

IPV - ESTGV |

# Instituto Politécnico de Viseu

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu



# Instituto Politécnico de Viseu

Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu







[À memória da minha avó Leopoldina]



## RESUMO

O presente relatório foi elaborado no âmbito do Estágio Curricular do curso Mestrado em Tecnologias Ambientais da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu. O estágio decorreu nos Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Viseu / Águas de Viseu, mais propriamente na Estação de Tratamento de Água (ETA) de Nesprido/Fagilde.

O principal objetivo do projeto foi o estudo da qualidade da água da Albufeira de Fagilde e do sistema de abastecimento de Fagilde. Para o efeito, para além da realização de análises físico-químicas à qualidade da água bruta da captação e da análise de resultados analíticos anteriores, foram analisados os Protocolos de Controlo de Qualidade de Água dos anos anteriores para a Zona de Abastecimento de Fagilde no concelho de Viseu. Diariamente, foram ainda realizadas as tarefas correntes no laboratório da ETA associadas às análises à qualidade da água de controlo da operação do sistema de tratamento.

Os resultados obtidos na respetiva análise da qualidade da água bruta, permitiu verificar que esta se têm degradado ao longo dos anos, encontrando-se presentemente numa fraca qualidade, sendo o pH, os Sólidos Suspensos Totais, a Carência Química de Oxigénio e a Carência Bioquímica de Oxigénio, sendo estes os principais parâmetros responsáveis, pelas piores classificações dos níveis de poluição, parâmetros muito correlacionados com águas residuais urbanas e algumas águas residuais industriais (p.e., associadas ao setor pecuário e agroalimentar), o que sugere a descarga deste tipo de águas residuais não tratadas ou com tratamento deficiente a montante da captação na bacia hidrográfica da Albufeira de Fagilde.

Apesar da qualidade da água bruta captada na Albufeira de Fagilde não ser a melhor, a qualidade da água tratada na ETA tem melhorado ao longo do tempo, encontrando-se presentemente na classe de “Muito Boa”, apesar de, maioritariamente, os valores dos Trihalometanos e de alumínio ao longo dos anos se encontrarem sensivelmente próximos dos Valores Paramétricos.

Nos trabalhos desenvolvidos no âmbito do presente estágio conclui-se que, seriam medidas adequadas para colmatar os problemas anteriormente referidos, a substituição da cloragem da pré-oxidação / pré-desinfecção por um sistema de ozonização e um maior controlo da dosagem do agente coagulante - sulfato de alumínio - no processo de coagulação-floculação.



## ABSTRACT

This report was prepared within the scope of the Curricular Internship of the Masters in Environmental Technologies course at the School of Technology and Management of Viseu. The internship was held at the Municipal Water and Sanitation Services of Viseu / Águas de Viseu, more specifically at the Nesprido / Fagilde Water Treatment Station (ETA).

The main objective of the project was to study the water quality of the Fagilde water reservoir and the Fagilde supply system. For this purpose, in addition to the physical-chemical analysis of the raw water quality of the abstraction and previous analytical results, the Water Quality Control Protocols of previous years were analyzed for the Fagilde Supply Zone in the municipality of Viseu. Daily tasks were also carried out in the ETA laboratory associated with the water quality analysis the control the operation the treatment system.

The results obtained in the respective analysis of the quality of the raw water, allowed to verify that it has been degraded over the years, being presently in poor quality, being the pH, the Total Suspended Solids, Chemical Oxygen Demand and the Biochemical Demand the main parameters responsible for the worst classifications of pollution levels. Parameters highly correlated with urban waste water and some industrial wastewater (eg associated with the livestock and agri-food sector) suggesting the discharge of this type of untreated or poorly treated sewage upstream of the catchment in the Fagilde basin.

Although the quality of the raw water captured at Fagilde's Albufeira is not the best, the quality of the water treated in ETA has improved over time, and is currently in the "Very Good" class, although, Trihalomethanes and aluminum over the years are substantially close to the Parametric Values.

It is suggested that the pre-oxidation / pre-disinfection chlorination be replaced by an ozonation system and a greater control of the dosage of the coagulating agent - aluminum sulfate - in the coagulation-flocculation process.



## **PALAVRAS CHAVE**

Albufeira de Fagilde  
ETA Nesprido/Fagilde  
Qualidade da água  
Parâmetros analíticos



## **KEY WORDS**

Albufeira of Fagilde  
ETA Nesprido/Fagilde  
Water quality  
Analytical parameters



## AGRADECIMENTOS

O meu muito obrigado a todos que sempre me acompanharam, apoiaram, me viram crescer e me ajudaram a ser cada dia um pouco mais e melhor durante o meu percurso dentro e fora desta Universidade.

Aos meus pais (Elisa e José), por todo o apoio, educação, carinho e compreensão.

Aos meus sogros e avós pelas palavras e gestos de incentivo, força e coragem constantes.

Ao José Manuel por toda a motivação, preocupação e carinho.

À Eng. Sandra, Eng. Rui e senhor Manuel Campos por todo o apoio, paciência e compreensão ao longo destes meses de Estágio.

À empregada Catarina Gomes e operador Márcio Magalhães, por me terem dado tanto apoio e força nos momentos em que me ia abaixo durante os meses de estágio.

Às Águas de Viseu S.A. pela disponibilidade em me acolher de forma a garantir que o estágio fosse possível e pelas contribuições dadas para o presente trabalho.

Ao orientador Professor Doutor Pedro Baila Antunes e ao responsável pela cadeira de Projeto o Professor Doutor Paulo Pinho, pelas oportunidades e experiências a que tive acesso durante o estágio e por todas as contribuições/sugestões e críticas relevantes à conclusão do trabalho.

Ao Professor Doutor Sérgio Lopes, pela disponibilidade de ajuda demonstrada.

Aos meus colegas e amigos, Cláudia Marques, Catarina Marques, Susana Marques, Tiago Figueiredo, Paulo Santos, pelo apoio e ajuda para a realização deste relatório.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para alcançar mais esta etapa da minha vida.



# ÍNDICE GERAL

ÍNDICE GERAL .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvii
ÍNDICE DE QUADROS.....	xx
ABREVIATURAS E SIGLAS .....	xxiii
1. Introdução.....	1
1.1 Objetivos do estágio.....	2
1.2 Organização do relatório de estágio.....	3
1.3 Plano de trabalho previstos .....	4
2. Produção e distribuição da água tratada .....	6
2.1 Captação.....	6
2.2 Tratamento.....	9
2.2.1 Tratamentos convencionais .....	12
2.2.2 Tratamentos não convencionais .....	22
2.3 Armazenamento.....	24
2.4 Rede de distribuição.....	26
3. Qualidade de água .....	28
3.1 Parâmetros da qualidade de água.....	28
3.1.1 Parâmetros organoléticos .....	29
3.1.2 Parâmetros Físicos e Químicos .....	31
3.1.3 Parâmetros Microbiológicos .....	39
3.2 Normas de qualidade de água.....	39
3.3 Degradação da qualidade da água.....	42
3.4 Doenças associadas à degradação da qualidade da água.....	45
4. Controlo da qualidade da água na torneira do consumidor (PCQA) .....	47
4.1 PCQA e a sua implementação. ....	50
4.2 Gestão de incumprimentos e Autoridade de saúde.....	53
4.3 Divulgação dos dados de qualidade de água .....	54

4.4	Comunicação de resultados .....	55
5.	Caso de Estudo.....	59
5.1	Tratamento usado na ETA de Nesprido/Fagilde .....	60
5.1.1	Captação.....	61
5.1.2	Gradagem .....	63
5.1.3	Pré-cloragem.....	63
5.1.4	Cisterna de contato.....	63
5.1.5	Decantação .....	64
5.1.6	Filtração por filtros de areia .....	64
5.1.7	Desinfecção Final .....	65
5.1.8	Armazenamento da água tratada.....	65
5.1.9	Redes de distribuição .....	65
5.2	Exploração da ETA de Fagilde.....	66
5.2.1	Princípios Gerais de Funcionamento .....	66
5.2.2	Controlo analítico .....	67
6.	Metodologia .....	70
6.1	Amostragens .....	70
6.1.1	Amostragem da água captada.....	70
6.1.2	Amostragem da água tratada .....	74
6.2	Metodologia de tratamento de resultados.....	75
6.2.1	Análise da qualidade da água captada .....	75
6.2.2	Avaliação do cumprimento da qualidade da água tratada.....	78
7.	Apresentação e discussão de resultados .....	79
7.1	Qualidade da água captada .....	79
7.1.1	Qualidade geral da água captada .....	80
7.1.2	Qualidade da água superficial captada.....	85
7.1.3	Classificação do meio hídrico quanto ao uso para consumo humano .....	85
7.1.4	Classificação do meio hídrico numa classe de tratamento.....	88
7.2	Qualidade da água tratada na ETA de Nesprido/Fagilde .....	90
7.2.1	Tratamento de incumprimentos ou afastamento de valores paramétricos .....	92
7.2.2	Evolução dos incumprimentos e afastamentos dos valores paramétricos.....	93
8.	Atividades realizadas durante o estágio .....	97

8.1	Controlo analítico na Eta de Nesprido/Fagilde .....	97
8.2	Controlo analítico dos reservatórios e da rede de distribuição.....	99
9.	Conclusões e desenvolvimentos futuros.....	101
	Referências .....	103
	Anexo 1 .....	115
	Anexo 2 .....	124
	Anexo 3 .....	132
	Anexo 4.....	147
	Anexo 5 .....	151
	Anexo 6 .....	160
	Anexo 7 .....	166



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Distribuição de captações de água superficial em Portugal continental. ....	8
Figura 2-2: Esquema de uma ETA para águas superficiais do tipo A1. ....	10
Figura 3-2: Esquema de uma ETA para águas superficiais do tipo A2. ....	10
Figura 4-2: Esquema de uma ETA para águas superficiais do tipo A3. ....	11
Figura 5-2: Esquema de uma ETA para águas superficiais do tipo A3. ....	11
Figura 6-2: Esquema de uma ETA para águas superficiais. ....	12
Figura 7-2: Esquema da etapa do tratamento de lamas numa Eta. ....	12
Figura 8-2: Tipos de Chicanas. ....	16
Figura 9-2: Desenho esquemático de um decantador/sedimentador do tipo lamelar. ....	18
Figura 10-2: Filtração em meio filtrante granular. ....	19
Figura 11-2: Representação esquemática do processo de separação por membranas. ....	22
Figura 12-2: Típica curva de consumo. ....	24
Figura 13-2: Tipo de reservatórios face á localização. ....	25
Figura 14-2: Rede Ramificada. ....	27
Figura 15-2: Rede malhada. ....	27
Figura 16-3: Esquematização do conceito cor nas amostras de água. ....	29
Figura 17-4: Esquema da relação entre os vários intervenientes num sistema de abastecimento de água. ....	48
Figura 18-4: Resumo das obrigações das EG. ....	49
Figura 19-4: Comunicação de incumprimentos. ....	53
Figura 20-5: ETA de Fagilde. ....	59
Figura 21-5: Fluxograma do funcionamento da ETA de Nesprido/Fagilde. ....	60
Figura 22-5: Processos envolvidos na exploração da ETA de Fagilde. ....	66
Figura 23-6: Localização do ponto de amostragem. ....	71
Figura 24-6: Localização da captação e do local de amostragem. ....	72
Figura 25-6: Balde utilizado na recolha de amostra. ....	73
Figura 26-7: Estrutura de um “diagrama de caixa”. ....	80
Figura 27-7: “Diagramas de caixas” dos parâmetros de qualidade da água analisados na Albufeira de Fagilde coletados no período de fevereiro de 2017 a maio de 2017. ....	81
Figura 28-7: Quantidade de precipitação nos meses de amostragem. ....	82
Figura 29-7: Evolução da classificação da qualidade das águas na Estação de Qualidade da Albufeira de Fagilde, entre 2001 e 2014. ....	87
Figura 30-7: Quantidade de precipitação acumulada no mês de fevereiro em Viseu. ....	87
Figura 31-8: Filtro colmatado de impurezas presente num reservatório. ....	99
Figura 32-A2: Anemómetro <i>Kestrel 4000</i> .....	128
Figura 33-A2: Analisador Automático, com as sondas paramétricas .....	129
Figura 34-A3: Equipamento analisador da marca Lovindond, Modelo multi direct .....	138

Figura 35-A3: A3: Fotómetro <i>Lovibind PC II</i> .	140
Figura 36-A3: Espectrofotómetro <i>DR 5000</i> .	141
Figura 37-A3: Digestor <i>Lange HT 200 S</i> e o espectrofotómetro <i>Lange DR 5000</i> .	142
Figura 38-A3: Analisador <i>TOC-L</i> da marca <i>Shimadzu</i> .	143



## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1-1: Plano de trabalhos previsto .....	4
Quadro 2-1: Cronograma temporal das tarefas desenvolvidas .....	5
Quadro 3-2: Síntese das principais características das camadas formadas por estratificação térmica. ....	7
Quadro 4-2: Tratamento adequado por classe de água. ....	9
Quadro 5-2: Polieléctrolitos mais utilizados, na etapa de tratamento designada por floculação. ....	16
Quadro 6-2: Principais constituintes removidos associadas aos processos de filtração por membranas. ....	23
Quadro 7-3: Apresentação dos diversos sabores que uma água em geral pode apresentar. ....	30
Quadro 8-3: Classificação dos cursos de água superficiais de acordo com as suas características de qualidade para usos múltiplos. ....	41
Quadro 9-3: Classes de classificação da qualidade da água. ....	42
Quadro 10-3: Principais grupos de poluentes, efeitos deles decorrentes e origens mais usuais. ....	43
Quadro 11-4: Frequência mínima de amostragem e de análise da água destinada para consumo humano, fornecida por uma rede de distribuição, por fontanários, por um camião-cisterna ou fornecida para uma empresa da indústria alimentar. ....	50
Quadro 12-4: Pontos Críticos na rede e sua problemática no controlo da qualidade da água. ....	52
Quadro 13-5: Características da captação na Albufeira de Fagilde. ....	61
Quadro 14-5: Analisadores de Qualidade de Água instalados no processo de tratamento. ....	67
Quadro 15-5: Análises realizadas manualmente nas diferentes fases de tratamento. ....	68
Quadro 16-6: Estado do tempo nos dias de amostragem e 3 dias antes da amostragem. ....	72
Quadro 17-6: Objetivos ambientais de qualidade mínima para as águas superficiais dos parâmetros analisados no local de estudo. ....	75
Quadro 18-6: Escala de cores do cumprimento ou não dos VMA. ....	76
Quadro 19-6: Classificação por parâmetro (Parâmetros considerados neste trabalho). ....	76
Quadro 20-6: Classes da qualidade de água superficial para consumo humano. ....	77
Quadro 21-6: Escala de cores para % de afastamento dos VP's. ....	78
Quadro 22-6: Escala de cores para a qualidade do serviço prestado anualmente. ....	78
Quadro 23-7: Resultados da amostragem da água bruta. ....	79
Quadro 24-7: Principais origens de poluição da Albufeira de Fagilde. ....	84
Quadro 25-7: Avaliação da qualidade da água superficial na zona de captação. ....	85
Quadro 26-7: Classificação da Albufeira de Fagilde de acordo com as suas características de qualidade para usos múltiplos. ....	86
Quadro 27-7: Classificação da Água Bruta da Albufeira de Fagilde, numa das classes de tratamento estabelecidas pelo Decreto-Lei n.º 236/98 de 01 de agosto. ....	88

Quadro 28-7 Avaliação do Cumprimento da Qualidade da Água Tratada na ZA de Fagilde, de acordo com o Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de agosto .....	90
Quadro 29-7:Dados de Qualidade da água do PCQA da ZA de Fagilde do Ano de 2014 .....	93
Quadro 30-7: Dados de Qualidade da água do PCQA da ZA de Fagilde do Ano de 2015 .....	94
Quadro 31-7: Dados de Qualidade da água do PCQA da ZA de Fagilde do Ano de 2016. ....	95
Quadro 32-7: Plano de controlo analítico diário na ETA de Nesprido/Fagilde. ....	98
Quadro 33-7: Etapas de tratamento e respetivos valores limite na ETA de Fagilde. ....	98
Quadro 34-7: Plano de análise externas da ETA de Fagilde. ....	99
Quadro 35-A1:Principais doenças causadas pelo consumo de água não tratada ou tratada indevidamente.....	117
Quadro 36-A5: Valores paramétricos na torneira do consumidor, segundo o Decreto-Lei n.º306/2007, de 27 de agosto.....	153
Quadro 37-A6: Estatística descritiva do parâmetro pH amostrado na Albufeira de Fagilde. ....	162
Quadro 38-A6: Estatística descritiva do parâmetro condutividade amostrados na Albufeira de Fagilde.....	162
Quadro 39-A6: Estatística descritiva do parâmetro O <sub>2</sub> Dissolvido amostrados na Albufeira de Fagilde.....	162
Quadro 40-A6: Estatística descritiva do parâmetro turvação amostrados na Abufeira de Fagilde. ....	162
Quadro 41-A6: Estatística descritiva do parâmetro alcalinidade amostrado na Albufeira de Fagilde.....	163
Quadro 42-A6: Estatística descritiva do parâmetro amónia amostrado na Albufeira de Fagilde. ....	163
Quadro 43-A6: Estatística descritiva do parâmetro ferro amostrado na Albufeira de Fagilde. ....	163
Quadro 44-A6: Estatística descritiva do parâmetro COT amostrado na Albufeira de Fagilde. ....	163
Quadro 45-A6: Estatística descritiva do parâmetro CQO amostrado na Albufeira de Fagilde. ....	164
Quadro 46-A6: Estatística descritiva do parâmetro CBO <sub>5</sub> amostrado na Albufeira de Fagilde. ....	164
Quadro 47-A6: Estatística descritiva do parâmetro turvação amostrado na Albufeira de Fagilde. ....	164
Quadro 48-A7: Plano de amostragem usado na amostragem de água superficial da Albufeira de Fagilde.....	168



## ABREVIATURAS E SIGLAS

ARH	Administração da região hidrográfica
CBO <sub>5</sub>	Carência Bioquímica de Oxigénio
CQO	Carência Química de Oxigénio
EG	Entidade Gestora
EPA	Environmental Protection Agency
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
ETA	Estação de tratamento de água
ESTARI	Estação de tratamento de água residual industriais
OMS	Organização mundial da Saúde
PCQA	Plano de controlo da qualidade da água
SAA	Sistema de abastecimento de água
SDWA	Safe Drinking Water Act
SNIRH	Sistema Nacional de Recursos Hídricos
SODIS	Solar Water Desinfection
SST	Sólidos suspensos totais
VMA	Valor máximo admissível
VMR	Valor máximo recomendável
VP	Valor paramétrico
ZA	Zona de abastecimento
ESTGV	Escola Superior e Tecnológica de Viseu
PFU	Unidade formadora de placa
SMAS	Serviços Municipalizados de Água e Saneamento



# **Parte 1- Enquadramento Teórico**



# 1. Introdução

As preocupações de preservação da qualidade da água e conseqüentemente da saúde pública das populações por contaminação da água, remontam ao final do século XIX, quando das investigações epidemiológicas desenvolvidas por John Snow, as quais demonstraram que existia uma ligação direta entre o consumo de água com contaminação fecal e um surto de cólera em Londres. Também a descoberta da existência de microrganismos por Louis Pasteur (1863) e os avanços científicos nos métodos de detecção de microrganismos por Robert Cock (isolamento, em 1883, do bacilo *Vibrio cholerae*.) constituíram as bases científicas determinantes para a correlação do consumo de água com conseqüências para a saúde pública (Martins, 2014).

As Estações de Tratamento de Água (ETA) constituíram assim um dos desafios do desenvolvimento das sociedades modernas por forma a garantir o fornecimento da água de forma contínua, na pressão adequada, isenta de microrganismos (e.g., bactérias, vírus, protozoários) e de substâncias químicas que possam constituir potencial perigo para a saúde humana e ainda ter características organolépticas aceitáveis para os consumidores, i.e., sem sabor, odor e com aparência agradável (Sousa, 2013). Não deteriorar as tubagens, equipamentos e dispositivos associados à distribuição e usos da água é também uma preocupação.

A qualidade da água do meio hídrico – superficial ou subterrâneo – onde é realizada a reserva / captação de água bruta é um fator decisivo para a qualidade da água e o respetivo tratamento requerido. Os meios hídricos superficiais – como as albufeiras de barragens – estão muito expostas às variações climáticas / fenómenos meteorológicos e às descargas de águas residuais e escorrências superficiais.

Coincidindo com a realização do presente Estágio Curricular, no decorrer de 2017, ocorre um período de seca extrema prolongada que tem vindo a provocar uma degradação da qualidade da

água destinada ao consumo humano, para além de eventuais impactos ecológicos e económicos. O volume de água de armazenamento é inferior o que, para igual carga de poluição, tem um efeito de diluição inferior, aumentando a concentração de poluentes. Isto obriga a um tratamento mais intenso e a um controlo mais apertado da qualidade da água.

Para o sistema de abastecimento de Fagilde, é assim pertinente realizar uma caracterização da qualidade da água e sua variação sazonal e ao longo dos últimos anos na albufeira/captação, após o tratamento e ao longo do respetivo sistema de distribuição e “à torneira” do consumidor.

### **1.1 Objetivos do estágio**

Com o presente trabalho, pretendeu-se realizar uma caracterização e diagnóstico da qualidade da água do sistema de abastecimento de água de Fagilde, ao nível da captação de água bruta e do sistema de distribuição. Contactou-se ainda com os processos e operações do sistema de tratamento de água.

Neste contexto, definiram-se como objetivos específicos:

- A caracterização da água bruta captada na Albufeira de Fagilde;
- A caracterização da ETA de Nesprido/Fagilde;
- A avaliação da influência da alteração da qualidade da água bruta da Albufeira de Fagilde na operação da ETA;
- A caracterização da qualidade da água na Zona de Abastecimento de Fagilde através do respetivo Plano de Controlo de Qualidade de Água (PCQA) no concelho de Viseu;
- A verificação do cumprimento da qualidade da água “à torneira” do consumidor de acordo com a legislação em vigor.

## 1.2 Organização do relatório de estágio

O presente relatório de estágio é dividido em 9 capítulos. Nos primeiros 4 capítulos é realizada uma introdução e um enquadramento teórico dos assuntos tratados e aplicados no estágio curricular e respetivo caso de estudo. Dos capítulos 5 a 8 é apresentado o caso de estudo, as metodologias aplicadas, a apresentação e discussão dos resultados e o trabalho corrente do estágio curricular. No capítulo 9 é apresentado as conclusões finais e os desenvolvimentos futuros.

Assim, o presente relatório está estruturado da seguinte forma:

No capítulo 1 é efetuado um enquadramento ao trabalho, sendo apresentado o motivo para a elaboração do presente estudo, bem como os objetivos propostos.

No capítulo 2 é realizada a recolha bibliográfica no que respeita à captação, tratamento e distribuição da água, apresentando-se os tipos de tratamento existentes, dependentemente da qualidade da água bruta e os diferentes cuidados a ter tanto no tratamento como na distribuição para garantir a qualidade de água para consumo humano.

O capítulo 3 é relativo ao enquadramento teórico da qualidade da água, no qual se faz referência aos parâmetros analíticos considerados no presente estudo, como também a legislação que deve ser atendida na perspetiva da qualidade da água nos meios hídricos superficiais e do consumo humano.

No capítulo 4 é efetuada uma revisão bibliográfica sobre o controlo e qualidade de água no sistema de distribuição e “à torneira” do consumidor, mais propriamente o PCQA.

No capítulo 5 é caracterizado o caso de estudo ou caso prático proposto nos objetivos iniciais, incluindo os procedimentos de amostragem e laboratoriais.

No capítulo 6 é descrita a metodologia utilizada para analisar a qualidade da água de entrada e à saída da ETA de Nesprido/Fagilde.

No capítulo 7 efetua-se a apresentação e discussão dos resultados, propondo ainda medidas corretivas para a melhoria da qualidade da água da Albufeira e da ETA e conseqüentemente da qualidade da água tratada.

No capítulo 8 são apresentadas as atividades de dia-a-dia realizadas no laboratório e ETA de Nesprido/Fagilde durante a realização do estágio curricular.

O capítulo 9 é dedicado a apresentação de conclusões e a eventuais desenvolvimentos futuros relativamente aos assuntos tratados no presente estudo.

### 1.3 Plano de trabalho previstos

O presente estágio curricular foi realizado nos Serviço Municipalizados de Água e Saneamento de Viseu (SMASV) / Aguas de Viseu, mais propriamente na ETA de Nesprido/Fagilde. Este decorreu entre 19 de dezembro de 2016 e 2 de junho de 2017 e previa a concretização do plano de trabalhos definido no Quadro 1-1, com o cronograma de tarefas definido no Quadro 2-1. Ambos foram integralmente cumpridos.

Quadro 1-1: Plano de trabalhos previsto

Tarefa	Título	Descrição
T1	<b>Pesquisa bibliográfica.</b>	Revisão do estado da arte relativo às técnicas de tratamento de água para consumo humano e questões associadas.
T2	<b>Caraterização do sistema e da respetiva qualidade da água.</b>	Com base em documentação fornecida e estudo no local, caracterização da ETA, rede de distribuição e qualidade da água.
T3	<b>Atividades de operação, manutenção e controlo.</b>	Colaborar nas atividades diárias de operação e manutenção e controlo da ETA. Desenvolvimento e/ou implementação de novas metodologias – à escala piloto ou laboratorial – das operações do sistema.
T4	<b>Atividades associadas à qualidade da água.</b>	Colaborar na realização das amostragem e análises à qualidade da água e demais tarefas e procedimentos no laboratório da ETA ou do Departamento de Ambiente da ESTGV.
T5	<b>Atividades de tratamento e apresentação de dados e resultados.</b>	Desenvolver e/ou aplicar metodologias de tratamento e apresentação de dados e resultados, incluindo análises estatísticas, base de dados e emissão de relatórios.
T6	<b>Desenvolvimento de metodologias de otimização.</b>	Desenvolver metodologias expeditas que visem a otimização do controlo e avaliação da ETA e/ou a análise da qualidade da água.
T7	<b>Elaboração do Relatório de Estágio.</b>	-

Quadro 2-1:Cronograma temporal das tarefas desenvolvidas

<b>Tarefa</b>	nov. 2016	dez. 2016	jan. 2017	fev. 2017	mar. 2017	abr. 2017	mai. 2017	jun. 2017
T1								
T2								
T3								
T4								
T5								
T6								
T7								

## **2. Produção e distribuição da água tratada**

Segundo Martins (2014), um Sistema de Abastecimento de Água (SAA) é constituído por um conjunto de infraestruturas, edifícios, equipamentos e serviços, destinados a produzir e distribuir água a um ou vários aglomerados populacionais, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades da população, para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos. A atividade de Abastecimento Público de Água compreende a captação, o tratamento, a elevação, o transporte, o armazenamento e a distribuição/utilização da água (Silva, 2015).

Nesta atividade, um SAA pode prestar serviço em “alta” ou em “baixa”. São designados sistemas em alta os constituídos por um conjunto de componentes a montante da rede de distribuição, fazendo a ligação do meio hídrico ao sistema em baixa. Por sua vez, os sistemas em baixa são constituídos por um conjunto de componentes que permitem prestar aos consumidores o serviço de abastecimento de água. Resta ainda salientar que um Sistema de Abastecimento pode prestar um serviço em “alta” e em “baixa” momentaneamente, isto sempre que vincular o meio hídrico a um utilizador final (ERSAR, 2016).

### **2.1 Captação**

A captação de água para abastecimento público tem diferentes origens, podendo estas ser de origem superficial, subterrânea ou uma terceira alternativa - rara - que consiste no aproveitamento das águas pluviais (Martins, 2014). Atendendo ao caso de estudo a seguir é dado um maior relevo às captações em meio hídrico superficial.

As captações de águas superficiais são feitas geralmente nos rios, lagos e albufeiras (massa de água retida pela barragem). Em caso de extrema escassez, ausência das origens tradicionais de água doce ou até mesmo vantagens do ponto de vista económico e operacional, a água do mar pode ser considerada viável para captação, caso seja realizada, posteriormente, uma remoção total ou parcial dos sais dissolvidos (Martins, 2014).

Estas captações são compostas geralmente por: barragem/obra de retenção (manutenção do nível da água ou para regularização do caudal), órgãos de tomada de água (com dispositivos que impedem a entrada de materiais flutuantes ou que se encontram em suspensão na água), dispositivos para controlo da entrada de água, canais ou tubagens de interligação e órgãos acessórios (poços de sucção e poços de bombagem para alojar os conjuntos elevatórios, quando necessários) (Vila-Boas, 2008).

É de salientar que nesta captação de água, se deverá ter em particular atenção a qualidade da captação. Assim, a captação deverá estar localizada o mais a montante possível, de modo a proteger a mesma contra a poluição elevada, produzida essencialmente pelas descargas de efluentes urbanos e industriais. Outro principal inconveniente a ter em atenção na localização da captação é a estratificação térmica das massas de água devido ao aumento ou diminuição abruptos da temperatura. Esta é traduzida como a variação vertical da temperatura, a qual pode conduzir a grandes variações na qualidade da água, devendo por isso ser bem conhecida pelas entidades gestoras (EG) (Ferreira et al., 2009). As três camadas resultantes da estratificação estão apresentadas no Quadro 3-2.

Quadro 3-2: Síntese das principais características das camadas formadas por estratificação térmica.

Fonte: adaptado de Ferreira et al. (2009).

Camada	Definição
Epilímnio	É a camada superficial, mais quente e luminosa, que permite a produção primária. Sendo bem oxigenada é também favorável à vida animal. Quando a concentração em nutrientes é forte, verifica-se inicialmente um aumento da biomassa algal (cianobactérias).
Metalímnio	É a camada intermédia, onde a temperatura decresce rapidamente com a profundidade até a linha de viragem do gradiente térmico. Esta camada constitui uma barreira para a troca de elementos nutritivos.
Hipolímnio	É a camada mais profunda, de temperatura baixa e relativamente homogénea. Zona pouco oxigenada, onde a degradação da matéria orgânica do epilímnio que se sedimenta (algas e animais mortos) provoca um forte consumo do O <sub>2</sub> existente, podendo mesmo conduzir a situações anóxicas. Por estes motivos, as águas nesta zona não são propícias ao desenvolvimento de espécies animais aeróbias.

## 2-Produção e distribuição da água

Quando as captações são realizadas na camada do hipolímnio, podem surgir graves problemas de qualidade da água ao atingir o referido estado anóxico. Esta situação conduz à libertação de grandes quantidades de ferro e manganês na coluna de água como a eventual formação de sulfuretos (Mendes & Santos, 2004).

Segundo os dados mais recentes disponibilizados pela ERSAR de 2015, consegue-se determinar que, das 6283 captações de água consideradas, apenas 267 provêm de águas superficiais. Na Figura 1-2 são apresentadas a localização das captações de água superficial a nível nacional, por regiões hidrográficas, denotando-se a maior incidência de captações a norte/centro do país, refletindo assim as maiores disponibilidades hídricas face às regiões do sul.



Fonte: adaptado de ERSAR (2015).

Figura 1-2: Distribuição de captações de água superficial em Portugal continental.

## 2.2 Tratamento

Depois de captada, a água é encaminhada para a ETA para ser tratada. Segundo Simas et al. (2005), os processos de tratamento variam consoante a origem e qualidade da água, sendo que normalmente as águas superficiais necessitam de processos de tratamento mais complexos que as águas subterrâneas, uma vez que apresentam variações qualitativas, consoante a época do ano e o estado de poluição da respetiva bacia hidrográfica.

Em Portugal o Decreto-Lei n.º236/98, de 1 de agosto, define para as águas superficiais destinadas à produção de água para consumo humano diferentes classes de acordo com a sua qualidade: Classe A1, para as águas que apresentam melhor qualidade, A2 para as intermédias e A3 para as que têm menor qualidade. No Anexo II do referido Decreto-Lei são definidos ainda os tratamentos a aplicar, em função da categoria em que a água se encontra, na qual se organizam por (Roccaro, Mancini, & Vagliasindi, 2005):

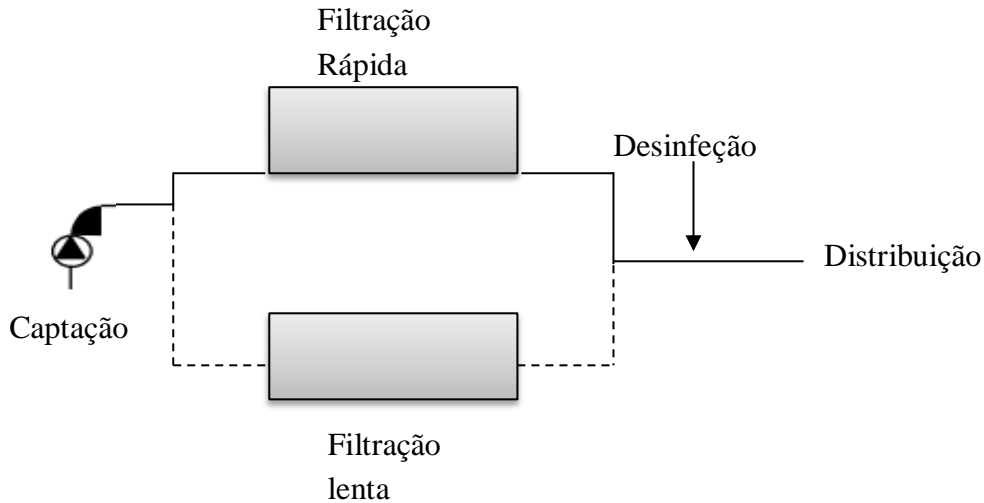
- Tratamento Físico (separação entre os elementos sólidos e líquidos presentes na água);
- Tratamento Químico (melhoria e correção de todas as substâncias químicas prejudiciais à saúde pública);
- Tratamento de Desinfecção (elimina todas as substâncias inorgânicas recorrendo ao uso de microrganismos).

No Quadro 4-2 apresenta-se a interligação entre a classe da água e o tratamento mais adequado, descrito no Decreto-Lei referenciado.

Quadro 4-2: Tratamento adequado por classe de água.  
Fonte: adaptado de Roccaro, Mancini & Vagliasindi (2005).

<b>Classe</b>	<b>Tratamento</b>
<b>Classe A1</b>	Tratamento físico e desinfecção
<b>Classe A2</b>	Tratamento físico e Químico e desinfecção
<b>Classe A3</b>	Tratamento físico, químico de afinação e desinfecção

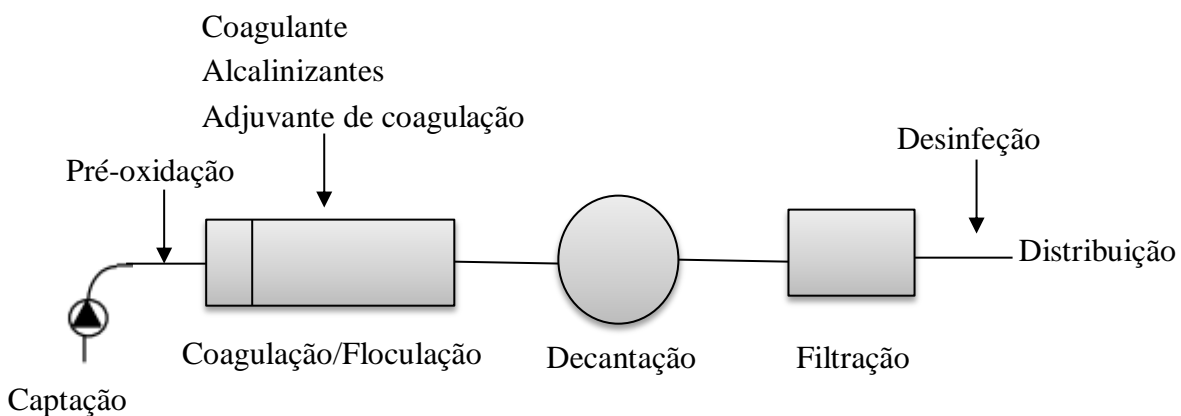
Para as águas de classe A1, ou seja para águas de boa qualidade, apenas é proposto, por questões de segurança, um tratamento físico, por filtração rápida ou lenta, seguida de desinfecção, observável na Figura 2-2 (Santana et al., 1998).



Fonte: adaptado de Santana, et. al.(1998).

Figura 2-2: Esquema de uma ETA para águas superficiais do tipo A1.

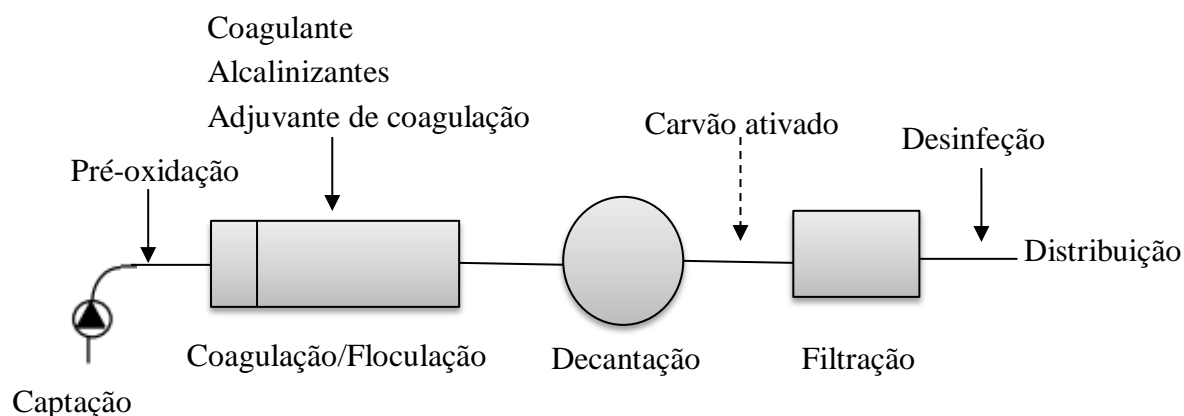
Por sua vez, as águas de classe A2 apresentam um nível de poluição significativo, necessitando assim de um tratamento físico-químico, que pode incluir uma pré-oxidação, uma coagulação/floculação, uma decantação, uma filtração rápida e uma desinfecção, observável na Figura 3-2 (Santana et al., 1998).



Fonte: adaptado de Santana, et. al.(1998).

Figura 3-2: Esquema de uma ETA para águas superficiais do tipo A2.

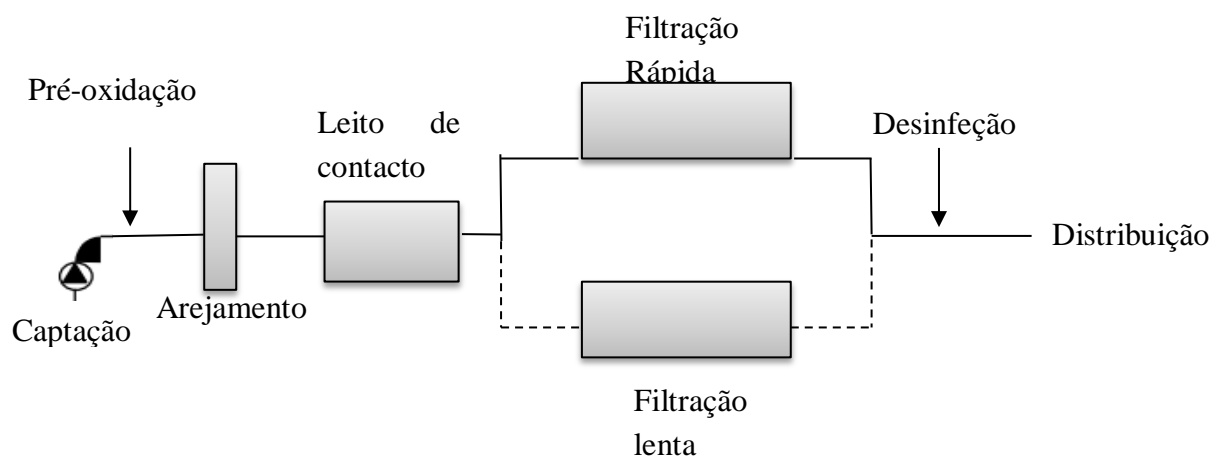
Por fim, as águas superficiais de classe A3 são consideradas muito poluídas, obrigando, para além do tratamento físico-químico, um tratamento de afinação, como por exemplo a utilização de carvão ativado para a remoção de compostos orgânicos responsáveis pelo sabor e pelo cheiro, observável na Figura 4-2 (Santana et al., 1998).



Fonte: adaptado de Santana, et. al.(1998).

Figura 4-2: Esquema de uma ETA para águas superficiais do tipo A3.

Neste tipo de águas superficiais, para além de conterem teores elevados de matéria orgânica, estas podem conter também ferro e manganês. Neste caso pode-se optar por um esquema de pré-oxidação e arejamento, após o qual se procede à floculação / coagulação, observável na Figura 5-2 (Santana et al., 1998).



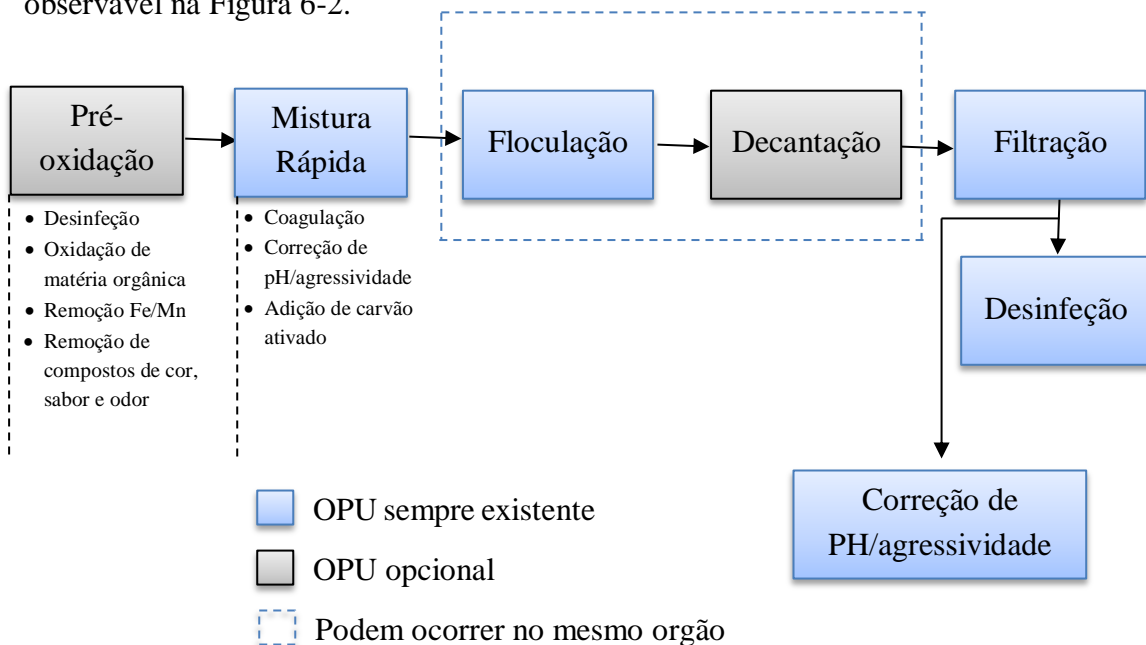
Fonte: adaptado de Santana, et. al.(1998).

