



Departamento  
de Engenharia Química e Biológica

---

# **Análise microbiológica de lamas ativadas como forma de avaliar o funcionamento de uma ETAR**

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em  
Processos Químicos e Biológicos

**Autor**

**Joana Carvalho Vieira**

**Orientadores**

**Doutor António Luís Pereira do Amaral**

**Doutor Luís Miguel Moura Neves de Castro**

**Supervisor**

**Doutor Mário António Vale e Pina Barreto**

**Águas do Mondego, S.A.**

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

**Coimbra, abril, 2017**



## AGRADECIMENTOS

Começo por agradecer aos meus orientadores internos, Doutor António Luís Amaral e Doutor Miguel Castro pela oportunidade que me deram em realizar o estágio nesta área e por toda a ajuda fornecida, desde cedência de bibliografia, esclarecimento de dúvidas, simpatia e por me terem orientado durante este projeto de forma tão paciente e sempre com toda a sua disponibilidade.

Ao Doutor Pina Barreto, diretor da direção de operação da Águas do Mondego S.A., pela maneira como me recebeu, pelos conselhos dados e por todo o apoio e interesse que sempre teve por este projeto.

Um obrigado muito especial à Dra. Susana Almeida Santos que me ajudou e ensinou toda a parte laboratorial físico-química e pelos conhecimentos transmitidos e disponibilidade para me esclarecer qualquer dúvida e por toda a confiança, amizade e boa disposição demonstradas ao longo deste estágio. Durante estes meses foi um exemplo de profissionalismo e contribuiu muito para o meu crescimento científico.

À Engenheira Sara Fonseca e ao Dr. Paulo Oliveira pela contagiante boa disposição, por todos os momentos de descontração e pela capacidade de me fazerem sorrir em qualquer situação, mesmo nos dias mais cansativos. A vossa amizade foi fundamental durante todo este projeto, criando um ambiente de trabalho excepcional.

Aos Engenheiros João Correia e Roberto Barbosa e ao Dr. Vasco Gravata pelo incentivo, disponibilidade prestados, amizade e companhia.

À equipa do laboratório da Estação de Tratamento de Água (ETA) da Boavista pela hospitalidade com que me acolheram, e aos Senhores Rui Roque, José Guerreiro e Hugo Natário, operadores da Estação de Tratamento de Água Residuais (ETAR) da Conraria pela recolha de amostras, extrema simpatia e disponibilidade demonstradas.

Aos melhores amigos que poderia pedir, Pedro Raimundo, Joana Cunha, Pedro dos Santos, Inês Estêvão e Catarina Carvalho pelos momentos vividos e partilhados, pelo incentivo, amizade e sobretudo paciência com que me aturaram nesta fase importante da minha vida.

Finalmente, um grande agradecimento às pessoas responsáveis pelo sucesso de todo o meu percurso académico, a minha família: à minha mãe, Alice Carvalho, por ser uma guerreira na função de pai e mãe e me ter acompanhado durante todo este percurso, pela enormíssima paciência e compreensão; e aos meus avós, Eugénio Ferreira de Carvalho e Maria Emília de Jesus pelo apoio, amor incondicional, orgulho que sempre tiveram em mim e por sempre me terem encorajado e incentivado ao longo de toda a minha vida. É a eles que dedico este trabalho.



## RESUMO

O presente trabalho experimental resulta de um estágio efetuado na empresa Águas do Mondego, S.A. desenvolvido na ETAR de Conraria, no período compreendido entre novembro de 2013 e julho de 2014.

O seu objetivo consistiu no estudo de alguns parâmetros indicadores da qualidade do efluente final, incluindo parâmetros físico-químicos e microbiológicos associados ao sistema de lamas ativadas (SLA), analisados no afluente da obra de entrada, lamas do tanque de arejamento e efluente da ETAR à saída do tratamento terciário, tais como Sólidos Suspensos Totais, Sólidos Suspensos Voláteis, Carência Química de Oxigénio, Carência Bioquímica de Oxigénio, Carbono Orgânico Total, Azoto Total, protozoários, metazoários e bactérias filamentosas, para uma melhor elucidação do funcionamento da ETAR.

