96	67,75	141,26	46,31	332,13	4,52	0,15	0,00	3,92	7,11
23,00	23,03	0,00	9,43	9,65	23,05	716,82	243,96	67,75	141,26	46,31	332,13	4,52	0,15	0,00	3,92	7,11

Tabela 4 - Valores de qualidade de água obtidos para a simulação efectuada com valores de 2 de Junho de 2009.

Bot Alg (gD/m2)	TOC	TN	TP	TKN	TSS		Bot Algae		DO sat	pHsat	Hyporheic biofilm		Bot Alg Int N	Bot Alg Int P	Bot Alg Int N	Bot Alg Int P
					(mgD/L)	CBODu	mgA/m^2	NH3			gD/m^2	mgN/mgA		mgP/mgA	mgN/gD	mgP/gD
0,00	81,80	18758,40	1997,07	14558,40	201,15	220,03	0,00	0,24	9,13	7,12	0,00	18,63	0,85	186,31	8,49	
0,00	79,36	18216,23	1940,22	14468,75	193,70	213,48	0,00	0,51	9,14	7,12	0,00	18,63	0,85	186,31	8,49	
4,29	74,05	16673,53	1809,38	13684,24	176,34	199,19	42,92	101,48	9,20	7,12	0,00	22,24	1,81	222,38	18,06	
4,62	73,82	16611,57	1804,16	13648,68	175,56	198,58	46,25	110,54	9,20	7,12	0,00	23,07	1,91	230,74	19,08	
7,64	66,47	14613,29	1636,34	12485,86	149,86	178,80	76,42	427,86	9,32	7,12	0,00	28,48	3,24	284,84	32,36	
7,55	66,02	14493,69	1626,10	12415,07	148,29	177,60	75,47	446,82	9,34	7,12	0,00	28,59	3,28	285,89	32,85	
6,65	63,99	13956,72	1579,29	12094,79	141,12	172,12	66,54	547,25	9,39	7,12	0,00	28,49	3,43	284,91	34,29	
6,05	62,51	13577,59	1545,42	11856,58	135,94	168,16	60,55	633,60	9,42	7,12	0,00	28,49	3,53	284,93	35,30	
6,49	61,73	13371,41	1526,95	11701,10	133,27	166,05	64,94	590,15	9,43	7,12	0,00	28,38	3,56	283,78	35,62	

6,41	58,19	12427,76	1437,91	10993,77	120,98	156,53	64,09	676,56	9,48	7,11	0,00	28,69	3,76	286,95	37,56
6,47	57,67	12287,28	1423,91	10876,04	119,23	155,13	64,67	656,71	9,49	7,11	0,00	28,47	3,74	284,71	37,43
6,60	55,79	11775,69	1370,49	10431,29	112,98	150,06	66,04	652,26	9,50	7,11	0,00	28,85	3,82	288,53	38,20
6,18	49,67	10093,26	1186,80	8885,58	93,23	133,62	61,84	629,59	9,54	7,11	0,00	28,27	3,76	282,69	37,65
6,59	48,08	9628,15	1139,15	8456,96	88,40	129,35	65,94	563,93	9,54	7,11	0,00	28,66	3,82	286,65	38,15
6,63	43,13	8149,30	988,17	7160,41	73,86	116,03	66,27	490,91	9,55	7,11	0,00	28,31	3,72	283,06	37,22
6,79	41,87	7771,21	949,96	6827,84	70,33	112,64	67,86	458,08	9,55	7,11	0,00	28,47	3,72	284,66	37,24
6,67	39,10	6933,44	865,19	6101,04	62,94	105,18	66,67	396,12	9,56	7,11	0,00	27,83	3,58	278,33	35,84
7,33	31,96	4766,05	653,01	4380,10	47,02	85,97	73,35	198,00	9,55	7,11	0,00	24,99	2,92	249,87	29,18
8,74	31,34	4587,00	635,74	4238,47	45,81	84,31	87,37	31,81	9,53	7,11	0,00	24,34	2,82	243,41	28,24
8,05	27,50	3487,12	526,66	3404,65	38,21	73,97	80,49	1,96	9,45	7,12	0,00	20,61	2,32	206,09	23,23
7,93	27,25	3419,85	519,70	3352,10	37,73	73,30	79,29	1,84	9,45	7,12	0,00	20,19	2,28	201,95	22,80
7,93	27,25	3419,85	519,70	3352,10	37,73	73,30	79,29	1,84	9,45	7,12	0,00	20,19	2,28	201,95	22,80

Anexo Q

Parâmetros	Métodos utilizados	
	Referência	Descrição
Amônio	SMEWW 4500-NH ₃ -F	Espectrometria de absorção molecular
Azoto Kjeldahl	SMEWW 4500-Norg -C	Espectrometria de absorção molecular
Azoto Total	cálculo	N total = N nitritos+N nitatos+ N Kjeldahl
CBO₅,20°C	SMEWW 5210 BOD - B	Determinação de O ₂ dissolvido antes e após cinco dias de incubação a 20°C + 1°C ao abrigo da luz, com adição de um inibidor da nitrificação
Oxigénio dissolvido	NP EN 25814	Método electroquímico com sonda
Condutividade (20°C)		Electrometria
Fosforo total	SMEWW 4500-P-E	Espectrometria de absorção molecular
Nitratos	NP 4338-1	Espectrometria de absorção molecular
Nitritos	ISO 6777	Espectrometria de absorção molecular
SST	SMEWW 2540-Solids-D	Método gravimétrico
SSV	SMEWW 2540-Solids-G	Método gravimétrico
Coliformes Fecais	MI 002	Menbrana Filtrante
Coliformes Totais	MI 001	Menbrana Filtrante

Ilustração 1 - Métodos de referência utilizados para obter resultados da 3ª Campanha de amostragem.