Figura 5-2: Esquema de uma ETA para águas superficiais do tipo A3.

### 2.2.1 Tratamentos convencionais

A caracterização da situação nacional das ETA's feita por Almeida (2009), baseada no Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais (INSAAR) e em informação cedida pelo Instituto Regulador de Águas e Resíduos e pela Águas de Portugal, S.G.P.S., S.A., permitiu identificar as sequências de tratamento existentes para água superficial efetuando-se o tratamento em duas linhas distintas:

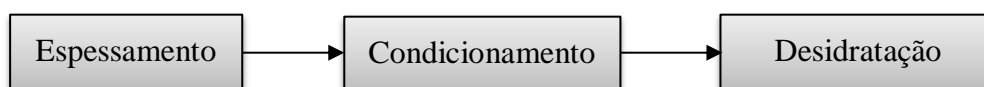
- -Linha Líquida: É caracterizado por todas as operações que constituem o processo de tratamento da fase líquida. No caso de ETA's abastecidas por água superficial proveniente de albufeiras ou rios, o esquema de tratamento mais utilizado baseia-se nas seguintes operações/ processos unitários (OPU): Pré-oxidação, mistura rápida, floculação, decantação, filtração, correção de pH/agressividade e desinfecção, observável na Figura 6-2.



Fonte: adaptado de Almeida (2009).

Figura 6-2: Esquema de uma ETA para águas superficiais.

- Linha sólida: é caracterizada por todas as operações que constituem o processo de tratamento de lamas produzidas na decantação e filtração. Este tratamento segundo Almeida (2009), baseia-se nos seguintes processos unitários: espessamento, condicionamento e desidratação, observável na Figura 7-2.



Fonte: adaptado de Almeida (2009).

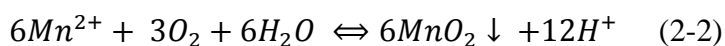
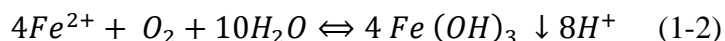
Figura 7-2: Esquema da etapa do tratamento de lamas numa Eta.

Seguidamente descrevem-se sumariamente apenas as principais tecnologias usadas em Portugal para tratamento da fase líquida, uma vez que a ETA de Nesprido/Fagilde não possui equipamentos para o tratamento da fase sólida.

### 2.2.1.1 Pré-oxidação

A pré-oxidação normalmente traduz o início do processo de tratamento da água bruta, na qual é injetada uma substância oxidante, tal como o ozono, cloro, permanganato de potássio, dióxido de cloro, etc. Estas substâncias permitem a oxidação das substâncias presentes, nomeadamente a matéria orgânica, micropoluentes e metais (principalmente ferro e manganês). A presença destes metais na água deve ser evitada não por razões de saúde pública, pois o ferro é um elemento essencial para o metabolismo humano, mas sim por razões estéticas. Além de conferirem um gosto desagradável à água, mancham os tecidos durante as lavagens e provocam a formação de precipitados nas condutas de distribuição da água, favorecendo o desenvolvimento de ferrobactérias (massa gelatinosa causadora de um aumento de turvação da água)(Simas, 1997).

O mecanismo de remoção destes metais consiste em transformar formas solúveis ( $Fe^{2+}$  e  $Mn^{2+}$ ) em formas insolúveis ( $Fe^{3+}$  e  $Mn^{4+}$ ). Tal fato consegue-se promovendo-se uma oxidação seguido de uma decantação e filtração para a remoção dos precipitados formados segundo as equações químicas seguintes (*vide* Equação 1-2 e Equação 2-2)



Dos agentes oxidantes mencionados anteriormente, o ozono é o que se apresenta com maior poder de oxidação, tendo como grande vantagem a não formação de produtos organoclorados, subprodutos halogenados, verificados através do parâmetro da qualidade da água trihalometanos (THM), compostos cancerígenos, nem cloraminas, que dão sabor à água, o que acontece frequentemente nas águas onde a pré-oxidação é feita com cloro.

Apesar das desvantagens enumeradas, o cloro continua a ser o oxidante mais utilizado, principalmente em ETA's de menores dimensões (Castro, 2015).

É de referir que esta fase é de grande importância, pois favorece as fases seguintes, nomeadamente a floculação e a filtração, evitando a proliferação de algas e microrganismos nas instalações (Castro, 2015).

### 2.2.1.2 Coagulação

Uma água de origem superficial apresenta normalmente valores elevados de turvação, consequência da presença de partículas de natureza coloidal (argilas, óxidos metálicos, moléculas de proteínas e microrganismos)(Simas et al., 2005). Estas partículas coloidais podem apresentar dois tipos de comportamento relativamente ao meio aquoso, ou se comportam como hidrofóbicos ou hidrofílicos. Os hidrofóbicos não reagem com a água, como acontece por exemplo, com a maioria das argilas. Pelo contrário, os coloides hidrofílicos reagem com a água, tal como acontece com os compostos orgânicos (Antunes, 2013). Assim, dado ao comportamento e dimensão deste tipo de partículas e pelo fato de serem transportadoras de carga elétrica superficial, torna-se difícil a sua remoção, para isso é necessário recorrer-se a um agente coagulante, por forma a provocar mais facilmente a agregação dos flocos de modo a que seja mais fácil a sua eliminação (Antunes, 2013). Os coagulantes comerciais mais utilizados são, o sulfato de alumínio, aluminato de sódio, sais de ferro, sais metálicos pré-hidrolisados e polímeros orgânicos sintéticos (polieletrólitos). Podem ainda ser utilizados adjuvantes de coagulação, como bentonite, sílica ativada e diatomite, permitindo reduzir a dose de coagulante necessária (Castro, 2015)

Segundo a literatura com a adição de coagulantes acontece a destabilização das partículas e a sua agregação, a qual é assegurada por 4 processos distintos (Pavanelli, 2001):

- a) Compressões da dupla camada- as forças de repulsão electroestáticas diminuem devido à adição de eletrólitos que comprimem a camada dupla e favorecem o choque entre as partículas;
- b) Redução do potencial superficial- a adsorção dos iões de sinal contrário, fortemente carregados, fazem diminuir o potencial no limite da camada fixa através de interações coagulante–coloide, coagulante–solvente e coloide -solvente por ligações químicas;
- c) Arrastamento das partículas num precipitado- inclusão dos coloides numa rede formada por uma rápida precipitação do coagulante aplicado em concentrações elevadas (Ex:a adição de  $Al_2(SO_4)_3$  como coagulante provoca a precipitação do alumínio na forma de bases como o  $Al(OH)_3$ );
- d) Formação de pontes inter-partículas- há formação de complexos partícula – polímero -partícula, usando polímeros sintéticos com grupos químicos capazes de atuar em pontos da superfície do coloide;

A seleção do tipo e da dose de coagulante e/ou polímero é normalmente conseguida com recurso a ensaios experimentais, dos quais o “Jar Test” é o mais usual. O “Jar Test” é usado essencialmente quando a água bruta a clarificar tem menos que 5000mg/L de Sólidos Suspensos. Este consiste em expor diversos copos com volumes iguais, sendo os mesmos agitados, a uma variedade e condições de tratamento controladas (tempo de contato, pH, velocidade de agitação, tipo e dose de coagulante, tipo e dose de polieletrólito (agente floculante), observando-se o efeito das condições em cada ensaio realizado. Estas podem ser

verificadas pela clarificação em cada um dos copos (através da comparação visual), pela análise da turvação obtida ou até mesmo pela análise da qualidade da amostra (e.g. carência química de oxigénio) (Martins, 2014).

É de salientar que os coagulantes metálicos tais como o sulfato de alumínio e o cloreto de ferro são particularmente sensíveis ao pH e à alcalinidade. Se o pH não está dentro dos valores mais apropriados (5,5-8,0), a clarificação é pobre e conseqüentemente o ferro e o alumínio podem solubilizar-se com evidente prejuízo na qualidade da água final. De modo a solucionar este problema, procede-se à adição de hidróxido de cálcio (cal hidratada), para que haja uma correção do pH da água (Pavanelli, 2001). Ainda neste contexto, o alumínio apresenta outra enorme desvantagem, relacionado com as lamas produzidas no processo de tratamento, que ao serem lançadas no meio ambiente sem qualquer tratamento, o alumínio torna-se um elemento tóxico para plantas e microrganismos. (Cleto, 2008).

O processo de coagulação ocorre numa câmara a qual tem por base a operação unitária de mistura rápida, de forma a garantir uma dispersão rápida e uniforme do agente coagulante. Esta dispersão pode ser realizada recorrendo a um equipamento hidráulico ou mecânico, sendo os parâmetros utilizados na avaliação de funcionamento, o gradiente de velocidade ( $G$ ) e o tempo de mistura ( $t_m$ ). Relativamente a esta mistura rápida hidráulica o gradiente de velocidade deve ser igual ou superior a  $900s^{-1}$  ( $G \geq 900s^{-1}$ ) e o tempo de mistura máximo de 2s ( $t_m \leq 2s$ ), ao passo que na mecânica o gradiente de velocidade deve ser igual ou superior a  $700s^{-1}$  ( $G \geq 700s^{-1}$ ) e o tempo de mistura não deve exceder os 2min ( $t_m \leq 2min$ ) (Rodrigues, 2008).

### 2.2.1.3 Flocculação

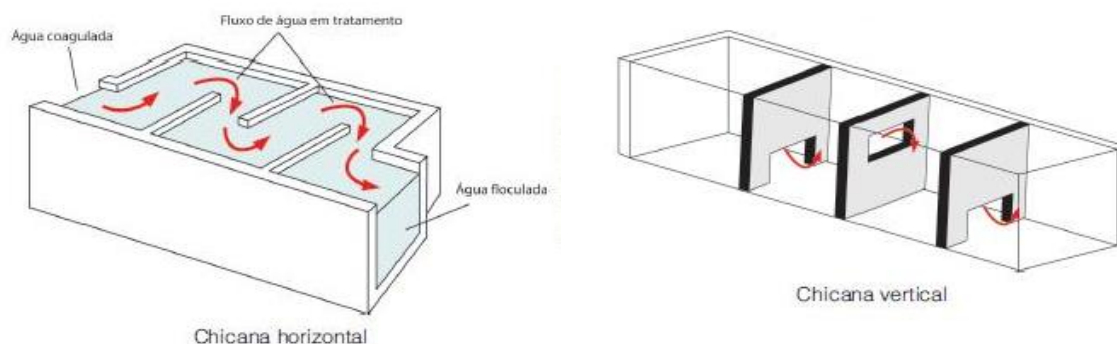
Os flocos formados pela aglomeração de vários colóides no processo de coagulação, podem não ser suficientemente grandes para se depositarem no fundo do decantador à velocidade desejada. Assim, a flocculação tem por objetivo aumentar a probabilidade de contactos entre partículas de modo a permitir que várias partículas se aglomerem umas as outras formando flocos com dimensões suficientes para depositarem (López et al., 2014). Desta forma é comum serem adicionados compostos de peso molecular maior do que os tradicionais coagulantes, os designados polieléctrolitos. Estes podem ser adicionados no mesmo tanque. Segundo Rubim, 2013, os polieléctrolitos são caracterizados de acordo com a presença de cargas eléctricas e a sua estrutura e os mais utilizados são os referenciados no Quadro 5-2.

Quadro 5-2: Polieletrólitos mais utilizados, na etapa de tratamento designada por floculação.  
 Fonte: adaptado de Rubim (2013).

Tipo de polieletrólito	Polieletrólito
Polieletrólitos orgânicos	Poliamidas, polidadmac
Polieletrólitos orgânicos não iônicos	Tanino, polióxido de etileno, entre outros
Polieletrólitos anfóteros *	Bentonitas, montmorilonitas, etc.
Compostos inorgânicos	Polieletrólito de alumínio (PAC)

\* Possuem um comportamento ambíguo, pois frente a um ácido eles se comportam como básicos; e na presença de uma base se comportam como ácidos.

Para favorecer este contacto entre as partículas é necessário assegurar as condições de mistura e homogeneidade do agente floculante (polieletrólito), por forma a favorecer o contacto entre as partículas e a formação do floco. Contudo, esta agitação não pode ser muito elevada, porque a introdução de energia excessiva provoca o colapso/rutura do floco e este perde as suas propriedades de decantabilidade (Rodrigues, 2008). Esta agitação tal como na operação de mistura rápida, também é efetuada de forma hidráulica ou mecânica, sendo os parâmetros utilizados para a avaliação de funcionamento o  $G$ ,  $t_m$  e velocidade de escoamento ( $v_e$ ), embora este último parâmetro apenas seja aplicável no caso de câmaras de mistura lenta hidráulica. Assim, a operação de mistura lenta efetuada de forma hidráulica (a mistura é feita por um ressalto hidráulico de grande turbulência) deve apresentar gradientes de velocidades compreendidos entre os  $10$  e  $100\text{s}^{-1}$  ( $10 \leq G \leq 100 \text{ s}^{-1}$ ), tempos de mistura iguais ou superiores a  $15\text{min}$  ( $t_m \geq 15\text{min}$ ) e caso a mistura se efetue em câmaras com chicanas, tal como o tratamento usado na ETA de Nesperido/Fagilde (Fig.8-2), a velocidade de escoamento deve estar compreendida entre os  $0,15$  e  $0,7\text{ms}^{-1}$  ( $0,15 \leq v_e \leq 0,7$ ) e ser decrescente (Rodrigues, 2008).



Fonte: adaptado de Rubim (2013)  
 Figura 8-2: Tipos de Chicanas.

No que respeita à mistura lenta mecânica, estes tipos de misturadores, segundo Rubim (2013), realizam a agitação por meio de hélices, turbinas, rotores ou palhetas giratórias, em que o tempo de mistura deve ser igual ou superior a  $15\text{min}$  ( $t_m \geq 15\text{min}$ ) e o gradiente de velocidade compreendido entre  $10\text{s}^{-1}$  e  $100\text{s}^{-1}$  ( $10 \leq G \leq 100\text{s}^{-1}$ ), caso o órgão seja compartimentado, ou inferior a  $70\text{s}^{-1}$  ( $G \leq 70\text{s}^{-1}$ ), se a operação se efetuar num órgão sem compartimentos (Rodrigues, 2008).

#### 2.2.1.4 Decantação/Sedimentação

A decantação ou sedimentação, usada em praticamente todas as estações de tratamento de águas para consumo ou até mesmo águas residuais, tem por objetivo a remoção das partículas cuja a densidade é superior à densidade da água. Estas partículas são, em geral flocos que se formam em processos de tratamento anterior, como por exemplo no amaciamento, na eliminação de ferro e manganês, ou processo de coagulação-floculação. As partículas acumulam-se no fundo do decantador/sedimentador, enquanto que, a água decantada se dirige à unidade de filtração pela parte superior. As lamas que ficam depositadas no fundo do decantador/sedimentador e são periodicamente removidas afim de que a acumulação destas não perturbe o normal funcionamento do órgão (Tchobanoglous et al., 2003)

De acordo com a natureza e concentração das partículas em suspensão, podem distinguir-se quatro tipos de sedimentação (Tchobanoglous et al., 2003)

- a) Sedimentação de partículas discretas (Tipo I) - Refere-se às partículas que conservam as suas propriedades físicas iniciais, no que toca à sua forma, dimensão e densidade (Ex: areias). Nesta situação a velocidade de sedimentação de partículas é independente da concentração.
- b) Sedimentação de partículas floculantes (Tipo II) - Verifica-se uma alteração das propriedades iniciais das partículas devido a aglomeração destas entre si, durante o processo (Ex: Remoção de flocos químicos). Neste caso, regista-se uma alteração das propriedades físicas ao nível da forma, da dimensão, da densidade e da velocidade de sedimentação.
- c) Sedimentação em Manto (Tipo III)- As partículas aglomeram-se formando massas de dimensão apreciável que sedimentam como um todo, verificando-se uma separação nítida entre a água e a lama. Este tipo de sedimentação verifica-se nas zonas profundas dos tanques (Ex: remoção de flocos biológicos).
- d) Sedimentação em compressão (Tipo IV)- É verificada no fundo dos sedimentadores, onde se regista uma consolidação das lamas. Este processo é usualmente muito lento e verifica-se, por exemplo, nos espessadores de lamas por gravidade.

Em geral nos decantadores/sedimentadores utilizados nas ETA's, têm principal relevância os dois primeiros tipos de sedimentação. Estes elementos podem classificar-se em duas categorias, estáticos e dinâmicos ou combinados. Nestes últimos a mistura rápida dos produtos químicos na água, a coagulação, floculação e a decantação processam-se na mesma unidade (Simas et al., 2005).

O parâmetro fundamental de avaliação de funcionamento destas unidades é a carga hidráulica (Ch). A Ch traduz-se numa velocidade que é obtida através da relação entre o caudal afluente ao decantador e a área de decantação disponível, de forma a assegurar que os flocos com velocidade superior à carga hidráulica sejam retidos. Desta forma, verifica-se que a operação

de decantação/sedimentação, teoricamente não depende da altura do decantador/sedimentador. Deve-se salientar contudo que a área de decantação/sedimentação nem sempre corresponde à área superficial efetiva do órgão, verificando-se este facto apenas nos decantadores/sedimentadores convencionais. Por outro lado, em soluções de decantação/sedimentação compactas ou reabilitação de decantadores/sedimentadores é usual serem adicionados módulos lamelares para aumentar a área de decantação/sedimentação, passando a área de decantação/sedimentação a corresponder à área relativa ao sistema de módulos de tubos ou placas no decantador/sedimentador, passando este equipamento a ser designado por decantador/sedimentador lamelar ou acelerado (Fig.9-2) (Tchobanoglous et al., 2003).

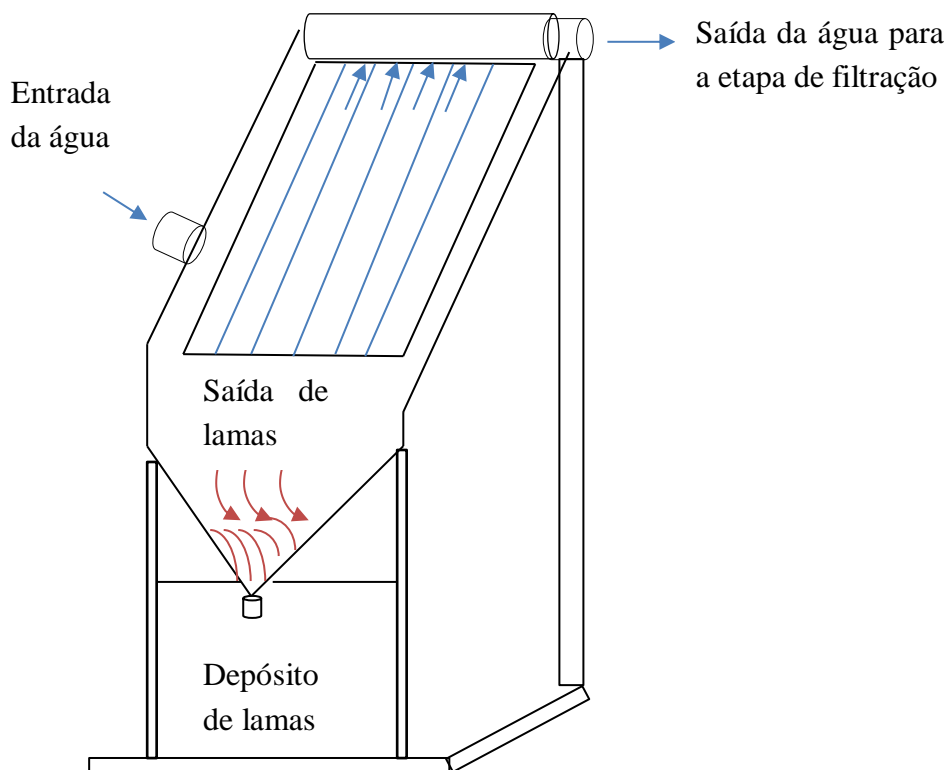


Figura 9-2: Desenho esquemático de um decantador/sedimentador do tipo lamelar.

Este é um equipamento de fluxo ascendente, que permite um maior contato entre as partículas e proporciona uma melhor agregação dos sólidos, tornando possível uma menor área superficial, ajudando assim o deslocamento das partículas em suspensão para o fundo do Decantador/sedimentador, onde estas ficam depositadas e a água circula para a parte superior por tubos (Cassini, 2008).

### 2.2.1.5 Filtração

A filtração é uma operação que têm por objetivo a remoção de partículas sólidas em suspensão e substâncias coloidais da água, o qual é conseguido, fazendo-se passar a água por um filtro, no qual possui um meio poroso (e.g. areia), de forma a que, essas partículas fiquem retidas (*vide* Fig.10-2). Aqui também se pode verificar a redução do número de bactérias e outros organismos bem como a remoção de cor, sabor e odor (Simas et al., 2005).

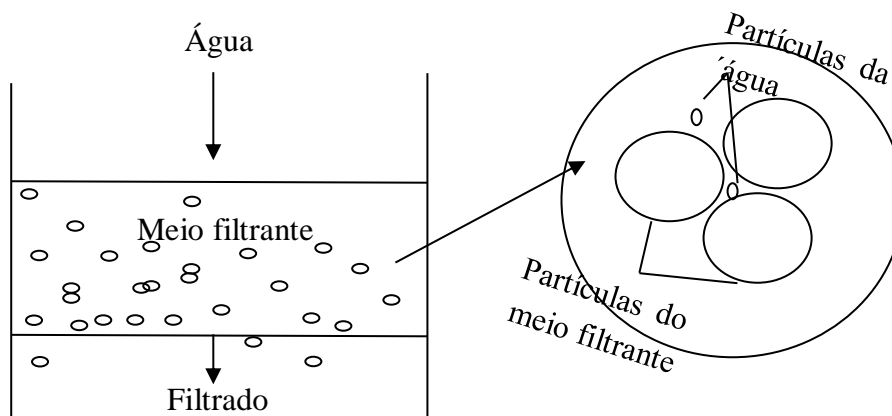


Figura 10-2: Filtração em meio filtrante granular.

Os filtros são constituídos por caixas de alvenaria ou betão de secção retangular, na qual possuem no seu interior o meio filtrante, normalmente é usado areia, tendo em certos filtros como suporte um sistema de drenagem constituído por material de maior granulometria que a da areia e ainda por um sistema de tubagens coletores de água filtrada-dreno principal e drenos laterais ou um fundo falso. O meio filtrante a usar deve estar de acordo com a filtração a praticar de modo a que a espessura do leito e a velocidade de filtração empregues conduzam à obtenção de água com a qualidade pretendida (Antunes, 2013).

Os filtros são classificados consoante a velocidade de filtração, existindo assim filtros lentos com velocidade de filtração de 0-1-0,5m/h e filtros rápidos com velocidade de 5-7m/h ou 15-20m/h (Simas et al., 2005).

❖ **Filtros Lentos:** Estes tipos de filtros aplicam-se ao tratamento de águas com baixa turvação (cerca de 10mg/L) e baixa concentração de SST. O seu funcionamento baseia-se na utilização de baixas velocidades de filtração e sem utilizar a coagulação no pré-tratamento, mas caso a água a filtrar apresente elevados valores de turbidez e de SST é recomendado, que esta passe por um pré-tratamento com coagulação e/ou floculação, antes da filtração (Simas et al., 2005).

É de referir também, como a granulometria da areia é menor do que a usada nos filtros rápidos e a velocidade de filtração é mais baixa, resulta que os sólidos e os microrganismos removidos fiquem retidos, constituindo uma fina camada biologicamente ativa na parte superficial do leito de areia, designada por “smutzdecke”, a qual

compreende, sólidos, protozoários ciliados, bactérias livres, amebas, crustáceos e outros pequenos organismos. A formação desta camada leva alguns dias a estabilizar, estando dependente da temperatura, o conteúdo em O<sub>2</sub> e os nutrientes da água a tratar. As operações de limpeza destes filtros são manuais, consistindo na raspagem da película de lodo da camada superficial da areia. A areia removida é limpa hidraulicamente e guarda-se para ser usada novamente. Assim, para um bom funcionamento destes filtros a altura de água sobre a areia deve ser constante e a velocidade à saída do filtro deve ser regulada manualmente por meio de uma válvula ou de um tubo telescópico de descarga de água filtrada disposto à saída do filtro (Simas et al., 2005).

❖ **Filtros rápidos:** A filtração rápida surge normalmente na sequência da decantação ou simplesmente, após a coagulação. Neste tipo de filtração, efetua-se a retenção do material em suspensão não só à superfície, como em profundidade ao longo do leito. Segundo Gadgil (1998), os filtros rápidos removem cerca de 50% da turbidez e 90% dos SST, presentes em águas provenientes de rios.

Ao longo de cada ciclo de filtração, a resistência que o leito filtrante oferece à passagem da água aumenta com a colmatagem, diminuindo assim a velocidade de filtração. Para solucionar esse problema tal como nos filtros lentos é necessário o filtro entrar em lavagem. Esta lavagem é automática, sendo realizada por inversão de corrente com água filtrada ou com água e ar comprimido, dependendo do tipo de filtro.

É de salientar que o número de filtros não deverá ser igual à unidade para evitar interrupções de funcionamento durante a lavagem/limpeza por isso, no mínimo, os sistemas devem ter dois filtros (Simas et al., 2005). Apesar de o número mínimo ser dois filtros para que a lavagem não interrompa o funcionamento, implica que cada filtro tenha de ser igual à área total necessária. No entanto, Almeida (2005) refere que o número mínimo de filtros deve ser três verificando-se assim uma redução em 25% da área total necessária de filtração.

### 2.2.1.6 Desinfecção

Muitos microrganismos de dimensões reduzidas atravessam o esquema convencional de tratamento, sem serem completamente removidos da água. Por razões de saúde pública é indispensável proceder à desinfecção da água de forma a garantir a destruição ou inativação de microrganismos patogénicos. Os agentes desinfetantes usados deverão possuir as seguintes características para serem utilizados com eficiência nos processos de tratamento de água para consumo humano Meyer (1994):

- a) Capacidade de destruir, em um tempo razoável, os organismos patogénicos a serem eliminados, na quantidade em que se apresentam e nas condições encontradas na água.
- b) Deve assegurar a inativação de 99,9% de alguns agentes patogénicos mais resistentes tal como a *Giardia Lambia*, mas também deve assegurar a destruição 99,9% de vírus, presente na água para consumo;
- c) O desinfetante não deve ser tóxico para o homem e para os animais domésticos e, nas dosagens usuais não deve causar à água cheiro e gosto que prejudiquem o seu consumo;

- d) O seu custo de utilização deve ser razoável, além de apresentar facilidade e segurança no transporte, armazenamento, manuseio e aplicação;
- e) A concentração na água tratada deve ser fácil e rapidamente determinável;
- f) Deve produzir concentrações residuais resistentes na água, de maneira a constituir uma barreira sanitária contra eventual recontaminação antes do uso.

O agente desinfetante mais usado é o cloro, devido à sua acessibilidade, preço e inativação efetiva de um grande número de organismos patogênicos. (Meyer, 1994). Segundo Santana et al., (1998), a desinfecção por cloro deve ter em conta os seguintes aspectos:

- A verificação periódica do pH e da temperatura da água, uma vez que o efeito germicida, tanto do cloro residual livre como do cloro combinado, diminui com o aumento destes dois parâmetros. Verifica-se que, para valores de pH de 8 a 10 são necessárias doses de cloro bastante mais elevadas, para se obter a mesma eficiência;
- A determinação da carência de cloro na água, de forma a evitar residuais de cloro superiores aos necessários. O ideal é que na torneira do consumidor, o valor de cloro seja da ordem de 0,2mg/L.

No entanto, nos últimos anos o cloro tem vindo a ser substituído por outros métodos, dada a formação de produtos indesejáveis (THM) quando o cloro reage com a matéria orgânica e/ou devido à formação de clorofenóis responsáveis por cheiros e sabores desagradáveis na água. Um dos métodos passa pela utilização do ozono, este é um desinfetante muito poderoso, mais que o cloro, que atua na eliminação de bactérias, vírus e alguns tipos de algas e também em alguns pesticidas e outros compostos químicos. Uma das principais vantagens, em relação ao cloro é a não formação de THM, quando na presença de elevadas quantidades de matéria orgânica. Contudo, o uso de ozono apresenta a desvantagem, de ser instável e não permanecer como residual no sistema de distribuição, sendo por isso, necessário aplicar um outro agente desinfetante para garantir a qualidade microbiológica da água em qualquer ponto do sistema de distribuição (Simas et al., 2005).

Em alternativa aos agentes químicos, pode-se recorrer aos físicos. Dentro dos agentes físicos existe o tratamento por Radiação Ultravioleta (UV), o qual é um dos processos mais utilizados. Este processo baseia-se na exposição da água a uma lâmpada com um comprimento de onda aproximadamente de 250nm. Este comprimento de onda é responsável pela destruição do DNA de bactérias e vírus. Contudo, este processo tem como desvantagem ser apenas eficiente em águas de baixa turbidez, requerendo, por isso, de um processo de filtração em águas de pouca qualidade. Outra grande desvantagem e não menos importante, é que a ação residual da UV não permanece ao longo da rede de distribuição, não garantindo assim a total qualidade da água. (Gomes, 2011). Em alternativa à UV, tem sido proposto por alguns autores, a desinfecção solar designada por Solar Water Disinfection (SODIS), sendo um processo simples e de fácil utilização. A desinfecção solar tem sido recomendada, por diversos investigadores, para países que tenham bastante exposição solar. O processo de desinfecção SODIS é um processo simples que usa a radiação solar para desativar e destruir os microrganismos patogênicos é um processo

foto-oxidativo. Contudo, a eficiência do tratamento está dependente de vários fatores, como o tempo, clima e turbidez da água (weglin et al., 1994).

### 2.2.2 Tratamentos não convencionais

O aumento das exigências legais em termos de qualidade das águas e a degradação das massas de água, originou a necessidade de um aumento na eficiência dos processos de tratamento. Por estes motivos, os processos de separação por membranas são cada vez mais considerados uma alternativa aos métodos convencionais de tratamento de água. A tecnologia de membranas tem sido amplamente aceite para melhorar a qualidade dos diferentes tipos de água na superfície terrestre, desde as águas potáveis, não potáveis e salobras. A tecnologia de membranas também é usada em processos industriais e seus sistemas de tratamento e, ultimamente, tem avançado na área do tratamento secundário e terciário de águas residuais com o objetivo de incrementar a produção de água com maior pureza e qualidade para vários propósitos. No entanto, o uso de membranas para estas aplicações está atualmente limitado pelos elevados custos de capital e de funcionamento com que estão associados (Owen et al.,1995).

Este tratamento baseia-se na passagem da massa de água por um meio poroso designado por membrana, na qual o caudal de alimentação é dividido em duas correntes, a de concentrado e a de permeado. As partículas e os contaminantes retidos na superfície da membrana semipermeável são continuamente removidos no concentrado que flui tangencialmente ao longo da superfície da membrana. A solução clarificada flui através da membrana como permeado, observável na Figura 11-2 (Antunes, 2013).

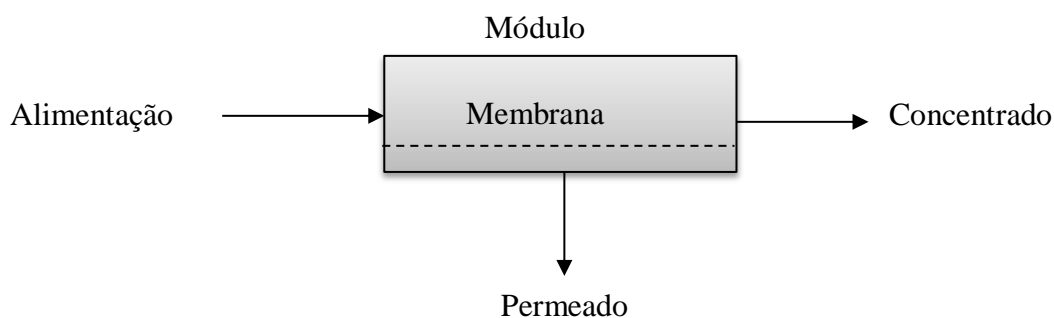


Figura 11-2: Representação esquemática do processo de separação por membranas.

Dentro dos processos existentes na filtração por membranas destacam-se a microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração e osmose inversa. O Quadro 6-2 representa esquematicamente as características e os diferentes constituintes removidos pelos diferentes processos de separação por membrana referidos.

Quadro 6-2: Principais constituintes removidos associadas aos processos de filtração por membranas.

Fonte: adaptado de Tchobanoglous et al. (2003).

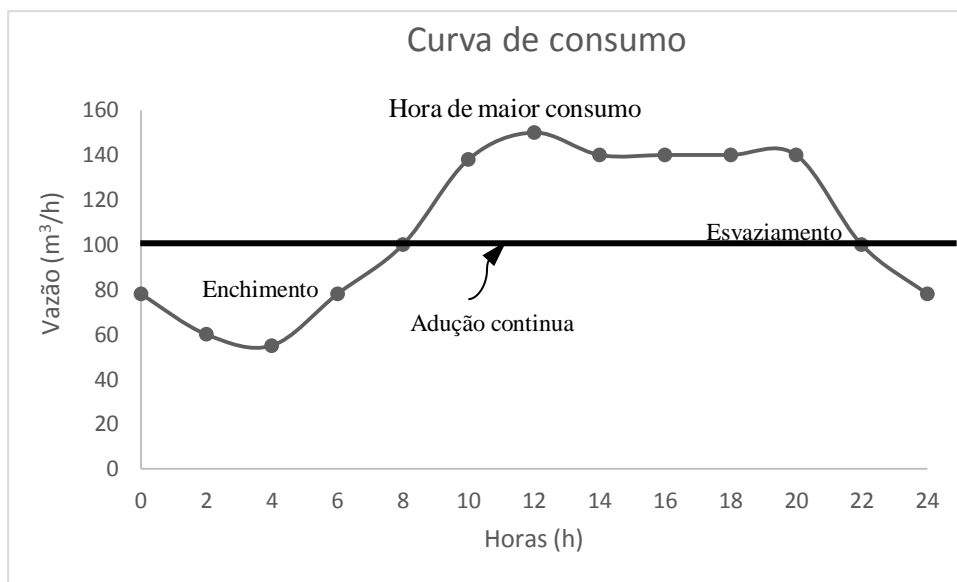
Processo	Força Motriz aplicada (bar)	Tamanho dos poros (nm)	Faixa removida (µm)	Permeado	Constituintes Removidos (Concentrado)
<b>Microfiltração (MF)</b>	Pressão hidrostática (0,3-5)	Macroporos (>50)	0,1-3	Água +Solutos	-SST; - turvação; -quistos de protozoários; -algumas bactérias; -vírus
<b>Ultrafiltração (UF)</b>	Pressão hidrostática (0,3-5)	Mesoporos (2-50)	0,01-0,1	Água +pequenas moléculas	-macromoléculas; -colóides; -maior parte das bactérias; -alguns vírus; -proteínas.
<b>Nanofiltração (NF)</b>	Pressão hidrostática (5-10)	Microporos (<2)	0,01-0,001	Água + moléculas de pequenas dimensões + solutos iónicos	-moléculas de pequena dimensão; -turvação; -cor; - COT; -dureza; -sulfato; -vírus
<b>Osmose inversa</b>	Pressão hidrostática (10-50)	Membrana definida como densa	<0,01	Águas + moléculas de pequenas dimensões + solutos iónicos	-moléculas de muito pequena dimensão; -cor; -dureza; -sulfatos; -nitratos; -sódio; -vírus

Um estudo realizado por Baudin et al.,1997, em França, mostrou que a ultrafiltração é a melhor tecnologia para o tratamento de águas superficiais, na qual demonstrou claramente remoções de turvação superiores a 85%, de COT cerca de 55% e coliformes totais na água tratada inferiores a 1 PFU/100 ml.

Por fim, saliente-se que a filtração por membranas, comparada com o tratamento convencional, oferece uma série de vantagens: (1) qualidade superior da água tratada, através da remoção de macromoléculas, bactérias e vírus, designadamente de microrganismos resistentes aos tratamentos químicos como cloração e ozonização (e.g. Giardia, Cryptosporidium); (2) sistema mais compacto e modular, portanto facilmente adaptável às variações de qualidade e quantidade de água a tratar; (3) fácil controlo de operação e de manutenção; (4) menor utilização de químicos, nomeadamente coagulantes e floculantes, que podem originar efeitos nefastos na saúde pública; e (5) menor produção de lamas (Teixeira, 2001).

## 2.3 Armazenamento

O consumo de água ao longo do dia sofre grandes variações (Fig. 12-2), uma vez que existem períodos onde o gasto de água é mais acentuado, mais especificamente em horas propícias a refeições (entre as 8h e as 22h) (Heller & Padua, 2006).



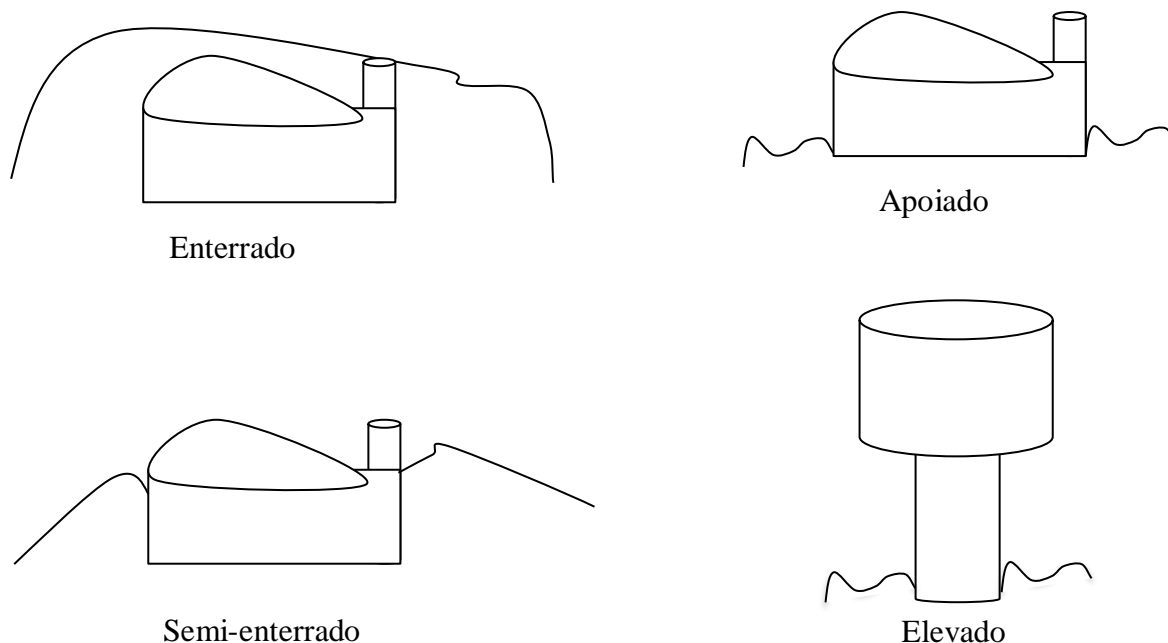
Fonte: adaptado de Heller & Padua (2006).

Figura 12-2: Típica curva de consumo.

Estas variações também ocorrem sazonalmente, porque durante o verão existe maior consumo de água e no inverno, por norma, os consumos são menores. Com isto e dada a impossibilidade de construção de condutas com diâmetros exageradamente grandes, surge a necessidade de construção de reservatórios como meio de armazenamento de água que posteriormente é utilizada para o consumo humano (Silva, 2015). Os reservatórios apresentam várias finalidades, destacando-se as seguintes (Carvalho, 2014):

- Servir de volante de regularização, compensando as flutuações de consumo face à adução;
- Servir de reservas de emergência para combate a incêndios ou para assegurar a distribuição em casos de interrupção voluntária ou acidental do sistema de montante;
- Equilibrar as pressões na rede de distribuição;
- Regularizar o funcionamento das bombagens;
- Servem ainda de reservas para questões de imprevistos, operação e manutenção do sistema como variações de qualidade da água na origem; acidentes na captação; intervenções de reparação ou manutenção na conduta adutora; corte de energia elétrica (paragem dos grupos eletrobomba).

Os reservatórios são classificados quanto à sua capacidade em pequenos ( $V < 500\text{m}^3$ ), médios (entre  $500\text{m}^3$  e  $5000\text{m}^3$ ) e grandes ( $V > 5000\text{m}^3$ ), mas também quanto à sua localização relativamente à superfície (Carvalho, 2014). No que diz respeito à localização dos reservatórios, estes são classificados como elevados, apoiados, semi-enterrados e enterrados, observável na Figura 13-2 (Silva, 2015).



Fonte: adaptado de Silva (2015).

Figura 13-2: Tipo de reservatórios face à localização.

Os reservatórios elevados apresentam o fundo com cota superior à do terreno, usualmente de menores dimensões e têm como objetivo principal condicionar as pressões dinâmicas nas áreas de maior cota topográfica. Em muitos sistemas de abastecimento, principalmente nas cidades mais planas, o reservatório elevado é frequentemente construído na proximidade de uma outra unidade de armazenamento, enterrada ou apoiada de modo a otimizar a operação. Já nas cidades de relevo mais acidentado é comum o reservatório elevado ser instalado distante da parte central da cidade e ser alimentado por meio de uma estação elevatória instalada na própria rede de distribuição, denominada de “boster”, para assegurar a perenidade do abastecimento nas áreas mais altas (Heller & Padua, 2006).

Os reservatórios enterrados são construídos abaixo da cota do terreno e, salvo em cidades montanhosas, estão associados a unidades elevadas respondendo pela maior parte do volume de armazenamento do sistema. Similarmente inserem-se os reservatórios semienterrados (quando mais de  $1/3$  da altura está abaixo da cota do terreno) e apoiados (menos de  $1/3$  de altura está abaixo da cota do terreno) (Heller & Padua, 2006).

Neste contexto importa ainda referir que o reservatório deve apresentar boas condições de conservação e manutenção e o local do mesmo deve estar limpo e protegido, de modo a evitar os seguintes riscos (Simas et al., 2005):

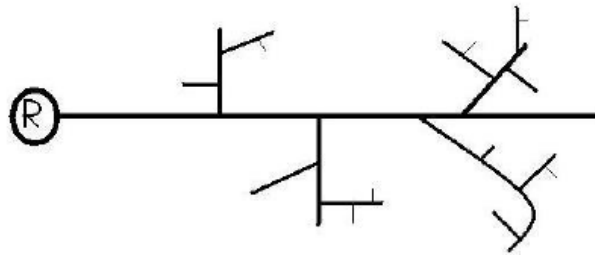
- Intromissão de pessoas estranha ao serviço;
- Presença de gado ou de outros animais;
- Escorrências de água dos terrenos vizinhos;
- Acidentes com árvores e plantas de grande porte, situadas nas proximidades;
- Ocorrência de fendas nas paredes, no chão e no teto.
- Ocorrência de infiltração de água do exterior.
- Acesso de pássaros e outros animais de porte pequeno;

Além destes cuidados referidos anteriormente, as EG devem ter procedimentos que incluam instruções para a operação e manutenção dos reservatórios. Periodicamente os reservatórios devem ser sujeitos a ações de higienização, recorrendo a produtos adequados para estarem em contacto com água para consumo humano. A operação de higienização dos reservatórios consiste essencialmente em dois procedimentos: a desincrustação (permite a eliminação de depósitos de calcário e de ferro que se acumulam no fundo dos reservatórios) e a desinfecção (permite eliminar todos os possíveis contaminantes microbiológicos) (Simas et al., 2005).