A ETAR de Conraria é uma ETAR convencional de lamas ativadas, com remoção de azoto e coliformes fecais, dimensionada para uma população de cerca de 2000 habitantes. Esta ETAR apresenta tratamento secundário e terciário, descarregando o seu efluente no rio Dueça.

Uma das principais conclusões retiradas reportou-se à elevada eficiência de remoção de azoto, apresentada por esta ETAR, e que originou que o conteúdo em amebas com teca, indiciadoras de fenómenos de nitrificação, fosse bastante elevado. Mesmo tendo em atenção o período em que a turbina de arejamento esteve inoperacional, os resultados obtidos permitiram determinar que o teor em oxigénio dissolvido não deverá ter sido afetado significativamente.

Pôde-se ainda verificar que esta ETAR, durante o período de monitorização, apresentou problemas de sedimentabilidade das lamas decorrentes, muito provavelmente, de uma deficiente estrutura da biomassa agregada. De facto, o conteúdo em microflocos, não facilmente sedimentáveis, revelou ser mais elevado do que o ideal.

Foi ainda possível correlacionar negativamente a densidade aparente dos agregados microbianos com o conteúdo total destes, e positivamente com a percentagem em mesoflocos, com melhores propriedades de sedimentação.

Relativamente aos restantes parâmetros físico-químicos, verificou-se uma estabilidade assinalável da ETAR ao longo do período de monitorização, diminuindo a sua depuração apenas ao fim de longos períodos de arejamento deficiente.

**Palavras chave:** Lamas ativadas; ETAR de Conraria; Protozoários; Bactérias filamentosas;



## ABSTRACT

This experimental work is the result of an internship carried out at the company Águas do Mondego, S.A. developed at the Conraria Waste Water Treatment Plant (WWTP) in the period from November 2013 to July 2014.

Its objective was to study some parameters that indicate the quality of the final effluent, including physical-chemical and microbiological parameters associated to the activated sludge system (SLA), analyzed in the incoming influent, aeration tank sludge and tertiary treatment plant effluent, such as Total Suspended Solids, Volatile Suspended Solids, Chemical Oxygen Demand, Biochemical Oxygen Demand, Total Organic Carbon, Total Nitrogen, protozoa, metazoa and filamentous bacteria, to better explain the operation of the WWTP.

The Conraria WWTP is a conventional activated sludge, with nitrogen removal and fecal coliform removal, designed for a population of 1320 inhabitants, and with a population served with a project horizon of about 2000 inhabitants. This WWTP presents secondary and tertiary treatment, discharging its effluent in the Dueça river.

One of the main conclusions drawn was the high efficiency of nitrogen removal, presented by this WWTP, and that the content of amoebas with teak, indicative of nitrification phenomena, was quite high. Even considering the period in which the aeration turbine was inoperative, the results obtained allowed to determine that the dissolved oxygen content should not have been significantly affected.

It was also possible to verify that this WWTP, during the monitoring period, presented sludge sedimentability problems, most likely due to a poor aggregate biomass structure. In fact, the content in microflocs, not easily sedimented, proved to be higher than ideal.

It was also possible to correlate negatively the apparent density of the microbial aggregates with the total content of these, and positively with the percentage in mesoflocs, with better sedimentation properties.

Regarding the other physico-chemical parameters, there was a remarkable stability of the WWTP during the monitoring period, reducing its purification only after long periods of poor aeration.