Anexo R

A calibração realizada automaticamente pelo modelo QUAL2Kw consiste na obtenção de valores para as variáveis integrantes do modelo através da comparação com valores reais obtidos por amostragem e análises laboratoriais. A comparação entre os valores simulados e os valores reais foi realizada através de uma função onde se inclui um factor de ponderação para cada parâmetro, como representado na Equação 1 e na Equação 2, onde n é o número de parâmetros considerados, l o número de pontos de amostragem, p o factor de ponderação, S o valor simulado e E o valor obtido por amostragem.

$$ajuste = \frac{1}{\frac{RMSCV_{pesado}}{\sum_{i=1}^n p_i}}$$

Equação 1 - Cálculo do ajuste dos valores simulados aos valores reais obtidos por amostragem.

$$RMSCV_{pesado} = \sum_{i=1}^n \left[p_i \times \sqrt{\frac{\frac{\sum_{j=1}^l (S_j - E_j)^2}{l}}{\frac{\sum_{j=1}^l (S_j + E_j)}{2 \times l}}} \right]$$

Equação 2 - Cálculo do coeficiente de variação da raiz da média ao quadrado após ponderação.

Esta função foi aplicada apenas aos valores para os quais se encontram pares de valores experimentais e calculados. O objectivo da utilização desta função é que o ajuste obtido aumente quando os valores simulados se aproximem dos valores reais introduzidos. Deste modo pretende-se maximizar a adaptação aos pontos experimentais (Chapra et al., 2008). O modelo realiza um número de iterações definido pelo utilizador, recorrendo a um algoritmo genético para obter os valores das variáveis integrantes do modelo para cada iteração (Chapra et al, 2008). No fim do processo são apresentados os valores das variáveis que obtiveram um valor de ajuste mais elevado, e os resultados da simulação obtidos com estes valores.

Devido à complexidade do modelo em estudo, o tempo de computação para o ajuste dos parâmetros cinéticos é longo. De modo a obter um tempo de calibração útil (<12 horas) procedeu-se à diminuição do número de iterações realizado face ao apresentado por defeito, mas procurando sempre manter um ajuste aceitável. O parâmetro “número de corridas na população” foi definido para todas as auto-calibrações como 4, e o parâmetro “número de gerações” foi definido como 50. Todos os outros parâmetros foram mantidos como apresentados por defeito.

O método de cálculo seleccionado para a resolução de equações diferenciais das variáveis de estado foi o método numérico de Euler, pois este oferece um menor tempo de integração garantindo resultados aceitáveis (Chapra et al, 2008).

A escolha do *time step*, que é o menor intervalo de tempo considerado para a simulação, foi afectada pela necessidade de garantir a estabilidade do modelo, sendo necessário seleccionar um valor menor que 2,27 minutos, como recomendado pelo *software*. Valores maiores que 1 minuto revelaram-se demasiado grandes para realizar a computação, resultando em erro. O valor definido finalmente foi de 0,1 minutos, não se detectando problemas durante a simulação.

O método de cálculo para a solução do pH seleccionado foi o de Newton-Raphson. A sua substituição por outro método é sugerida no caso de este se revelar instável. Como isto não se verificou, o método apresentado por defeito manteve-se.

A simulação da transferência de massa entre a zona do fundo do rio e a coluna de água acima foi simulada assumindo um modelo de limitação do crescimento de bactérias nesta zona por quantidade de carbono orgânico dissolvido, nitratos, amónia, fósforo dissolvido reactivo e oxigénio dissolvido.

O cálculo da profundidade e da velocidade do escoamento em função do caudal foi efectuado recorrendo à fórmula de Manning, com um coeficiente de 0,08 para a primeira parte do percurso em ambiente montanhoso, e de 0,05 para a segunda parte, onde se observa um escoamento mais disperso (Instituto da Água 2000; Chapra et al, 2008).

A cobertura do fundo do rio por algas e sedimentos foi definida com os valores apresentados por defeito.

As opções tomadas resultam num tempo de cálculo, para cada simulação individual, de quase 3 minutos.

Anexo S

Tabela 1 - Valores previstos na legislação para a captação de água para produção com destino a consumo humano.

Parâmetro	A1		A2		A3	
	VMR	VMA	VMR	VMA	VMR	VMA
pH 25°C	6,5-8,5	-	5,5-9,0	-	5,5-9,0	-
SST (mg/L)	25	-	-	-	-	-
CQO (mg/L O ₂)	-	-	-	-	30	-
OD (%)	70	-	50	-	30	-
CBO5 (mg/L O ₂)	3	-	5	-	7	-
Condutividade (µS/cm, 20°C)	1000	-	1000	-	1000	-
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	0,05	-	1,00	1,50	2,00	4,00
Nitratos (mg NO ₃ /L)	25	50	-	50	-	50
Fosfatos (mg P ₂ O ₅ /L)	0,4	-	0,7	-	0,7	-
Coliformes Totais (/100 mL)	50	-	5000	-	50000	-
Coliformes Fecais (/100 mL)	20	-	2000	-	20000	-
Estreptococos fecais (/100 mL)	20	-	1000	-	10000	-

Tabela 12 - Valores encontrados na legislação para águas balneares.

Parâmetro	VMR	VMA
pH 25°C	-	6-9
OD (%)	80-120	-
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	0,05	-
Coliformes Totais (/100 mL)	500	10000
Coliformes Fecais (/100 mL)	100	2000
Estreptococos fecais (/100 mL)	100	-