## 2.4 Rede de distribuição

Uma rede de distribuição de água tem como função levar a água armazenada nos reservatórios até à torneira do consumidor final, recorrendo a um sistema de condutas, ramais e equipamentos mecânicos (Silva, 2015).

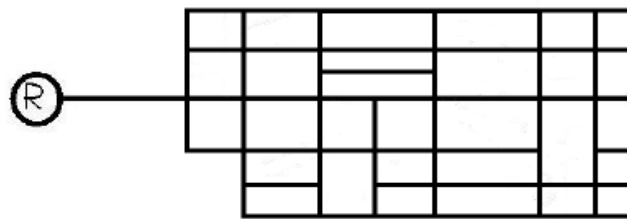
As redes de abastecimento de água podem ser classificadas como redes ramificadas e malhadas. As redes ramificadas (Fig.14-2) caracterizam-se pela existência de um único caminho possível de ser efetuado pela água desde o momento de saída do reservatório até à chegada ao consumidor final (Silva, 2015). Contudo, devido ao sentido único realizado pelo escoamento, os sedimentos tendem a acumular-se nos pontos terminais, podendo originar a obstrução total ou parcial da conduta, impossibilitando a chegada de água às habitações. Por esse mesmo motivo, em caso de avaria, todo o abastecimento é interrompido para jusante da mesma, tratando-se de um fator bastante negativo quando se pretende um abastecimento capaz de satisfazer o consumidor. As variações do consumo ao longo do tempo têm elevada influência nas pressões registadas na rede, isto é, quando, por exemplo, se regista um aumento de consumo a pressão na rede pode tornar-se insuficiente, levando, por vezes, a várias reclamações por parte dos consumidores (Carvalho, 2014).



Fonte: adaptado de Carvalho,2014.

Figura 14-2: Rede Ramificada.

Pelo contrário as redes malhadas (Fig. 15-2) são caracterizadas pela existência de uma sucessão de caminhos possíveis de serem tomados pela água, originando assim opções diferentes dependentes das solicitações presentes na rede. As redes malhadas apresentam uma resistência maior face às variações de pressão, uma vez que não são tão afetadas pelas solicitações existentes na rede, porém, necessitam de um número maior de acessórios, tais como válvulas de fecho, para o correto funcionamento da rede. Atualmente utiliza-se mais as redes malhadas em áreas urbanas, pois permitem reparações de certos troços de condutas sem que haja prejuízo para os consumidores, enquanto que nas zonas rurais se opta pelas redes ramificadas (Silva, 2015).



Fonte: adaptado de Carvalho (2014).

Figura 15-2: Rede malhada.

### **3. Qualidade de água**

A água utilizada para consumo humano deve ser de boa qualidade e não ser suscetível de causar danos à saúde pública, devendo ser esteticamente aceitável, ou seja não apresentar cor, odor ou sabor. A água não deve ainda deteriorar as infraestruturas, equipamentos e dispositivos da rede de distribuição.

As correlações entre o teor dos elementos e substâncias químicas e a saúde do homem e dos animais podem ser dificultados por questões relativas à mobilidade e à dispersão destes elementos e substâncias, governadas pelos princípios da geoquímica e da dinâmica das águas superficiais e subterrâneas (Córdoba et al., 2010). Fatores como o pH, abundância de argilo-minerais, teor de matéria orgânica, hidróxidos de ferro, manganês e alumínio, reatividade química, gradientes hidráulicos, porosidade e permeabilidade necessitam ser considerados nestes tipos de estudo (Mendes & Santos, 2004).

Assim, para garantir com rigor a qualidade de uma água é fundamental recorrer a análises cuidadosas de diversos parâmetros e em diversas épocas sazonais. Os parâmetros mais utilizados na caracterização de uma água são apresentados de seguida.

#### **3.1 Parâmetros da qualidade de água**

Para o consumo humano, a qualidade da água é avaliada, numa primeira fase pelas suas qualidades organolépticas, ou seja, pela cor, turbidez, cheiro e sabor. Para ser adequado ao consumo público a água deve ter outros requisitos para além dos referidos e que não são passíveis de avaliação sensorial. Assim, na avaliação da qualidade da água é necessário um conjunto alargado de análises físicas, químicas e biológicas (Mendes & Santos, 2004).

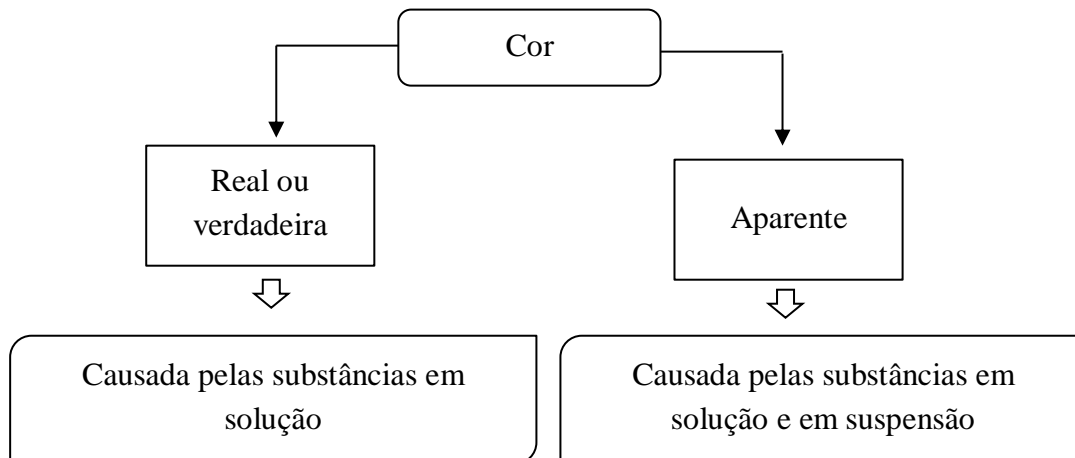
### 3.1.1 Parâmetros organoléticos

São propriedades que podem levantar alguma subjetividade na sua análise devido ao facto de serem avaliadas mediante os sentidos. São os principais fatores que condicionam a aceitabilidade da água pelo consumidor. Fazem parte deste grupo de parâmetros: a cor, o cheiro, o sabor e o aspeto (Cleto, 2008).

#### 3.1.1.1 Cor

A cor é resultante da decomposição de vegetais (folhas, caruma, erva, madeira) que originam taninos (compostos fenólicos), ácidos húmicos e humatos que provocam uma cor castanha amarelada na água. Pode ter igualmente origem na presença de ferro e manganês (Oliveira, 2013).

Na determinação do parâmetro cor de uma água, há que ter em conta o valor de pH da mesma, pois a intensidade da cor tende a aumentar com o valor de pH. Da mesma forma, a cor também é influenciada por substâncias presentes na solução ou por matérias sólidas em suspensão (o qual aumenta a turvação da água), que devem ser eliminadas antes da determinação da cor. Assim, dependendo das substâncias presentes na água, esta pode ter uma cor aparente (causada pelas substâncias presentes ou em suspensão), ou real (presença de substâncias solúveis presentes) (*vide* Fig.16-3) (Mendes & Santos, 2004).



Fonte: adaptado de Mendes & Santos (2004).

Figura 16-3: Esquemática do conceito cor nas amostras de água.

#### 3.1.1.2 Cheiro e Sabor

O cheiro e o sabor dependem de minerais, metais do solo, produtos finais de reações biológicas e constituintes das águas. Estes são dois parâmetros de difícil análise, pois levantam bastante suscetibilidade. O limiar de percepção de cheiro nem sempre é o mesmo para todos os humanos, o que não se traduz numa análise muito rigorosa. Quanto ao sabor, apesar de não ser possível quantificar, o Quadro 7-3 mostra uma forma de qualificar a água consoante os sais neles dissolvidos (Cleto, 2008).

Quadro 7-3: Apresentação dos diversos sabores que uma água em geral pode apresentar.

Fonte: adaptado de Cleto (2008).

Sais Dissolvidos	Sabor
Cloreto de sódio (NaCl)	Salgado
Sulfato de sódio (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Ligeiramente salgado
Bicarbonato de sódio (NaHCO <sub>3</sub> )	Ligeiramente salgado a doce
Carbonato de Sódio (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	Amargo e salgado
Cloreto de Cálcio (CaCl <sub>2</sub> )	Fortemente amargo
Sulfato de Cálcio (CaSO <sub>4</sub> )	Ligeiramente amargo
Sulfato de Magnésio (MgSO <sub>4</sub> )	Ligeiramente amargo em saturação
Cloreto de Magnésio (MgCl <sub>2</sub> )	Amargo e doce
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	Adstringente, picante

#### 3.1.1.3 Turvação

A turvação consiste na apreciação da água, se é límpida ou turva, se apresenta alguma tonalidade ou é incolor. Esta é resultante da presença de matéria coloidal (nomeadamente nos lagos e águas paradas), de sólidos suspensos e partículas rochosas (nomeadamente nos rios e águas em movimento), de produtos provenientes da agricultura ou outras atividades junto aos cursos de água, pode ser também resultante da turbulência da água (*turnover*) e de descarga de águas residuais (Tchobanoglous et al., 2003).

Segundo Silva et al. (2008) a turvação da água bruta é altamente influenciada pelo regime de chuvas de uma região e pela característica da cobertura vegetal da bacia hidrográfica, ou seja, períodos chuvosos e bacias desprotegidas elevam a turbidez das massas de água.

Para a análise deste parâmetro deve-se agitar-se vigorosamente a amostra, para dispersar os sólidos em suspensão, colocar a célula no aparelho designado por turbidímetro, tendo em atenção se há bolhas de ar na amostra, uma vez que estas podem interferir no resultado final. Este resultado é expresso em NTU (nephelometric turbidity units) (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition, 1998*).

### 3.1.2 Parâmetros Físicos e Químicos

As propriedades físicas-Químicas são avaliadas recorrendo a procedimentos específicos e consistem na determinação de diversos parâmetros, tais como: pH, acidez, alcalinidade, ferro, manganês, fluoretos, nitratos, nitritos, metais pesados, cloretos, oxigênio dissolvido, carência bioquímica de oxigênio (CBO<sub>5</sub>), carência química de oxigênio (CQO), sulfato, fosfatos, entre outros. Aqui serão citados os mais pertinentes para o tratamento de água e para a realização do presente trabalho.

#### 3.1.2.1 Temperatura

A temperatura é um parâmetro de grande importância, dado que tem influência na velocidade das reações químicas, na solubilidade dos gases, na taxa de crescimento dos microrganismos, entre outras. É importante medir a temperatura da água nas várias fases de tratamento, principalmente na água bruta. O aumento da temperatura na água bruta é indicador do aumento de matéria orgânica e essencialmente do crescimento de algas (Delpla, 2009). Já a nível do tratamento o uso de uma água cujo a temperatura seja inferior a 12°C tem alguns inconvenientes a nível do tratamento, nomeadamente a redução da eficiência da desinfecção, o aumento da viscosidade da água e diminuição das velocidades de sedimentação e de filtração (Mendes & Santos, 2004).

No que diz respeito à água distribuída à população, a temperatura não representa um risco à saúde humana, porém é observada uma baixa aceitação de uma água mais quente já que a dissolução de algumas substâncias pode conferir gosto às águas (Mendes & Santos, 2004).

#### 3.1.2.2 pH

O pH representa uma medida de acidez da água, ou da sua alcalinidade, traduzida pela concentração do ião de hidrogénio [H<sup>+</sup>]. A forma de exprimir o pH é através do logaritmo decimal da concentração de iões de hidrogénio (Mendes & Santos, 2004). Ver equação (3-3).

$$pH = -\log[H^+] \quad (3-3)$$

A escala do pH varia de 0 a 14, sendo os valores menores que 7 denominados por ácidos e os maiores alcalinos. Já o valor de pH igual a 7 representa neutralidade da solução (EPA, 2001).

Uma água apresenta normalmente um valor de pH que é influenciado pela sua origem e pela natureza dos terrenos atravessados. As águas superficiais podem, com a consequência da atividade biológica das algas, apresentar, em especial no verão, valores de pH anormalmente elevados. Contudo, na maior parte dos casos, a gama de variação dos valores do pH da água superficial varia entre 6,5 e 8,5 (Mendes & Santos, 2004).

Segundo Braga, (2014), o pH não afeta diretamente a saúde humana, mas é fundamental a sua monitorização para que os processos de coagulação, floculação, filtração e desinfecção ocorram eficientemente e também para conservação das redes de distribuição de modo a evitar a ocorrência de corrosão (pH baixo) ou incrustação (pH elevado) das mesmas (Mendes & Santos, 2004). Para o controle do pH adiciona-se soluções ácidas (e.g. ácido sulfúrico, ácido clorídrico ou injeção de gás carbónico) caso se pretenda reduzir o pH, ou recorre-se ao arejamento da água (eliminação do CO<sub>2</sub>) ou através da adição de soluções básicas (e.g. NaOH), caso se pretenda aumentar o pH (Gomes, 2011).

A determinação do valor de pH é realizada por um aparelho que inclui um elétrodo que é mergulhado na amostra da água. O valor do pH é apresentado no visor do aparelho (Inácio, 1995).

#### **3.1.2.3 Condutividade**

A condutividade traduz a capacidade da água em conduzir a corrente elétrica, resultando da concentração de iões dissolvidos na água. Os principais iões responsáveis pela condutividade elétrica da água são o cálcio, magnésio, ferro, potássio, sódio, carbonatos, sulfatos e cloretos (Brandão, 2015).

A condutividade depende não só da concentração do teor de iões dissolvidos na água, mas também da temperatura. Assim, quanto mais elevada for a temperatura e o valor de iões presentes na água, maior será a condutividade elétrica. Este indicador revela-se bastante importante, na medida em que permite alertar para a presença de descargas industriais não tratadas, produtos provenientes de minas, águas residuais, entre outros. Por outro lado, materiais orgânicos, como óleos, álcool ou fenóis não possuem a capacidade de conduzir eletricidade. Assim, quando se apresentam na forma dissolvida na água, a condutividade elétrica é severamente reduzida. A condutividade elétrica da água permite também avaliar o grau de mineralização da água, pelo que os seus valores representam a carga mineral presente na água e a geologia local ou até regional. Assim, em formações predominantemente de granito a condutividade elétrica é extremamente baixa. Por outro lado, em solos argilosos os valores de condutividade são bastante altos (Brandão, 2015).

Em termos de saúde pública a condutividade não representa por si só um problema, desde que os limites máximos não sejam ultrapassados, contudo, alguns compostos responsáveis pela condutividade e em função da sua natureza e características específicas, podem por em causa a saúde do consumidor (Mendes & Santos, 2004).

É de salientar que uma mineralização elevada da água pode levar a sabores desagradáveis, como por exemplo sabor salgado de processos de corrosão ou de formação de depósitos.

A condutividade é determinada por um condutivímetro (aparelho que mede a condutividade específica), tendo um elétrodo que é mergulhado na amostra e nos dá a leitura de seguida (Inácio, 1995)

#### **3.1.2.4 Sólidos suspensos totais**

Os Sólidos Suspensos Totais (SST) correspondem ao teor de partículas em suspensão presentes na água bruta. Estas partículas são maioritariamente argilas, limo, areias, lamas, partículas coloidais orgânicas, entre outros, resultantes da erosão natural, de detritos de origem orgânica e de plâncton (Mendes & Santos, 2004). A estes sedimentos podem vir agarrados pesticidas, metais pesados e outros componentes tóxicos (Oliveira, 2013).

Este parâmetro tem relação direta com a turbidez da água, ou seja, quanto maior a sua quantidade na água maior a turbidez. Este aumento de turbidez vai provocar a diminuição da penetração da luz na água e a diminuição do oxigénio dissolvido ( $O_2$  Dissolvido), provocando a redução da taxa de fotossíntese que vai prejudicar a procura de alimentos para algumas espécies, levando a um desequilíbrio na cadeia alimentar. Uma outra consequência negativa advém da deposição de materiais em zonas de estagnação ou de movimentação lenta ou a eventual criação de zonas aeróbicas na vasa e consequente libertação de cheiros desagradáveis (Mendes & Santos, 2004).

Os SST não têm significado sanitário em si próprios, mas correspondem a riscos potenciais em função da natureza dos seus constituintes. De qualquer maneira, concentrações elevadas deste parâmetro vão refletir-se numa dificuldade dos tratamentos de desinfecção e, logo, no aumento dos riscos sanitários associados. Assim, para a remoção deste parâmetro, recorre-se a simples processos de filtração ou até mesmo separação gravítica (decantação). Além da eliminação de sólidos são também eliminadas a turvação e a cor da água, eventualmente presentes (Mendes & Santos, 2004). De acordo com Gomes (2011), se a linha de tratamento incluir a decantação/sedimentação, a remoção de sólidos será próximo de 100%.

Para quantificar os SST recorre-se a uma filtração da amostra num filtro de vidro padrão previamente pesado e o resíduo retido no filtro é seco até peso constante a 103-105°C. A diferença de peso representa os SST (Inácio, 1995).

#### 3.1.2.5 Nitratos

Os nitratos são considerados os compostos azotados mais importantes, visto constituírem, por um lado, um componente essencial à formação de biomassa das plantas e animais e, por outro, funcionam como um poluente importante das águas subterrâneas e superficiais, utilizadas para o consumo humano (EPA, 2001).

Uma vez que os nitratos são muito solúveis e apresentam elevada mobilidade nos solos, o seu teor apresenta maior expressão nas águas subterrâneas uma vez que por percolação facilmente atingem os lençóis freáticos (lixiviação). Já a contaminação de águas superficiais ocorre principalmente por escorrências superficiais, podendo a presença de nitratos ser causada por descargas de águas residuais urbanas, ou por escorrências de terrenos agrícolas com uso intensivo de fertilizantes, sendo a sua concentração frequentemente inferior a 5mg/L (Mendes & Santos, 2004).

As elevadas concentrações de nitratos (e de outros nutrientes nomeadamente de fosfatos) pode ser responsável pelo desenvolvimento luxuriante de vegetação algal e outra, que se traduzem na eutrofização dessas massas de água (Mendes & Santos, 2004).

No consumo humano a elevada concentração de nitratos pode ser bastante perigosa, principalmente em crianças, quando excedido o limite de 50mg/L, provocando o conhecido síndrome de “bebé azul”. Contudo é importante referir que a situação não está diretamente ligada aos teores em nitratos, mas sim aos teores nitritos deles resultantes por um processo de redução. São estes que se associam à hemoglobina, formando um complexo instável. Mas os riscos ligados ao consumo de água com nitratos não acabam aqui. No estômago os nitratos podem reagir com aminas e amidas (derivados de proteínas) e formarem nitrosaminas e nitrosamidas, as quais têm propriedades inflamatórias e cancerígenas (Gomes, 2011).

Para quantificar os nitratos existem vários métodos analíticos disponíveis, uma vez que, a determinação da concentração de nitratos em soluções aquosas não é tarefa fácil, sendo que, os procedimentos, na sua maioria, são relativamente complexos e as faixas de concentração de alguns dos métodos analíticos são limitados, além de existir a alta probabilidade da presença de interferentes. Um desses métodos é a cromatografia iônica, por exemplo, embora permita medidas rápidas e simultâneas com outros iões de interesse (como cloreto, fosfato, sulfato e nitrito), é uma técnica relativamente cara, não estando livre de interferentes; já métodos envolvendo a pré-redução do nitrato para nitrito em coluna de cádmio, seguido de desenvolvimento de cor por diazotação, são trabalhosos e, novamente, sujeitos à interferentes. Assim, os métodos mais simples e utilizados, são baseados em espectrofotometria na região UV, são extremamente atraentes devido não somente à simplicidade mas também devido ao baixo custo. Contudo, tais métodos também sofrem sérias limitações no que diz respeito a interferentes, sendo imprescindível que o analista esteja atento a tal situação (Souto et al.,2006).

### 3.1.2.6 Ferro e Manganês

O ferro e manganês são elementos naturalmente encontrados em rochas, solos e nas águas naturais, possuindo duas formas essenciais: a forma solúvel ( $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$ ) e insolúvel ( $\text{Fe}^{+3}$ ,  $\text{Mn}^{+3}$  e  $\text{Mn}^{+4}$ ). Normalmente o ferro apresenta-se sobre a forma de ião ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) e o manganês ocorre associado há presença de ferro (Mendes & Santos, 2004).

O grande inconveniente do ferro e manganês é conferir cor à água, que provoca manchas em roupas e louças, gerando prejuízos económicos. Além disso, ambos os elementos podem conferir também sabor e odor (Castro, 2015).

Com o processo de tratamento presente na ETA, pretende-se eliminar o ferro e o manganês para a diminuição da cor da água, podendo ser feita através da pré-oxidação ou pré-cloração, processo que pode favorecer a formação de THM. Esses elementos também são retirados da água quando estão associados aos flocos, sedimentando ou ficando retido nos filtros (Castro, 2015).

Para a determinação da concentração destes parâmetros, os técnicos optam pelo princípio de deteção fotométrica, na qual, após a adição de um reagente, diferente para cada um dos parâmetros, a absorção ou transmissão de luz monocromática é utilizada para medir a concentração destes (Cleto, 2008).

### 3.1.2.7 Alumínio

O alumínio é o elemento metálico mais abundante e constitui cerca de 8% da crosta terrestre. Os níveis de alumínio na água de consumo humano dependem da sua ocorrência nas origens de água e da sua utilização como coagulante no tratamento da água. Para minimizar os níveis residuais de alumínio na água tratada, o processo de coagulação deve ser otimizado e o seu controlo deve ser efetuado no tratamento, à saída da ETA e na rede de distribuição. Quando os níveis residuais são elevados, o alumínio pode precipitar no sistema de distribuição, pelo que, alterações de escoamento podem originar a ressuspensão de sedimentos e um aumento nos níveis de alumínio na água distribuída, podendo originar problemas de cor e turvação (Castro, 2015).

Para a determinação da concentração deste parâmetro, os técnicos tal como no método anterior optam pelo princípio de deteção fotométrica, na qual, após a adição de um reagente, a absorção ou transmissão de luz monocromática é utilizada para medir a concentração deste (Cleto, 2008).

#### 3.1.2.8 Teor em matéria orgânica

Ao longo dos anos, têm sido desenvolvidos um certo número de testes para a determinação da quantidade de matéria orgânica numa água natural ou residual. Um desses métodos é a medição da percentagem de sólidos voláteis presentes nos sólidos totais, mas dado que está sujeito a uma grande margem de erro não é o indicador mais correntemente utilizado. Presentemente, os métodos ou testes mais utilizados são os seguintes: O<sub>2</sub> Dissolvido, Carência Química de Oxigénio (CQO), Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO<sub>5</sub>) e Carbono Orgânico Total (COT) (Gomes, 2011).

##### 3.1.2.8.1 Oxigénio dissolvido

O O<sub>2</sub> Dissolvido trata-se de um parâmetro de elevada importância no que respeita à avaliação da qualidade da água, uma vez que permite identificar fenómenos ambientais como a eutrofização ou a poluição orgânica (Brandão, 2015).

O O<sub>2</sub> Dissolvido não é um elemento constitutivo da água, mas conserva as suas propriedades oxidantes, quer quando intervém numa reação oxidativa, por exemplo, com o ferro (puramente química), quer quando, através de fenómenos químicos e eletroquímicos, intervém nos processos de corrosão dos materiais, quer ainda através da sua intervenção nos processos biológicos que controla em larga medida (Mendes & Santos, 2004).

Nas massas de água, a elevada variabilidade do teor de O<sub>2</sub> dissolvido depende de diversos fatores, tais como (Mendes & Santos, 2004):

- 1) A produção de O<sub>2</sub> pelas algas e outros organismos produtores primários, em consequência da atividade fotossintética;
- 2) O teor em matéria orgânica presente, que influencia o O<sub>2</sub> Dissolvido através de reações químicas diversas, mas, especialmente, em consequência da atividade respiratória dos organismos heterotróficos que nela se desenvolvem, utilizando a matéria orgânica como substrato, ou seja, caso a água esteja poluída por matéria orgânica o teor em O<sub>2</sub> Dissolvido é baixo, caso esta não esteja poluída por matéria orgânica, deverá conter elevado valor de O<sub>2</sub> Dissolvido.
- 3) As trocas na interface água/ar, que se verificam entre o O<sub>2</sub> Dissolvido na água e O<sub>2</sub> presente na atmosfera, processo esse que pode sofrer a interferência de substâncias diversas, tais como gorduras, hidrocarbonetos ou detergentes.
- 4) A alternância do dia para a noite, conduzindo em regra ao predomínio da fotossíntese sobre a respiração (balanço positivo em relação ao teor de O<sub>2</sub> Dissolvido) no período diurno. No período noturno, a paragem da fotossíntese e a continuidade da respiração (embora diminuída eventualmente pela descida da temperatura exterior), conduzem a um balanço negativo, ou seja, ao consumo parcial de O<sub>2</sub> Dissolvido acumulado durante o período que a água é iluminada;

- 5) A movimentação da água, na sequência da formação de vagas, correntes, etc., influencia a intensidade das trocas gasosas, referidas em 3, afetando o teor de O<sub>2</sub> Dissolvido e a estratificação das concentrações de gases, sólidos e inclusivamente de organismos, que não se encontram em movimento nessas massas de água;
- 6) A variabilidade da temperatura e portanto, da solubilidade do O<sub>2</sub> na água, ou seja, quanto maior a temperatura menor será a concentração do teor de O<sub>2</sub> Dissolvido porque diminui a sua solubilidade e aumenta o número de microrganismos consumidores de O<sub>2</sub>.

Segundo Mendes & Santos, 2004, a variação de teores em O<sub>2</sub> Dissolvido pode ser significativa não sendo em regra excedidos teores de 10mg/L. A ocorrência de valores superiores (sobressaturação) pode verificar-se no verão, em águas mais ou menos paradas (lagos, albufeiras de barragens, reservatórios) devido a processos de fotossíntese intensos.

Por outro lado, segundo a OMS, os níveis de O<sub>2</sub> Dissolvido não devem estar abaixo de 5mg/L, visto serem considerados perigosos para a vida animal, sendo uma das principais causas que leva à morte de peixes nos rios poluídos (Brandão, 2015). O O<sub>2</sub> Dissolvido reduzido provoca ainda a formação de sabores e odores desagradáveis e corrosão em canalizações. Estas baixas concentrações também levam à redução de nitratos para nitritos e de sulfatos para sulfitos e podem ainda causar o aumento da concentração de ferro (Medina, 2015).

A determinação do teor em O<sub>2</sub> Dissolvido numa água tem grande importância do ponto de vista biológico, bem como para avaliar quais as espécies redox presentes. Este pode ser determinado *in situ* por via potenciométrica, recorrendo a um eletrodo específico, ou por titulação iodimétrica, baseada nas propriedades oxidativas do O<sub>2</sub> Dissolvido (Mendes & Santos, 2004). O O<sub>2</sub> Dissolvido mede-se em mg/L (Brandão, 2015).

#### **3.1.2.8.2 Carência Bioquímica de Oxigénio**

O CBO<sub>5</sub> é um parâmetro analítico de qualidade da água que mede indiretamente a quantidade de matéria biodegradável através da quantidade de O<sub>2</sub> consumida pelos microrganismos na sua degradação (Tavares, 2013).

A carência de O<sub>2</sub> na água provoca problemas ambientais, entre eles a libertação de gases nocivos à saúde humana tais como H<sub>2</sub>S, o CO<sub>2</sub> ou o CH<sub>4</sub> e impede a existência de peixes e outros seres aquáticos, que morrem por asfixia. Desta forma é imposto um limite para a matéria orgânica a ser descarregada no meio recetor (rio, lagos, mar) de modo a que o O<sub>2</sub> Dissolvido existente na água não seja todo consumido (40mg/L O<sub>2</sub>) (Tavares, 2013).

O CBO<sub>5</sub> é um teste padrão, realizado a uma temperatura constante de 20°C e durante um período de incubação também fixo de 5 dias. É uma medida que procura retratar em laboratório o fenómeno que acontece no lençol de água. Assim, uma amostra é recolhida em duplicado e em uma das amostras é medido o O<sub>2</sub> Dissolvido após a coleta; o oxigénio da outra amostra é medido após 5 dias, período em que a amostra fica em uma incubadora a uma temperatura de 20°C.

A diferença de concentração de oxigênio representa a carência bioquímica de oxigênio (oxigênio consumido para oxidar a matéria orgânica via respiração dos microrganismos). É um indicador estimativo, já que as condições: turbulência das águas, aeração e insolação etc. não são consideradas. Quando a água possui muita matéria orgânica e microrganismos é necessário diluir a amostra e introduzir nutrientes. No período de 5 dias a 20°C (CBO<sub>5</sub>) é consumido cerca de 70% a 80% da matéria orgânica (e.g. água residual doméstica); após 5 dias começa a carência em azoto, em que durante cerca de 20 dias são consumidos 100% da matéria orgânica (Valente, Padilha, & Silva, 1997).

#### **3.1.2.8.3 Carência Química de Oxigênio**

O CQO é um parâmetro usado para medir a matéria orgânica de uma água, tendo em conta o O<sub>2</sub> consumido na oxidação da matéria orgânica, essa oxidação dá-se com base num agente oxidante forte, em condições ácidas. Esta técnica apenas estima a concentração de matéria orgânica em termos de oxigênio consumido já que nos corpos de águas as condições não são tão energéticas, além do fato de que algumas espécies inorgânicas, tais como nitritos, compostos reduzidos de enxofre e substâncias orgânicas, tais como hidrocarbonetos aromáticos, compostos alifáticos de cadeia aberta e piridinas não são totalmente oxidadas (Valente et al., 1997).

O CQO é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização da qualidade da água e é bastante vantajoso quando utilizado conjuntamente com a CBO<sub>5</sub> 20°C para analisar a biodegradabilidade das águas, através da razão CQO/CBO<sub>5</sub> a 20°C, que varia entre 0 e 5, dependendo da água que está a ser analisada. Valores elevados desta razão indicam que o efeito tóxico exercido pela fração não-biodegradável sobre os microrganismos prejudica o tratamento biológico, uma vez que a fração biodegradável é pequena (Valente et al., 1997).

A principal vantagem do teste CQO é a rapidez, pouco mais de duas horas, enquanto que o teste CBO<sub>5</sub> leva 5 dias (Valente et al., 1997).

#### **3.1.2.8.4 Carbono Orgânico Total**

O COT também constitui um parâmetro importante, uma vez que deteta uma larga gama de compostos presentes na água, passíveis de sofrer oxidação por processos biológicos (CBO) ou químicos (CQO). A quantidade de CO<sub>2</sub> gerada no processo de decomposição é estimada recorrendo a um analisador de infravermelho de gases, ou medindo a condutividade elétrica ou então a resistividade. O teor de carbono orgânico presente na água pode ser calculado a partir da quantidade de CO<sub>2</sub> orgânico medida pelos métodos mencionados anteriormente. Este parâmetro é importante na deteção de contaminantes na água e por conseguinte na verificação da eficácia dos tratamentos (Medina, 2015).

### 3.1.3 Parâmetros Microbiológicos

A presença de microrganismos numa água, tem grande significado na sua qualidade. Alguns desses organismos, como bactérias, vírus e protozoários são patogénicos e por isso perigosos à saúde humana. Neste sentido, para a avaliação microbiológica da água recorre-se a indicadores da presença de matéria fecal (coliformes fecais e coliformes totais) no meio, que pode ter tanto origem animal como humana (EPA, 2001).

Os coliformes (totais) são bactérias Gram-negativas, com forma de bacilos não esporulados, aeróbias ou anaeróbicas facultativas, com capacidade de fermentar a lactose a 37°C, num espaço de 48h, produzindo ácido e gás. Como bactérias deste grupo estão as do género *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Citrobacter* e *Aerobacter*. Já os coliformes fecais englobam as bactérias do grupo coliforme, que num período inferior a 24h e a uma temperatura de 44°C provoca a fermentação da lactose, produzindo ácido e gás (Antunes, 2013).

Para tratamento dos parâmetros microbiológicos recorre-se ao processo de desinfecção, que pode ser realizado com cloro, dióxido de cloro, ozono, ou radiação UV.

## 3.2 Normas de qualidade de água

No âmbito nacional, a legislação aplicável à monitorização da qualidade da água na origem é regida de acordo com as exigências das Diretivas 75/440/CEE, 76/160/CEE e 79/869/CEE, transpostas para o direito nacional pelo Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, que contempla as normas de qualidade aplicáveis a vários tipos de água, águas para suporte de vida aquícola, águas balneares, águas de rega e águas para consumo humano, sendo estas últimas divididas em três tipos:

- a) Águas doces superficiais, destinadas à produção de água para consumo humano;
- b) Águas subterrâneas, destinadas à produção de água para consumo humano;
- c) Águas de abastecimento para consumo humano.

As normas de qualidade da água para consumo humano (água de abastecimento) tornaram-se mais rigorosas com a Diretiva 98/83/CE, transposta para o direito nacional pelo Decreto-Lei n.º 243/2001, de 5 de setembro (retificado pela Declaração de Retificação 20-AT/2001), o qual veio substituir a secção III (água para consumo humano) do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto. No entanto a atual legislação vigente, relativa à qualidade das águas superficiais destinadas ao consumo humano encontra-se instituída pelo Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto, que entrou em pleno vigor a 1 de janeiro de 2008 e procede à revisão do Decreto-Lei n.º 243/2001, de 5 de setembro (APA, 2017a).

As grandes alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto, foram a criação do conceito de VP, em detrimento dos valores máximos recomendáveis (VMR) e valores máximos admissíveis (VMA), correspondendo estes VP ao anteriormente legislado por VMA. Contudo para alguns parâmetros, os VP apresentam ligeiras alterações relativamente aos VMA disposto no anterior Decreto-Lei.

O diploma procede também à definição de uma abordagem mais racionalizada no que respeita à frequência de amostragem, introduz também novos parâmetros no controlo da qualidade da água, uma vez que em algumas zonas do país, existem águas com dureza elevada ou agressivas, ou com frequente aparecimento de fluorescência de cianobactérias (APA, 2017a).

Associado a esta temática, está o Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR), o qual estabelece objetivos e estratégias gerais para a gestão de sistemas de abastecimento e de saneamentos de águas residuais. Atualmente encontra-se em vigor a versão II deste documento, elaborado para o período entre 2007 e 2013, que visa até 2020 servir-se cerca de 95% da população total do país com sistemas públicos de abastecimento de água, na qual se deve atingir a meta de 99% de água segura (APA, 2007).

Resta ainda salientar que, para além da legislação, ao nível da qualidade da água de meios hídricos superficiais, o Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH) utiliza adicionalmente um sistema de classificação da INAG (1999) que acrescenta à perspetiva da verificação da conformidade do recurso hídrico para determinados usos, uma preocupação também da verificação da adequação dos ecossistemas exigentes, onde pequenas concentrações de alguns parâmetros que até são facilmente removíveis em estações de tratamento de águas, mas que não são admissíveis para consumo humano. Com isto o SNIRH dividiu em 5 classes as massas de águas, dependentemente do grau de poluição a que os cursos de água superficiais estão sujeitos (Quadro 8-3).

Quadro 8-3: Classificação dos cursos de água superficiais de acordo com as suas características de qualidade para usos múltiplos.

Fonte: adaptado de SNIRH (Sem data).

Classe Parâmetro	A (sem poluição)	B (fracamente poluído)	C (poluído)	D (muito poluído)	E (extremamente poluído)
pH <sup>1</sup>	6,5-8,5	5,5-9	5-10	4,5-11	>11
Condutividade ( $\mu\text{scm}, 20^\circ\text{C}$ )	$\leq 750$	751-1000	1001-1500	1501-3000	>3000
SST (mg/L)	$\leq 25,0$	25,1-30,0	30,1-40,0	40,1-80,0	>80,0
OD (%)	$\geq 90$	89-70	69-50	49-30	<30
CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	$\leq 3,0$	3,1-5,0	5,1-8,0	8,1-20,0	>20,0
CQO (mg O <sub>2</sub> /l)	$\leq 10,0$	10,1-20,0	20,1-40,0	40,1-80,0	>80,0
Oxidabilidade (mg O <sub>2</sub> /l)	$\leq 3,0$	3,1-5,0	5,1-10,0	10,1-25,0	<25,0
Azoto amoniacal (mg/L NH <sub>4</sub> )	$\leq 0,10$	0,11-1,00	1,10-2,00	2,01-5,00	>5,00
Nitratos (mg NO <sub>3</sub> )	$\leq 5,0$	5,0-25,0	25,1-50,0	50,1-80,0	>80,0
Nitritos (mg NO <sub>2</sub> )	$\geq 0,01$	0,011-0,020	0,021-0,15	0,16-0,3	>0,3
Fosfatos (mg P <sub>2</sub> O <sub>6</sub> )	$\leq 0,40$	0,41-0,54	0,55-0,94	0,95-1,00	>1,00
Coliformes totais (/100 ml)	$\leq 50$	51-5000	5,001-50000	<50000	-
Coliformes fecais (/100 ml)	$\leq 20$	51-2000	2,0001-20000	>50000	-
Estreptococos fecais (/100 ml)	$\leq 20$	21-2000	20001-20000	>20000	-
Ferro (mg/L)	$\geq 0,50$	0,51-1,00	1,10-1,50	1,50-2,00	>2,00
Manganês (mg/L)	$\leq 0,10$	0,11-0,25	0,26-0,50	0,51-1,00	>5,00
Zinco (mg/L)	$\geq 0,30$	0,31-1,00	1,01-3,00	3,01-5,00	>5,00
Cobre (mg/L)	$\geq 0,020$	0,021-0,05	0,051-0,200	0,0201-1,0000	>1,000
Crómio (mg/L)	$\geq 0,010$	-	0,051-0,0200	0,0201-1,000	>1,00
Selénio (mg/L)	$\leq 0,005$	-	0,0051-0,010	-	>0,010
Cádmio (mg/L)	$\leq 1,0$	-	1,1-5,0	-	>5,0
Chumbo (mg/L)	$\geq 0,050$	-	0,051-0,100	-	>0,100
Merúrio ( $\mu\text{g/l}$ )	$\leq 0,50$	-	0,051-0,100	-	>0,100
Arsénio (mg/L)	$\leq 0,010$	-	0,0,11-0,050	-	>0,050

### 3-Qualidade de água

Classe / Parâmetro	A (sem poluição)	B (fracamente poluído)	C (poluído)	D (muito poluído)	E (extremamente poluído)
Cianetos (mg/L)	≤ 0,010	-	0,011-0,050	-	>0,050
Fenóis (µg/l)	≤1,0	1,1-5,0	5,1-10	11-100	>100
Agentes tensoativos (Lasmg/L)	≤0,2	-	0,21-0,50	-	>0,50

1-O pH, sendo um parâmetro muito dependente de características geomorfológicas, pode apresentar valores fora deste intervalo, sem contudo significar alterações de qualidade devidas à poluição.

Em termos de uso para o consumo humano, apenas a Classe A, B e C, apresentam qualidade para esse uso, tal como apresentado no Quadro 9-3.

Quadro 9-3: Classes de classificação da qualidade da água.

Fonte: adaptado de SNIRH (2017).

Classificação	Nível de Qualidade
A- Não poluído	Águas isentas de poluição, adequadas a os usos mais exigentes
B- Ligeiramente Poluído	Águas com qualidade inferior à classe A, porém apta para todos os usos.
C- Poluído	Águas com qualidade aceitável, apta para rega, indústria e água potável após tratamento rigoroso. Faculta a subsistência de espécies piscícolas menos exigentes e possibilita o recreio sem contacto direto.
D- Muito Poluído	Água com qualidade medíocre para rega, arrefecimento e navegação, onde a vida piscícola pode resistir aleatoriamente.
E- Extremamente Poluído	Não apta para a maioria dos usos, pode ameaçar a saúde pública e ambiental.

### 3.3 Degradação da qualidade da água

O termo "poluir" designa genericamente a alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas da água, sendo estas alterações provocadas por causas naturais ou artificiais (Ferreira et al., 2009).

As causas naturais, são derivadas sobretudo da variação do clima, em que um clima extremamente seco vai provocar uma elevada degradação da qualidade da água, uma vez que ao existir uma menor diluição de contaminantes, pode levar ao aparecimento de cionabactérias,

as quais são tóxicas para os consumidores, por outro lado a precipitação proporciona o escoamento superficial, sendo este por sua vez responsável pelo carreamento do material particulado de íões presentes nas rochas. Resta ainda salientar que o crescimento e morte e decomposição de plantas aquáticas e a vegetação também interferem na qualidade da água, uma vez que pode levar a alterações dos teores de azoto, fósforo, pH e O<sub>2</sub> Dissolvido. E por fim as rochas ao entrar em contato com a água, também alteram as suas características naturais (Mendes & Santos, 2004).

As causas artificiais são da responsabilidade do homem, sendo estas provocadas pela adição de novos compostos à água, alterando assim a sua qualidade. Estes compostos apresentam-se sob a forma de efluentes líquidos e /ou resíduos sólidos e têm uma grande diversidade. No Quadro 10-3 é apresentada a classificação de vários poluentes, as fontes a eles associadas e os seus efeitos na qualidade da água.

Quadro 10-3: Principais grupos de poluentes, efeitos deles decorrentes e origens mais usuais.

Fonte: Mendes & Santos (2004).

<b>Grupo de poluentes</b>	<b>Origens usuais desses poluentes</b>	<b>Efeitos resultantes da sua presença na água</b>
<b>Sustâncias biodegradáveis, cujo quantitativo será expresso pelo respetivo valor de CBO5.</b>	Efluentes domésticos e industriais aparentados; destilarias; fábricas de conserva; unidades de fabrico de cerveja; unidades de fabrico de laticínios; unidades de produção de pasta e fabrico de papel; criação animal; agricultura.	Desoxigenação das águas, morte de peixes e outros organismos aquáticos aeróbios, formação e libertação de odores.
<b>Substâncias tóxicas, tais como arsénio, cádmio, chumbo, cianetos, cobre, crómio, mercúrio, níquel, zinco e eventualmente radionuclídeos.</b>	Indústrias de tratamento de superfícies metálicas (cromagem, niquelagem, etc.); tratamento de fosforites e de bauxite; produção de cloro; curtumes; fabrico de baterias e acumuladores	Mortandade de peixes, animais domésticos e de criação; mortandade de algas e demais organismos planctónicos; bioacumulação e biomagnificação em tecidos de moluscos e peixes.
<b>Ácidos e alcalis</b>	Efluentes de minas de carvão; siderurgias; unidades têxteis; efluentes de indicadores químicos; lavandarias; efluentes de lavagem de reatores de unidades de laticínios; efluentes de unidades de despliculagem química de vegetais (tomate, etc.)	Rutura de capacidade tamponizante das águas; alterações nos sistemas ecológicos, com eventuais modificações das populações dominantes.
<b>Desinfetantes, tais como cloro e derivados, ozono, água oxigenada, formalina, fenóis, etc.</b>	Unidades de branquiamento de pasta e papel; fabrico de antibióticos; unidades de produção de gás, alcatrões, etc; unidades de produção de tintas e outros produtos químicos.	Eliminação seletiva de microrganismos; formação de sabores e odores em águas tratadas; formação de derivados tóxicos e/ou mutagénicos, etc.