**Keywords:** Activated sludge; WWTP of Conraria; Protozoa; Filamentous bacteria;



1.	Introdução .....	1
1.1.	Enquadramento do trabalho .....	1
1.2.	Objetivos do trabalho .....	1
1.3.	Metodologia e organização do relatório de estágio.....	2
2.	Revisão Bibliográfica.....	3
2.1.	Tratamento de águas residuais.....	3
2.2.	Processo de lamas ativadas .....	4
2.3.	Remoção de Azoto .....	6
2.3.1.	Amonificação .....	6
2.3.2.	Nitrificação.....	6
2.3.3.	Desnitrificação .....	7
2.4.	Bactérias.....	7
2.5.	Protozoários .....	12
2.5.1.	Flagelados .....	13
2.5.2.	Ciliados nadadores .....	14
2.5.3.	Ciliados sésseis.....	14
2.5.4.	Ciliados móveis de fundo.....	15
2.5.5.	Ciliados carnívoros.....	16
2.5.6.	Sarcodinas.....	17
2.6.	Metazoários .....	17
2.7.	Problemas relacionados com a sedimentabilidade.....	18
2.7.1.	Flocos <i>pinpoint</i> .....	18
2.7.2.	<i>Bulking</i> .....	18
2.7.3.	<i>Foaming</i> .....	19
2.7.4.	<i>Rising</i> .....	19
2.8.	Estudo de Caso – ETAR de Conraria.....	19
3.	Materiais e Métodos .....	23
3.1.	Amostragem.....	23
3.2.	Reagentes e equipamentos .....	23
3.3.	Análises físicas .....	24
3.4.	Análises químicas.....	24

3.5.	Análises microbiológicas.....	25
3.5.1.	Identificação de bactérias filamentosas.....	25
3.5.2.	Quantificação de protozoários e metazoários .....	25
3.5.3.	Aquisição, processamento e análise de imagem .....	26
4.	Resultados Experimentais e Discussão.....	28
4.1.	Caracterização da evolução dos caudais ao longo do tempo.....	28
4.2.	Caracterização físico-química do afluente.....	28
4.3.	Parâmetros do funcionamento do tanque de arejamento .....	29
4.4.	Caracterização microbiológica do tanque de arejamento .....	31
4.5.	Caracterização físico-química do efluente .....	37
4.6.	Comparação dos parâmetros físico-químicos .....	38
5.	Conclusões Gerais e Sugestões .....	41
	Referências Bibliográficas.....	43
6.	Anexos .....	45
	Anexo A – Protozoários e metazoários .....	45
	Flagelados.....	45
	<i>Euglena sp.</i> .....	45
	Ciliados nadadores .....	45
	Ciliados sésseis.....	46
	Ciliados móveis de fundo.....	47
	Ciliados carnívoros.....	47
	Sarcodinas.....	48
	Metazoários.....	49
	Anexo B – Procedimentos Laboratoriais .....	50
	Determinação de Azoto Total (NT) no Afluente.....	50
	Determinação de Azoto Total (NT) no Efluente .....	51
	Determinação da Carência Bioquímica de Oxigénio em 5 dias (CBO <sub>5</sub> ).....	52
	Determinação do Carbono Orgânico Total (COT) para o Afluente .....	57
	Determinação do Carbono Orgânico Total (COT) para o Efluente.....	58
	Determinação da Carência Química de Oxigénio (CQO) para o Afluente.....	59
	Determinação da Carência Química de Oxigénio (CQO) para o Efluente .....	60
	Determinação de Fósforo Total (PT) .....	61
	Determinação do pH.....	64
	Determinação de Sólidos Suspensos Totais (SST) .....	66