### 3-Qualidade de água

<b>Grupo de poluentes</b>	<b>Origens usuais desses poluentes</b>	<b>Efeitos resultantes da sua presença na água</b>
<b>Sais de origem inorgânica, em especial cloretos, fluoretos, silicatos</b>	Unidades de metalúrgicas de produção de cimento; cerâmica; descargas e efluentes de minas e unidades de separação de metais; efluentes de poços de combustíveis fósseis.	Modificações das características da água, tais como condutividade, dureza e salinidade; formação de precipitados e suspensões coloidais; formação de colorações.
<b>Substâncias oxidantes e redutoras, tais como amoníaco, nitratos e nitritos, sulfuretos e sulfitos</b>	Unidades de produção de gás e carvão; fabrico de adubos e fertilizantes; fabrico de explosivos pigmentos, tintas e fibras têxteis; fabrico e branqueamento de pasta e papel; efluentes domésticos.	Desoxigenação das águas; possibilidade de inundação de efeitos eutrofizantes; crescimento seletivo de microrganismos; formação de odores.
<b>Substâncias esteticamente questionáveis</b>	Produção de detergentes; unidades de curtumes; unidades agro-alimentares; produção de açúcar; fabrico de lã; criação de galináceos; refinarias de petróleo; perfurações; efluentes domésticos.	Sólidos flutuantes e produtos decantáveis; espumas de eutrofização; depósitos de fundo anaeróbios; formação de odores e de espumas; mortalidade de peixes.
<b>Organismos patogénicos</b>	Efluentes de matadouros; processamento de lã; abate e processamento de galináceos e outras aves; formação de fungos em obras de tratamento de efluentes; dispersão de espumas de ETAR.	Infeções no homem e animais domésticos; doenças e pragas vegetais através de águas contaminadas.

A presença destes poluentes no meio hídrico pode dever-se de um acidente ou serem lançados intencionalmente ao meio hídrico. Estas descargas, classificam-se ainda em pontuais ou difusas, de acordo como os poluentes são introduzidos no ambiente hídrico ou processos geradores dessa descarga (Mendes & Santos, 2004).

A contaminação difusa das águas superficiais tende a adquirir uma importância crescente ao longo dos anos, já que os pontos de emissão não são possíveis de identificar ou de controlar não podendo ser efetuada uma medição pontual da carga ou do caudal envolvidos. As substâncias mais comuns que se encontram nas águas sujeitas a contaminação difusa pertencem ao grupo de fertilizantes e dos pesticidas usados na agricultura, acrescendo a matéria orgânica e as substâncias tóxicas ligadas tanto às atividades pecuárias como aos efluentes urbanos ou a determinadas atividades industriais. Por outro lado, a contaminação pontual diz respeito a descargas efetuadas no meio hídrico através de um único local identificável. A partir desse local gera-se uma pluma que se desloca e dispersa no meio hídrico. Isto significa que, as concentrações mais elevadas se encontram sempre junto da fonte de poluição. Incluem-se nesta situação as descargas de águas residuais industriais, domésticas ou urbanas, as águas de origem urbana e fugas de reservatórios de armazenamento de líquidos diversos, de instalações industriais, de explorações agrícolas e de aterros sanitários. A estas duas usuais origens de

poluição hídrica ainda se pode juntar uma terceira, a poluição acidental. Esta situação ocorre quando se verifica uma descarga de poluentes a partir de uma fonte pontual, devido a circunstâncias acidentais ou imprevistas. O impacto sobre o meio ambiente e os efeitos a nível das possibilidades do uso de água são semelhantes aos observados no caso dos episódios de poluição associados a fontes pontuais. No entanto podem produzir efeitos instantâneos ou imediatos mais dramáticos e com resultados eventualmente catastróficos (Mendes & Santos, 2004).

Um critério indispensável na previsão dos impactos na qualidade da água tem a ver com as características do poluente, mais propriamente a variação da sua concentração no meio hídrico ao longo do tempo, podendo ser diferenciados entre poluentes conservativos e não conservativos (Mendes & Santos, 2004).

Os poluentes conservativos são aqueles que apresentam concentração constante no meio ambiente ao longo do tempo. Estes apenas são condicionados pelos processos hidrodinâmicos e não são afetados pelos processos químicos e biológicos. Por outro lado, a concentração dos poluentes não conservativos poderá ser afetada por processos biológicos (pe. imobilizados por processos de absorção/adsorção em sedimentos). Estes poluentes não conservativos são aqueles cuja degradação no sistema inclui esquemas de rápida oxidação, imobilização ou decomposição, mediante processos naturais de autorregeneração, ou tratamento artificiais dos efluentes poluídos. Estes são maioritariamente substâncias facilmente biodegradáveis (Ex: Efluentes domésticos ou efluentes de indústrias e agro alimentares), as quais fornecem energia e nutrientes (Ex: Azoto e Fósforo) ao sistema (Mendes & Santos, 2004).

### **3.4 Doenças associadas à degradação da qualidade da água**

Os problemas de Saúde Pública ligados à água têm assumido, ao longo dos tempos, uma importância decisiva, sendo a poluição biológica a que constitui em muitos países (mesmo industrializados), um problema ainda grave hoje em dia. («WHO | Water and sanitation», 2015). A água constitui assim um vetor de doenças variadas, algumas das quais de grande gravidade, difundindo-se maioritariamente em países em vias de desenvolvimento, localizados sobretudo em África, na Ásia e na América Latina. Nessas zonas a qualidade dos meios hídricos é muitas vezes deficiente, devido não só à sua má qualidade, mas também à insuficiência de quantidade o que contribui para a persistência de epidemias particularmente graves. Contudo, graças à melhoria das condições sanitárias e à generalização do uso das vacinas e outros fármacos, a situação melhorou sensivelmente nas últimas décadas («WHO | Water and sanitation», 2015).

No Anexo 1, apresenta-se os vários tipos de doenças, que podem ser causadas pela fraca qualidade da água (US EPA, 2015).

Segundo Mendes & Santos (2004), as doenças ligadas à má qualidade da água são transmitidas de diferentes formas:

a) Doenças ligadas à ingestão da água: São doenças provocadas devido à ingestão direta de água contaminada, em geral, em locais onde não há sistema de abastecimento de água tratada e os grupos populacionais fazem uso de minas, poços, bicas, ou então, utilizam água mineral de fontes contaminadas. Eventualmente, acidentes no sistema de abastecimento de água tratada, ou problemas em sua manutenção podem acarretar contaminações e causar doença na população que se serve do mesmo. Estas doenças são causadas particularmente por agentes patogénicos de origem fecal, destacando-se as bactérias (coliformes, Salmonela, Shigella, Vibrio, etc.), os enterovirus, os protozoários e os vermes intestinais. Estes microrganismos quando ingeridos causam maioritariamente cólera, febre tifoide, hepatite A e doenças diarreicas agudas. É de salientar que segundo a OMS, 842 000 dos casos de doenças diarreicas agudas, estão relacionadas ao uso de água imprópria para consumo não tratada, a sistema de esgoto ausente ou inadequado ou a práticas de higiene insuficientes, especialmente em países ou áreas onde são precárias as condições de vida. Estes casos resultam em 1,5 milhão de mortes a cada ano, afetando principalmente crianças menores de 5 anos, na qual foi registado 361 000 mortes, principalmente em países de baixa renda (WHO, 2017).

b) Doenças ligadas ao contacto com a água: são doenças causadas devido ao contato da pele ou mucosas com água contaminada por esgoto humano ou por fezes ou urina de animais. Destacam-se as doenças a nível intestinal, nos olhos (tracoma), na pele (verminoses) e ainda na forma de febre tifoide e doenças semelhantes. É de salientar que neste caso as carências hídricas constituem o maior problema, devido a má qualidade dos recursos disponíveis.

c) Doenças resultantes do habitat hídrico e associadas à presença de vetores: são doenças transmitidas por vetores (cobras, mosquitos e moscas), que se desenvolvem na água tal como dengue, febre amarela, filariose, malária e algumas encefalites. Em enchentes pode haver um aumento de insetos o que potencializa o risco para essas doenças. Segundo a OMS, no mundo, mais de 1 milhão de pessoas morrem a cada ano devido às doenças veiculadas por mosquitos (Dengue) («WHO | Water-related diseases», 2017).

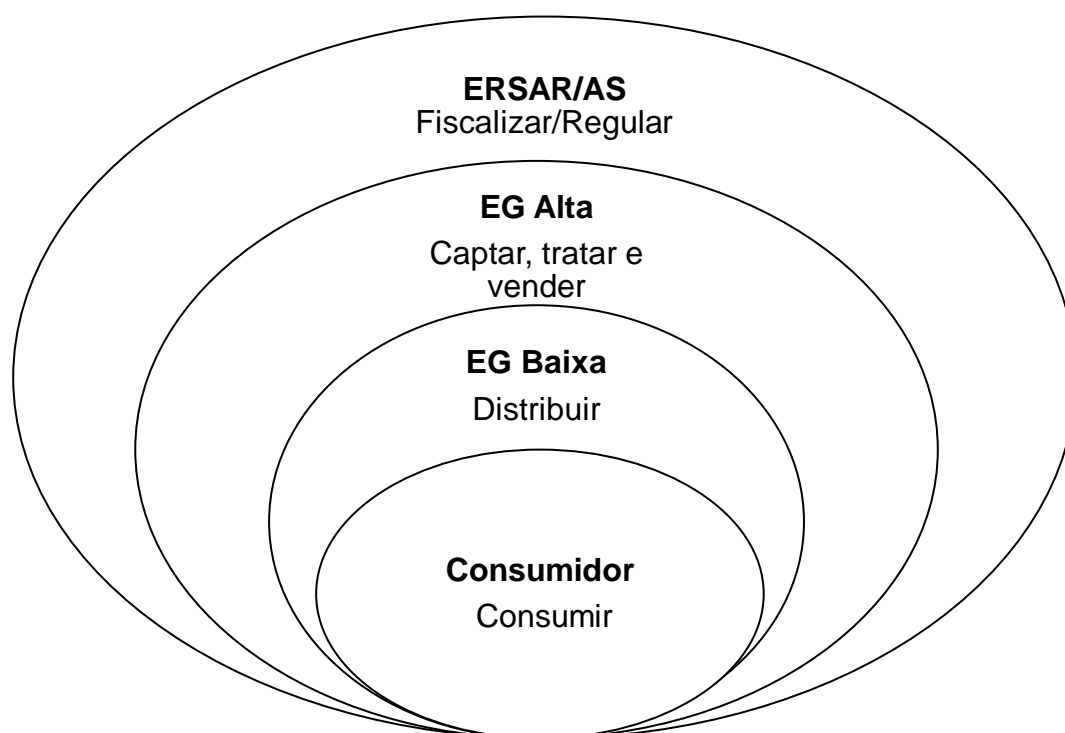
## **4. Controlo da qualidade da água na torneira do consumidor (PCQA)**

O controlo da qualidade da água para consumo humano é o conjunto de ações de avaliação da qualidade da água realizadas com carácter regular pelas EG de SAA, com vista à manutenção da sua qualidade, em conformidade com as normas estabelecidas legalmente (Simas et al., 2005). A responsabilidade máxima deste setor fica a cargo da entidade reguladora, a ERSAR em Portugal, que promove a qualidade de serviço, através da análise e disponibilidade ao público de toda a informação entregue por câmaras municipais, serviços municipalizados, empresas municipais e os sistemas concessionados multimunicipais e municipais de água de abastecimento público que são designados como as EG (David, 2015).

As EG devem disponibilizar água devidamente controlada, em qualidade e quantidade que satisfaça as necessidades básicas da população na sua área geográfica de influência. Assim, as EG devem garantir ainda que a água para consumo humano seja salubre, limpa e equilibrada, na ausência de microrganismos, parasitas ou substâncias indesejáveis potencialmente perigosas para a saúde humana. Estas EG, tal como referido no Capítulo 2, dividem-se em sistemas na vertente em alta e em baixa. A EG de sistema de abastecimento público em alta, segundo a definição existente no artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de agosto, é a entidade responsável por um sistema destinado, no todo ou em parte, à captação, à elevação, ao tratamento, ao armazenamento e à adução de água para consumo público. O abastecimento em alta está associado a EG que só gerem esta parte do sistema (normalmente sistemas multimunicipais ou intermunicipais) ou a EG responsáveis também pela distribuição. Por outro lado, a EG de SAA em Baixa é definido no referido Decreto-Lei, como sendo a entidade responsável por um sistema destinado, no todo ou em parte, ao armazenamento, à elevação e à distribuição de água para consumo público aos sistemas prediais, aos quais liga através de ramais de ligação. O abastecimento de água em baixa está associado à componente do sistema

correspondente à distribuição até à torneira do consumidor, abrangendo também os reservatórios usados na distribuição. É de salientar que este tipo de abastecimento pode ser garantido por EG somente responsáveis por esta componente do sistema, ou pelas que são também responsáveis pela produção (desde a origem até aos pontos de entrega), ou seja pelo abastecimento em alta.

Neste contexto importa ainda referir que a AS apresenta um papel importante no controlo da qualidade da água para consumo humano, uma vez que garante que a saúde da população não é afetada e que o consumidor poderá usar a água para diversos fins, sabendo à partida que esta é segura, observável na Figura 17-4 (David, 2015)

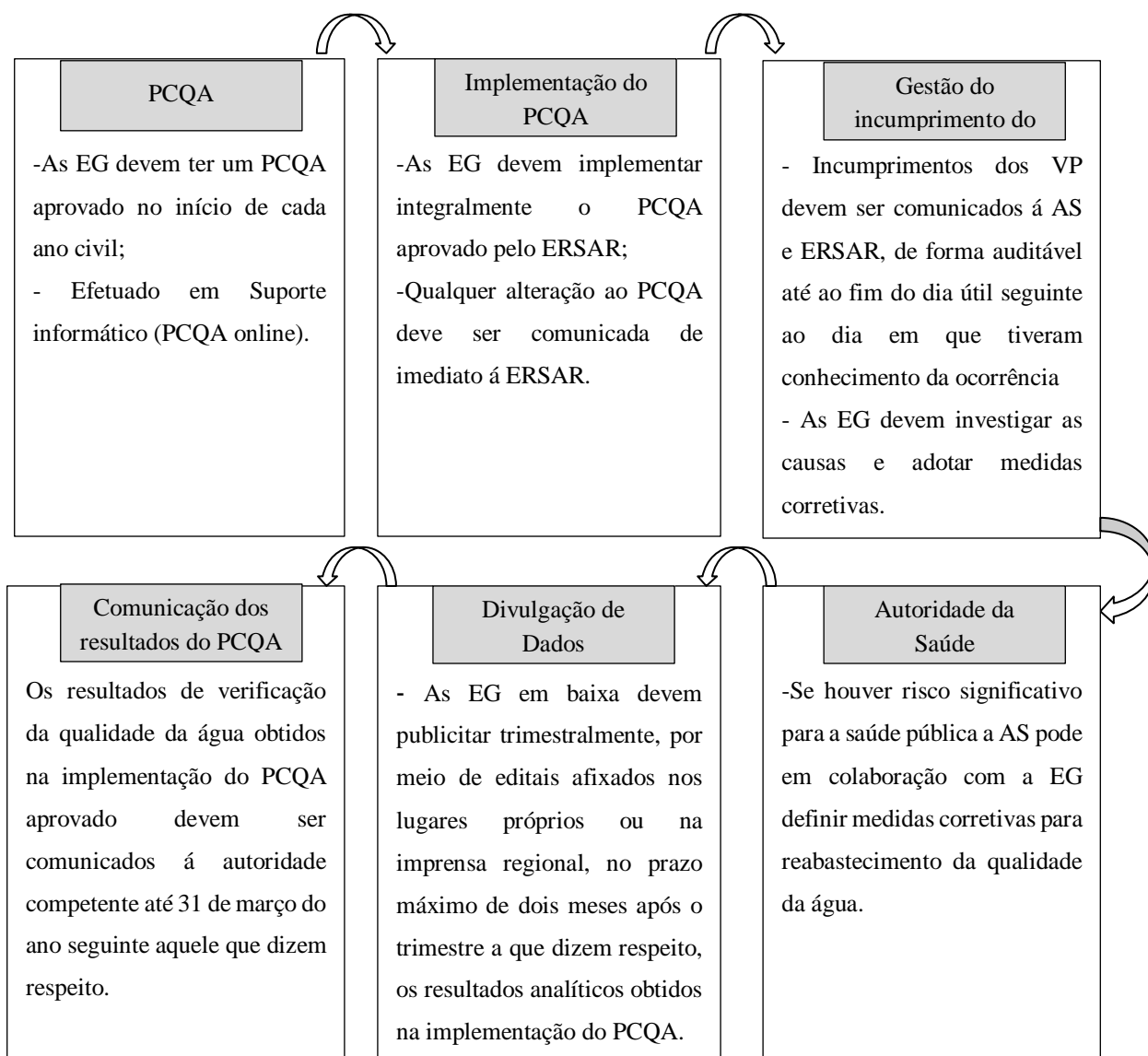


Fonte: adaptado de David (2015).

Figura 17-4: Esquema da relação entre os vários intervenientes num sistema de abastecimento de água.

Este controlo analítico está definido na legislação nacional em vigor pelo Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto, por transposição da diretiva europeia relativa à qualidade da água para consumo humano, para cumprimento dos valores paramétricos pelas EG de SAA, através da execução do PCQA e da demonstração anual dos resultados analíticos, de modo a evidenciar a qualidade da água destinada ao consumo humano.

Na Figura 18-4 estão representadas esquematicamente as principais atividades das EG no cumprimento da legislação em vigor. Dado que não é possível esquematizar todas as atividades relacionadas com cada uma das fases no presente relatório optou-se por detalhar cada uma delas individualmente nos subcapítulos seguintes.



Fonte: ao abrigo do Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto.

Figura 18-4: Resumo das obrigações das EG.

## 4.1 PCQA e a sua implementação.

A elaboração e implementação do PCQA têm como objetivo fundamental verificar o nível de qualidade da água para consumo humano em toda a extensão do sistema de abastecimento e detetar atempadamente possíveis anomalias, ocasionais ou de carácter sistemático, de modo a permitir que sejam postas em prática medidas preventivas eficazes (Simas et al., 2005).

O PCQA deve ser elaborado nos termos definidos no Anexo III do Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto, e submetido à aprovação por parte da autoridade competente (ERSAR), no caso das entidades gestoras em alta, até 15 de setembro do ano anterior a que o mesmo diz respeito e no caso das entidades gestoras em baixa, até 30 de setembro. Esta mesma legislação determina ainda os parâmetros a analisar e a sua frequência consoante a população e o volume tratado, observável no Quadro 11-4.

Os parâmetros a analisar dividem-se em microbiológicos, químicos e indicadores e agrupam-se em controlos de rotina e controlos de inspeção. Os controlos de rotina têm como objetivo fornecer regularmente informações sobre a qualidade organolética e microbiológica da água destinada ao consumo humano, bem como a eficiência dos tratamentos existentes, especialmente a desinfeção. De acordo com os parâmetros a analisar, dividem-se em controlos de rotina 1 e 2. O controlo de inspeção tem como objetivo obter as informações necessárias para verificar o cumprimento dos valores paramétricos definidos na legislação, estando incluídos neste controlo todos os parâmetros analíticos legislados. Ainda neste contexto importa referir que o diagnóstico do uso e ocupação do solo na bacia de captação é uma ferramenta essencial para a identificação dos parâmetros a serem privilegiados num PCQA. Por exemplo, onde existem atividades agrícolas intensas torna-se essencial a análise de parâmetros tóxicos de origem agrícola (p.e., Nitratos) (Mendes & Santos, 2004).

Quadro 11-4: Frequência mínima de amostragem e de análise da água destinada para consumo humano, fornecida por uma rede de distribuição, por fontanários, por um camião-cisterna ou fornecida para uma empresa da indústria alimentar.

Fonte: Quadro B1 do Anexo II do Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto.

Tipo de controlo	Parâmetro	Volume de água fornecida na zona de abastecimento (m <sup>3</sup> /dia)	Nº de amostras por ano
Controlo de rotina 1	Esherchia coli (E. coli) Bactérias coliformes Desinfetante residual	<100	6
		≥100	12/5000 hab.

4-Controlo da qualidade da água na toneira do consumidor

Tipo de controlo	Parâmetro	Volume de água fornecida na zona de abastecimento (m <sup>3</sup> /dia)	Nº de amostras por ano
Controlo de rotina 2	Alumínio Amónio Numero de colónias a 22°C Numero de colonias a 23°C Condutividade Clostridium prefingers, incluindo esporos	<100	2
	Cor pH Ferro Manganês Nitratos Nitritos Oxidabilidade		
	Cheiro Sabor Turvação	>1000	4+3 1000 m <sup>3</sup> /dia por dia + 3 por fração remanescente total
Controlo de inspeção	Antimónio Arsénio Benzeno Benzo(a)pireno Boro	≤1000	1
	Bromatos Cádmio Cálcio Chumbo Cianetos Cobre Crómio		
	1,2 Dicloroetano Dureza total Enterecocos Fluretos Magnésios Mercúrio Níquel HAP	>10000 e ≤100000	3+1 por cada 1000 m <sup>3</sup> /dia +1 por fração remanescente total

#### 4-Controlo da qualidade da água na toneira do consumidor

Tipo de controlo	Parâmetro	Volume de água fornecida na zona de abastecimento (m <sup>3</sup> /dia)	Nº de amostras por ano
	Pesticidas individuais Pesticidas total Selénio Cloretos Tetracloroeteo e tictloroeteno Trialometanos Sódio COT Sulfatos Cloreto de vinilo Epicloroedrino Acrilamida	>100000	10+1 por cada 25000 m <sup>3</sup> /dia e fração remanescente do volume total

Com esta informação a EG efetua a programação das amostragens no tempo e a localização dos pontos de amostragens. A localização dos pontos de amostragem é de extrema importância, uma vez que as análises são realizadas na toneira do consumidor, na qual podem surgir problemas durante as colheitas. Para tal, devem ser realizadas na sua maioria em instituições públicas, como associações, escolas, estabelecimentos comerciais da área de restauração, entre outros. Assim, a escolha destes locais facilita a implementação do plano uma vez que estão abertas ao público no período diário podendo a EG deslocar-se para lá a qualquer momento (Medina, 2015). É de referir que na elaboração do PCQA, além da localização, deve-se também ter em conta outros fatores tais como, a estrutura da rede, quais as zonas críticas da mesma e as suas problemáticas na qualidade da água. Algumas dessas zonas críticas estão descritas no Quadro 12-4, bem como as problemáticas associadas (Medina, 2015).

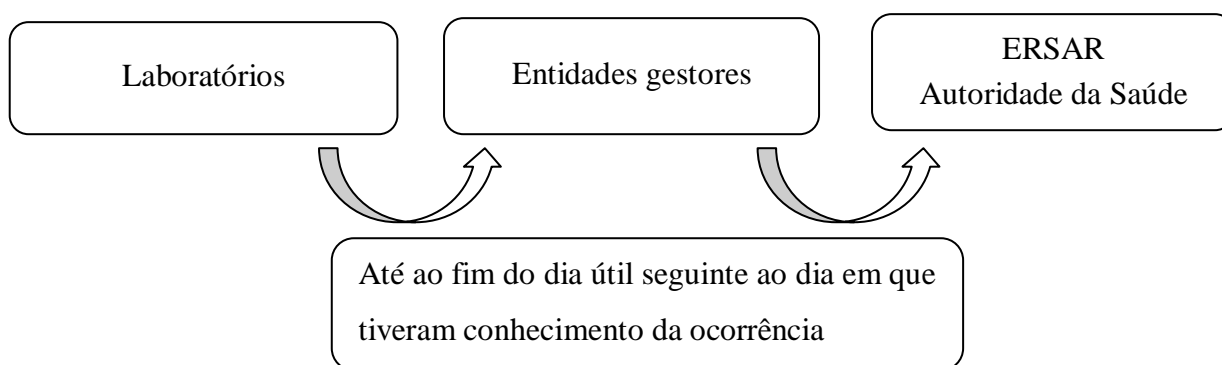
Quadro 12-4: Pontos Críticos na rede e sua problemática no controlo da qualidade da água.

Fonte: adaptado de Medina (2015).

Pontos Críticos	Problemáticas
<b>Zonas de baixos consumos</b>	Água permanece estagnada favorecendo o desenvolvimento microbiano e formação de biofilmes
<b>Zonas de fins de linhas</b>	Água permanece estagnada favorecendo o desenvolvimento microbiano e acumulação de sedimentos
<b>Zonas com condutas antigas</b>	O estado da rede de distribuição degrada favorece ao desenvolvimento microbiológico e a deposição de substâncias químicas, podendo levar a ocorrência de turvação e problemas organoléticos.

## 4.2 Gestão de incumprimentos e Autoridade de saúde

Segundo o artigo 18º do Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto, a comunicação de incumprimentos aos valores paramétricos estabelecidos nas partes I, II e III do anexo I do presente decreto-lei, devem ser comunicadas de forma auditável e até ao fim do dia útil seguinte aquele que tiveram conhecimento da sua ocorrência, pelos laboratórios de análises encarregues ao controlo da qualidade da água às entidades gestora, as quais devem por sua vez, comunicá-las à autoridade de saúde e a autoridade competente (ERSAR) até ao fim do dia do dia útil seguinte aquele que tiveram conhecimento (Fig.19-4) (Monteiro, 2010).



Fonte: adaptado de Monteiro (2010).

Figura 19-4: Comunicação de incumprimentos.

Após se ter tido conhecimento da ocorrência do incumprimento, deve existir uma investigação imediata das possíveis causas e adotar as medidas corretivas necessárias para restabelecer a qualidade da água, de acordo com o desvio relativamente ao valor paramétrico e o perigo potencial para a saúde humana (Art.19º).

Logicamente que os incumprimentos em diferentes parâmetros são avaliados de diferente forma e, mesmo para parâmetros iguais, podem ser adotados procedimentos diferentes que são determinados em função de fatores tais como historial da água, característica do sistema de abastecimento, entre outros. Assim, caso se detete incumprimentos nos valores paramétricos das partes I e II do anexo I (parâmetros microbiológicos e químicos respetivamente), as entidades gestoras devem investigar imediatamente a sua causa e adotar as medidas necessárias para restabelecer a qualidade da água destinada ao consumo humano, tendo em especial atenção o desvio em relação ao valor paramétrico fixado e o perigo potencial para a saúde humana.

No caso de incumprimento dos valores paramétricos da parte III do anexo I (parâmetros indicadores), a autoridade de saúde deve, no prazo máximo de 5 dias uteis contados após a sua tomada de conhecimento, pronunciar-se junto das entidades gestoras sobre a existência de um risco significativo para a saúde humana, dando conhecimento à autoridade competente (ERSAR). Ainda neste contexto caso exista risco significativo para a saúde humana, a AS deve, em colaboração com a EG, definir as medidas corretivas a adotar por esta para o restabelecimento da qualidade de água e das eventuais restrições ao seu uso, dando delas

conhecimento à autoridade competente e aos consumidores. Caso não exista risco significativo para a saúde humana, a autoridade competente (ERSAR) pode no prazo de 30 dias e em colaboração com a entidade gestora, determinar a implementação de medidas corretivas para cumprimento dos valores paramétricos (Art.19º).

Nas situações em que, apesar das medidas corretivas adotadas, persista o incumprimento dos valores paramétricos, a autoridade competente pode em colaboração com as entidades gestoras, investigarem as respetivas causas e caso a autoridade de saúde entenda que possa estar em causa a saúde humana, esta pode adotar medidas excepcionais, incluindo mesmo a restrição ou proibição do abastecimento, devendo informar imediatamente os consumidores. Na ocorrência do anterior descrito, se a situação ultrapassar vinte e quatro horas, as entidades gestoras devem providenciar uma alternativa de água para consumo humano para os respetivos consumidores (Art.20º).

### **4.3 Divulgação dos dados de qualidade de água**

Relativamente à divulgação de dados relativos à qualidade da água, estas encontram-se descritos no art.17º do Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto, na qual se destaca a obrigatoriedade das EG em baixa publicitar trimestralmente, por meio de editais afixados nos lugares próprios ou na imprensa regional, no prazo máximo de dois meses após o trimestre a que dizem respeito, os resultados analíticos obtidos na implementação do PCQA, sem prejuízo da divulgação adicional por outros formatos, designadamente nos seus sítios na internet, por correio ou nos boletins municipais. Por outro lado, as EG em alta devem fazer prova, trimestralmente, junto das EG em baixa dos resultados analíticos obtidos na implementação do PCQA, por ponto de entrega, no prazo máximo de dois meses após o trimestre a que dizem respeito.

É de salientar que as EG de sistemas de abastecimento particular, devem igualmente publicitar trimestralmente nas suas instalações os resultados obtidos e enviá-los à respetiva autoridade de saúde.

Na divulgação trimestral dos resultados deve constar a seguinte informação por parâmetro:

- a) O número de análises previstas no PCQA;
- b) Percentagem de análises realizadas;
- c) VP's;
- d) Valores máximos e mínimos obtidos;
- e) Percentagem de análises que cumprem a legislação;
- f) Informação complementar relativa às causas dos incumprimentos e às medidas corretivas implementadas.

#### **4.4 Comunicação de resultados**

Segundo o art. 15º do Decreto-Lei n.º306/2007, de 27 de agosto, os resultados da verificação da qualidade da água para consumo humano obtidos na implementação do PCQA aprovado devem ser comunicados pelas EG à autoridade até 31 de março do ano seguinte àquele a que dizem respeito, no formato por este definido. Esta comunicação deve ser feita através do portal da ERSAR na qual se carrega um ficheiro *EXCEL*, o qual deve conter os pontos de amostragem, data de amostragem e parâmetros incluídos no PCQA.



## **Parte 2-Caso de estudio**



## 5. Caso de Estudo

O estágio curricular, com duração de cerca de 6 meses, foi realizado como foi referido anteriormente na ETA de Nesprido/Fagilde (Fig. 20-5). Esta localiza-se nas margens do Rio Dão e tem como EG o SMAV.

O complexo das Estações de Tratamento de Água de Fagilde, iniciou o seu funcionamento no ano de 1980, sendo dimensionada para tratar o caudal de  $450\text{m}^3/\text{h}$ , correspondente a uma produção líquida de  $10\,800\text{m}^3/\text{dia}$ , numa base de funcionamento de 24h/dia. Mais tarde, em 1997, o sistema foi ampliado estando assim a operar a 100%. Com esta ampliação a ETA duplicou a sua capacidade de tratamento ( $21600\text{m}^3/\text{dia}$ ), sendo que 70% da água tratada destina-se em baixa a Viseu, fornecendo ainda em alta os concelhos de Mangualde, Nelas e, parte, de Penalva do Castelo. Para aferição da qualidade da água nestes diversos concelhos são implementados anualmente os PCQA das zonas de abastecimento de Fagilde no respetivos municípios, nos termos do Decreto-Lei n.º 306/2077, de 27 de agosto.



Figura 20-5: ETA de Fagilde

## 5.1 Tratamento usado na ETA de Nesprido/Fagilde

Seguidamente far-se-á uma descrição sintética do processo de tratamento desde a captação na Albufeira de Fagilde, tratamento na respetiva ETA e seu transporte até aos diversos reservatórios. Na Figura 21-5 está representado um esquema resumido do tratamento implantado.

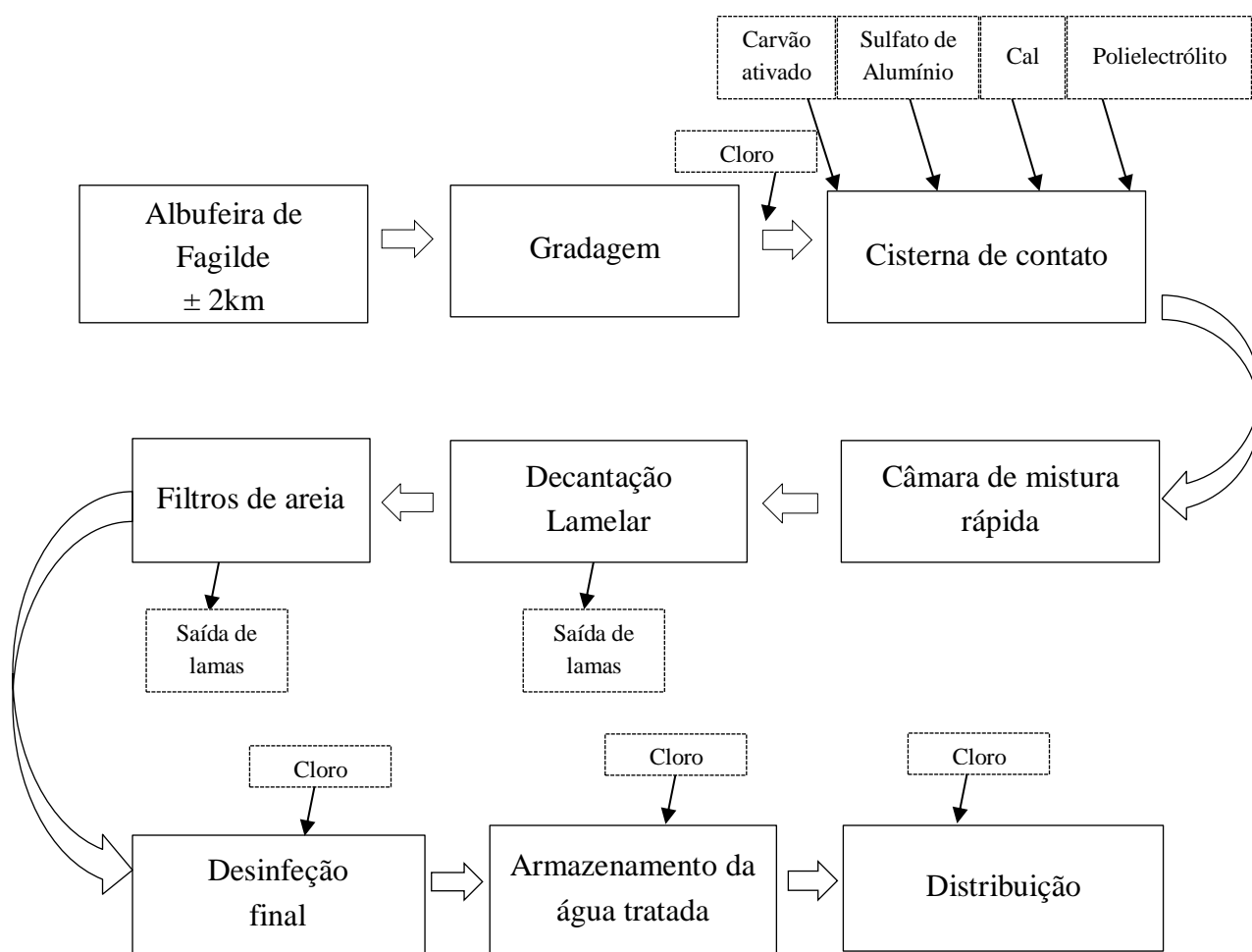


Figura 21-5: Fluxograma do funcionamento da ETA de Nesprido/Fagilde.

### 5.1.1 Captação

O processo inicia-se pela captação da água na albufeira da Barragem de Fagilde. A Barragem de Fagilde situa-se no distrito de Viseu, no concelho de Mangualde. Esta entrou em funcionamento em 1984 e é alimentada pelo curso de água do rio Dão, designada por Albufeira de Fagilde.

No Quadro 13-5, encontram-se descritas algumas das características da captação na Albufeira de Fagilde.

Quadro 13-5:Caraterísticas da captação na Albufeira de Fagilde.

Componente	Albufeira de Fagilde	Referência bibliográfica
Geologia e hidrologia	A Barragem de Fagilde situa-se no distrito de Viseu, no concelho de Mangualde. Entrou em funcionamento em 1984 e é alimentada pelo curso de água do rio Dão. Esta Pertence à bacia hidrográfica principal do Mondego e possui uma bacia hidrográfica própria de 427,5km <sup>2</sup> , com uma precipitação média anual de 1185mm.	(SNIRH, sem data) («Clima:Viseu», 2017)
	A Albufeira encontra-se numa área granítica, de granito biotítico-moscovítico porfiroide de grão muito grosseiro, o designado granito de Farminhão e S. João de Lourosa, na proximidade do granito biotítico-moscovítico porfiroide de grão médio, o denominado granito de Nesperide.	(Carta Geológica de Portugal, folha 17-A de Viseu)
Meteorologia e Clima	<p>O clima é considerado quente a temperado (Mesotérmico), com o verão e inverno bem definidos e em que a estação de seca ocorre no verão.</p> <p>A temperatura média anual em Viseu é 13,7°C.</p> <p>As temperaturas médias têm uma variação de 14,2°C durante o ano. agosto é o mês mais quente do ano com uma temperatura média de 21,2°C e janeiro é o mês com a temperatura média mais baixa, na ordem dos 7°C.</p> <p>Em termos de precipitação Julho é o mês mais seco com 12mm e janeiro é o mês com maior precipitação, apresentando uma média de 176mm.</p>	(PDM, 2013) («Clima:Viseu», 2017)
Tipo de Massa Hídrica	Água de origem superficial onde o tipo de massa é a Albufeira Fagilde.	
Usos da Água	Abastecimento, rega e praia fluvial	

## 5-Caso de estudo

Usos do Solo	<p>Espaço florestal de Conservação</p> <p>Espaço Agrícola de produção</p> <p>Espaço residencial</p>	(PDM,2013)
Características físicas	<p><b>1) <u>Características da Albufeira:</u></b> tem um Nível de Pleno Armazenamento (NPA) de 310m, um nível de máxima cheia de 311,6m e um nível mínimo de exploração de 300m. Estas têm uma área inundada ao NPA de 8ha, com uma capacidade total de 2800000m<sup>3</sup>.</p> <p><b>2) <u>Características da Barragem:</u></b> tem uma altura de 27m acima da fundação e de 18,5m acima do terreno natural, a cota do coroamento é de 312,3m, o comprimento de coroamento de 2m e a largura do mesmo de 2m.</p> <p>A barragem possui um descarregador sobre a margem, este é do tipo fundo e descarrega um caudal máximo de 515m<sup>3</sup>/s.</p>	(SNIRH, sem data)
Constituintes da Água	No verão apresenta níveis tróficos elevados, existindo <i>blooms</i> de cianobactérias. Há também a afluência de descarga de águas residuais não tratadas – p.e., queijarias - ou ETAR em mau funcionamento.	(C. R. de Carvalho & Cardoso, 2004)
Atividades recreativas e outras atividades humanas	<p>Existe uma zona de navegação recreativa destinada à navegação a remo (canoas e outras embarcações), a pedais (gaivotas), à vela e com motor elétrico.</p> <p>Existência de uma “praia fluvial” não licenciada associada a uma bar sobre a Albufeira.</p>	(Observação no local)
Captação e Transporte de água	<p>A captação da água é feita por uma jangada, a uma profundidade de 3m na albufeira e utiliza-se devido à possibilidade de movimentação para captar.</p> <p>Depois de ser captada, a água é conduzida para a ETA por um canal fechado em aço com cerca de 2km.</p>	(Águas de Viseu)

Resta ainda salientar que, segundo APA (2017b), a Albufeira de Fagilde encontra-se classificada como “albufeira de águas públicas protegida”. Segundo o Decreto-Lei n.º107/2009, de 15 maio, albufeiras de utilização protegida são aquelas que se destinam a abastecimento público ou se prevê que venham a ser utilizadas para esse fim e aquelas onde a conservação dos valores naturais determina a sua sujeição a um regime de proteção mais elevado.

### 5.1.2 Gradagem

A água a tratar é encaminhada até perto da entrada da estação através de um canal fechado, tendo na sua parte terminal uma grelha curva mecânica em chapa perfurada. Esta grelha, em automático, funciona de forma temporizada, tendo como principal objetivo a remoção dos sólidos de maior volume ( p.e., ramos de árvores, galhos, paus, vegetação, peixes, e outra vida animal ) presentes na água, para depois ser conduzida à ETA, mais propriamente para a cisterna de contato.

### 5.1.3 Pré-cloragem

Seguidamente inicia-se o processo químico. Em primeiro lugar é realizada uma pré-cloragem da água bruta, sendo esta realizada ainda nas canalizações, com o intuito de oxidar os metais nela presente, principalmente ferro e manganês como também numa ótica de desinfecção bacteriológica.

A dosagem de cloro para a pré cloragem é realizada através de dois clorómetros de regulação automática de dosagem proporcional ao teor de cloro residual medido na cisterna de contato. Esta medição será realizada por uma sonda de cloro instalada na sala de clorómetros, sendo posteriormente indicado o valor no monitor da sala de controlo, existindo ainda um alarme luminoso caso o cloro residual se encontre acima de 0,4ppm.

### 5.1.4 Cisterna de contato

Seguidamente, já na cisterna de contacto é adicionado “leite de cal” para controlo do pH da água, uma vez que a reatividade do cloro diminui com o aumento do pH. De modo a assegurar a coagulação/floculação é adicionado sulfato de alumínio. Este produto químico serve de coagulante. A carga positiva do  $Al^{3+}$  neutraliza as cargas negativas das partículas dissolvidas ou em suspensão na água. Quando esta reação ocorre as partículas começam a agregar-se (processo designado por floculação). Desta forma as partículas aumentam de tamanho, ficando mais densas, sedimentando melhor posteriormente.

Na mesma zona ainda é adicionado uma suspensão de carvão ativado, para reduzir a cor, sabor e cheiro,- e também é adicionado um polímero polielectrólito catiónico (floculante) para aumentar o tamanho dos flocos de modo a que estes sejam mais facilmente sedimentados.

Assim, para assegurar uma melhor mistura dos reagentes injetados, a água será conduzida a um tanque de mistura rápida sendo posteriormente distribuída por decantadores lamelares.

### 5.1.5 Decantação

A água após passar pelas câmaras de mistura rápida é distribuída por 4 decantadores do tipo *Pulsator Lamelar*, funcionando estes com cargas hidráulicas entre 4 a 8m<sup>3</sup>/h.

O princípio de funcionamento dos decantadores *Pulsator Lamelar*, consiste na ascensão da água de forma regular e uniforme através das lamelas formadas pela floculação, as quais constituem o “leito filtrante”, saindo clarificada na parte superior do decantador, passando através dos módulos lamelares. Os módulos lamelares são hexagonais e colocados paralelamente entre si com uma inclinação de cerca de 60° sobre a horizontal, encontrando-se assim perpendicular aos concentradores. Assim, os módulos vão permitir manter uma elevada concentração de lamelas na parte inferior do aparelho, mantendo assim uma velocidade de decantação elevada e sem fuga de flóculos para a fase seguinte, a filtração.

A descarga das lamelas em excesso retida nos concentradores dos decantadores é feita diretamente para o rio Dão, sem qualquer tratamento de lamelas.

### 5.1.6 Filtração por filtros de areia

Segue-se o processo da filtração rápida, numa unidade filtrante *Aquazur*, constituída essencialmente por uma cuba retangular executada em betão, comportando um fundo falso, no qual se encontram enroscados numerosos ralos calibrados de passagem, ou *buselures* contruídos em plástico e promovidos de finas ranhuras, sobre os quais se encontra o leito filtrante.

O leito filtrante é constituído por areia de quartzo de granulometria rigorosamente calibrada e homogénea, a qual tem a função de remover a turbidez melhorando a cor e o sabor da água.

A água bruta atravessa o filtro, saindo através de uma tubagem localizada sob o fundo falso, que igualmente reúne o troço de chegada de água de lavagem e o órgão de regulação do caudal filtrado (sifão). A parte superior do sifão está ligada à caixa de parcialização por uma tubagem. A caixa de parcialização é o órgão que vai introduzir o ar no topo do sifão para lhe regular o caudal de água. Esta caixa comporta um clapet ligado a uma mola, a qual por sua vez está ligada a um boiador. A débito constante o boiador encontra-se imóvel uma vez que o nível de água no filtro é constante. À medida que o filtro começa a colmatar, vai começar a diminuir o caudal de água filtrada e vai aumentar a altura do nível de água no filtro. Como consequência deste fato irá diminuir o caudal de ar que entra no topo do sifão (através da atuação da mola da caixa de parcialização), aumentando assim o poder de sucção no sifão.

Quando o filtro está completamente colmatado não irá penetrar mais ar no topo do sifão. Nessa altura se não se proceder à lavagem do filtro irá diminuir fortemente o caudal da água filtrada.

As operações de funcionamento e de lavagem dos filtros, podem ser realizadas em automático ou em manual.

A lavagem dos filtros inicia-se por uma etapa de abaixamento de nível até ao nível de lavagem e depois pela fase de esvaziamento total até ao nível da caleira de saída. Depois é feita a lavagem do filtro com ar e água, através das etapas: injeção de ar; injeção de ar e água, que permite que exista um fluxo de água a entrar pelas caleiras, constituindo assim uma corrente de varrimento horizontal superficial que vai arrastar as lamas que vem a superfície em direção à caleira de saída; é feita uma purga de ar e por fim uma lavagem final. Depois de todas estas etapas devidamente realizadas é feito o enchimento do filtro. Os tempos de cada etapa podem ser alterados, sendo o objetivo final que a água da lavagem seja límpida.

### **5.1.7 Desinfecção Final**

Nesta fase a água já está limpa. Então, é-lhe adicionado cloro, que elimina os germes nocivos à saúde, garantindo também a qualidade da água nas redes de distribuição e nos reservatórios domiciliares.

Nesta fase é ainda adicionado cal para corrigir o pH, esta correção é necessária para se evitar possíveis corrosões das tubagens durante a distribuição da água.

### **5.1.8 Armazenamento da água tratada**

Seguidamente a água é armazenada em reservatórios, tendo como principais finalidades:

- ✓ Manter a regularidade do abastecimento, mesmo quando é necessário paralisar a produção para manutenção em qualquer uma das unidades do sistema;
- ✓ Atender às necessidades extraordinárias, como as que ocorrem nos períodos de calor intenso ou quando durante o dia se use muita água ao mesmo tempo (na hora do almoço, por exemplo).

Quanto à sua posição em relação ao solo, os reservatórios são classificados em subterrâneos (enterrados ou semi-enterrados), apoiados ou elevados, no caso da ZA de Fagilde os reservatórios são maioritariamente apoiados.

### **5.1.9 Redes de distribuição**

Para chegar aos consumidores, a água passa por vários canos enterrados sob a pavimentação das ruas da cidade. Essas canalizações são chamadas redes de distribuição e na ZA de Fagilde encontram-se maioritariamente na forma de malhadas.

Para que uma rede de distribuição possa funcionar perfeitamente é necessário haver pressão satisfatória em todos os seus pontos. Onde existe menor pressão, instalam-se bombas, cujo

objetivo é bombear a água para locais mais altos e nos trechos de redes com pressão em excesso são instaladas válvulas redutoras.

É necessário também que haja cloro suficiente na rede, de modo a evitar a proliferação de organismos patogénicos, para isso injeta-se cloro ao longo da rede de modo a manter a qualidade da água fornecida, com cloro entre os 0,2mg/L e os 0,6mg/L.

## 5.2 Exploração da ETA de Fagilde

Para o ótimo funcionamento da ETA de Fagilde, para além do correto dimensionamento e projeto de execução é essencial uma exploração dedicada e cuidada de todas as etapas de tratamento. O esquema seguinte resume de uma forma geral os processos envolvidos na exploração da ETA de Nesprido/Fagilde (*vide* Fig.22-5).

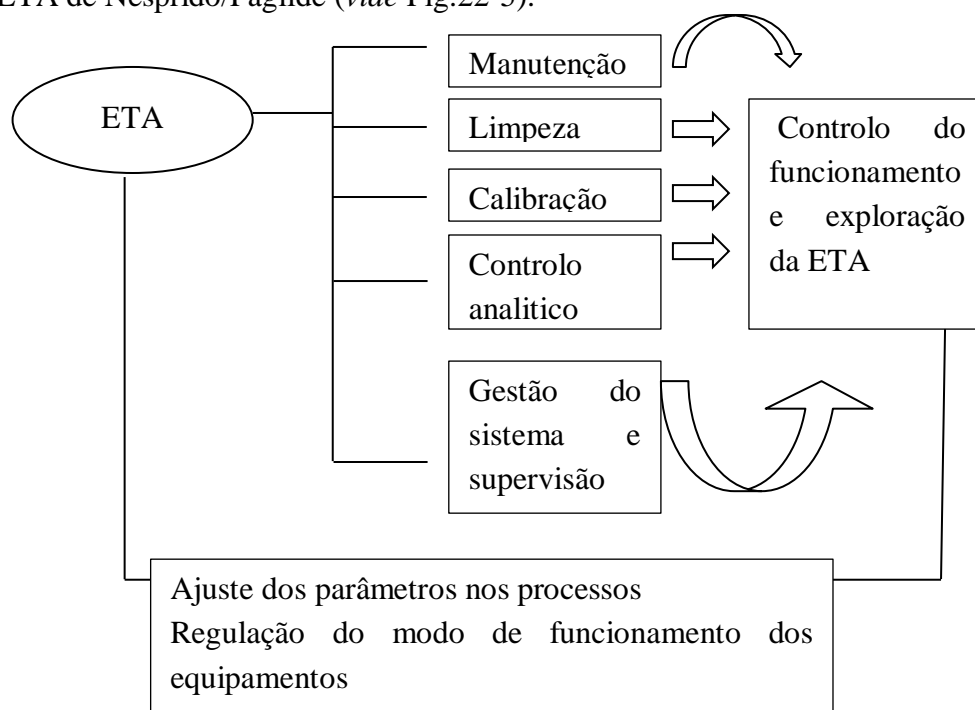


Figura 22-5: Processos envolvidos na exploração da ETA de Fagilde.

### 5.2.1 Princípios Gerais de Funcionamento

A ETA está preparada para funcionar em regime automático, possuindo informação centralizada na sala de comando, no software utilizado pela mesma, o qual nos dá informação sobre o estado dos diversos equipamentos, dos valores dos principais parâmetros, da quantidade dos principais reagentes e dos principais alarmes. Estes alarmes são dados por um ruído sonoro e um sinal luminoso de cor vermelha.

A seleção das máquinas ou instalações em serviço diretamente ligadas ao processo é feita a partir do software, existindo ainda a possibilidade de selecionar se o seu funcionamento será manual, automático ou semiautomático.

O arranque e paragem gerais da ETA e da Captação são executados, a partir da sala de comando. A ordem de arranque geral permite o funcionamento automático de todas as instalações que para tal estiverem selecionadas e coloca em marcha as máquinas de funcionamento permanente. Existe igualmente a possibilidade de efetuar a paragem de emergência parcial ou total das instalações. Os comandos manuais e de emergência das máquinas ou instalações localizam-se junto das mesmas.

Como regra geral uma ETA deve funcionar com um caudal constante ou seja em regime permanente. As variações do caudal a tratar devem ser efetuadas com o maior espaçamento no tempo possível. Assim, o funcionamento da ETA de Nesprido/Fagilde é em regime contínuo, durante 24 horas, o que permite uma maior estabilização do processo.

Os reservatórios de água tratada localizados no Viso e sobretudo os reservatórios de distribuição deverão permitir encaixar as variações no consumo sem que seja necessário efetuar ajustes bruscos na produção.

### 5.2.2 Controlo analítico

O controlo analítico do processo de tratamento na ETA de Nesprido/Fagilde é feito de duas formas, sendo elas o automático ou o manual.

O controlo automático é uma análise contínua e é feita através de vários analisadores instalados em vários pontos da ETA. No Quadro 14-5 estão descritos a localização e o tipo de analisadores instalados no processo de tratamento.

Quadro 14-5:Analisadores de Qualidade de Água instalados no processo de tratamento.

Fases de tratamento	Analisadores
Água bruta	pH Turvação Condutividade Temperatura
Pré-oxidação	Cloro residual
Câmara de mistura rápida	pH Temperatura
Decantadores	pH Cloro Temperatura
Água tratada	pH Cloro residual Temperatura
Reservatório de Água tratada	Cloro residual pH Temperatura

Os valores medidos por estes aparelhos para além de ter indicação no local são ainda indicados na sala de controlo através de gráficos de registo.

Em modo automático o doseamento de alguns reagentes, como a cal, sulfato de alumínio e o cloro é efetuado de acordo com os valores medidos nos analisadores de pH e Cloro, respetivamente. Os restantes analisadores são importantes para um constante controlo do processo. É de extrema importância para o correto funcionamento da ETA que estes medidores sejam calibrados periodicamente.

O controlo automatizado da ETA não dispensará, de modo algum, de um controlo manual da qualidade da água bruta e tratada, através da realização do maior número de análises representativas. Assim, o controlo manual é realizado por um técnico com base em análises laboratoriais. O técnico recolhe semanalmente amostras de água bruta, água decantada, água filtrada e água tratada, para serem analisadas no laboratório da ETA de Fagilde. Os parâmetros analisados por cada fase de tratamento estão descritos no Quadro 15-5.

Quadro 15-5: Análises realizadas manualmente nas diferentes fases de tratamento.

Etapa de tratamento	Parâmetro analisado
Água Bruta	pH Turvação Ferro Manganês Condutividade Amónia CQO
Água decantada	pH Cloro Turvação Alumínio
Água filtrada	pH Cloro Turvação Alumínio
Água tratada	pH Cloro Turvação Alumínio Amónia
Reservatórios do Viso	pH Cloro Turvação Alumínio Amónia

Resta ainda salientar que existem ainda alguns parâmetros que a periodicidade de análise difere de acordo com as estações do ano, tal como a análise na água bruta das cianobactérias, o fósforo total e a clorofila A, na qual uma entidade externa realiza um controlo mais intensivo na época de Verão.

Por fim, resta ainda salientar que, durante a implementação do PCQA, são ainda definidos, segundo o Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto, os pesticidas cuja presença seja provável numa determinada zona de abastecimento, tendo em conta a localização das suas origens de água. A Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR) fixa até 31 de Julho de cada ano os pesticidas a controlar pelas EG no ano seguinte.

## **6. Metodologia**

Relativamente à caracterização da qualidade da captação de água bruta na Albufeira da Barragem de Fagilde, foram avaliados alguns parâmetros através da realização de uma amostragem de água bruta. Posteriormente, foram recolhidos dados necessários à caracterização da água na torneira do consumidor, através da interpretação dos PCQA.

Neste trabalho não foi possível caracterizar a qualidade do tratamento realizado na ETA, uma vez que esses dados não foram facultados.

### **6.1 Amostragens**

#### **6.1.1 Amostragem da água captada**

Entende-se por amostragem de água, a recolha de uma porção de água de um meio (rio, lago, rede de distribuição, água residual efluente de uma ETAR, etc.), de volume suficiente para as análises a efetuar (Antunes, 2013). Esta deve ser preservada, conservada e transportada convenientemente até ao laboratório e aí tratada e armazenada, enquanto representa com rigor a água amostrada, pois só o simples facto de remover uma amostra do seu local de origem e colocá-la em contato com as paredes de recipientes, sujeitando-a a um novo ambiente físico, pode ser suficiente para romper o equilíbrio natural e conferir mudanças na sua composição. Assim, para que haja um adequado e eficiente programa de monitorização da qualidade de uma água, a colheita das amostras é um passo que requer vários cuidados, dos quais se salienta o planeamento da amostragem, tal como apresentado no Anexo 7.

Posteriormente, e de acordo com a norma ISO 5667-4 (2016) relativa à amostragem, deve ter-se em consideração:



- a) a localização;
- b) a frequência;
- c) o método;
- d) o transporte, preservação e armazenamento das amostras;
- e) os parâmetros analisados.

Com isto, a amostragem na Albufeira da Barragem de Fagilde seguiu os seguintes critérios:

**a) Localização:**

A colheita das amostras foi executada no meio hídrico superficial designado por Albufeira de Fagilde, num ponto de amostragem mais próximo possível da captação, uma vez que junto à captação existia uma grande quantidade de sólidos, o que poderia causar erros analíticos. Na figura 23-6 e 24-6 apresenta-se a localização do ponto de amostragem.



<b>Legenda:</b>  Ponto de Amostragem			
<b>Coordenadas do ponto de amostragem</b>			
<b>Pontos</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Sistema de coordenadas:</b> WGS 1984 Web Mercator Auxiliary Sphere
(1)	40° 38' 2.938"	-7° 47' 36.093"	

Fonte: Google Earth.

Figura 23-6: Localização do ponto de amostragem.

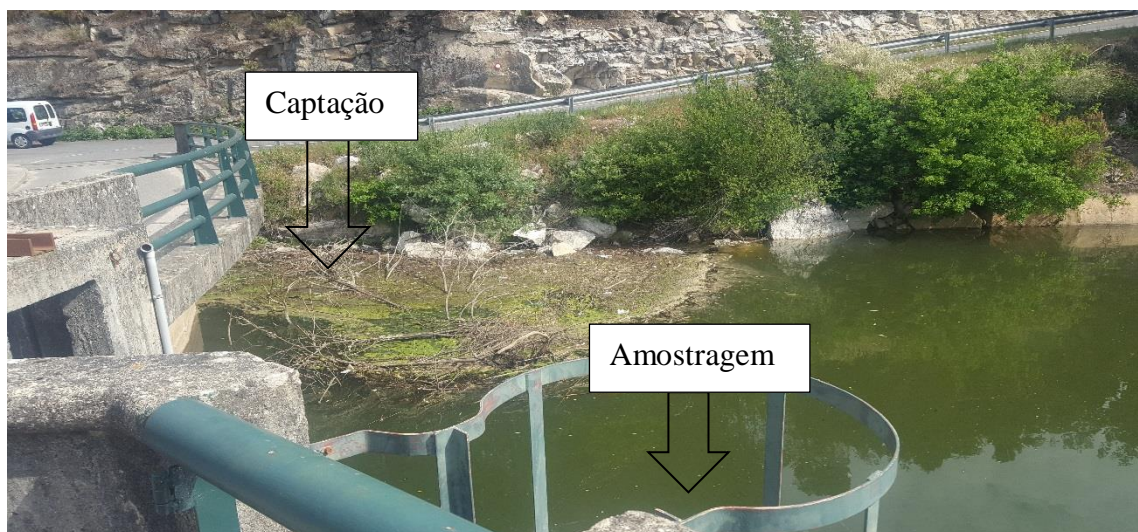


Figura 24-6:Localização da captação e do local de amostragem.

### **b) Frequência:**

As colheitas foram realizadas com intervalos de aproximadamente quinze dias, entre fevereiro de 2017 e maio de 2017. No Quadro 16-6 estão referidos os dias em que foram realizadas as colheitas, indicando-se também as condições climáticas no dia da recolha bem como nos 3 últimos dias antes da amostragem.

Quadro 16-6:Estado do tempo nos dias de amostragem e 3 dias antes da amostragem.

Data	Hora	Temperatura (°C)	Estado do tempo no dia	Estado do tempo há 3 dias atrás
14-02-2017	10h e 20min	11,5	Céu nublado	Chuva
07-03-2017	10h e 00min	14,7	Céu limpo	Chuva
21-03-2017	10h e 30min	15,6	Céu Limpo	Céu limpo
04-04-2017	10h e 30min	19,0	Céu limpo	Céu limpo
24-04-2017	10h e 30min	19,1	Céu nublado com chuviscos	Céu Limpo
09-05-2017	10h e 20min	19,4	Céu nublado	Céu limpo
28-05-2017	10h e 35min	25,4	Céu limpo	Céu Limpo

### **C) Método:**

A colheita das amostras de água é uma operação delicada e que requer alguns cuidados, pois condiciona os resultados e sua interpretação, assim durante esta operação foi adotada uma técnica de amostragem adequada, tendo sido utilizados frascos limpos de modo a garantir a qualidade da amostra colhida, assim como a sua conservação. A amostra foi recolhida com o auxílio de um balde devidamente lavado, em cima de uma ponte, no centro do leito do rio, de modo a que não fossem recolhidas amostras de águas paradas, uma vez que apresentam uma elevada turvação, devido à presença de partículas de grande dimensão como folhas e detritos (vide Fig. 25-6).



Figura 25-6: Balde utilizado na recolha de amostra.

Foram realizadas 7 campanhas, 2 por cada mês expeto no mês de fevereiro que foi só uma, isto devido ao protocolo de análises ainda não estar formulado. Por cada campanha, eram colhidas 5 amostras simples, com um volume de aproximadamente 500ml cada uma, a uma profundidade de aproximadamente 60cm abaixo da superfície da água, uma vez que as águas de superfície poderão conter óleos e gorduras, detergentes, materiais vegetais em decomposição e outras partículas de reduzida densidade.

Neste ponto de amostragem foram ainda caracterizadas as condições meteorológicas, tais como a velocidade do vento, temperatura e humidade do ar, a presença do odor ambiental, a existência de descargas ilegais, bem como a observação da fauna e flora aquática.

### **D) Transporte, preservação e armazenamento:**

Para o transporte das amostras foram usadas malas térmicas com cuvetes de gelo para a sua refrigeração de modo a garantir a temperatura desejada.

As análises foram realizadas no próprio dia.

### f) **Parâmetros analisados**

Após a recolha da amostra realizaram-se algumas análises *in situ* dos parâmetros mais sensíveis à variação das condições atmosféricas, utilizando sondas portáteis ( *Hach Lange HQ 40 D* ), os restantes parâmetros analítico foram determinados em laboratório.

Os parâmetros analisados *in situ* foram a Temperatura (T°C) pH (escala de Sorensen), condutividade ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), oxigénio dissolvido (mg/L), potencial redox (mV) e turvação (NTU), sendo analisados em triplicado.

Os parâmetros analisados em laboratório foram, o ferro (mg/L), o manganês (mg/L), o alumínio (mg/L), a alcalinidade (mg/L  $\text{CaCO}_3$ ), o COT (mg/L), a amónia (mg/L), os nitratos (mg/L), o CQO (mg/L  $\text{O}_2$ ), o  $\text{CBO}_5$  (mg/L  $\text{O}_2$ ) e os SST (mg/L). Todas estas análises foram realizadas em triplicado de modo expedito no laboratório da ETA de Nesprido/Fagilde, com exceção dos nitratos e do COT. Estes últimos parâmetros analíticos foram analisados nos laboratórios do Departamento de Ambiente da ESTGV.

No presente estágio curricular não foram determinados parâmetros microbiológicos, uma vez que não se demonstrou relevante já que as análises realizadas na ETA são meramente de controlo operacional e não incluem estes parâmetros que têm uma redução a zero pela pré-desinfecção e desinfecção final. Assim, só foram avaliados os coliformes na água de saída para o consumidor.

Os procedimentos usados na determinação dos parâmetros, estão descritos nos Anexos 2 e 3.

### 6.1.2 **Amostragem da água tratada**

Para o acompanhamento e recolha de água para análise são necessários procedimentos específicos, uma vez que se tem de garantir a não contaminação da amostra por parte do responsável pela colheita. O responsável pela colheita de amostra tem que ser um técnico de amostragem devidamente acreditado ou em alternativa por um laboratório acreditado para a colheita.

As colheitas de amostras para a implementação do PCQA foram realizadas em cafés, lares, e centros sociais. Estes pontos de amostragem devem estar em bom estado de conservação, no caso de torneiras não deve ser misturadoras, deve ser um ponto usado diariamente. Caso tenha acessórios estes devem ser removidos antes do processo. Antes de qualquer processo dever-se-á descarregar a água por alguns instantes, por forma a eliminar a possível água suja lá existente (ERSAR, 2017).

Para a recolha de amostras são necessários materiais previamente fornecidos pelo laboratório de serviço, neste caso de estudo foram fornecidos pelo laboratório devidamente acreditado IAREN. Dentro da lista deverão constar os seguintes elementos: mala térmica com recipientes de amostragens e acumuladores de gelo, luvas descartáveis, chaves de boca-de-incêndio, relógio, fotómetro portátil, termómetro e finalmente, canetas e marcadores. Deve-se ter também papel adsorvente, para limpeza, algodão e álcool para desinfetar o ponto de amostragem, um copo para auxiliar na desinfecção, um maçarico e impressos de registo. Todo o material deverá ir devidamente acondicionado na mala térmica, expeto o maçarico Os procedimentos para recolha de amostras nas torneiras do consumidor estão descritos no Anexo 4.

De referir ainda que o transporte das amostras deve ser feito no menor espaço de tempo possível e a temperatura deve ser verificada imediatamente à chegada ao laboratório. Para as situações em que serão analisados parâmetros microbiológicos tem de ser garantido que a diferença de temperatura esteja no intervalo entre  $5\pm 3^{\circ}\text{C}$ . Os dados referentes as horas da colheita, a temperatura, cloro residual e local da colheita devem constar nos impressos (ERSAR, 2017).

## 6.2 Metodologia de tratamento de resultados

### 6.2.1 Análise da qualidade da água captada

A qualidade da água de entrada, ou seja, da água bruta (Albufeira de Fagilde) foi comparada com o que figura no Anexo XXI – Objetivos ambientais de qualidade mínima para as águas superficiais – do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, relativamente aos parâmetros analisados, patentes no referido anexo (*vide* quadro 17-6).

Quadro 17-6: Objetivos ambientais de qualidade mínima para as águas superficiais dos parâmetros analisados no local de estudo.

Fonte: Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto.

Parâmetros avaliados	Expressão dos resultados	VMA
pH	Escala de Sorensen	5,0-9,0
Temperatura	°C	30
CBO5	O <sub>2</sub> mg/L	5

Para os que constam da lista, procedeu-se à verificação do cumprimento dos VMA estabelecidos no referido anexo, em que se adotou a cor verde para registar os valores dos parâmetros que cumprem os respetivos VMA e a cor vermelha para os que não cumprem (*vide* Quadro 18-6).

Quadro 18-6: Escala de cores do cumprimento ou não dos VMA.

	Cumpre os VMA
	Não cumpre os VMA

A qualidade da água captada na Albufeira de Fagilde é classificada em diversas classes relativamente ao grau de poluição detetado. Esta avaliação foi efetuada adaptando a “Classificação dos cursos de água superficiais de acordo com as suas características de qualidade para usos múltiplos” do Instituto da Água - INAG que classifica as massas de água com base em 27 parâmetros de qualidade e indicando o tipo de usos que potencialmente se podem considerar para cada uma das massas de água classificadas (*vide* Quadro 19-6).

Quadro 19-6: Classificação por parâmetro (Parâmetros considerados neste trabalho).

Fonte: adaptado de SNIRH, 2017

Classe Parâmetro	A (sem poluição)	B (fracamente poluído)	C (poluído)	D (muito poluído)	E (extremamente poluído)
pH (Escala de sorensen)	6,5-8,5	-	6,0-9,0	5,5-9,5	5,0-10
Condutividade ( $\mu\text{scm}, 20^\circ\text{C}$ )	$\leq 750$	751-1000	1001-1500	1501-3000	$> 3000$
SST (mg/L)	$\leq 25,0$	25,1-30,0	30,1-40,0	40,1-80,0	$> 80,0$
CBO <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	$\leq 3,0$	3,1-5,0	5,1-8,0	8,1-20,0	$> 20,0$
CQO (mg O <sub>2</sub> /l)	$\leq 10,0$	10,1-20,0	20,1-40,0	40,1-80,0	$> 80,0$
Oxidabilidade (mg O <sub>2</sub> /l)	$\leq 3,0$	3,1-5,0	5,1-10,0	10,1-25,0	$< 25,0$
Nitratos (mg NO <sub>3</sub> )	$\leq 5,0$	5,0-25,0	25,1-50,0	50,1-80,0	$> 80,0$
Ferro (mg/L)	$\geq 0,50$	0,51-1,00	1,10-1,50	1,50-2,00	$> 2,00$
Manganês (mg/L)	$\leq 0,10$	0,11-0,25	0,26-0,50	0,51-1,00	$> 5,00$

Sucintamente, para os parâmetros analisados, a qualidade da água da Albufeira de Fagilde é igualmente comparada com as exigências de qualidade mínima da água para diferentes fins, essencialmente para consumo humano, o qual se encontra legislado no ponto III do Anexo I do Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto.

No que respeita ao uso para consumo Humano, foi avaliado se o tratamento executado na ETA de Nesprido/Fagilde era o mais adequado, segundo a qualidade da água superficial. Para isso foi efetuada uma comparação com o Anexo I e Anexo II, nos quais, segundo a classe da água (A1, A2 e A3), se relaciona uma determinada cor, como abordado nos capítulos anteriores (*vide* Quadro 20-6).

Quadro 20-6: Classes da qualidade de água superficial para consumo humano.

Fonte: adaptado de Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto.

Parâmetros	Expressão dos resultados	A1 <sup>1</sup>		A2 <sup>2</sup>		A3 <sup>3</sup>	
		VMR	VMA	VMR	VMA	VMR	VM0A
pH 25°C (Escala de sorensen)	Escala de Sorensen	6-85-8,5	_	5,5-9,0	_	5-5-9,0	_
SST	Mg/L	25	-	-	-	-	-
Temperatura	°C	22	(O)25	22	(O) 25	22	(O) 25
Condutividade	µS/cm,20°C	1000	-	1000	-	1000	-
Nitratos (*)	mg/L NO <sub>3</sub>	25	(O) 50	-	(O) 50	-	(O) 50
Ferro dissolvido (*)	mg/L Fe	0,1	0,3	1,0	2,0	1,0	_
Manganês (*)	mg/ Mn	0,05	-	0,10	-	1,00	-
CQO	mg/L O <sub>2</sub>	-	-	-	-	30	-
Oxigénio dissolvido (*)	% de saturação de O <sub>2</sub>	70	-	50	-	30	-
CBO <sub>5</sub>	mg/L O <sub>2</sub>	3	-	5	-	7	-
COT	mg/L	-	-	-	-	-	-

<sup>1</sup> \_Tratamento físico e desinfecção.

<sup>2</sup> -Tratamento físico e químico e desinfecção.

<sup>3</sup> \_Tratamento físico e químico de afinação e desinfecção.

Foi ainda avaliado o cumprimento da qualidade da água tratada, através da avaliação da qualidade da água tratada, descrito no subcapítulo seguinte.

### 6.2.2 Avaliação do cumprimento da qualidade da água tratada

Para analisar o cumprimento da qualidade da água tratada, foram comparados os resultados das análises do PCQA na Zona de Abastecimento de Fagilde, realizadas durante o período de estágio (fevereiro a junho de 2017), com os limites definidos no Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto. Os limites definidos pelo Decreto-Lei referido encontram-se no Anexo 5.

Apesar da qualidade se apresentar muito boa ou excelente, pode haver parâmetros muito próximos do valor paramétrico legislado no Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto, 2007, assim foi também avaliado a % de afastamento do VP. Com isto foram avaliados os parâmetros em que a % de afastamento ao VP era superior a 50%, sendo propostas medidas de melhoria. Assim, foi criada uma escala de cores, em que, o vermelho representava o incumprimento, ou seja afastamento do VP acima dos 100%, o amarelo representa um afastamento do VP entre 50% a 100% e o verde, um parâmetro que se encontra abaixo desses 50% (*vide* Quadro 21-6)

Quadro 21-6: Escala de cores para % de afastamento dos VP's.

	Incumprimento (Afastamento do VP acima de 100%)
	Afastamento do VP entre os 50% e 100%
	Afastamento do VP abaixo dos 50%

Após a análise do cumprimento da qualidade da água na ZA de Fagilde foi realizada uma pequena análise da evolução do número de incumprimentos desde o ano de 2014. Com isto foi realizada uma avaliação da qualidade do serviço prestado anualmente durante o período de 2014 a 2016. Para esta avaliação foi usada uma escala de cores em que o vermelho representa uma má qualidade, o amarelo representa uma qualidade razoável e o verde e o azul representam uma qualidade de muito boa e excelente, respetivamente (*vide* Quadro 22-6).

Quadro 22-6: Escala de cores para a qualidade do serviço prestado anualmente.

Legenda	Qualidade do serviço prestado anualmente	
	100%	Excelente
	90% a 99%	Muito Bom
	50% a 90%	Razoável
	<50%	Mau

## 7. Apresentação e discussão de resultados

### 7.1 Qualidade da água captada

Seguidamente são apresentados os resultados dos resultados das análises realizadas à água recolhida na Albufeira de Fagilde junto ao local da captação (*vide* Quadro 23-7).

Quadro 23-7: Resultados da amostragem da água bruta.

Parâmetros	Data											
	fevereiro-17			março-17			abril-17			maio-17		
	Máx.	Méd.	Min.	Máx.	Méd.	Min.	Máx.	Méd.	Min.	Máx.	Méd.	Min.
pH	6,9	6,8	6,8	7,1	6,9	6,8	9,8	9,5	9,3	10,5	10,5	10,4
Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}, 20^\circ\text{C}$ )	55,4	55,4	55,3	66,7	66,4	65,8	74,8	71,8	68,0	102,1	98,05	94,9
Oxigénio dissolvido ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ )	10,1	10,1	10,1	10,6	10,2	9,7	12,6	12,3	11,9	15,0	12,8	12,6
Temperatura ( $^\circ\text{C}$ )	11,5	11,5	11,5	15,6	15,1	14,7	19,1	19,0	19,0	25,4	22,4	19,4
Temperatura da água ( $^\circ\text{C}$ )	10,3	10,3	10,3	13,5	13,0	12,4	19,4	17,3	15,2	19,5	18,3	17,1
Manganês ( $\text{mg}/\text{L Mn}$ )	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Alcalinidade ( $\text{mg}/\text{L CaCO}_3$ )	20,0	19,0	13,0	22,0	20,5	14,0	31,0	14,5	13,0	33,0	24,5	17,0
Amónia ( $\text{mg}/\text{L NH}_3$ )	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1
Ferro dissolvido ( $\text{mg}/\text{L Fe}$ )	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Alumínio ( $\text{mg}/\text{L Al}$ )	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
COT ( $\text{mg}/\text{L}$ )	5,2	5,0	4,9	6,7	5,5	4,9	8,9	6,4	5,8	10,1	9,2	8,2
Nitratos ( $\text{mg}/\text{L NO}_3$ )	<0,70	<0,70	<0,70	<0,70	<0,70	<0,70	<0,70	<0,70	<0,70	<0,70	<0,70	<0,70

Parâmetros	Data											
	fevereiro-17			março-17			abril-17			maio-17		
	Máx.	Méd.	Min.	Máx.	Máx.	Méd.	Min.	Máx.	Máx.	Méd.	Min.	Máx.
SST (mg/L)	50,0	50,0	50,0	4,5	3,0	1,5	11,0	6,3	1,5	7,0	6,3	5,0
Turvação (NTU)	2,4	2,4	2,4	1,2	1,0	1,0	6,6	3,0	1,1	5,0	4,0	2,4
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	7,0	6,4	6,1	7,9	7,4	7,2	11,5	11,2	10,40	18,8	16,9	15,2
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	4,0	4,0	4,0	11,0	6,0	2,0	8,0	6,0	4,0	9,0	6,5	6,0

Para permitir uma melhor visualização dos resultados é apresentado no capítulo seguinte uma análise estatística considerando todas as variáveis analisadas.

### 7.1.1 Qualidade geral da água captada

A partir dos valores das concentrações, das diferentes variáveis ambientais obtidas no local da amostragem nos diferentes períodos (seca (maio) e chuva (fevereiro a abril)), realizou-se a análise de dados por meio de estatística descritiva. Para isso foram calculadas as estatísticas básicas relativas ao número de dados, mediana, desvio padrão e percentis de 25 e de 75 %, sendo os resultados apresentados no Anexo 6. Com isto os resultados foram apresentados na forma de “diagramas de caixa” para permitir uma melhor visualização da variabilidade observada por cada parâmetro analisado (*vide* Figura 26-7).

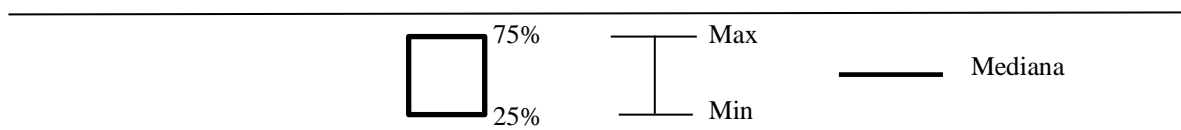


Figura 26-7: Estrutura de um “diagrama de caixa”.

A Figura 27-7 ilustra os “diagramas de caixa” construídos a partir dos dados obtidos nas análises dos parâmetros de qualidade da água bruta; observando-se assim a grande variabilidade dos parâmetros em função das causas naturais ou artificiais que influenciam a qualidade da água da Albufeira de Fagilde.

## 7-Apresentação e discussão de resultados

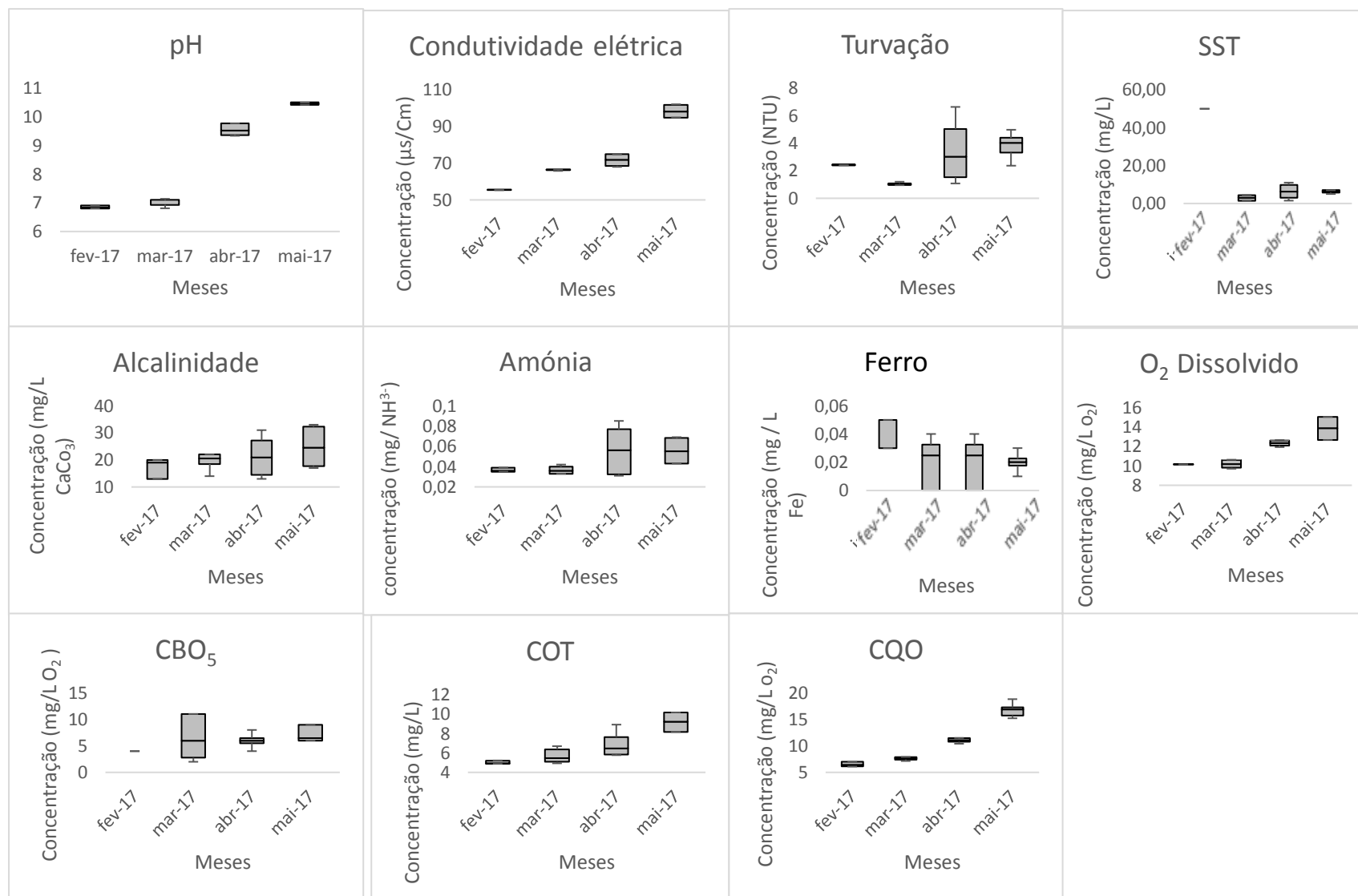
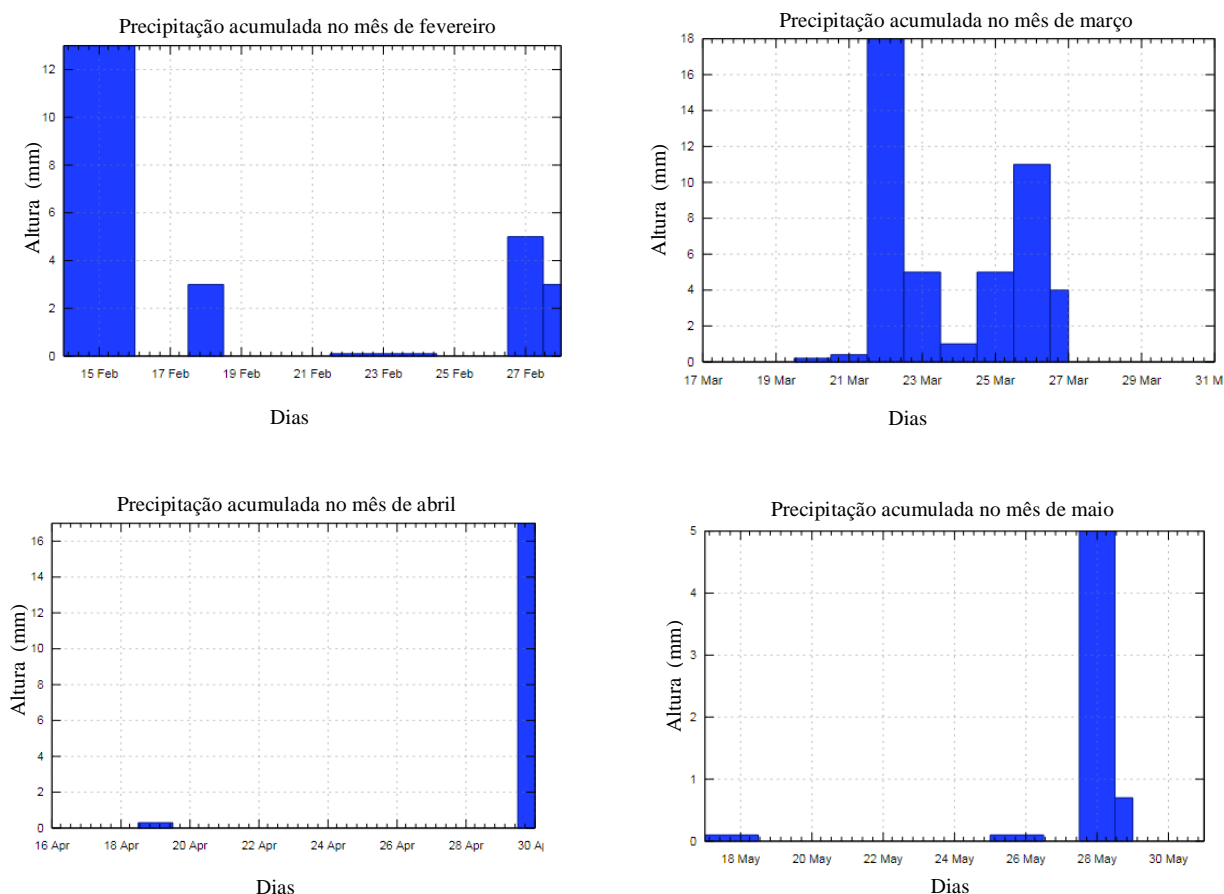


Figura 27-7: “Diagramas de caixas” dos parâmetros de qualidade da água analisados na Albuferia de Fagilde coletados no período de fevereiro de 2017 a maio de 2017.

Como é notório nas análises realizadas, a concentração dos diversos poluentes tende a aumentar significativamente com o aproximar da época de estiagem. Verifica-se uma correlação inversamente proporcional entre o volume de armazenamento de água na Barragem e a concentração dos principais poluentes. O que tende a confirmar a carga poluidora constante ao longo do ano.

Considerando as principais origens de poluição e como confirmaram as análises realizadas, a Albufeira de Fagilde está sobretudo sujeita a uma carga poluidora associada à matéria orgânica, sobretudo matéria orgânica biodegradável, refletida na concentração de COT, CQO e CBO<sub>5</sub>. A biodegradabilidade sendo significativa é detetada na relação CQO/CBO<sub>5</sub>, esta é relativamente reduzida nas análises realizadas, próxima de 2, como é normal, precisamente, em águas residuais urbanas (Tchobanoglous et al., 2003). Aquelas que tenderão a ser as principais origens de poluição na Albufeira.

A carga orgânica é relativamente constante, verificando-se um ligeiro pico associado a períodos de precipitação mais significativa (*Vide Fig.28-7*) decorrente de escoerências superficiais.



Fonte: adaptado de <<Weatheronline>> (2017).

Figura 28-7: Quantidade de precipitação nos meses de amostragem.

A descarga de águas residuais de origem predominantemente orgânica, p.e., águas residuais urbanas, no rio Dão foi referido por Carvalho & Cardoso (2004). Estes realizaram uma monitorização no rio Dão, sendo possível observar a predominância de poluição orgânica desde 2004, maioritariamente de origem doméstica, apresentando ocorrências de CBO<sub>5</sub> em concentração elevada.

Como se pode constatar nos capítulos seguintes, a matéria orgânica tende a atribuir, de um modo constante, más classificações da qualidade da água da Albufeira de Fagilde na perspetiva dos diferentes usos.

A concentração de nutrientes detetada na Albufeira de Fagilde – ao nível de amónia e nitratos – não foi muito significativa. Inclusive, a concentração de nitratos é inferior ao limite de deteção. Estes valores reduzidos podem ser explicados pela atividade agrícola pouco intensiva na bacia da Albufeira. Assinale-se que a descarga de águas residuais urbanas sem tratamento terciário – aquele que poderia reduzir os níveis de azoto e/ou fósforo – é maioritária, contudo no troço do rio Dão a montante da Barragem da Agueira os aglomerados populacionais da sua bacia hidrográfica não apresentam uma dimensão relevante (INE, 2011).