Determinação de Sólidos Suspensos Voláteis (SSV), Matéria Seca e Matéria Orgânica .	69
Determinação do teste de decantabilidade ao fim de 30 minutos (V30) .....	71
Anexo C – Procedimentos microbiológicos e identificação de bactérias filamentosas .....	72
Coloração de Gram .....	72
Coloração de Neisser .....	72
Tabela de Identificação de Bactérias Filamentosas .....	73
Anexo D – Licença da ETAR de Conraria.....	74
Anexo E – Valores experimentais das análises químicas, físicas e microbiológicas.....	80
Análises físico-químicas obtidas para o Afluente.....	80
Análises físico-químicas obtidas para o Tanque de Arejamento .....	81
Valores experimentais das análises microbiológicas aos protozoários, obtidos para o Tanque de Arejamento .....	82
Valores experimentais das análises aos flocos, obtidos para o Tanque de Arejamento .	83
Valores experimentais das análises químicas e físicas, obtidos para o Efluente .....	84
Valores experimentais consolidados das análises químicas e físicas, obtidos para o Efluente.....	87

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1- Curva de crescimento bacteriano representativa das quatro fases de desenvolvimento ao longo do tempo. onde o número 1 corresponde à fase lag, 2 à fase de crescimento Log, 3 à fase estacionária e 4 à fase declínio. Adaptado (Wang et al., 2015). .....	9
Figura 2.2-População microbiana em função da idade das lamas, onde 1-Bactérias, 2-Zooflagelados, 3-Ciliados nadadores e móveis de fundo, 4-Ciliados Sésseis e 5- Rotíferos. (Madoni, 2004). .....	12
Figura 2.3-Esquema geral da ETAR de Conraria (Águas do Mondego, s.d.).....	20
Figura 2.4 - ETAR de Conraria. ....	21
Figura 3.1- Representação esquemática dos pontos de recolha das amostras realizadas, onde a roxo representa a amostra de efluente, a laranja a amostra do tanque de arejamento e a azul a amostra do efluente tratado.....	23
Figura 3.2- Representação dos campos onde foi adquirida imagem para tratamento de dados. Os campos assinalados com uma cruz referem a um campo de observação do microscópio onde não houve aquisição de imagem, já o campo claro remete a uma aquisição de imagem. ....	26
Figura 3.3- Representação do tratamento de imagens.....	27
Figura 4.1- Evolução dos caudais ao longo do tempo .....	28
Figura 4.2 - Evolução dos parâmetros físico-químicos do afluente .....	28
Figura 4.3- Evolução da CBO5 e CQO no afluente.....	29
Figura.4.4 - Evolução dos SST e SSV no tanque de arejamento .....	29
Figura 4.5 - Evolução do parâmetro V30 ao longo do tempo .....	30
Figura 4.6 - Relação F/M ao longo do tempo. ....	30
Figura 4.7 - Evolução da AT/Vol, SST/AT e SST ao longo do período de monitorização. ....	31
Figura 4.8 – Evolução da percentagem em área dos micro, meso e macroflocos.....	32
Figura 4.9 – Correlação entre SST/AT e AT/Vol.....	33
Figura 4.10 - Evolução do CT/Vol, CT/AT, CT/SST e IVL ao longo do período de monitorização .....	33
Figura 4.11 - Evolução dos protozoários (excetuando ameba com teca) e metazoários ao longo do tempo de monitorização .....	35
Figura 4.13 - Evolução dos principais grupos de protozoários (excetuando ameba com teca), e metazoários, ao longo do tempo de monitorização .....	36
Figura 4.14 - Evolução da percentagem dos principais grupos de protozoários (excetuando ameba com teca), e metazoários, ao longo do tempo de monitorização .....	36
Figura 4.14- Evolução dos parâmetros físico-químicos do efluente ao longo do tempo. ....	37
Figura 4.15- Evolução dos valores de CQO e CBO5 no efluente ao longo do tempo.....	37
Figura 4.16 – Representação gráfica de CQO vs. CBO <sub>5</sub> .....	38
Figura 4.17- Representação gráfica do SSV vs. SST .....	38
Figura 4.18 –Comparação do parâmetro de CBO5 no afluente e efluente .....	39
Figura 4.19- Evolução dos COT no afluente e efluente ao longo do tempo. ....	39
Figura 4.20 - Evolução dos SST no afluente e efluente ao longo do tempo. ....	40
Figura 4.21 Evolução das percentagens de remoção ao longo do tempo. ....	40

## INDICE DE TABELAS

Tabela 2.1-Valores das condições de operação de um processo de lamas ativadas para o tratamento de efluentes domésticos (Canler et al., 1999). .....	6
Tabela 2.2- Relação entre bactérias filamentosas e a sua interpretação. ....	10
Tabela 2.3 - Relação entre grupos dominantes, eficiência e causas de problemas adaptado de (Canler et al., 1999) e (Madoni, 2004). ....	13
Tabela 3.1- Parâmetros físico-químicos analisados em cada amostra. ....	23
Tabela 3.2- Principais reagentes e equipamentos utilizados na realização do trabalho experimental.....	24
Tabela 3.3- Principais reagentes utilizados para a identificação das bactérias filamentosas através de colorações e da sua observação. ....	25

## UNIDADES

<b>g</b>	Gramma
<b>kg</b>	Quilograma
<b>L</b>	Litro
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>mg</b>	Miligramas
<b>mL</b>	Mililitro
<b>mm</b>	Milímetros
<b>mm<sup>2</sup></b>	Milímetro quadrado
<b>µm</b>	Micrómetro
<b>µL</b>	Microlitro

## ABREVIATURAS

<b>AdM</b>	Águas do Mondego
<b>AdP</b>	Águas de Portugal
<b>APA</b>	Agência Portuguesa do Ambiente
<b>AR</b>	Águas Residuais
<b>AT/Vol</b>	Área Total dos flocos por volume
<b>CQO</b>	Carência Química de Oxigénio
<b>CBO</b>	Carência Bioquímica de Oxigénio
<b>CBO<sub>5</sub></b>	Carência Bioquímica de Oxigénio ao fim de 5 dias
<b>COT</b>	Carbono Orgânico Total
<b>CT/Vol</b>	Comprimento Total dos filamentos por volume
<b>EPS</b>	Substâncias Poliméricas Extracelulares ( <i>Extracellular Polymeric Substances</i> )
<b>ETAR</b>	Estação de Tratamento de Águas Residuais
<b>F/M</b>	Razão Alimento/Microrganismo
<b>IVL</b>	Índice Volumétrico de Lamas
<b>MBR</b>	Reator de membranas ( <i>Membrane Batch Reactor</i> )
<b>N.A.</b>	Não aplicável
<b>NT</b>	Azoto Total
<b>O<sub>2</sub></b>	Oxigénio
<b>pH</b>	Potencial Hidrogénio
<b>PT</b>	Fósforo Total
<b>Q<sub>0</sub></b>	Caudal de Afluente
<b>Q<sub>E</sub></b>	Caudal de Efluente
<b>Q<sub>R</sub></b>	Caudal de Recirculação
<b>Q<sub>W</sub></b>	Caudal de Lamas em Excesso
<b>SBR</b>	Reator descontínuo sequencial ( <i>Sequencing Batch Reactor</i> )
<b>SLA</b>	Sistema de Lamas Ativadas
<b>SS</b>	Sólidos Suspensos
<b>SST</b>	Sólidos Suspensos Totais
<b>SSV</b>	Sólidos Voláteis Totais
<b>TRH</b>	Tempo de Retenção Hidráulico
<b>UV</b>	Ultravioleta
<b>V<sub>30</sub></b>	Teste de Decantabilidade
<b>VLE</b>	Valor Limite de Emissão

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Enquadramento do trabalho

Criado em julho de 2004, o *Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais do Baixo Mondego-Bairrada*, tem como objetivo satisfazer as necessidades da população da região ao nível da quantidade e qualidade da água de abastecimento e do tratamento das águas residuais (Águas do Mondego, s.d.).