As partículas sólidas na Albufeira, patentes nos SST e na turvação, não são muito elevadas, verificando-se contudo um aumento mais significativo nos períodos de precipitação, como os que ocorreram no dia de amostragem do mês de fevereiro no ano de realização do presente estágio curricular.

A ocupação florestal da bacia da Albufeira, pode contribuir para a retenção de partículas sólidas das escorrências superficiais. Esta teoria é referida por Primavesi (2002), que realizou um estudo de qualidade de água em microbacias com uso agrícola e em microbacias florestadas, o qual comprovou que os valores maiores para turbidez eram em microbacias com uso agrícola (20,7NTU) do que em áreas florestada (0,4NTU e 6,9NTU).

Durante todo o período de estudo, o pH esteve em condição de neutro-alcálico a básico no ponto amostrado, com a mesma tendência entre estes, no qual apresentaram valores de pH mais elevados durante o período seco (maio), com valores máximos no mês de maio (10,46) e menores durante o período húmido (fevereiro a abril), com valores mínimos no mês de fevereiro (6,85). Segundo Mendes & Santos, 2004, temperaturas mais altas registadas no período seco influenciam diretamente os processos biológicos das algas, aumentando a velocidade das reações existentes (p.e., aumentam o consumo de CO<sub>2</sub>), contribuindo para a elevação do pH.

A alcalinidade apresenta valores reduzidos, o que indica que a água tem baixa concentração de cálcio e magnésio, podendo-se admitir que é uma água macia, o que está em consonância com a geologia do terreno.

Saliente-se ainda que, a alcalinidade é o parâmetro que apresenta maior diferença entre as amostras de água em estudo, isto devido à geologia do solo e ao arrastamento de maior ou menor quantidade de íons de cálcio e magnésio.

A concentração da condutividade elétrica nas amostras de água não apresentou grandes oscilações no período chuvoso (fevereiro a abril), sendo que, na passagem do período chuvoso para o seco (maio) existiu uma grande variação na mediana. Este facto pode dever-se ao aumento da concentração de íons dissolvidos na água, os quais fazem aumentar os valores da condutividade elétrica. Este facto é comprovado por Sardinha et al. (2008), que comparou a qualidade da água superficial do Rio Ribeirão do Meio, São Paulo, em pontos na nascente do rio, encontrando valores baixos de condutividade (média  $22\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ ), e após a cidade de Leme, valores elevados de condutividade (média  $200\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ ), comprovando assim mais uma vez, a influência antropogénica de efluentes urbanos, pois o município não possui sistema de tratamento de água residual.

A concentração de ferro, alumínio e outros íons metálicos na Albufeira de Fagilde é muito reduzida.

Por fim, em termo de resumo, conforme os dados históricos da qualidade da água e de acordo com o conhecimento das ocupações e usos do solo e também confirmando-se com análises realizadas à qualidade água bruta no presente estágio curricular, a Albufeira da Fagilde tem, fundamentalmente, dois tipos de origens de poluição conforme é evidenciado no Quadro 24-7.

Quadro 24-7: Principais origens de poluição da Albufeira de Fagilde.

Tipo	Origem	Principais grupos de compostos poluidores	Sazonalidade	Observação
Fontes pontuais	Águas residuais urbanas	Matéria orgânica biodegradável	Afluência anual relativamente constante.	A principal origem decorrente de águas residuais urbanas não tratadas ou mal tratadas em ETAR e fossas sépticas.
	Águas residuais industriais	Matéria orgânica biodegradável (não são referenciadas ou detetadas cargas poluidoras significativas associadas a metais pesados, compostos orgânicos refratários e outros poluentes prioritários decorrentes de setores industriais pesados)	Afluência anual relativamente contante. Algumas indústrias, p.e. queijarias, poderão ter uma produção sazonal.	Comparando com outras regiões, a ocupação industrial não é muito significativa, estando sobretudo associada a cargas orgânicas, p.e. decorrentes de pecuárias e indústrias agroalimentares de pequena e média dimensão.
Fontes difusas	Escorrências superficiais	Partículas sólidas Matéria orgânica	Sobretudo nos primeiros eventos de precipitação anual.	Verifica-se uma ocupação de solo muito florestal, ocorrendo uma maior intensidade de escorrências com carga de sólidos decorrente de erosão.

## 7- Apresentação e discussão de resultados

Tipo	Origem	Principais grupos de compostos poluidores	Sazonalidade	Observação
Fontes Difusas	Escorrências superficiais de origem agrícola	Nutrientes Partículas sólidas	Maior carga poluidora associada a eventos precipitação intensa e épocas de fertilização dos terrenos agrícolas.	A atividade agrícola intensiva não é significativa na Bacia. Há alguma área de viticultura. Poluição associada a fertilizantes/nutrientes.

### 7.1.2 Qualidade da água superficial captada

Conforme referido anteriormente, o presente trabalho pretende, com base nos resultados obtidos nas análises realizadas nas diversas amostras de água recolhidas, caracterizar e avaliar a qualidade da água bruta colhida na zona de captação situada na Albufeira de Fagilde.

Assim, primeiramente foram comparados os valores das amostras, com os VMA presentes no anexo XXI do Decreto-Lei n.º236/98, de 1 de agosto (*vide* Quadro 25-7).

Quadro 25-7: Avaliação da qualidade da água superficial na zona de captação

Parâmetro	Expressão de Resultados	VMA	fevereiro	março	abril	maio
pH	Escala de Sørensen	5,0-9,0	6,9±0,0	7,0 ± 0,1	9,6±0,2	10,5±0,0
Temperatura	°C	30	10,3±0,0	12,4±0,0	15,2±0,0	19,5±0,0
CBO <sub>5</sub>	mg/L de O <sub>2</sub>	5	4,0±0,0	6,5±3,4	6,0±1,2	7,3±1,3

Tendo em conta os valores dos parâmetros obtidos e a sua comparação com os objetivos ambientais de qualidade mínima para as águas superficiais, constata-se que nas últimas campanhas (abril e maio), o parâmetro do pH ultrapassa o VMA. Resta também salientar, que na maioria das amostragens, o CBO<sub>5</sub> apresentava valores superiores ao VMA, excetuando as amostragens realizadas no mês de fevereiro.

### 7.1.3 Classificação do meio hídrico quanto ao uso para consumo humano

No Quadro 26-7 apresenta-se a média dos valores obtidos na zona de amostragem e sua comparação com o critério de avaliação para usos múltiplos da água, definida pelo INAG, estando disponível no site do SNIRH. As cores registadas na tabela foram atribuídas de acordo com a definição de cores apresentada nas tabelas anteriores e que representam o nível de poluição em função do valor do parâmetro analisado.

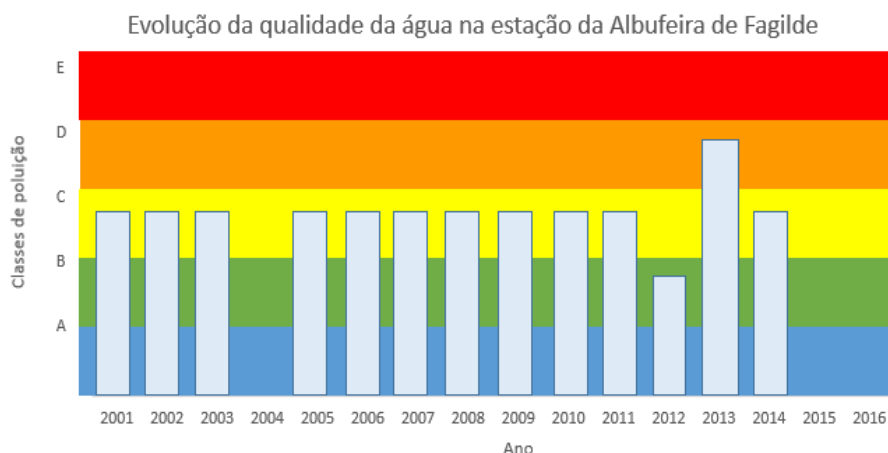
Quadro 26-7: Classificação da Albufeira de Fagilde de acordo com as suas características de qualidade para usos múltiplos.

Parâmetros	Data				Classe Global
	fevereiro	março	abril	maio	
pH (Escala de sorensen)	6,9±0,0 (A)	7,0 ± 0,1 (A)	9,6±0,2 (D)	10,5±0,0 (D)	D
SST (mg/L)	50,0±0,0 (D)	3,0±1,3 (A)	6,3±3,4 (A)	6,3±0,7 (A)	D
Condutividade (µS/cm,20°C)	55,4±0,0 (A)	66,4± 0,3 (A)	67,6±1,0 (A)	98,3± 3,4 (A)	A
Nitratos (mg/L NO <sub>3</sub> )	<0,70 <sup>a</sup> (A)	<0,70 <sup>a</sup> (A)	<0,70 <sup>a</sup> (A)	<0,70 <sup>a</sup> (A)	A
Ferro dissolvido (mg/L Fe)	0,0 ± 0,0 (A)	0,0± 0,0 (A)	0,0±0,0 (A)	0,0 ± 0,0 (A)	A
Manganês (mg/ Mn)	<0,02 <sup>a</sup> (A)	<0,02 <sup>a</sup> (A)	<0,02 <sup>a</sup> (A)	<0,02 <sup>a</sup> (A)	A
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	6,5 ± 0,4 (B)	7,6 ± 0,3 (B)	11,1±0,4 (B)	16,8±1,1 (B)	B
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	4,0±0,0 (B)	6,5±3,9 (C)	6,0±1,2 (C)	7,2±1,3 (C)	(C)

a) Os valores correspondem a parâmetros cuja totalidade ou maioria dos resultados analíticos é igual ou inferior ao limite de deteção do método utilizado.

Para estes parâmetros não é possível quantificar um valor exato mas apenas afirmar que ele não é superior ao valor apresentado

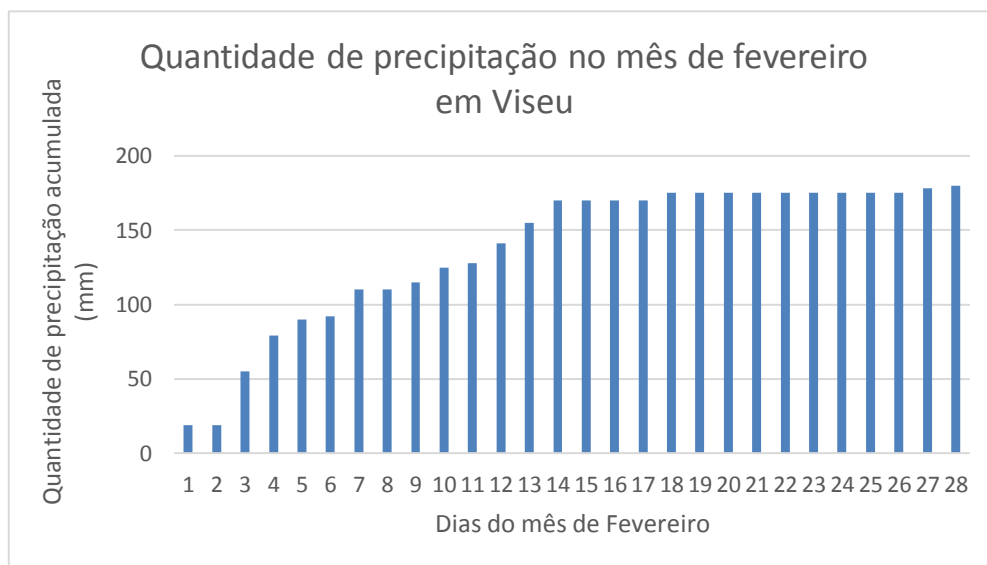
Os parâmetros responsáveis pelas piores classificações (C e D) são como se depreende do Quadro 25-7, o pH e a quantidade de matéria orgânica (CBO<sub>5</sub>), refletindo assim a ineficiência do tratamento de afluentes residuais urbanos e/ou industriais a montante da bacia hidrográfica. Segundo os dados disponibilizados pelo SNIRH, este problema já se arrasta ao longo dos anos, uma vez que a qualidade da água da Bacia de Fagilde apresentou uma variação de “Boa” a “Má”, sendo a sua classificação de qualidade mais comum a de “Razoável” (*vide* Fig. 29-7), em que, os parâmetros maioritariamente responsáveis foram, o pH, o CBO<sub>5</sub> e O<sub>2</sub> Dissolvido, o que comprova mais uma vez a descarga de águas residuais sem qualquer tipo de tratamento ao longo dos últimos anos (SNIRH, sem data).



Fonte: adaptado de SNIRH (sem data).

Figura 29-7: Evolução da classificação da qualidade das águas na Estação de Qualidade da Albufeira de Fagilde, entre 2001 e 2014.

Resta ainda salientar a situação pontual da classificação relativamente ao parâmetro de SST. Este aumento parece ser devido ao arraste partículas derivados da erosão provocada pela precipitação no sentidas no mês de fevereiro (*vide* fig.30-7) («Weatheronline», 2017).



Fonte: adaptado de «Weatheronline» (2017)

Figura 30-7: Quantidade de precipitação acumulada no mês de fevereiro em Viseu.

Tal valor também já tinha sido elevado no ano de 2009, entre os meses de janeiro e fevereiro, na ordem dos 130mg/L (SNIRH, sem data).

Saliente-se que o valor de SST foi mais elevado nos meses húmidos do que nos secos, revelando-se assim o papel da precipitação no transporte deste poluente (Ferreira et al., 2009).

### 7.1.4 Classificação do meio hídrico numa classe de tratamento

Foi classificada a água bruta da Albufeira de Fagilde para as classes de tratamento estabelecidas pelo Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, verificando assim a adequabilidade do tratamento aplicado na ETA de Nesprido/Fagilde (*vide* Quadro 27-7).

Quadro 27-7: Classificação da Água Bruta da Albufeira de Fagilde, numa das classes de tratamento estabelecidas pelo Decreto-Lei n.º 236/98 de 01 de agosto.

Parâmetros	Data				Classe Global
	fevereiro-17	março-17	abril-17	maio-17	
pH (Escala de sorensen)	6,9±0,0 (A1)	7,0 ± 0,1 (A1)	9,6±0,2 (A3)	10,5±0,0 (A3)	A3
SST (Mg/L)	50,0±0,0 >(A1)	3,0±1,3 (A1)	6,3±3,4 (A1)	6,3±0,7 (A1)	>A1
Temperatura (°C)	10,3±0,0 (A1)	12,4±0,0 (A1)	15,2±0,0 (A1)	19,5±0,0 (A1)	A1
Condutividade (µS/cm,20°C)	55,4±0,0 (A1)	66,4±0,3 (A1)	67,7±1,0 (A1)	98,3±3,4 (A1)	A1
Nitratos (mg/L NO <sub>3</sub> )	<0,70 <sup>a</sup> (A1)	<0,70 <sup>a</sup> (A1)	<0,70 <sup>a</sup> (A1)	<0,70 <sup>a</sup> (A1)	A1
Ferro dissolvido (mg/L Fe)	0,0± 0,0 (A1)	0,0± 0,0 (A1)	0,0±0,0 (A1)	0,0±0,0 (A1)	A1
Manganês (mg/ Mn)	<0,02 <sup>a</sup> (A1)	<0,02 <sup>a</sup> (A1)	<0,02 <sup>a</sup> (A1)	<0,02 <sup>a</sup> (A1)	A1
CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	6,5± 0,4 (A1)	7,6±0,3 (A1)	11,1±0,4 (A1)	16,8±1,1 (A1)	A1
CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	4,0±0,0 (A1)	6,5±3,9 (A2)	6,0±1,2 (A2)	7,2±1,3 (A3)	(A3)

## 7- Apresentação e discussão de resultados

Parâmetros	Data				Classe global
	fevereiro-17	março-17	abril-17	maio-17	
COT (mg/L)	5,0±0,2 (A1)	5,7± 0,7 (A1)	6,8±1,1 (A1)	9,2±0,9 (A1)	(A1)

a) Os valores correspondem a parâmetros cuja totalidade ou maioria dos resultados analíticos é igual ao limite de detecção do método utilizado.

Para estes parâmetros não é possível quantificar um valor exato mas apenas afirmar que ele não é superior ao valor apresentado.

Da análise do Quadro 27-7 verifica-se que a água a tratar na ETA de Nesprido/Fagilde no período húmido (fevereiro a abril), se inseria para a maioria dos parâmetros, na classe A1, exepeto o parâmetro de SST. Já para o período seco (maio) os parâmetros pH e CBO<sub>5</sub> inseriam-se na classe A3. Assim, a água da Albufeira de Fagilde deverá ser classificada como A3.

De acordo com o definido no Decreto-Lei n.º 236/98, de 01 de agosto, uma água bruta do tipo A3 (pior qualidade) necessita de um processo de tratamento físico, químico de afinação e desinfecção a fim de a tornar apta para o consumo humano, verificando-se assim deste modo a adequabilidade do tratamento usado na ETA de Fagilde.

Ainda assim, com o período de seca extrema prolongada no verão e outono de 2017 e um volume de armazenamento muito reduzido, em face das cargas de poluição/afluência de águas residuais detetadas é possível que a concentração dos parâmetros considerados no presente estudo (i.e., pelo menos os SST e o CBO<sub>5</sub>), já nem se encontrarem na classe A3, o que formalmente inviabilizaria o tratamento da água bruta para consumo humano na ETA de Nesprido/Fagilde.

Segundo o Decreto Regulamentar n.º9/2002, de 1 de março, referente ao plano da Bacia Hidrográfica do Mondego, para 2020 a classificação da água da Albufeira de Fagilde deveria estar situada na classe A1 (Boa qualidade). Assim, para melhorar a qualidade da água da Albufeira de Fagilde devem ser tratadas devidamente as águas residuais urbanas e industriais afluentes. Sendo fundamental para o efeito sensibilizar as autoridades competentes para a inspeção e melhoramento das ETARI que descarregam os seus efluentes para o rio Dão a montante da Barragem de Fagilde (zona industrial de Penalva do Castelo e zona industrial de Mangualde). Deve igualmente ser controlada a descarga de escorrências superficiais da bacia, nomeadamente o controlo da erosão. Ao nível estrutural, a eventual elevação da cota da Barragem ou o desassoreamento da Albufeira com a remoção de inertes, irá aumentar o volume de água armazenado, aumentando assim o seu poder de diluição.

Deve ainda ser criada uma rotina de limpeza dos flutuantes na bacia, uma vez que estes entram em decomposição. Outra medida que devia ser aplicada, era a limpeza das margens da bacia, removendo a vegetação que pode ser arrastada para a água aumentando a matéria orgânica (SST) e aumentando o teor de percussores de THM durante o tratamento com cloro realizado na ETA de Nesprido/Fagilde.

## 7.2 Qualidade da água tratada na ETA de Nesprido/Fagilde

Para análise da qualidade da água tratada na ETA de Nesprido/Fagilde, foi analisado primeiramente o cumprimento da qualidade da água na zona de abastecimento de Fagilde, comparando os resultados das análises do PCQA, que compreendessem o meu período de estágio (janeiro a junho de 2017), com os limites definidos no Decreto-Lei n.º306/2007, de 27 de agosto (*vide* Quadro 28-7).

Quadro 28-7 Avaliação do Cumprimento da Qualidade da Água Tratada na ZA de Fagilde, de acordo com o Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de agosto

			1º Trimestre			2º Trimestre		
			1/01/2017 a 30/03/2017			1/04/2017 a 30/06/2017		
Parâmetros	Unidades	VP.	Máx.	Méd.	Min.	Máx.	Méd.	Min.
Escherichia coli	UFC/100m <sup>l</sup>	0	0	0	0	0	0	0
Bactérias coliformes	UFC/100m <sup>l</sup>	0	0	0	0	0	0	0
Desinfetante residual	mg/L Cl		1,10	0,72	0,30	0,87	0,64	0,22
Alumínio	µg/L Al	200	120	49	11	46	35	20
Amónio	mg/L NH <sub>4</sub>	0,5	<0,04 <sup>a</sup>	<0,04 <sup>a</sup>	<0,04 <sup>a</sup>	<0,04 <sup>a</sup>	<0,04 <sup>a</sup>	<0,04 <sup>a</sup>
Número de colónias a 22°C	N/ml		5	0	0	>300 <sup>a</sup>	0	0
Número de colónias a 37°C	N/ml		4	0	0	>300 <sup>a</sup>	0	0
Condutividade a 20°C	µs/cm	2500	180	135	69	220	159	130
Clostridium perfringens	N/100 ml	0	0	0	0	0	0	0
Cor	mg/L PtCo	20	2,3	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>	1,8	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>
pH		≥6,5 a ≥9,5	8,63	7,94	7,35	8,47	7,79	6,85
Manganês	µg/L Mn	50	<5,0 <sup>a</sup>	<5,0 <sup>a</sup>	<5,0 <sup>a</sup>	6,8	6,8	6,8
Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub>	50	5,8	3,7	2,7	2,4	<5,0 <sup>a</sup>	<5,0 <sup>a</sup>
Oxidabilidade	mg/L O <sub>2</sub>	5	1,4	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>	1,7	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>
Cheiro a 25 °C	Fat. Diluição	3	3,0	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>

7- Apresentação e discussão de resultados

			1º Trimestre			2º Trimestre		
			1/01/2017 a 30/03/2017			1/04/2017 a 30/06/2017		
Parâmetros	Unidades	VP.	Máx.	Méd.	Min.	Máx.	Méd.	Min.
Sabor a 25°C	Fat. Diluição	3	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>
Turvação	NTU	4	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>
Antimónio	µg/L Sb	5	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>
Arsénio	µg/L As	10	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>	<1,0 <sup>a</sup>
Benzeno	µg/L	1	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26	0,26
Benzo(a)pireno	µg/L	0,01	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Boro	mg/L B	1	<0,1 <sup>a</sup>	<0,1 <sup>a</sup>	<0,1 <sup>a</sup>	<0,1 <sup>a</sup>	<0,1 <sup>a</sup>	<0,1 <sup>a</sup>
Bromatos	µg/L BrO <sub>3</sub>	10	<2,5 <sup>a</sup>	<2,5 <sup>a</sup>	<2,5 <sup>a</sup>	<2,5 <sup>a</sup>	<2,5 <sup>a</sup>	<2,5 <sup>a</sup>
Cádmio	µg/L Cd	5	<0,5 <sup>a</sup>	<0,5 <sup>a</sup>	<0,5 <sup>a</sup>	<0,5 <sup>a</sup>	<0,5 <sup>a</sup>	<0,5 <sup>a</sup>
Chumbo	µg/L Pb	25	<2,0 <sup>a</sup>	<2,0 <sup>a</sup>	<2,0 <sup>a</sup>	<2,0 <sup>a</sup>	<2,0 <sup>a</sup>	<2,0 <sup>a</sup>
Cianetos	µg/L Cn	50	<10 <sup>a</sup>	<10 <sup>a</sup>	<10 <sup>a</sup>	<10 <sup>a</sup>	<10 <sup>a</sup>	<10 <sup>a</sup>
Cobre	µg/L Cu	2	<0,005 <sup>a</sup>	<0,005 <sup>a</sup>	<0,005 <sup>a</sup>	<0,005 <sup>a</sup>	<0,005 <sup>a</sup>	<0,005 <sup>a</sup>
Crómio	µg/L Cr	50	<5,0 <sup>a</sup>	<5,0 <sup>a</sup>	<5,0 <sup>a</sup>	<5,0 <sup>a</sup>	<5,0 <sup>a</sup>	<5,0 <sup>a</sup>
1-2 Dicloetano	µg/L	3	<0,25 <sup>a</sup>	<0,25 <sup>a</sup>	<0,25 <sup>a</sup>	<0,25 <sup>a</sup>	<0,25 <sup>a</sup>	<0,25 <sup>a</sup>
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>		45	38	30	42	42	42
Cálcio	mg/L Ca		18	15	12	17	17	17
Magnésio	mg/L Mg		<2,5 <sup>a</sup>	<2,5 <sup>a</sup>	<2,5 <sup>a</sup>	5,0	5,0	5,0
Enterococos	N/100 mL	0	0	0	0	0	0	0
Fluretos	Mg/L F	1,5	<0,10 <sup>a</sup>	<0,10 <sup>a</sup>	<0,10 <sup>a</sup>	<0,10 <sup>a</sup>	<0,10 <sup>a</sup>	<0,10 <sup>a</sup>
Mercúrio	µg/L Hg	1	<0,2 <sup>a</sup>	<0,2 <sup>a</sup>	<0,2 <sup>a</sup>	<0,2 <sup>a</sup>	<0,2 <sup>a</sup>	<0,2 <sup>a</sup>
Niquél	µg/L Ni	20	<2,0 <sup>a</sup>	<2,0 <sup>a</sup>	<2,0 <sup>a</sup>	<2,0 <sup>a</sup>	<2,0 <sup>a</sup>	<2,0 <sup>a</sup>
HAP Total	µg/L	0,1	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005
Selénio	µg/L Se	10	<2,5 <sup>a</sup>	<2,5 <sup>a</sup>	<2,5 <sup>a</sup>	<2,5 <sup>a</sup>	<2,5 <sup>a</sup>	<2,5 <sup>a</sup>
Tetracloretano	µg/L	10	<0,5 <sup>a</sup>	<0,5 <sup>a</sup>	<0,5 <sup>a</sup>	<0,5 <sup>a</sup>	<0,5 <sup>a</sup>	<0,5 <sup>a</sup>
Tricloroetano	µg/L	10	<0,5 <sup>a</sup>	<0,5 <sup>a</sup>	<0,5 <sup>a</sup>	<0,5 <sup>a</sup>	<0,5 <sup>a</sup>	<0,5 <sup>a</sup>

			1º Trimestre			2º Trimestre		
			1/01/2017 a 30/03/2017			1/04/2017 a 30/06/2017		
Parâmetros	Unidades	VP.	Máx.	Méd.	Min.	Máx.	Méd.	Min.
THM total	µg/L	100	47,0	37,0	27,0	84	84	84
Sódio	mg/L Na	200	7	7	7	8	8	8
COT	mg/L C		1,2	<1,0 <sup>a</sup>	1,1	2,0	2,0	2,0
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub>	250	29	29	29	27	27	27
Cloretos	mg/L Cl	200	13	13	12	15	15	15
Ferro	µg/L Fe	200	<25 <sup>a</sup>	<25 <sup>a</sup>	<25 <sup>a</sup>	25	25	25
Nitritos	mg/L NO <sub>2</sub>	0,5	<0,010 <sup>a</sup>	<0,010 <sup>a</sup>	<0,010 <sup>a</sup>	0,001	0,001	0,001
Alfa Total	Bq/L	0,5	0,023	0,023	0,024	0,020	0,020	0,020
Beta Total	Bq/L	1	0,170	0,165	0,160	0,170	0,170	0,170
Dose indicativa Total	Msv/Yr	0,1	<0,1 <sup>a</sup>	<0,1 <sup>a</sup>	<0,1 <sup>a</sup>	<0,1 <sup>a</sup>	<0,1 <sup>a</sup>	<0,1 <sup>a</sup>
Clorpiritos	µg/L	0,1	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Imidaclorpride	µg/L	0,1	0	0	0	<0,05 <sup>a</sup>	<0,05 <sup>a</sup>	<0,05 <sup>a</sup>

a) Os valores correspondem a parâmetros cuja totalidade ou maioria dos resultados analíticos é igual ao limite de detecção do método utilizado.

Para estes parâmetros não é possível quantificar um valor exato mas apenas afirmar que ele não é superior ao valor apresentado.

Analisando os resultados do Quadro 28-7 verifica-se que, as análises cumprem o Decreto-Lei n.º306/2007, de 27 de agosto, o que comprova uma elevada qualidade da água tratada para consumo humano. É de salientar que apesar de não existirem incumprimentos, existem valores de parâmetros em que o grau de afastamento ao VP é acima de 50%. Esses parâmetros são o Alumínio, pH, THM e o cheiro, os quais devem levar uma especial atenção, pelo motivo de causarem danos na saúde.

### 7.2.1 Tratamento de incumprimentos ou afastamento de valores paramétricos

Como referido anteriormente, ao longo do período de estágio, entre janeiro a junho de 2017 não foram registados incumprimentos de parâmetros. Mas apesar de não ter existido incumprimentos, importa referir que existiu parâmetros que em determinada altura obtiveram valores relativamente próximos do valor paramétrico, os quais merecem uma especial atenção. Estes parâmetros foram o alumínio, THM total e o odor. A aproximação do valor do alumínio ao VP no semestre de janeiro a março, na qual foi registado um valor mais alto de 120µg/L Al,

## 7- Apresentação e discussão de resultados

deve-se certamente a um valor elevado de alumínio à saída da ETA, visto que as concentrações de alumínio na água bruta são praticamente nulas.

Deve-se salientar que, a concentração de alumínio depende assim sobretudo a operação da ETA – *vide* adição de sulfato de alumínio no processo de coagulação/floculação -, devendo esta merecer maior atenção ao nível da dosagem de sulfato de alumínio (i.e., realizando Jar Test's) que, em determinados períodos, poderá ser excessiva.

Já a aproximação do valor paramétrico dos THM total, foi detetada no trimestre de abril a junho, no qual foi registado um valor mais alto na ordem dos 84µg/L. Este valor deveu-se a elevada concentração de matéria orgânica na água bruta durante este período, que ao reagir com o cloro vai formar subprodutos, os designados THM.

A pré-desinfecção/pré-cloragem, numa água captada já com concentração significativa em matéria orgânica, tenderá a aumentar a concentração de THM. A substituição da cloragem nesta etapa por ozonização – como é comum nas ETA's mais recentes – tenderia a diminuir a concentração de THM e a aumentar o potencial de oxidação (i.e., de metais e compostos orgânicos, associados a cor, odores e sabores) no tratamento da ETA.

O pH é igualmente controlável na operação da ETA, tendo esta mais de um ponto onde é adicionada cal.

Por último, houve ainda um valor do parâmetro cheiro que esteve no limite do valor paramétrico. Este valor pode dever-se a uma redução na taxa de doseamento do carvão ativado ou também a uma rotura na rede de distribuição. Para resolver este problema deve ser reajustado o doseamento de carvão ativado, para a remoção total do cheiro, para além da questão da ozonização referida.

### 7.2.2 Evolução dos incumprimentos e afastamentos dos valores paramétricos

Nos Quadros seguintes (*vide* Quadros 29-7,30-7 e 31-7) estão registados o número de incumprimentos da ZA de Fagilde desde o ano de 2014 a 2016. É igualmente analisado o número de análises requeridas, de acordo com o definido no PCQA desse ano e o cumprimento desse plano.

Quadro 29-7:Dados de Qualidade da água do PCQA da ZA de Fagilde do Ano de 2014

	2014			
	1.º Trimestre	2.º Trimestre	3.º Trimestre	4.º Trimestre
Nº de Análises requeridas	381	365	353	357
Nº de análises requeridas e realizadas	381	365	353	357

## 7-Apresentação e discussão de resultados

	2014			
	1.º Trimestre	2.º Trimestre	3.º Trimestre	4.º Trimestre
% de análises realizadas	100%	100%	100%	100%
Nº de parâmetros analisados	47	48	47	48
Nº de parâmetros conformes	42	48	45	47
Nº de parâmetros inconformes	2 (3-alumínio e 1-pH)	0	1 (2-bactérias coliformes)	1 (bactérias coliformes)
Nº de parâmetros razoáveis (aproximação do valor paramétrico acima ou igual a 50%)	1 (THM)	2 (THM e alumínio)	1 (THM Total)	2 (THM e alumínio)
Qualidade do serviço prestado	89%	100%	96%	98%
Qualidade do serviço prestado anualmente	96%			

Quadro 30-7: Dados de Qualidade da água do PCQA da ZA de Fagilde do Ano de 2015

	2015			
	1.º Trimestre	2.º Trimestre	3.º Trimestre	4.º Trimestre
Nº de Análises requeridas	315	384	371	359
Nº de análises requeridas e realizadas	315	384	371	359
% de análises realizadas	100%	100%	100%	100%
Nº de parâmetros analisados	47	48	48	48
Nº de parâmetros conformes	47	48	45	48
Nº de parâmetros inconformes	0	0	2 (2-bactérias coliformes e 1-pH)	0

## 7- Apresentação e discussão de resultados

	2015			
	1.º Trimestre	2.º Trimestre	3.º Trimestre	4.º Trimestre
Nº de parâmetros razoáveis (aproximação do valor paramétrico acima ou igual a 50%)	1 (THM)	0	2 (manganês e THM)	1 (alumínio)
Qualidade do serviço prestado	100%	100%	94%	100%
Qualidade do serviço prestado anualmente	99%			

Quadro 31-7: Dados de Qualidade da água do PCQA da ZA de Fagilde do Ano de 2016.

	2016			
	1.º Trimestre	2.º Trimestre	3.º Trimestre	4.º Trimestre
Nº de Análises requeridas	363	340	332	326
Nº de análises requeridas e realizadas	363	340	332	326
% de análises realizadas	100%	100%	100%	100%
Nº de parâmetros analisados	51	52	52	52
Nº de parâmetros conformes	51	51	52	52
Nº de parâmetros inconformes	0	0	0	0
Nº de parâmetros razoáveis (aproximação do valor paramétrico acima ou igual a 50%)	0	1 (alumínio)	2 (benzoapireno e TMH Total)	3 (alumínio, amônio, benzoapireno e TMH Total)
Qualidade do serviço prestado	100%	98%	100%	100%
Qualidade do serviço prestado anualmente	100%			

Da análise dos Quadros 29-7, 30-7 e 31-7, pode concluir-se que o número de análises requeridas, de acordo com os PCQA dos vários anos, foram sempre cumpridas. O número de incumprimentos detetados diminuiu no ano de 2016, o que se deve em parte ao melhoramento da tecnologia usada no tratamento de água (e.g. procedimentos experimentais). Verifica-se um aumento de número de análises requeridas na ZA de Fagilde, estando relacionadas com o aumento da rede de distribuição, aumento do volume de água fornecido, bem como pela introdução de análises a parâmetros radiológicos.

Analisando os incumprimentos registados entre os anos de 2014 e 2016, detetou-se que os parâmetros onde ocorreram mais incumprimentos foram o alumínio, (i.e., vai provocar uma alteração no valor de pH) e o número de bactérias coliformes, sendo este último parâmetro inconforme, eventualmente por um erro laboratorial no laboratório da IAREN, ou por dosagem insuficiente de cloro na última fase de tratamento ou na rede de distribuição.

Resta também salientar que, na aproximação dos parâmetros ao VP, o alumínio continua a ser um dos parâmetros com elevado destaque ao longo dos anos. Aqui importa ainda salientar que por vezes são detetados valores elevados de alumínio na rede de distribuição e a quantidade de alumínio à saída da ETA está controlada. Nestes casos, o alumínio tem origem na ressuspensão dos sedimentos depositados ao longo das condutas, provocada por alterações de escoamento. Estes valores elevados de alumínio podem originar igualmente problemas de cor e turvação.

Outro parâmetro que ao longo dos anos têm tido o seu valor perto do VP é os THM, isto como anteriormente referido, é devido à grande quantidade de matéria orgânica presente na água bruta, que ao reagir com o cloro, dá origem a estes compostos.

Por fim, um parâmetro que também apresentou valores próximos do VP foi o parâmetro benzopireno. Esta sua concentração demonstrou que a amostra era proveniente de condutas com revestimentos a base de alcatrão ou betume, aplicados em condutas antigas de ferro.

Resta assim concluir que, a ZA de Fagilde apresenta uma qualidade de água para consumo humano entre as classes de muito boa a excelente.

## **8. Atividades realizadas durante o estágio**

Durante o estágio foram efetuadas diversas atividades em campo, que permitiram tomar contacto com os diversos tipos de tratamento de água para consumo humano. Estas visitas de campo foram acompanhadas pelos operadores, bem como por todos os trabalhadores da mesma. No decorrer das atividades de campo, foram também visitados alguns reservatórios de água, onde se acompanhou todo o processo de limpeza de filtros, calibração dos topax e medições do cloro.

### **8.1 Controlo analítico na Eta de Nesprido/Fagilde**

No laboratório da ETA de Nesprido/Fagilde são realizadas análises diárias de controlo da turvação, condutividade, pH/temperatura, concentração de alumínio, concentração de ferro, concentração de manganês, concentração da amónia, concentração do CQO e da concentração de cloro. A água é analisada nas várias etapas de tratamento, nomeadamente, água bruta, água decantada, água filtrada e água tratada, de acordo com o plano de controlo analítico diário presente no Quadro 32-7.

O laboratório da ETA está equipado com equipamentos que permitem fazer os testes de controlo analítico diários descritos nos capítulos anteriores, entre eles um turbidímetro, condutivímetro, medidor de pH/temperatura, analisador de alumínio e manganês, analisador de ferro, analisador da amónia e CQO e por fim analisador de cloro. Os procedimentos de utilização dos equipamentos encontram-se referidos no capítulo anterior.

## 8-Atividades realizadas durante o estágio

Quadro 32-7: Plano de controlo analítico diário na ETA de Nesprido/Fagilde.

Pontos de recolha	Horário (h)	
	9:00	14:00
Água Bruta	Turvação pH/Temperatura Condutividade Ferro Manganês Amónia CQO	-
Água decantada (decantadores)	Cloro pH Turvação Alumínio	Cloro pH Turvação Alumínio
Água dos Filtros	Cloro pH Turvação Alumínio	Cloro pH Turvação Alumínio
Água tratada (cisterna)	Cloro pH Turvação Alumínio Amónia	Cloro pH Turvação Alumínio Amónia

No Quadro 33-7 podemos ver os valores limite pretendidos no controlo analítico, em cada etapa de tratamento.

Quadro 33-7: Etapas de tratamento e respetivos valores limite na ETA de Fagilde.

Etapas de tratamento	pH (set point das bombas)	Turvação (NTU)	Alumínio Total (mg/L Al)	Cloro livre (mg/L Cl <sub>2</sub> )	
				Inverno	Verão
Água decantada	<6,3	-	<0,10	<0,30	
Água filtrada	-	<0,20	<0,10	-	
Água tratada	<7,60	<0,15	<0,10	Inverno	Verão
				<1,20	<1,60

Quando os valores limites referidos no Quadro 33-7 são ultrapassados no controlo analítico diário é necessário averiguar a origem do problema. Este pode dever-se ao entupimento de condutas ou devido a uma mudança na qualidade da água bruta (i.e., tendo em conta que as condições atmosféricas influenciam as características da água bruta, nomeadamente a chuva intensa, o sol e as altas temperaturas). Neste último caso é necessário ajustar a dosagem de reagentes, nomeadamente, do leite de cal e do cloro, permitindo o equilíbrio calco-carbónico. Além da realização destas análises eram feitas previamente recolhas de amostras na conduta que leva a água até aos reservatórios do Viso, tal como nos reservatórios e no hospital. Estas amostras eram transportadas em malas térmicas até ao laboratório, as quais eram analisadas posteriormente.

As análises realizadas para os diferentes locais estão apresentadas no Quadro 34-7 seguinte:

Quadro 34-7: Plano de análise externas da ETA de Fagilde.

Pontos de recolha	Horário (h)
	9:00
Conduta (Ø 500)	Cloro Turvação pH/Temperatura Alumínio
Reservatório 2 do viso	Cloro pH/temperatura Turvação Alumínio
Reservatório 3 do viso	Cloro pH/Temperatura Turvação Alumínio
Conduta do Hospital	Cloro pH/Temperatura Turvação Alumínio Amónia Ferro Condutividade

## 8.2 Controlo analítico dos reservatórios e da rede de distribuição

No que concerne aos reservatórios e à rede de distribuição, durante o tempo de estágio foi realizado o controlo analítico do cloro residual, o qual deve ser feito com alguma regularidade nos pontos de amostragem devidamente selecionados. Posteriormente também foi realizado o controlo regular aos níveis de água nos reservatórios e limpeza dos filtros (Figura 31-8), de forma a prevenir atempadamente problemas que possam surgir (e.g. entupimentos).



Figura 31-8: Filtro colmatado de impurezas presente num reservatório.

A limpeza dos filtros foi realizada por 6 etapas:

1. Primeiramente parou-se o bombeamento da água;
2. Seguidamente retirou-se o filtro colmatado;
3. Após isto lavou-se a célula de filtração com cloro;
4. De seguida colocou-se o filtro novo;
5. Ligou-se o bombeamento da água e calibrou-se o topax (aparelho que mede o cloro residual e pH da água);
6. Por fim, mediu-se o cloro com auxílio de um analisador de cloro residual;

## 9. Conclusões e desenvolvimentos futuros

A realização do estágio curricular foi uma experiência enriquecedora que permitiu a aquisição de conhecimentos na área de abastecimento de água e proporcionou um primeiro contacto com o mundo do trabalho.

É de notar que a área na qual foi desenvolvido o estágio é de grande importância, uma vez que se trata da água de abastecimento público, em que estão em causa questões de extrema importância, tal como a saúde pública.

A experiência e os conhecimentos adquiridos permitiram concluir que a Águas de Viseu, S.A. é uma entidade de extrema importância no concelho de Viseu, e que prima pela exigência nos seus serviços de forma a oferecer aos seus consumidores um serviço de qualidade.

Relativamente à frequência do estágio, considero que a experiência e os conhecimentos adquiridos foram de carácter positivo. A integração na entidade e os objetivos do estágio foram alcançados com sucesso, tendo contribuído para tal a amabilidade de todos os trabalhadores e orientadores.

Através da realização deste estágio, foi possível efetuar uma caracterização da água bruta, recorrendo a análises efetuadas na Albufeira de Fagilde durante o período de estágio, em que se verificou que a qualidade desta não era a melhor a partir do mês de maio, podendo concluir ainda que a qualidade da mesma nos dias de hoje deve ser péssima devido à grande redução de caudal que esta sofreu nos últimos meses, o que proporcionará uma maior diluição dos poluentes, oriundos de descargas de águas residuais urbanas ou industriais.

Com base nos quadros resumo das classificações obtidas pelos dois critérios de classificação do meio hídrico em estudo, constata-se que as descargas a montante da captação afetam de uma forma muito negativa a qualidade das águas da albufeira, levando a que esta seja classificada na Classe A3 (i.e., pior classe), de acordo com o anexo I do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, sendo a água presente nesta de fraca qualidade (Classe D), sendo os parâmetros maioritariamente responsáveis, o CBO<sub>5</sub> e pH, o que comprovou mais uma vez a descarga de efluentes urbanos a montante da captação. Estes impactos negativos na qualidade da água na albufeira aumentam significativamente entre a amostragem de fevereiro de 2017 e a de maio de 2017. Estas variações temporais são influenciadas pelos diferentes níveis de precipitação, radiação solar e temperatura da água e do ar para cada período o qual influenciam a concentração dos parâmetros físicos e químicos na qualidade da água.

Deste modo, a melhoria da qualidade das águas bruta que entra na ETA de Nesprido/Fagilde só será possível se houver um esforço para reduzir a carga poluente das descargas Industriais e urbanas na Albufeira de Fagilde. Outro aspeto a considerar como importante será a limpeza das margens do rio de modo a reduzir a carga orgânica, evitando assim a formação de THM na primeira fase de tratamento (pré-oxidação).

Relativamente ao Sistema de Tratamento é de ressaltar que a ETA de Nesprido/Fagilde é a instalação de tratamento de água para consumo humano mais antiga do Concelho (1980). Como tal, trata-se de uma infraestrutura antiga, que apesar de ter sofrido uma remodelação em 1997, possui equipamentos envelhecidos, mas em boas condições de funcionamento, uma vez que foram ao longo do tempo sujeitos a manutenção preventiva, de acordo com o plano de manutenção da entidade Águas de Viseu S.A.. Esta instalação trata toda a água que é fornecida a Viseu, fornecendo também em alta os concelhos de Mangualde, Nelas e Penalva do Castelo, em que se verifica, pelos resultados das análises apresentadas neste relatório, que se trata de uma água com muito boa qualidade, estando situada entre as classes de muito boa a excelente. Desta forma, considero que o tratamento utilizado nesta instalação é o adequado, uma vez que permite obter uma água com qualidade. No entanto, poderiam ser melhoradas algumas condições, nomeadamente no que se refere à utilização de reagentes. Assim, uma das propostas para melhoria seria a substituição do pré-tratamento com Cloro por um pré tratamento com ozono, o que se tornava bastante vantajoso, pois existiria uma menor concentração de THM na água para consumo humano. Outra medida era a utilização de membranas (e.g. ultrafiltração) no tratamento realizado na eta de Fagilde, uma vez que são mais adaptáveis as variações de qualidade e quantidade da água a tratar, tal como acontece frequentemente na Albufeira de Fagilde.

Outra medida a ser imposta, e não menos importante era a construção de um tanque de tratamento de lamas, uma vez que estas estão carregadas de alumínio e outros reagentes usados e são libertadas para a ribeira do Dão, sem nenhum tratamento.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, M. G. L. da S. F. de. (2005). *Contribuição para o estudo da avaliação de instalações de tratamento de águas: desenvolvimento de um algoritmo de cálculo automático algoritmo* (Tese de doutoramento). Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Almeida, P. A. R. (2009). *Avaliação de desempenho de estações de tratamento de água para consumo humano* (Tese de doutoramento). Universidade do Algarve, Algarve.
- Antunes, P. B. (2013). Apontamentos da disciplina de tratamento de águas. Instituto politécnico de Viseu.
- APA. (2007). Plano estratégico de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais. Obtido de [https://www.apambiente.pt/\\_zdata/Planeamento/PEAASAR.pdf](https://www.apambiente.pt/_zdata/Planeamento/PEAASAR.pdf)
- APA. (2017a). Monitorização / Normas de qualidade da água. Obtido 24 de Junho de 2017, de <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=15&sub3ref=93>
- APA. (2017b). Planos de Ordenamento de Albufeiras. Obtido 20 de Setembro de 2017, de <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=10&sub3ref=96>
- Baudin, I., Chevalier, M. R., Anselme, C., Cornu, S., & Laîné, J. M. (1997). L'Apié and Vigneux case studies: First months of operation. *Desalination*, 113(2), 273–275. [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(97\)00140-9](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(97)00140-9)
- Beamonte Córdoba, E., Casino Martínez, A., & Veres Ferrer, E. (2010). Water quality indicators: Comparison of a probabilistic index and a general quality index. The case of the Confederación Hidrográfica del Júcar (Spain). *Ecological Indicators*, 10(5), 1049–1054. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.01.013>

## REFERÊNCIAS

- Braga, F. P. (2014). *Avaliação de desempenho de uma estação de tratamento de água do município de juiz de fora-mg* (Tese de licenciatura). Faculdade de Engenharia da UFJF, Juiz de Fora. Obtido de <http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TFC-Fernando-Pinto-Braga-2014.pdf>
- Brandão, A. R. B. (2015). *Modelos estatísticos para a caracterização e previsão de parâmetros indicadores da qualidade da água: aplicação ao rio Ave* (Tese de Mestrado). Universidade do Minho, Minho. Obtido de <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/36091>
- Carvalho, C. R. de, & Cardoso, A. T. (2004). [HIDROGEST-DÃO Project - Integrated management of water resources [Portugal]]. Obtido de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PT2006000035>
- Carvalho, H. R. F. (2014, Setembro 30). *Redução de perdas reais de água em sistemas de abastecimento de água. Definição de critérios para delimitação de zonas de medição e controlo* (Tese de Mestrado). Universidade do Porto, Porto. Obtido de <http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/74771>
- Cassini, A. S. (2008). *Estudo de Processos Alternativos no Pré-tratamento de Efluentes Provenientes da Produção de Isolados Protéicos* (Tese de doutoramento). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Obtido de <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp059532.pdf>
- Castro, I. L. R. de. (2015). *Elaboração de Ferramentas para Avaliar a Eficiência de Tratamento de uma ETA – ETA de S. Jorge* (Tese de Mestrado). Universidade de Trás Dos Montes e Alto Douro, Vila Real. Obtido de [https://repositorio.utad.pt/bitstream/10348/6026/1/msc\\_ilrcastro.pdf](https://repositorio.utad.pt/bitstream/10348/6026/1/msc_ilrcastro.pdf)

- Cleto, C. I. T. P. (2008). *O alumínio na água de consumo humano* (Tese de Mestrado). Universidade da beira interior, covilhã. Obtido de <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/2842/1/TESE%20FINAL.pdf>
- Climate-data.org. (2017, Agosto 12). Obtido 12 de Agosto de 2017, de <https://pt.climate-data.org/location/130/>
- David, L. C. L. (2015, Junho 18). *Modelação da qualidade da água em sistemas públicos de abastecimento* (Tese de Mestrado). Escola superior de tecnologia e gestão de Leiria, Leiria. Obtido de <http://iconline.ipleiria.pt/handle/10400.8/2533>
- Decreto Regulamentar n.º 9/2002. Decreto Regulamentar n.º 9/2002, Pub. L. No. 51, § I Série-B, 1695 (2002). Obtido de <https://dre.pt/application/conteudo/254186>
- Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, Pub. L. No. 176, § I Série-A, 3676-3722 (1998). Obtido de <https://dre.pt/application/conteudo/430457>
- Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto, Pub. L. No. 164, § I Série-A, 5747-5765 (2007). Obtido de <https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2007/08/16400/0574705765.pdf>
- Decreto-Lei n.º 107/2009. Decreto-Lei n.º 107/2009, Pub. L. No. 94, § 1ª secção, 3014 (2009). Obtido de <https://dre.pt/application/conteudo/608704>
- Delpla, I., Jung, A.-V., Baures, E., Clement, M., & Thomas, O. (2009). Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. *Environment International*, 35(8), 1225–1233. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.07.001>
- EPA. (2001). *Parameters of water quality Interpretation and Standards*. Ireland: Environmental Protection Agency.
- EPA. (2015). *National Primary Drinking Water Regulations*. Ireland: Environmental Protection Agency.
- ERSAR. (2016). *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal: Controlo da qualidade da água para consumo humano*. Lisboa: Entidade Reguladora de Serviços de

## REFERÊNCIAS

- Águas e Resíduos. Obtido de [http://www.ersar.pt/pt/site-comunicacao/site-noticias/documents/rasarp2016\\_volume\\_2.pdf](http://www.ersar.pt/pt/site-comunicacao/site-noticias/documents/rasarp2016_volume_2.pdf)
- ERSAR. (2017). Recomendação ERSAR n.º 01/2017. Obtido de <http://www.ersar.pt/pt/o-que-fazemos/recomendacoes>
- Ferreira, J., Leitão, T., Oliveira, M., Rocha, J., & Barbosa, A. (2009). *Protecção das origens superficiais e subterrâneas nos sistemas de abastecimento de água*. (Entidade reguladora dos serviços de águas e Resíduos, Vol. 11). Europress,Lda. Obtido de <http://www.ersar.pt/pt/publicacoes/publicacoes-tecnicas/guias>
- Gadgil, A. (1998). Drinking water in developing countries. *Energy Environ*, 86, 253–286.
- Gomes, J. M. C. (2011). *Contribuição para o estudo de sistemas de tratamento de água a adoptar em zonas economicamente desfavorecidas* (masterThesis). FCT - UNL. Obtido de <https://run.unl.pt/handle/10362/5654>
- Heller, L., & Padua, V. L. (2006). *Abastecimento de água para consumo humano* (1.ª ed., Vol. 2). Belo horizonte: Editora UFMG. Obtido de <https://www.passeidireto.com/arquivo/20971615/heller-e-padua--abastecimento-de-agua-para-consumo-humano-volume-2>
- Inácio, S. T. (1995). *Análise físico e química de águas e produtos para tratamentos de águas* (Tese de Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Santa catarina. Obtido de <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/96498>
- INE. (2011). Instituto Nacional de estatística. Obtido 20 de Novembro de 2017, de <http://mapas.ine.pt/map.phtml>
- ISO 5667-4. Water quality — Sampling — Part 4: Guidance on sampling from lakes, natural and man-made, Pub. L. No. 5667, § 2ª, 4 (2016). Obtido de [https://webstore.ansi.org/Previews/PREVIEW\\_ISO+5667-4-2016.pdf](https://webstore.ansi.org/Previews/PREVIEW_ISO+5667-4-2016.pdf)

- López-Maldonado, E. A., Oropeza-Guzman, M. T., Jurado-Baizaval, J. L., & Ochoa-Terán, A. (2014). Coagulation–flocculation mechanisms in wastewater treatment plants through zeta potential measurements. *Journal of Hazardous Materials*, 279, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.06.025>
- Martins, T. (2014). *Contribuição para o estudo da avaliação de instalações de tratamento de águas. Desenvolvimento de um algoritmo de cálculo automático* (Tese de Mestrado). Bragança: Instituto politécnico de Bragança. Obtido de [https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/9311/1/Sistemas%20de%20Abastecimento%20de%20A%CC%81gua%20para%20Consumo%20Humano\\_versa%CC%83o%20final.pdf](https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/9311/1/Sistemas%20de%20Abastecimento%20de%20A%CC%81gua%20para%20Consumo%20Humano_versa%CC%83o%20final.pdf)
- Medina, A. E. C. M. (2015, Julho 30). *Implementação de planos de controlo de qualidade de água para consumo humano*. Obtido de <http://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/16798?mode=full>
- Mendes, B. S., & Santos, J. F. O. (2004). *Qualidade da água para consumo humano*. Lidel.
- Meyer, S. T. (1994). Chlorine use in water disinfection, trihalomethane formation, and potential risks to public health. *Cadernos de Saúde Pública*, 10(1), 99–110. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X1994000100011>
- Monteiro, H. M. M. (2010). *Abastecimento público de água no concelho de Vila Real: caracterização e regime de qualidade aplicável* (Tese de Mestrado). Universidade de Trás dos Montes e Alto Douro, Trás dos Montes. Obtido de <http://repositorio.utad.pt//handle/10348/589>
- Multidirect | Tintometer -Lovibond. (2017). Obtido 11 de Julho de 2017, de <http://www.lovibond.com/umwelt/photometer/multidirect>
- Oliveira, B. S. S. de. (2013). *Qualidade da água associada á vulnerabilidade climática e riscos sanitários no baixo rio Jarí-AP* (Tese de Mestrado). Universidade Federal do Amapá,

## REFERÊNCIAS

- Macapá. Obtido de [http://www2.unifap.br/cambientais/files/2014/01/TCC-BRUNNA\\_CIENCIAS-AMBIENTAIS-2009.pdf](http://www2.unifap.br/cambientais/files/2014/01/TCC-BRUNNA_CIENCIAS-AMBIENTAIS-2009.pdf)
- OpenStreetMap. (2017). Obtido 6 de Julho de 2017, de <https://www.openstreetmap.org/>
- Owen, G., Bandi, M., Howell, J. A., & Churchouse, S. J. (1995). Economic assessment of membrane processes for water and waste water treatment. *Journal of Membrane Science*, 102, 77–91. [https://doi.org/10.1016/0376-7388\(94\)00261-V](https://doi.org/10.1016/0376-7388(94)00261-V)
- Pavanelli, G. (2001, Julho 23). *Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada*. (text). Universidade de São Paulo. <https://doi.org/10.11606/D.18.2001.tde-21012003-084719>
- PDM. (2013). *Proposta de revisão do Plano Diretor Municipal de Viseu-Avaliação Ambiental Estratégica* (Relatório Ambiental). Viseu: Camera Municipal de Viseu. Obtido de [https://www.cm-viseu.pt/doc/PDM\\_Novo/16-Avaliacao%20Ambiental%20Estrategica-Relatorio%20Ambiental.pdf](https://www.cm-viseu.pt/doc/PDM_Novo/16-Avaliacao%20Ambiental%20Estrategica-Relatorio%20Ambiental.pdf)
- Primavesi, O., Freitas, A. R. de, Primavesi, A. C., & Oliveira, H. T. de. (2002). Water quality of the Canchim's creek watershed in São Carlos, SP, Brazil, occupied by beef and dairy cattle activities. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 45(2), 209–217. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132002000200013>
- Roccaro, P., Mancini, G., & Vagliasindi, F. G. A. (2005). Water intended for human consumption — Part I: Compliance with European water quality standards. *Desalination*, 176(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2004.11.010>
- Rodrigues, H. de J. A. (2008). *Evolução da qualidade das origens de água e limites de aplicabilidade de sistemas convencionais de tratamento de águas. Soluções de reabilitação - Monte novo e roxo* (Tese de Mestrado). Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. Obtido de [https://run.unl.pt/bitstream/10362/5139/1/Rodrigues\\_2008.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/5139/1/Rodrigues_2008.pdf)

- Rubim, C. (2013, Maio 2). REVISTA TAE - Ação dos floculadores [Ação dos floculadores].  
Obtido 28 de Junho de 2017, de <http://www.revistatae.com.br/5464-noticias>
- Santana, F., Almeida, G., Martins, S., & Correia, M. (1998). *Metodologia de avaliação do funcionamento de estações de tratamento de águas para o abastecimento público*. Universidade Nova de Lisboa. Obtido de [http://snirh.pt/snirh/download/relatorios/eta\\_avaliacao.pdf](http://snirh.pt/snirh/download/relatorios/eta_avaliacao.pdf)
- Sardinha, D. de S., Conceição, F. T. da, Souza, A. D. G. de, Silveira, A., De Julio, M., & Gonçalves, J. C. de S. I. (2008). Evaluation of the water quality and auto-purification from the meio stream, Leme (SP). *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 13(3), 329–338.  
<https://doi.org/10.1590/S1413-41522008000300013>
- Silva, A. E. P., Angelis, C. F., Machado, L. A. T., & Waichaman, A. V. (2008). Impacts of precipitation on the water quality of the Purus River. *Acta Amazonica*, 38(4), 733–742.  
<https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000400017>
- Silva, R. F. M. (2015, Setembro 21). *Desenvolvimento de estratégias de segmentação de redes de abastecimento de água. Aplicação ao caso de Viana do Castelo* (Tese de Mestrado). Universidade do Porto, Porto. Obtido de <http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/80101>
- Simas, L. (1997). Água para Consumo Humano - Perspectivas Gerais sobre as suas Características e o seu Tratamento. *Boletim da Sociedade Portuguesa da Química*, (67), 15–20.
- Simas, L., Gonçalves, P., Lopes, J., & Alexandre, C. (2005). *Controlo da qualidade da água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento* (Entidade reguladora dos serviços de águas e Resíduos, Vol. 6). Europress,Lda. Obtido de <http://www.ersar.pt/pt>

## REFERÊNCIAS

- SNIRH. (sem data). SNIRH > Dados Sintetizados. Obtido 12 de Setembro de 2017, de [http://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=1&idItem=1.5&idISubtem=ANUARIO\\_MAISESTACOES&sel\\_codigo=10K/03](http://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=1&idItem=1.5&idISubtem=ANUARIO_MAISESTACOES&sel_codigo=10K/03)
- Sousa, A. L. S. (2013, Maio 24). *Aplicação da avaliação do ciclo de vida a duas estações de tratamento de água da região Norte : ETA de Queimada e ETA de Areias de Vilar* (Tese de Mestrado). Universidade do Porto, Porto. Obtido de <http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/60534>
- Souto, M. A. M., Okada, M. M., Okada, I. A., & Dovidauskas, S. (2006). The nitrate determination in water by UV spectrophotometry: uses and precautions. *Revista do Instituto Adolfo Lutz (Impresso)*, 65(1), 66–70.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition.* (1998). APHA American Public Health Association. Obtido de [https://www.mwa.co.th/download/file\\_upload/SMWW\\_1000-3000.pdf](https://www.mwa.co.th/download/file_upload/SMWW_1000-3000.pdf)
- Tavares, M. C. M. (2013). *Colheita e Análise de Águas de Consumo, Piscinas e Residuais* (Tese de Mestrado). Instituto politécnico de Leiria, Leiria. Obtido de [http://www.portaldoconhecimento.gov.cv/bitstream/10961/3783/1/Relatorio\\_estagio.docx.pdf](http://www.portaldoconhecimento.gov.cv/bitstream/10961/3783/1/Relatorio_estagio.docx.pdf)
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., Stensel, H. D., Metcalf, & Eddy. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse* (4<sup>o</sup>). Califórnia: McGraw-Hill.
- Teixeira, M. M. da C. G. R. (2001). *Ultrafiltração no tratamento de águas para consumo humano* (Tese de Mestrado). Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. Obtido de [http://w3.ualg.pt/~mribau/Textos/TeseMSc\\_M\\_R\\_Teixeira.pdf](http://w3.ualg.pt/~mribau/Textos/TeseMSc_M_R_Teixeira.pdf)
- US EPA, O. (2015, Novembro 30). National Primary Drinking Water Regulations [Overviews and Factsheets]. Obtido 22 de Junho de 2017, de <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulations>

- Valente, J. P. S., Padilha, P. M., & Silva, A. M. M. (1997). Dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD) and chemical oxygen demand (COD) as pollution parameters in the Lavapés/Botucatu - SP brook. *Eclética Química*, 22, 49–66. <https://doi.org/10.1590/S0100-46701997000100005>
- Vila-Boas, P. R. (2008). *Modelação de uma rede de distribuição de água* (Tese de Mestrado). Universidade do Porto, Porto. Obtido de <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58016/1/000129459.pdf>
- Weatheronline. (2017, Setembro 12). Obtido 12 de Setembro de 2017, de <https://www.weatheronline.pt/weather/maps/city?LANG=pt&WMO=08560&ART=SPRE&CONT=ptpt&R=0&LEVEL=150&REGION=0005&LAND=PO&NOREGION=1&MOD=&TMX=&TMN=&SON=&PRE=&MONAT=&OFFS=&SORT=&MM=02&YY=2017&WEEK=2>
- weglin, M., Canonina, C., Mechener, K., Fleishemann, T., Pesaro, F., & Metzler, A. (1994). Solar water disinfection: Scope of the process and analysis of radiation experiments (PDF Download Available). *Journal of Water Supply: Research and Technology*, pp. 154–169.
- WHO | Water and sanitation. (2015). Obtido 24 de Junho de 2017, de [http://www.who.int/gho/mdg/environmental\\_sustainability/en/](http://www.who.int/gho/mdg/environmental_sustainability/en/)
- WHO. (2017). WHO | Diseases and risks. Obtido 24 de Junho de 2017, de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases-risks/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases-risks/en/)
- WHO | Water-related diseases. (2017). Obtido 25 de Junho de 2017, de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases-risks/diseases/dengue/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases-risks/diseases/dengue/en/)



## **ANEXOS**



## ANEXO 1

### **Doenças**

### *Quadro de doenças associadas à má qualidade da água*



Quadro 35-A1: Principais doenças causadas pelo consumo de água não tratada ou tratada indevidamente.

Fonte: adaptado de EPA (2015).

<b>Microrganismos</b>		
<b>Contaminante</b>	<b>Efeitos potenciais para a saúde decorrentes da exposição a longo prazo</b>	<b>Fontes de contaminantes</b>
Cryptosporidium	Doenças gastrointestinais (tais como diarreia, vômitos e cólicas)	Resíduos fecais humanos e animais
Giardia lamblia	Doenças gastrointestinais (tais como diarreia, vômitos e cólicas)	Resíduos fecais humanos e animais
Contagem de placas heterotróficas (HPC)	HPC não tem efeitos sobre a saúde; É um método analítico usado para medir a variedade de bactérias que são comuns na água. Quanto menor a concentração de bactérias na água potável, melhor é mantido o sistema de água.	HPC mede uma série de bactérias que estão naturalmente presentes no ambiente
legionella	Doença do Legionário, um tipo de pneumonia	Encontrado naturalmente na água; Multiplica em sistemas de aquecimento
coliformes totais (incluindo coliformes fecais e E. coli )	Não é uma ameaça para a saúde em si mesmo; Ele é usado para indicar se outras bactérias potencialmente prejudiciais podem estar presentes <sup>5</sup>	Os coliformes estão naturalmente presentes no ambiente; Bem como fezes; Coliformes fecais e E. coli só vêm de resíduos fecais humanos e animais.
Turbidez	Turbidez é uma medida da turvação da água. É usado para indicar a qualidade da água e a eficácia da filtração (como se os organismos causadores de doenças estão presentes). Níveis de turbidez mais elevados são frequentemente associados a níveis mais elevados de microrganismos que causam doenças, tais como vírus, parasitas e algumas bactérias. Estes organismos podem causar sintomas como náuseas, cólicas, diarreia e dores de cabeça associadas.	Escoamento do solo
Vírus (entéricos)	Doenças gastrointestinais (tais como diarreia, vômitos e cólicas)	Resíduos fecais humanos e animais

<b>Desinfetantes</b>		
<b>Contaminante</b>	<b>Efeitos potenciais para a saúde decorrentes da exposição a longo prazo Acima do MCL (a menos que especificado como curto prazo)</b>	<b>Fontes de contaminantes na água potável</b>
<b>Cloraminas (como Cl<sub>2</sub>)</b>	Irritação ocular / nasal; Desconforto no estômago, anemia	Aditivo de água usado para controlar micróbios
<b>Cloro (como Cl<sub>2</sub>)</b>	Irritação ocular / nasal; Desconforto no estômago	Aditivo de água usado para controlar micróbios
<b>O dióxido de cloro (como ClO<sub>2</sub>)</b>	Anemia; Lactentes e crianças pequenas: efeitos no sistema nervoso	Aditivo de água usado para controlar micróbios

## ANEXO 1

<b>Sub produtos de desinfecção</b>		
<b>Contaminante</b>	<b>Efeitos potenciais para a saúde decorrentes da exposição a longo prazo</b>	<b>Fontes de contaminantes na água potável</b>
Bromato	Aumento do risco de câncer	Subproduto da desinfecção da água potável
Clorito	Anemia; Lactentes e crianças pequenas: efeitos no sistema nervoso	Subproduto da desinfecção da água potável
Os ácidos haloacéticos (HAA5)	Aumento do risco de câncer	Subproduto da desinfecção da água potável
Trihalometanos totais (TTHMs)	Problemas do fígado, do rim ou do sistema nervoso central; Aumento do risco de câncer	Subproduto da desinfecção da água potável

<b>Produtos químicos inorgânicos</b>		
<b>Contaminante</b>	<b>Efeitos potenciais para a saúde decorrentes da exposição a longo prazo Acima do MCL (a menos que especificado como curto prazo)</b>	<b>Fontes de contaminantes na água potável</b>
Antimônio	Aumento do colesterol no sangue; Diminuição do açúcar no sangue	Descarga de refinarias de petróleo; Retardadores de fogo; cerâmica; eletrônicos; solda
Arsênio	Danos na pele ou problemas com sistemas circulatórios e pode ter maior risco de contrair câncer	Erosão de depósitos naturais; Escoamento de pomares, escoamento de vidro e resíduos de produção eletrônica
Amianto (fibra > 10 micrómetros)	Aumento do risco de desenvolver pólipos intestinais benignos	Decadência de amianto-cimento em rede de água; Erosão de depósitos naturais
Bário	Aumento da pressão arterial	Descarga de resíduos de perfuração; Descarga de refinarias metálicas; Erosão de depósitos naturais
Berílio	Lesões intestinais	Descarga de refinarias de metais e fábricas de queima de carvão; Descarga de eletricidade, aeroespacial e indústrias de defesa
Cádmio	Danos nos rins	Corrosão de tubos galvanizados; Erosão de depósitos naturais; Descarga de refinarias metálicas; Escoamento de resíduos de baterias e tintas
Cromo (total)	Dermatite alérgica	Descarga de aço e fábricas de celulose; Erosão de depósitos naturais

<b>Produtos químicos inorgânicos</b>		
<b>Contaminante</b>	<b>Efeitos potenciais para a saúde decorrentes da exposição a longo prazo Acima do MCL (a menos que especificado como curto prazo)</b>	<b>Fontes de contaminantes na água potável</b>
Cobre	Exposição de curta duração: Distúrbio gastrointestinal Exposição prolongada: danos no fígado ou rins Pessoas com doença de Wilson devem consultar seu médico pessoal se a quantidade de cobre em sua água excede o nível de ação	Corrosão dos sistemas de encanamento doméstico; Erosão de depósitos naturais
Cianeto (como cianeto livre)	Dano no nervo ou problemas de tireóide	Descarga de aço / metal fábricas; Descarga de fábricas de plástico e fertilizantes
Fluoreto	Doença óssea (dor e sensibilidade dos ossos); As crianças podem ter dentes manchados	Aditivo de água que promovedentes mais fortes; Erosão de depósitos naturais; Descarga de fertilizantes e fábricas de alumínio
Chumbo	Lactentes e crianças: Atrasos no desenvolvimento físico ou mental; As crianças podem apresentar déficits ligeiros na capacidade de atenção e nas capacidades de aprendizagem  Adultos: Problemas renais; pressão alta	Corrosão dos sistemas de encanamento doméstico; Erosão de depósitos naturais
Mercúrio (inorgânico)	Danos nos rins	Erosão de depósitos naturais; Descarga de refinarias e fábricas; Escoamento de aterros e terrenos agrícolas
Nitrato (medido como azoto)	Crianças com idade inferior a seis meses que bebem água contendo nitrato em excesso do MCL podem ficar gravemente doentes e, se não tratadas, podem morrer. Os sintomas incluem falta de ar e síndrome do bebê azul.	Escoamento do uso de fertilizantes; Vazamento de fossas sépticas, esgoto; Erosão de depósitos naturais
Nitrito (medido como Nitrogênio)	Crianças com menos de seis meses de idade que bebem água contendo nitrito em excesso do MCL podem ficar gravemente doentes e, se não tratadas, podem morrer. Os sintomas incluem falta de ar e síndrome do bebê azul.	Escoamento do uso de fertilizantes; Vazamento de fossas sépticas, esgoto; Erosão de depósitos naturais

<b>Produtos químicos inorgânicos</b>		
<b>Contaminante</b>	<b>Efeitos potenciais para a saúde decorrentes da exposição a longo prazo Acima do MCL (a menos que especificado como curto prazo)</b>	<b>Fontes de contaminantes na água potável</b>
Selênio	Perda de cabelo ou unha; Dormência nos dedos das mãos ou dos pés; Problemas circulatórios	Descarga de refinarias de petróleo; Erosão de depósitos naturais; Descarga das minas
Tálio	Perda de cabelo; Alterações no sangue; Rim, intestino ou problemas hepáticos	Lixiviação de minérios; Descarga de eletrônicos, vidro e fábricas de drogas
<b>Produtos químicos orgânicos</b>		
<b>Contaminante</b>	<b>Efeitos potenciais para a saúde decorrentes da exposição a longo prazo Acima do MCL (a menos que especificado como curto prazo)</b>	<b>Fontes de contaminantes na água potável</b>
Acrilamida	Sistema nervoso ou problemas sanguíneos; Aumento do risco de câncer	Adicionada à água durante o tratamento de esgoto / esgoto
Alachlor	Problemas de olho, fígado, rim ou baço; anemia; Aumento do risco de câncer	Escorrimento do herbicida utilizado em cultivos em fileiras
Atrazina	Sistema cardiovascular ou problemas reprodutivos	Escorrimento do herbicida utilizado em cultivos em fileiras
Benzeno	Anemia; Diminuição das plaquetas sanguíneas; Aumento do risco de câncer	Descarga das fábricas; Lixiviação de tanques de armazenamento de gás e aterros sanitários
Benzo (a) pireno (HAP)	Dificuldades reprodutivas; Aumento do risco de câncer	Lixiviação de revestimentos de tanques de armazenamento de água e linhas de distribuição
Carbofurano	Problemas com sangue, sistema nervoso ou sistema reprodutivo	Lixiviação de fumigante de solo utilizado em arroz e alfafa
Tetracloro de carbono	Problemas hepáticos; Aumento do risco de câncer	Descarga de fábricas de produtos químicos e outras atividades industriais
Clordano	Problemas do fígado ou sistema nervoso; Aumento do risco de câncer	Resíduo de termiticida proibido
Clorobenzeno	Problemas de fígado ou rins	Descarga de fábricas químicas e químicas agrícolas
2,4-D	Problemas de rim, fígado ou glândula adrenal	Escorrimento do herbicida utilizado em cultivos em fileiras

<b>Produtos químicos orgânicos</b>		
<b>Contaminante</b>	<b>Efeitos potenciais para a saúde decorrentes da exposição a longo prazo Acima do MCL (a menos que especificado como curto prazo)</b>	<b>Fontes de contaminantes na água potável</b>
Dalapon	Alterações renais menores	Escorrimento do herbicida utilizado nos direitos de passagem
Adicionou-se 1,2-dibromo-3-cloropropano (DBCP)	Dificuldades reprodutivas; Aumento do risco de câncer	Escorrimento / lixiviação de fumigante de solo usado em soja, algodão, abacaxi e pomares
O-diclorobenzeno	Problemas do fígado, rim ou sistema circulatório	Descarga de fábricas de produtos químicos
P-diclorobenzeno	Anemia; Danos no fígado, rins ou baço; Mudanças no sangue	Descarga de fábricas de produtos químicos industriais
1,2-Dicloroetano	Aumento do risco de câncer	Descarga de fábricas de produtos químicos industriais
1,1-Dicloroetileno	Problemas do fígado	Descarga de fábricas de produtos químicos industriais
Cis-1,2-dicloroetileno	Problemas do fígado	Descarga de fábricas de produtos químicos industriais
Trans-1,2-dicloroetileno	Problemas do fígado	Descarga de fábricas de produtos químicos industriais
Diclorometano	Problemas hepáticos; Aumento do risco de câncer	Descarga das fábricas de fármacos e fármacos
1,2-Dicloropropano	Aumento do risco de câncer	Descarga de fábricas de produtos químicos industriais
Adicionou-se adipato de di (2-etil-hexilo)	Perda de peso, problemas hepáticos ou possíveis dificuldades reprodutivas	Descarga de fábricas químicas
Di (2-etil-hexil) ftalato	Dificuldades reprodutivas; Problemas hepáticos; Aumento do risco de câncer	Descarga de fábricas de borracha e produtos químicos
Dinoseb	Dificuldades reprodutivas	Escorrimento do herbicida usado em soja e legumes
Dioxina (2,3,7,8-TCDD)	Dificuldades reprodutivas; Aumento do risco de câncer	Emissões provenientes da incineração de resíduos e de outras combustões. Quitação de fábricas de produtos químicos
Diquat	Cataratas	Escorrimento do uso de herbicidas
Endothall	Problemas estomacais e intestinais	Escorrimento do uso de herbicidas
Endrina	Problemas do fígado	Resíduo de inseticida proibido
Epicloridrina	Aumento do risco de câncer e durante um longo período de tempo, problemas de estômago	Descarga de fábricas químicas industriais; Uma impureza de alguns produtos químicos de tratamento de água
Etilbenzeno	Problemas do fígado ou dos rins	Descarga de refinarias de petróleo
Dibrometo de etileno	Problemas com fígado, estômago, sistema reprodutivo ou rins; Aumento do risco de câncer	Descarga de refinarias de petróleo
Glifosato	Problemas renais; Dificuldades reprodutivas	Escorrimento do uso de herbicidas
Heptacloro	Dano ao fígado; Aumento do risco de câncer	Resíduo de termiticida proibido

## ANEXO 1

Heptacloro epóxido	Dano ao fígado; Aumento do risco de câncer	Repartição do heptacloro
Hexaclorobenzeno	Problemas de fígado ou rins; Dificuldades reprodutivas; Aumento do risco de câncer	Descarga de refinarias de metais e fábricas de produtos químicos agrícolas
Hexaclorociclopentadieno	Problemas renais ou estomacais	Descarga de fábricas químicas
Lindane	Problemas de fígado ou rins	Escorrimento / lixiviação do inseticida utilizado em bovinos, madeira, jardins
Metoxiclor	Dificuldades reprodutivas	Escorrimento / lixiviação do inseticida utilizado em frutas, legumes, alfafa, gado
Oxamilo (Vydate)	Efeitos ligeiros do sistema nervoso	Escoamento / escoamento do inseticida utilizado em maçãs, batatas e tomates
Bifenilos policlorados (PCBs)	Alterações na pele; Problemas da glândula timo; Deficiências imunológicas; Dificuldades no sistema reprodutivo ou nervoso; Aumento do risco de câncer	Escoamento de aterros sanitários; Descarga de resíduos químicos
Pentaclorofenol	Problemas de fígado ou rins; Aumento do risco de câncer	Descarga de fábricas de preservação da madeira
Picloram	Problemas do fígado	Escoamento de herbicidas
Simazine	Problemas com o sangue	Escoamento de herbicidas
Estireno	Problemas do fígado, rim ou sistema circulatório	Descarga de fábricas de borracha e plástico; Lixiviação de aterros sanitários
Tetracloroetileno	Problemas hepáticos; Aumento do risco de câncer	Descarga de fábricas e tinturarias
Tolueno	Problemas do sistema nervoso, do rim ou do fígado	Descarga de fábricas de petróleo
Toxafeno	Problemas de rim, fígado ou tireóide; Aumento do risco de câncer	Escorrimento / lixiviação do inseticida utilizado no algodão e no gado
2,4,5-TP (Silvex)	Problemas do fígado	Resíduo de herbicida proibido
1,2,4-Triclorobenzeno	Alterações nas glândulas supra-renais	Descarga de fábricas de acabamento têxtil
1,1,1-Tricloroetano	Fígado, sistema nervoso ou problemas circulatórios	Descarga de locais de desgorduramento de metais e outras fábricas
1,1,2-Tricloroetano	Problemas do fígado, rim ou sistema imunológico	Descarga de fábricas de produtos químicos industriais
Tricloroetileno	Problemas hepáticos; Aumento do risco de câncer	Descarga de locais de desgorduramento de metais e outras fábricas
Cloreto de vinilo	Aumento do risco de câncer	Lixiviação de tubos de PVC; Descarga de fábricas de plástico
Xilenos (total)	Danos no sistema nervoso	Descarga de fábricas de petróleo; Quitação de fábricas de produtos químicos



## **ANEXO 2**

### **Procedimentos** *Parâmetros medidos in Situ*



## ANEXO 2

### *INDIÇE*

*1. Temperatura, humidade e vento.*

*2. pH, Temperatura, O<sub>2</sub> dissolvido, oxidação-redução, condutividade*



## 1. Temperatura, humidade e vento.

As condições climatéricas, temperatura, humidade e vento, foram medidos com auxílio de um anemómetro da marca *kestrel*, modelo 4000. Este anemómetro possui todas as funções de monitoramento de vento e clima, além da vantagem distinta do armazenamento de dados, funções gráficas e tecnologia de interface do computador. Com estas opções adicionais pode-se registrar mudanças no clima ao longo do tempo, ver essas mudanças como gráficos na tela do *Kestrel 4000* e até mesmo carregar os dados para o PC com a Interface *Kestrel*.

Na figura 32-A2, está representado o anemómetro *Kestrel 4000*.

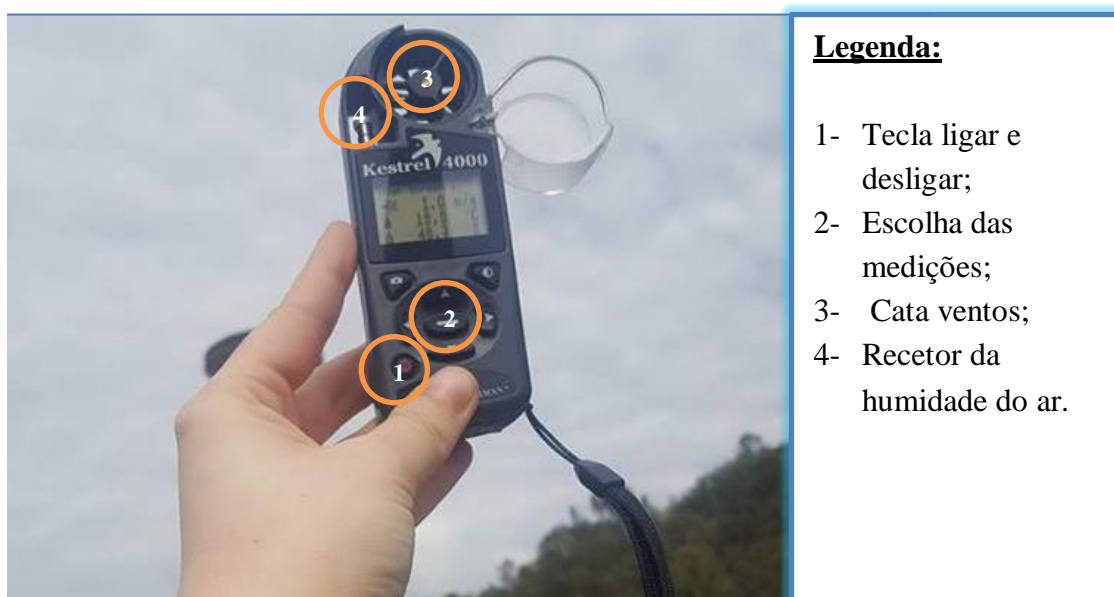


Figura 32-A2: Anemómetro *Kestrel 4000*.

### Procedimento de medição:

- 1) Pressionar a tecla ligar e desligar;
- 2) Selecionar os métodos que queremos medir, sendo eles, o vento, a temperatura e a humidade;
- 3) Posicionar o anemómetro na direção do vento;
- 4) Registrar os valores;
- 5) Desligar o anemómetro na tecla ligar/desligar.

## 2.pH, Temperatura, O<sub>2</sub> dissolvido, oxidação-redução, condutividade

A determinação dos parâmetros pH, Temperatura da amostra, O<sub>2</sub> dissolvido, Oxidação-Redução e Condutividade, foram efetuadas no mesmo diapositivo. O diapositivo usado foi um Equipamento analisador da marca *Hach Lange*, com o modelo *HQ 40 D*. Os *HQ* são medidores digitais que oferecem um portfólio completo de parâmetros eletroquímicos para ser medido, graças à ampla gama de sondas disponíveis. Estes aparelhos oferecem assim a flexibilidade máxima na medição e facilidade de uso, uma vez detetam automaticamente o valor de cada parâmetro na amostra.

Existem sondas padrão e robustas disponíveis para o pH, condutividade, O<sub>2</sub> Dissolvido, entre outros. Simplesmente conecte a sonda ao medidor e será detetado automaticamente a sonda de cada parâmetro.

Na figura 33-A2 está representado o equipamento analisador da marca *Hach Lange*.

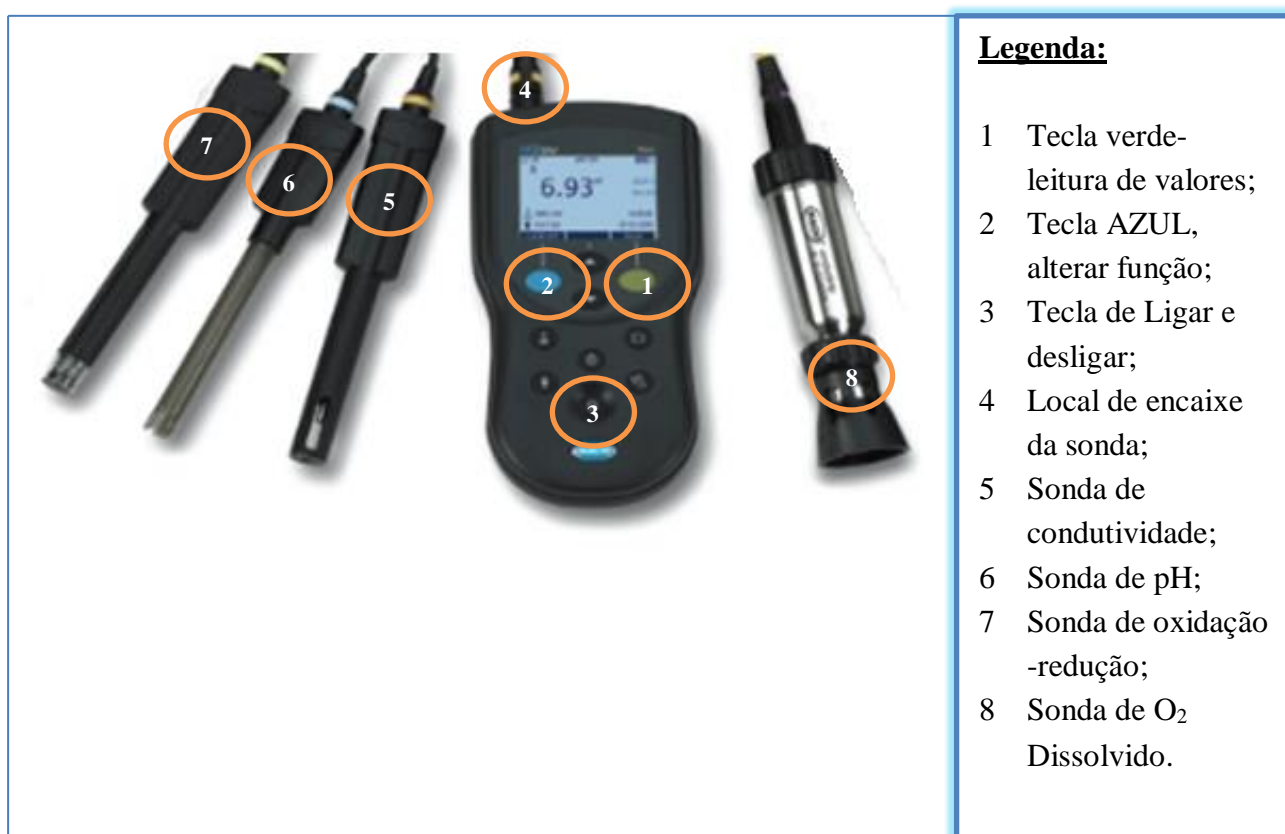


Figura 33-A2: Analisador Automático, com as sondas paramétricas

**Procedimento de medição:**

- 1) Antes de realizar qualquer medição assegure-se de que o equipamento está devidamente funcional, analisando a respetiva etiqueta de verificação/calibração;
- 2) Ligar o analisador premindo a tecla ON/OFF;
- 3) Colocar a sonda no local de encaixe da sonda;
- 4) Colocar a sonda na amostra;
- 5) Carregar no botão verde de leitura;
- 6) Registrar o valor;
- 7) Desligar o aparelho na tecla ON/OFF.



## **ANEXO 3**

### **Procedimentos** *Parâmetros medidos in Lab.*



ANEXO 3

## **INDIÇE**

***1.CBO5***

***2.SST***

***3.Alumínio, Manganês e alcalinidade***

***4.Ferro***

***5.Amónia***

***6. CQO***

***7. COT***

***8. Nitratos***



## 1.CBO<sub>5</sub>

A determinação da carência bioquímica é importante na medida que nos dá a quantidade de oxigênio dissolvido, que é consumido durante a oxidação biológica aeróbia da matéria orgânica e/ou inorgânica, contida na amostra após a incubação.

### **Materiais:**

- ✓ Sistema Oxitop de medição;
- ✓ Sistema de agitação indutiva;
- ✓ Incubadora (temperatura 20°C±1);
- ✓ Garrafas castanhas para a amostra (510mL);
- ✓ Agitadores magnéticos;
- ✓ Removedor de agitadores magnéticos;
- ✓ Recipientes de medição apropriados;
- ✓ Borracha para suporte de hidróxido de sódio;
- ✓ Hidróxido de sódio em pastilhas;
- ✓ Inibidor de nitrificação;
- ✓ Solução de nutrientes;
- ✓ Inoculo.

### **Procedimento de medição:**

- 1) Lavar os frascos de inoculação com a amostra (evitar a contaminação externa);
- 2) Colocar o volume da amostra de acordo com a informação fornecida (depende das suas características +/- poluído);
- 3) Transferir o volume das soluções de nutrientes, de acordo com o volume das amostras;
- 4) Adicionar o inibidor de nitrificação de acordo com o volume de amostra, para não haver consumo de CO<sub>2</sub> que transforme a amônia em nitritos e os nitritos em nitratos;
- 5) Adicionar 3mL de inóculo aonde estão presentes as bactérias;
- 6) Colocar o agitador magnético dentro da garrafa;
- 7) Inserir a peça de borracha no gargalo do frasco;
- 8) Colocar pastilhas de NaOH na peça da borracha, de maneira a absorverem o CO<sub>2</sub> libertado;
- 9) Colocar as cabeças de oxitop nos frascos e deixar repousar durante cerca de 20min para que haja libertação de gás.
- 10) Apertar as cabeças oxitop diretamente nas garrafas das amostras e iniciar a medição;
- 11) Manter a incubação durante 5 dias a 20°C;
- 12) Efetuar a leitura dos valores e converter nos valores de CBO<sub>5</sub>.

## 2.SST

Uma amostra bem agitada é filtrada através de um filtro de fibra de vidro padrão previamente pesado e o resíduo retido no filtro é seco até peso constante a 103-105°C.

A diferença de peso representa os sólidos suspensos totais. Se o material em suspensão colmatar o filtro ou prolongar demasiado a filtração, pode ser necessário aumentar o diâmetro do filtro ou diminuir o volume da amostra. Para obter uma estimativa dos SST, calcular a diferença entre os sólidos dissolvidos totais (SDT) e os sólidos totais (ST).

### **Materiais:**

- ✓ Filtros de fibra de vidro;
- ✓ Cadinhos filtrantes;
- ✓ Estufa de secagem;
- ✓ Balança analítica;
- ✓ Exsicador e sílica desidratada;
- ✓ Pipetas volumétricas de boca larga e pompete;
- ✓ Placa de agitação e magnete;
- ✓ Sistema de vácuo, erlenmeyer com capacidade para o volume de amostra, junta de gucco e trompa de vácuo.

### **Procedimento de medição:**

- 1) Preparação do filtro de fibra de vidro;
- 2) Seleção do filtro e do volume de amostra;
- 3) Iniciar a filtração a vácuo através do humedecimento do filtro com água destilada para o assentar;
- 4) Pipetar um volume de amostra para o filtro (neste caso foram usados 200mL);
- 5) Continuar a sucção 3 min após a filtração;
- 6) Desligar o sistema de vácuo;
- 7) Colocar a secar numa estufa a 103-105°C;
- 8) Após o arrefecimento no exsicador pesar o cadinho com o filtro e determinar a quantidade de SST na amostra, através da seguinte equação (2-5).

$$mg \frac{SST}{L} = \frac{(A-B)*1000}{Volume da amostra} \quad (2-5) \text{ em que,}$$

- A- peso do filtro + cadinho + resíduo seco,( mg);  
 B- peso do filtro + cadinho,( mg).

### 3. Alumínio, Manganês e alcalinidade

A determinação dos parâmetros Alumínio, Manganês e alcalinidade, foram efetuadas no mesmo diapositivo. O diapositivo usado foi um fotômetro da marca *Lovibond*, sendo o seu modelo *PC multiDirect*. O *multi direct* é um fotômetro moderno, controlado por microprocessador com teclado agronomicamente projetado e display gráfico de grande formato. Ele tem uma variedade de métodos pré-programados com base no intervalo dos reagentes *Lovibond* comprimidos, testes de ampolas e reagentes em pó (i.e., packs em pó). Neste equipamento é possível armazenar os nossos próprios métodos. O funcionamento deste baseia-se na tecnologia de feixe duplo, utilizando um canal de referência interna a qual garante a precisão mais elevada («Multidirect | Tintometer -Lovibond», 2017).

Na figura 34-A3, está esquematizado o equipamento anteriormente descrito.

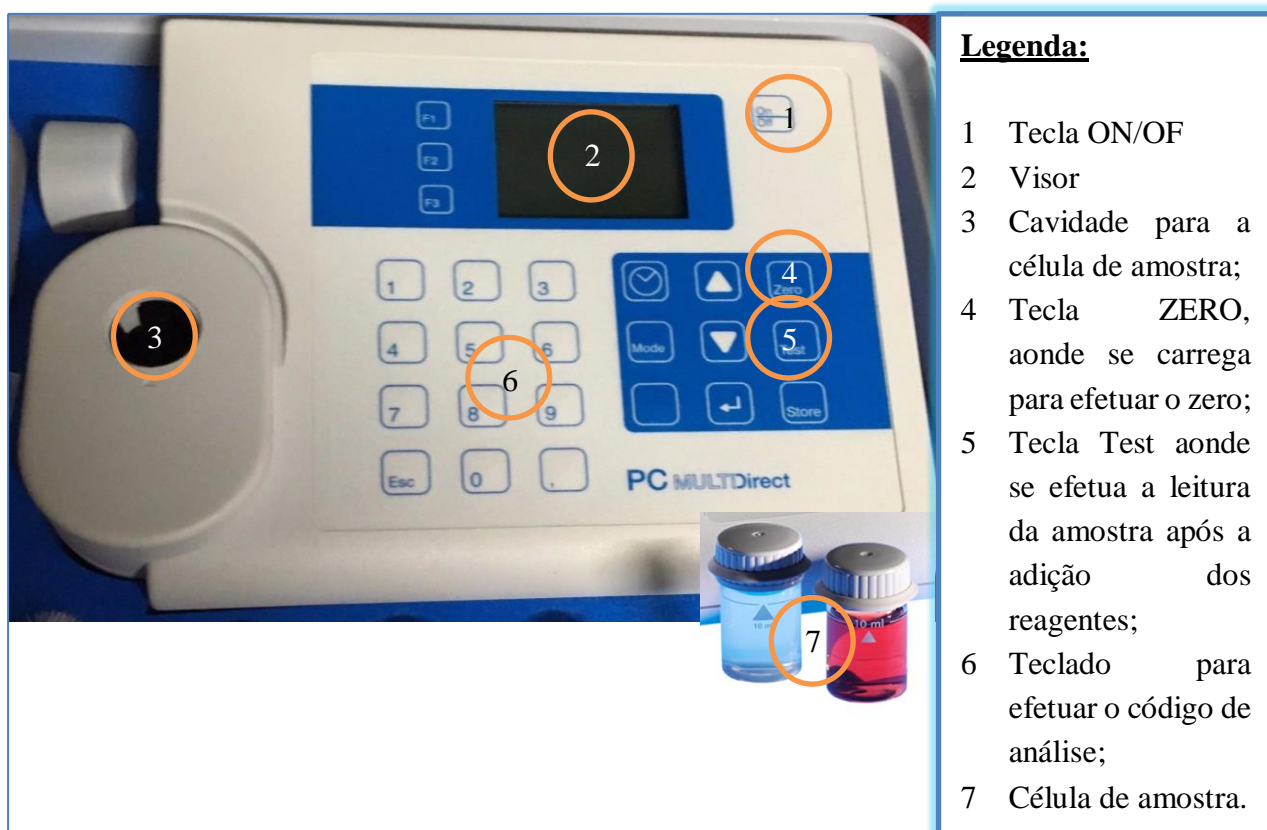


Figura 34-A3: Equipamento analisador da marca *Lovibond*, Modelo *multi direct*.

**Procedimento de medição:**

- 1) Antes de realizar qualquer medição assegure-se de que o equipamento está devidamente funcional, analisando a respetiva etiqueta de verificação/calibração;
- 2) Ligar o analisador premindo a tecla ON/OFF; digitar o código correspondente a cada análise;
- 3) Lavar a célula com a água da amostra a analisar, com o auxílio de uma pipeta encher a célula com 10 ml da amostra, limpar e secar bem a célula;
- 4) Introduzir a célula na cavidade do analisador com a seta devidamente alinhada;
- 5) Efetuar o zero da amostra premindo a tecla ZERO/TEST;
- 6) No visor do analisador aparece a indicação Al a piscar, terminando com a indicação 0.00;
- 7) Retirar a célula da cavidade do analisador, inserir e esmagar o reagente N° 1, dissolvendo-o completamente;
- 8) Em seguida, inserir e esmagar o reagente N°2, dissolvendo-o completamente;
- 9) Fechar e limpar bem a célula;
- 10) Colocar a célula na cavidade do analisador para efetuar a leitura;
- 11) Premir a tecla ZERO/TEST e aguardar 5 minutos, há exceção do teste de alcalinidade que dá logo o valor;
- 12) No visor do analisador aparece o valor em mg/L;
- 13) Desligar o analisador premindo a tecla ON/OFF;
- 14) Lavar a célula com água destilada;

## 4.Ferro

O parâmetro ferro foi determinado num fotômetro da marca *Lovibond*, do modelo *PC II*. O *PC II* foi projetado para análises versáteis de água. Este é alimentado a partir da rede ou pela bateria, o instrumento pode ser usado sempre que houver um requisito para análise.

Na figura 35-A3, está representado o fotômetro da *Lovibond PC II*.



Figura 35-A3: Fotômetro *Lovibond PC II*.

### **Procedimento de medição:**

- 1) Antes de realizar qualquer medição assegure-se de que o equipamento está devidamente funcional, analisando a respetiva etiqueta de verificação/calibração;
- 2) Ligar o analisador premindo a tecla ON/OFF; e carregar na tecla correspondente a análise em questão;
- 3) Lavar a célula com a água da amostra a analisar, com o auxílio de uma pipeta encher a célula com 10 ml da amostra, limpar e secar bem a célula;
- 4) Introduzir a célula na cavidade do analisador com o círculo devidamente alinhado;
- 5) Efetuar o zero da amostra premindo a tecla ZERO;

- 6) No visor do analisador aparece a indicação Al a piscar, terminando com a indicação 0.00;
- 7) Retirar a célula da cavidade do analisador, inserir e esmagar o reagente, dissolvendo-o completamente;
- 8) Fechar e limpar bem a célula;
- 9) Colocar a célula na cavidade do analisador para efetuar a leitura;
- 10) Premir a tecla TEST e aguardar 5 minutos, há exceção do teste de alcalinidade que dá logo o valor;
- 11) No visor do analisador aparece o valor em mg/L;
- 12) Desligar o analisador premindo a tecla ON/OFF;
- 13) Lavar a célula com água destilada.

## 5. Amónia

O parâmetro amónia foi determinado no espectrofotómetro da marca *Lange*, modelo *DR 5000*. O Espectrofotómetro *DR 5000* é um espectrofotómetro completo de varrimento UV/VIS com uma gama de comprimento de onda entre 190 e 1100nm.

O Espectrofotómetro *DR 5000* fornece leituras digitais diretas nas unidades de concentração, absorvância ou transmitância. Quando é selecionado um método criado pelo utilizador ou programado, os menus e pedidos de informação no ecrã acompanham o utilizador ao longo do teste. Este sistema de menus também pode ser utilizado para criar relatórios, avaliações estatísticas das curvas de calibração criadas e para informar os resultados dos testes de diagnóstico do instrumento.

Na Figura 36-A3, encontra-se o espectrofotómetro *DR 5000*.

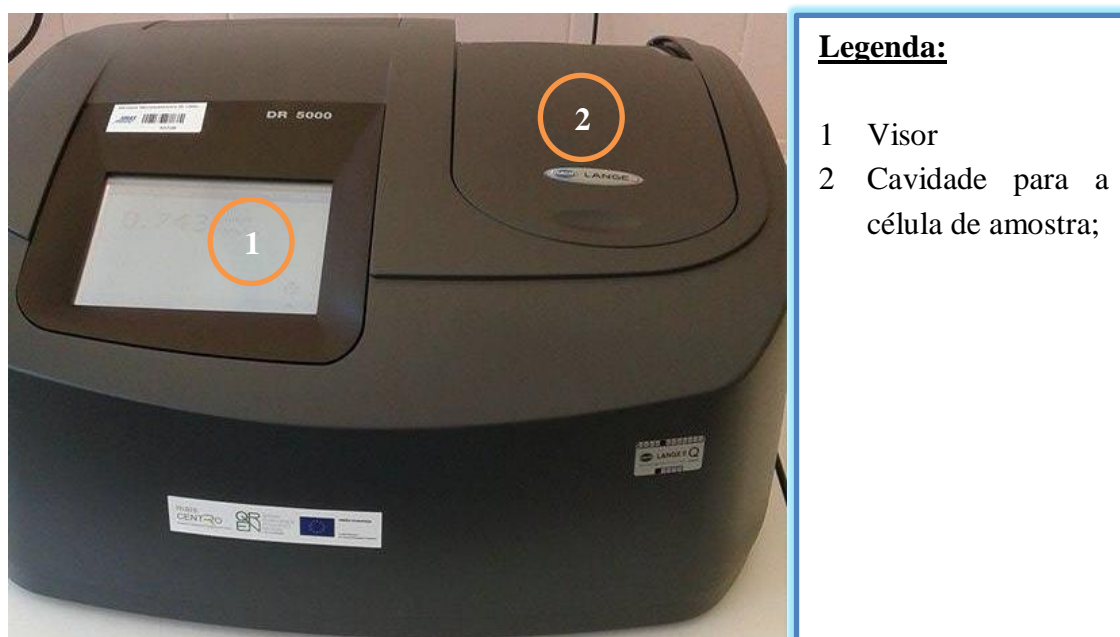


Figura 36-A3: Espectrofotómetro *DR 5000*.

**Procedimento de medição:**

- 1) Antes de realizar qualquer medição assegure-se de que o equipamento está devidamente funcional, analisando a respetiva etiqueta de verificação/calibração;
- 2) Ligar o analisador premindo a tecla ON/OFF;
- 3) Preparação da célula da amostra, a qual contém já um reagente pré-preparado;
- 4) Colocar 5 ml na célula de amostra, tampar e agitar vigorosamente;
- 5) Limpar e secar bem a célula;
- 6) Abrir a tampa do equipamento e introduzir a célula na cavidade do analisador, com o código de barras devidamente alinhado;
- 7) Fechar a tampa e programar o tempo para 15min.
- 8) Ao fim de 15min, colocar a célula de amostra num barril de plástico para que depois a empresa de transporte de resíduos perigosos a possa transportar.

**6. CQO**

O parâmetro CQO foi determinado no mesmo equipamento utilizado para a determinação do ferro, mas com uma nuance de que nesta análise as amostras tiveram que sofrer uma digestão, antes de se iniciar a leitura no espectrofotómetro. Esta digestão foi efetuada num digestor da marca *Lange*, modelo *HT 200 S*, a uma temperatura de 175°C durante 15min.

Na figura 37-A3, encontram-se os equipamentos usados para a medição deste parâmetro.



Figura 37-A3: Digestor *Lange HT 200 S* e o espectrofotómetro *Lange DR 5000*.

**Procedimento de medição:**

- 1) Antes de realizar qualquer medição assegure-se de que o equipamento está devidamente funcional, analisando a respetiva etiqueta de verificação/calibração;
- 2) Ligar o analisador premindo a tecla ON/OFF;
- 3) Preparação da célula da amostra, a qual contém já um reagente pré-preparado (agitação da célula de amostra);
- 4) Colocar 2 ml de amostra na célula de amostra, tampar e agitar vigorosamente;
- 5) Limpar e secar bem a célula;
- 6) Colocar a célula da amostra no digestor durante 15 min a uma temperatura de 175°C;
- 7) No final retirar a célula da amostra e coloca-la a arrefecer;
- 8) Quando estiver fria, abrir a tampa do espectrofotómetro a célula na cavidade do analisador, com o código de barras devidamente alinhado;
- 9) Fechar a tampa e aguardar a leitura (dá instantaneamente);
- 10) No final colocar a célula de amostra num barril de plástico para que depois a empresa de transporte de resíduos perigosos a possa transportar.

**7. COT**

O parâmetro COT foi determinado no analisador *TOC-L* da marca *Shimadzu*. O *TOC-L* é um equipamento que quantifica as concentrações de carbono total (total carbon – TC), carbono inorgânico (inorganic carbono – IC) e carbono orgânico total (total organic carbono – TOC) em soluções aquosas. Esta medição é efetuada por oxidação catalítica a 680°C.

Na Figura 38-A3, encontra-se representado o analisador *TOC-L* da marca *Shimadzu*.

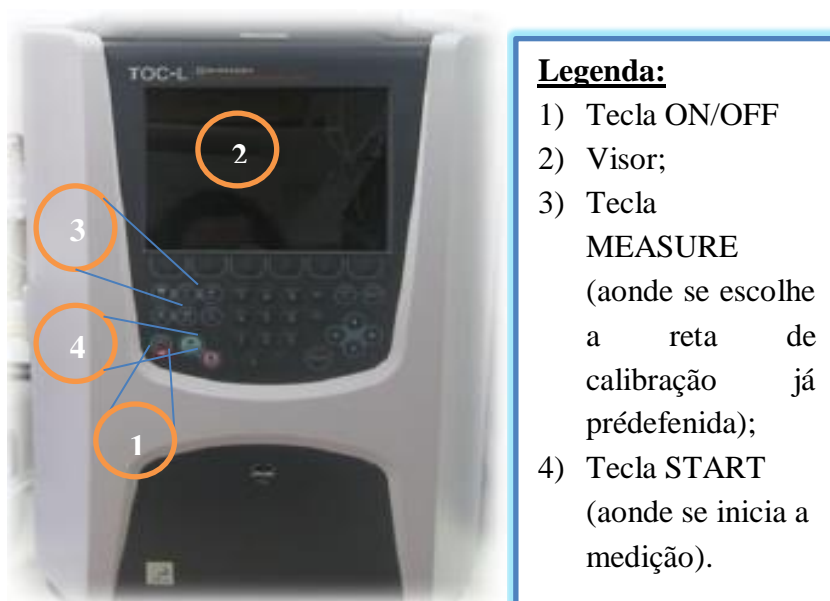


Figura 38-A3: Analisador *TOC-L* da marca *Shimadzu*.

**Procedimento de medição:**

- 1) Antes de realizar qualquer medição assegure-se de que o equipamento está devidamente funcional, analisando a respetiva etiqueta de verificação/calibração;
- 2) Ligar o analisador premindo a tecla ON/OFF;
- 3) Carregar na tecla MEASURE e escolher a reta de calibração ( reta n.º2)
- 3) Colocar uma pequena porção de amostra num goblé;
- 4) Colocar a sonda dentro do goblé e carregar na tecla START;
- 5) Limpar e secar bem a sonda com água destilada;

## **8. Nitratos**

O Parâmetro nitrato foi determinado com auxílio de um espectrofotómetro na gama do ultravioleta e visível, o qual foi projetado para quantificar as propriedades óticas de várias amostras líquidas nas faixas de luz ultravioleta nas gamas de 220nm e 275nm. A medição da absorvência na gama de 220nm permite rápidas determinações de nitratos, isto porque a matéria dissolvida também pode absorver a 220nm e os nitratos não absorvem. Uma segunda medição a 275nm é usada apenas para corrigir o valor da concentração de nitratos.

**Materiais:**

- ✓ Água desionizada;
- ✓ Solução Stock de nitratos;
- ✓ Solução intermédia de nitrato;
- ✓ Esguicho;
- ✓ 2 Frascos de vidro;
- ✓ Balões volumétricos de 50ml;

**Procedimento de medição:**

- 1) Preparação da solução stock de nitratos: Secar o nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ) numa estufa a 105 °C durante 24 horas; Dissolver 0,7218g em água e diluir para 1000 ml. Preservar com 2 ml de clorofórmio  $\text{CHCl}_3/\text{L}$ . Resta salientar que esta solução é estável durante 6 meses.
- 2) Preparação da solução intermédia de nitratos: Diluir 100 ml da solução stock de nitratos em 1000ml com água. Preservar 2 ml de clorofórmio  $\text{CHCl}_3/\text{L}$ . Resta salientar que esta solução também é estável por 6 meses.
- 3) Preparação da curva padrão: Preparar os padrões para calibração, num intervalo de 0 a 7mg  $\text{NO}_3^-/\text{N/L}$ , diluindo para balões de 50 ml. Os padrões usados foram 1, 2, 4,5 e 7mg  $\text{NO}_3^-/\text{N/L}$ . De seguida deve ser adicionado 1 ml de HCL e fazer a leitura na gama dos 220 nm e 275 nm.
- 4) Preparar as amostras para a leitura: Adicionar 50 ml de amostra a um balão volumétrico e adicionar um 1 ml de HCL e fazer a sua leitura na gama dos 220 nm e 275 nm.

- 5) Por fim, traçar a curva de calibração e determinar a concentração de nitratos na solução.



## **ANEXO 4**

### **Procedimento** *Recolha de amostras na torneira do consumidor*



### **Procedimento de medição**

Segundo a Recomendação ERSAR n.º 1/2017, o procedimento para a colheita de amostras de água para consumo humano em sistemas de abastecimento compreende as seguintes etapas:

1. Retirar os possíveis acessórios das torneiras ou da boca-de-incêndio (filtros, mangueiras ou outras ligações);
2. Abrir até o máximo e depois, fechar repentinamente, isto para retirar qualquer sujidade e permitir o escoamento total da água da tubagem (caso seja necessário analise ao chumbo, níquel e cobre, deve-se fazer a recolha antes da primeira descarga);
4. Verificar se a água é de consumo (medir o cloro), isto para evitar transtornos futuros;
3. Encher um frasco e medir temperatura até se obter um valor constante e apontar no papel, guardando posteriormente o frasco na mala térmica, para que depois seja comparada a temperatura no ato da análise e quando esta chegar ao laboratório;
4. Para análises de parâmetros microbiológicos, deve-se proceder a desinfeção do ponto de amostragem. A desinfeção deve ser feita utilizando álcool a 70%, usando algodão embebido limpa-se toda a área possivelmente contaminada durante 2 a 3min, isto se as torneiras forem de plástico, caso contrário a torneira deve ser preferencialmente flamejada.
5. Após esse tempo, deve-se abrir e deixar correr a água com fluxo máximo durante 5 a 10s, depois deve-se reduzir o fluxo e deixá-la correr por forma a eliminar possíveis vestígios de desinfetante;
6. A recolha de amostras para análise de parâmetros microbiológicos deve ser feita usando frascos devidamente esterilizados, deve-se evitar tocar com dedos e com a torneira nas paredes interiores do frasco e da tampa; ao encher o frasco este não deverá ficar totalmente cheio;
7. Logo após encher o frasco estéril e sem fechar a torneira, proceder à colheita das amostras nos frascos destinados à análise dos diferentes parâmetros físico-químicos e de seguida nos frascos para os parâmetros radioativos, utilizando os frascos apropriados e seguindo as instruções fornecidas pelo laboratório responsável pelo respetivo controlo analítico. O escoamento da água deve manter-se constante durante a colheita.
8. Por último, proceder à determinação imediata dos parâmetros a analisar no local: o pH e o teor em desinfetante residual. Registrar o valor das determinações no local na folha de registo da amostragem, devendo ser estes os resultados a considerar nos dados da qualidade da água comunicados à ERSAR.
9. Todos os frascos de colheita devem ser devidamente identificados, de modo a que sejam facilmente rastreáveis à folha de registo da amostragem. Colocar os frascos das amostras em ambientes de transporte refrigerados ou malas térmicas devidamente limpas e com acumuladores de frio, de modo a garantir a correta refrigeração das amostras, até à entrega no laboratório. A quantidade de acumuladores de frio dependerá da quantidade de frascos em cada mala térmica, da duração do percurso até ao laboratório e da temperatura ambiente. Entregar as amostras no laboratório o mais rapidamente possível, devendo cumprir com os prazos de entrega estabelecidos nas instruções do laboratório.



## ANEXO 5

**Normas da Qualidade da água para consumo humano**  
*Valores paramétricos ( Decreto-Lei n.º306/200, de 27 de agosto)*



## ANEXO 5

Quadro 36-A5: Valores paramétricos na torneira do consumidor, segundo o Decreto-Lei n.º306/2007, de 27 de agosto.

Fonte: adaptado de Castro (2015).

Parâmetro	Comentário	Valor paramétrico
Controlo de Rotina 1		
Bactérias coliformes	Bactérias que se encontram largamente distribuídas no ambiente e dão uma medida muito sensível da qualidade microbiológica.	0ufc/100mL
*Cloro residual	O cloro é adicionado a água para assegurar que esta fica isenta de bactérias patogénicas. Tem-se como objetivo evitar que existam altas concentrações de cloro residual livre no abastecimento, de forma a minimizar cheiro e sabor associados	0,2 – 0,6
E. coli Bacterias indicadoras	Bacterias indicadoras de contaminação fecal.	0ufc/100mL
Controlo de rotina 2		
Alumínio	Ocorre naturalmente em muitas origens de água. Os sais de alumínio podem ser usados no processo de tratamento da água, sendo posteriormente removidos ao longo do processo.	200µg/L Al
Amónio	Presente naturalmente em algumas origens de água.	0,50mg/L NH <sub>4</sub>
Nº de colónias a 22°C	As colónias detetadas a 22°C correspondem, geralmente as bactérias presentes naturalmente na água tendo pouco significado na saúde pública, podem no entanto ser de grande importância no controlo de qualidade de bebidas e alimentos.	100N/mL a 22°C
Nº de colónias a 37°C	As colónias detetadas a 37°C quando comparadas com as colónias a 22°C podem ser um bom indicador de qualidade. Podem dar uma indicação precoce duma deterioração da qualidade da água, (ou súbitas mudanças na sua qualidade), antes mesmo que as bactérias coliformes ou outras bactérias indicadoras, sejam detetadas.	20N/mL a 37°C
Condutividade	E uma medida da capacidade da água em conduzir corrente elétrica e uma medida do conteúdo dos sais minerais dissolvidos	2500µS/cm a 20°C
Clostridium perfringens	Bactérias indicadoras de contaminação fecal	0 N/100mL

## ANEXO 5

Parâmetro	Comentário	Valor paramétrico
	Controlo de rotina 2	
Côr	A água deve ser transparente e clara mas a matéria orgânica pode ocasionalmente conferir um leve tom amarelado as águas com origem superficial. O valor paramétrico e dado apenas por razoes estéticas.	20mg/L PtCo
pH	Uma medida da acidez ou alcalinidade da água; pH 7,0 e neutro. As águas, preferencialmente, devem ser ligeiramente alcalinas, isto e pH entre 7,5 a 8,0, para proteger as canalizações dos fenómenos da corrosão.	$\geq 6,5 \leq 9,0$
Ferro	Ocorre naturalmente em algumas origens subterrâneas. A presença de ferro também pode ser atribuída a fenómenos de corrosão do sistema de distribuição. O valor paramétrico foi estabelecido por razoes estéticas (sabor e cor).	200 $\mu$ g/L Fe
Manganês	Ocorre naturalmente em muitas origens de água. O valor paramétrico foi estabelecido por razoes estéticas, uma vez que o dióxido de manganês confere uma tonalidade negra a água.	50 $\mu$ g/L Mn
Nitratos	O uso como fertilizante agrícola e a principal fonte de nitratos nas águas de abastecimento. A extensão da contaminação pode ser minimizada através de boas práticas agrícolas e com um controlo apropriado das zonas de captação.	50mg/L NO <sub>3</sub>
Nitritos	Ocorrem no meio ambiente com níveis mais baixos que os nitratos.	0,5mg/L NO <sub>2</sub>
Oxidabilidade	Parâmetro usado para avaliar o nível de matéria orgânica na água. Usado no apoio ao controlo operacional do sistema de abastecimento.	5,0mg/L O <sub>2</sub>
Cheiro e sabor	Grupo de técnicos treinados provam e cheiram a água, utilizando diluições sucessivas, até eliminarem todo o cheiro e sabor da água. O valor paramétrico e dado apenas por razoes estéticas.	3 Fator de diluição
Turvação	A turvação e devida a finas partículas, suspensas na água, que causam opacidade.	4UNT

	Algumas vezes as bolhas de ar temporárias dão a água uma aparência leitosa mas esperando uns minutos, a água torna-se clara, do fundo ate a superfície.	
Controlo de inspeção (CI)		
Antimónio	Níveis muito baixos destas substâncias podem ocorrer naturalmente nas águas apos contacto com o solo com constituição geológica especifica. Os valores paramétricos estabelecidos tem em consideração razões relacionadas com a saúde pública, tendo contudo um grande fator de segurança associado.	5,0µg/L Sb
Arsénio		10µg/L As
Benzeno	Pode ocorrer no meio ambiente aquático devido a descargas industriais ou devido a poluição atmosférica.	1,0µg/L
Benzo(a)pireno	Proveniente de revestimentos a base de alcatrão ou betume, aplicados em condutas antigas de ferro.	0,010µg/L
Boro	Níveis muito baixos destas substâncias podem ocorrer naturalmente nas águas apos contacto com o solo com constituição geológica especifica. Os valores paramétricos estabelecidos tem em consideração razões relacionadas com a saúde pública, tendo contudo um grande fator de segurança associado.	1,0mg/L B
Bromatos	Podem ser encontrados caso se use ozono no processo de tratamento.	10µg/L BrO <sub>3</sub>
Cádmio	Níveis muito baixos destas substâncias podem ocorrer naturalmente nas águas apos contacto com o solo com constituição geológica especifica. Os valores paramétricos estabelecidos tem em consideração razões relacionadas com a saúde pública, tendo contudo um grande fator de segurança associado.	5,0µg/L Cd
Chumbo	Não esta presente nas origens de agua, mas pode ser dissolvido apos o contacto da água com a tubagem em chumbo existente em de ramais da rede de distribuição ou nas redes prediais e domesticas.	10µg/L Pb

## ANEXO 5

Parâmetro	Comentário	Valor paramétrico
	Controlo de inspeção (CI)	
Cianetos	Níveis muito baixos destas substâncias podem ocorrer naturalmente nas águas após contacto com o solo com constituição geológica específica. Os valores paramétricos estabelecidos tem em consideração razões relacionadas com a saúde pública, tendo contudo um grande fator de segurança associado.	50µg/L CN
Cobre	Não é encontrado nas origens das águas, mas pode ter proveniência dos materiais das tubagens. Um excesso pode dar origem a um sabor metálico.	2,0mg/L
Crómio	Níveis muito baixos destas substâncias podem ocorrer naturalmente nas águas após contacto com o solo com constituição geológica específica. Os valores paramétricos estabelecidos tem em consideração razões relacionadas com a saúde pública, tendo contudo um grande fator de segurança associado.	50µg/L Cr
1,2-Dicloroetano	Usado em sínteses químicas industriais. Encontrado como poluente nas origens de água.	3,0µg/L
*Dureza total	A dureza total é devida aos sais de cálcio e magnésio dissolvidos na água. Quanto mais dura for a água mais detergentes/ sabão serão necessários para produzir espuma.	150 – 500mg/L CaCO <sub>3</sub>
*Cálcio	Ocorre naturalmente na água após contacto com depósitos minerais e formações rochosas. Contribui para a dureza total da água.	100mg/L Ca
*Magnésio	Ocorre naturalmente na água após contacto com depósitos minerais e formações rochosas. Contribui para a dureza total da água	50mg/L Mg
Enterecocos	Bactérias indicadoras de contaminação fecal.	0ufc/100 mL
Fluoretos	Ocorre naturalmente em muitas origens de água, em concentrações variáveis	1,5mg/L F
Mercúrio	Níveis muito baixos destas substâncias podem ocorrer naturalmente nas águas após contacto com o solo com constituição geológica específica. Os valores paramétricos estabelecidos tem em	1,0µg/L Hg

	consideração razões relacionadas com a saúde pública, tendo contudo um grande fator de segurança associado.	
Parâmetro	Comentário	Valor paramétrico
	Controlo de inspeção (CI)	
Níquel	Ocorre naturalmente na água após contacto com formações geológicas que integrem este metal.	20µg/L Ni
HAP Total	Estes compostos encontram-se em revestimentos a base de alcatrão ou betume usados em condutas de ferro, até meados dos anos setenta. São a soma da concentração dos compostos: Benzo(b)fluoratenos, Benzo(k)fluoratenos, Benzo(ghi)perileno e Indeno(1,2,3-cd)pireno.	0,10µg/L
Selénio	Níveis muito baixos destas substâncias podem ocorrer naturalmente nas águas após contacto com o solo com constituição geológica específica. Os valores paramétricos estabelecidos têm em consideração razões relacionadas com a saúde pública, tendo contudo um grande fator de segurança associado.	10µg/L Se
Tetracloroetano	A presença destes solventes orgânicos e uma indicação de poluição industrial. O valor paramétrico é avaliado com base na média das concentrações anuais.	10µg/L
THM Total	Os trihalometanos são formados por reação do cloro com compostos orgânicos que existem naturalmente na água. São a soma da concentração dos compostos: cloroformio, bromoformio, dibromoclorometano e bromodiclorometano.	100µg/L
Sódio	Ocorre naturalmente na água após esta ter passado por certos depósitos minerais e extratos de rochas. Os sais de sódio são usados de forma genérica nos processos industriais e nas nossas casas. Os descalcificadores domésticos regenerados com sal dão origem a água contendo uma elevada concentração de sódio. As águas provenientes destes tipos de descalcificadores não devem ser	200mg/L Na

## ANEXO 5

	usadas para beber, cozinhar e na preparação de alimentos para bebés.	
Parâmetro	Comentário	Valor paramétrico
	Controlo de inspeção (CI)	
Carbono orgânico Total	Parâmetro usado para avaliar o nível de matéria orgânica na água. Usado no apoio ao controlo operacional do sistema de abastecimento.	Sem alteração anormal (mg/L)
Sulfatos	Dissolvem-se na água após contacto com estruturas geológicas dos solos.	250mg/L SO <sub>4</sub>
Cloretos	O valor paramétrico definido não está relacionado com questões de saúde pública, mas sim para evitar sabor e fenómenos de corrosão.	250mg/L Cl
Alfa-Total		0,5 Bq/l
Beta- Total		1Bq/l
Dose indicativa Total		0,10mSv/ano
Clorpirifos		0,1
Imidaclopride		-

\* Apesar de alguns parâmetros não terem valores quantificados, como a cálcio, o magnésio, a dureza total e o cloro residual, o Decreto-Lei regulamenta os valores médios desejáveis. Sendo que, no caso do cálcio não é desejável que a sua concentração seja superior a 100mg/L Ca, uma vez que corre-se o risco de deteriorar as instalações. Para o magnésio é recomendado não seja superior a 50mg/L Mg e o valor do desinfetante residual deverá estar compreendido entre 0,20 e 0,60mg/L de cloro residual. (Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de agosto, 2007).



## **ANEXO 6**

### **Estatísticas básicas** *Parâmetros medidos no local de amostragem*



Quadro 37-A6: Estatística descritiva do parâmetro pH amostrado na Albufeira de Fagilde.

	fev-17	Diferença	mar-17	Diferença	abr-17	Diferença	mai-17	Diferença
Mínimo	6,8	6,8	6,8	6,8	9,3	9,3	10,4	10,4
Q1 (75%)	6,8	0,0	6,9	0,1	9,4	0,0	10,4	0,0
Media	6,8	0,0	6,9	0,0	9,5	0,2	10,5	0,0
Q3 (25%)	6,9	0,0	7,0	0,2	9,8	0,3	10,5	0,0
Máximo	6,9	0,0	7,1	0,0	9,8	0,0	10,5	0,0

Quadro 38-A6: Estatística descritiva do parâmetro condutividade amostrados na Albufeira de Fagilde

	fev-17	Diferença	mar-17	Diferença	abr-17	Diferença	mai-17	Diferença
Min	55,3	55,3	65,8	65,8	68,0	68,0	94,9	94,9
Q1 (75%)	55,3	0,0	66,2	0,4	68,6	0,6	94,9	0,0
Media	55,4	0,1	66,4	0,2	71,8	3,2	98,0	3,2
Q3 (25%)	55,4	0,0	66,6	0,2	74,8	3,0	101,9	3,9
Max	55,4	0,0	66,7	0,1	74,8	0,0	102,1	0,2

Quadro 39-A6: Estatística descritiva do parâmetro O<sub>2</sub> Dissolvido amostrados na Albufeira de Fagilde.

	fev-17	Diferença	mar-17	Diferença	abr-17	Diferença	mai-17	Diferença
Min	10,1	10,1	9,7	9,7	12,0	11,9	12,6	12,6
Q1 (75%)	10,1	0,0	9,8	0,1	12,1	0,2	12,7	0,0
Med	10,1	0,0	10,2	0,4	12,3	0,3	13,8	1,2
Q3 (25%)	10,1	0,0	10,6	0,4	12,6	0,3	15,0	1,2
Max	10,1	0,0	10,6	0,0	12,6	0,0	15,0	0,0

Quadro 40-A6: Estatística descritiva do parâmetro turvação amostrados na Albufeira de Fagilde.

	fev-17	Diferença	mar-17	Diferença	abr-17	Diferença	mai-17	Diferença
Min	2,4	2,4	1,0	1,0	1,1	1,1	2,4	2,4
Q1 (75%)	2,4	0,0	1,0	0,0	1,5	0,4	3,3	1,0
Med	2,4	0,0	1,0	0,0	3,0	1,5	4,0	0,7
Q3 (25%)	2,4	0,0	1,1	0,1	5,1	2,0	4,4	0,4
Max	2,4	0,0	1,2	0,1	6,6	1,6	5,0	0,6

Quadro 41-A6: Estatística descritiva do parâmetro alcalinidade amostrado na Albufeira de Fagilde

	fev-17	Diferença	mar-17	Diferença	abr-17	Diferença	mai-17	Diferença
Min	13,0	13,0	14,0	14,0	13,0	13,0	17,0	17,0
Q1 (75%)	13,0	0,0	18,5	4,5	14,5	1,5	17,8	0,8
Med	19,0	6,0	20,5	2,0	21,0	6,5	24,5	6,8
Q3 (25%)	20,0	1,0	22,0	1,5	27,3	6,3	32,3	7,8
Max	20,0	0,0	22,0	0,0	31,0	3,8	33,0	0,8

Quadro 42-A6: Estatística descritiva do parâmetro amónia amostrado na Albufeira de Fagilde.

	fev-17	Diferença	mar-17	Diferença	abr-17	Diferença	mai-17	Diferença
Min	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q1 (75%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Med	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
Q3 (25%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
Max	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0

Quadro 43-A6: Estatística descritiva do parâmetro ferro amostrado na Albufeira de Fagilde.

	fev-17	Diferença	mar-17	Diferença	abr-17	Diferença	mai-17	Diferença
Min	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q1 (75%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Med	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Q3 (25%)	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Max	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Quadro 44-A6: Estatística descritiva do parâmetro COT amostrado na Albufeira de Fagilde.

	fev-17	Diferença	mar-17	Diferença	abr-17	Diferença	mai-17	Diferença
Min	4,9	4,9	4,9	4,9	5,8	5,8	8,2	8,2
Q1 (75%)	4,9	0,0	5,1	0,1	5,8	0,0	8,2	0,0
Med	4,9	0,1	5,5	0,4	6,4	0,6	9,2	1,0
Q3 (25%)	5,2	0,3	6,4	0,9	7,6	1,2	10,1	0,9
Max	5,2	0,0	6,7	0,3	8,9	1,3	10,2	0,0

## ANEXO 6

Quadro 45-A6: Estatística descritiva do parâmetro CQO amostrado na Albufeira de Fagilde.

	fev-17	Diferença	mar-17	Diferença	abr-17	Diferença	mai-17	Diferença
Min	6,1	6,1	7,2	7,2	10,4	10,4	15,2	15,2
Q1 (75%)	6,1	0,0	7,4	0,3	10,8	0,4	15,7	0,5
Med	6,4	0,3	7,7	0,3	11,1	0,3	16,9	1,2
Q3 (25%)	7,0	0,6	7,9	0,2	11,4	0,4	17,3	0,4
Max	7,0	0,0	7,9	0,0	11,5	0,1	18,8	1,5

Quadro 46-A6: Estatística descritiva do parâmetro CBO<sub>5</sub> amostrado na Albufeira de Fagilde.

	fev-17	Diferença	mar-17	Diferença	abr-17	Diferença	mai-17	Diferença
Min	4,0	4,0	2,0	2,0	4,0	4,0	6,0	6,0
Q1 (75%)	4,0	0,0	2,8	0,8	5,5	1,5	6,0	0,0
Med	4,0	0,0	6,0	3,3	6,0	0,5	6,5	0,5
Q3 (25%)	4,0	0,0	11,0	5,0	6,5	0,5	9,0	2,5
Max	4,0	0,0	11,0	0,0	8,0	1,5	9,0	0,0

Quadro 47-A6: Estatística descritiva do parâmetro turvação amostrado na Albufeira de Fagilde.

	fev-17	Diferença	mar-17	Diferença	abr-17	Diferença	mai-17	Diferença
Min	50,0	50,0	1,5	1,5	1,5	1,5	5,0	5,0
Q1 (75%)	50,0	0,0	1,5	0,0	3,0	1,5	5,8	0,8
Med	50,0	0,0	3,0	1,5	6,3	3,3	6,3	0,5
Q3 (25%)	50,0	0,0	4,5	1,5	9,9	3,6	7,0	0,8
Max	50,00	0,0	4,5	0,0	11,0	1,1	7,0	0,0



## **ANEXO 7**

### **Plano de Amostragem** *Plano de amostragem na Albufeira de Fagilde*



Quadro 48-A7: Plano de amostragem usado na amostragem de água superficial da Albufeira de Fagilde.

Amostragem de água superficial			
Local de amostragem			
Técnicos			
Condições meteorológicas	Temp.(°C):	Céu limpo ( )	
	Vento (m/s):	Céu nublado ( )	
		Chuva ( )	
Condições do fluxo	Estagnado ( )	Calmo ( )	Lento ( )
Profundidade de recolha (m)			
Aparência da água	Limpida(...)	Com dejetos (...)	Com escórias (...)
	Escura (...)	Com espuma (...)	Colorida (...)
	Outro:		
Presença de odor	Sim ( )	Não ( )	
Amostra de água	Temperatura (°C):		
	pH :		
	O <sub>2</sub> Dissolvido (mg/L O <sub>2</sub> ):		
	Condutividade (µs/cm):		
	Turvação (NTU):		

Observações: \_\_\_\_\_