A *Águas do Mondego, S.A. (AdM)*, empresa que resulta da parceria entre a *Águas de Portugal, S.A. (AdP)* e os municípios de Ansião, Arganil, Coimbra, Condeixa, Góis, Leiria, Lousã, Mealhada, Miranda do Corvo, Penacova, Penela e Vila Nova de Poiares foi a empresa a quem foi atribuída a concessão para a construção, exploração e gestão da AdM por um período de 35 anos, sendo assim responsável pela captação, tratamento e distribuição de água para consumo público e pela recolha, tratamento e rejeição de efluentes dos municípios servidos (Águas do Mondego, s.d.).

Um dos processos mais frequentes de tratamento biológico de águas residuais no mundo é o sistema de lamas ativadas (SLA), tendo como princípio básico a utilização de um conjunto de microrganismos, num reator com arejamento, para degradar a matéria orgânica. Estas lamas são formadas por flocos, maioritariamente constituídos por bactérias formadoras de flocos, substâncias poliméricas extracelulares (EPS) e algumas bactérias filamentosas, que, quando em excesso, são responsáveis por fenómenos de *bulking* e *foaming* filamentoso, e que podem prejudicar o tratamento nas Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) (Bitton, 2011).

As condições operacionais de uma ETAR podem ser avaliadas através do estudo da flora microbiana das lamas ativadas, principalmente protozoários, metazoários e bactérias. De facto, ao caracterizar estes microrganismos, conseguimos, na maioria das vezes, prever razoavelmente a qualidade do efluente final. Adicionalmente, o processo de sedimentação de lamas no decantador secundário pode também ser monitorizado, de forma indireta, atendendo ao tipo de agregados microbianos que se forma neste tipo de sistemas (Signorile, et al., 2010).

Assim, ao se efetuarem análises microbiológicas ao tanque de arejamento, agregadas às análises físico-químicas, é possível obter informações mais precisas sobre a eficiência e desempenho do SLA, e um diagnóstico mais eficaz do funcionamento de uma ETAR. De facto, a presença/ausência de determinados protozoários e metazoários pode ser considerada como bom indicador do processo de depuração num SLA no tratamento de águas residuais, enriquecendo os parâmetros geralmente utilizados para avaliar a sua eficiência (Signorile, et al., 2010).

## 1.2. Objetivos do trabalho

O presente trabalho tem como objetivo o estudo da eficiência e desempenho da ETAR de Conraria ao associar análises microbiológicas como a quantificação e identificação de protozoários, metazoários e bactérias filamentosas às análises físico-químicas e aos parâmetros clássicos de operação e desempenho da ETAR.

### **1.3. Metodologia e organização do relatório de estágio**

O presente trabalho está organizado em cinco capítulos, correspondendo o primeiro ao enquadramento do mesmo, principais objetivos e organização, para um acesso mais fácil a este estudo.

No segundo capítulo encontra-se uma revisão bibliográfica tendo por base os conceitos teóricos relacionados com o tema do relatório, referindo o que são águas residuais, os diferentes tipos de tratamento de águas residuais, com especial foco no tratamento por SLA, e a caracterização da ETAR de Conraria com referência aos principais microrganismos presentes na mesma.

O terceiro capítulo diz respeito aos materiais e métodos utilizados nas análises físico-químicas e microbiológicas feitas aos diversos pontos de amostragem da ETAR.

O quarto capítulo consiste na apresentação de resultados, análise e discussão dos mesmos e na avaliação do desempenho da ETAR em estudo. Este capítulo foca-se inicialmente na exposição dos dados obtidos através das análises microbiológicas e físico-químicas, avaliando a evolução dos mesmos e relacionando-os com o tempo.

Por fim, no quinto capítulo, são apresentadas as conclusões gerais acerca da eficiência da ETAR de Conraria.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Tratamento de águas residuais

A água utilizada diariamente nas residências e indústrias é proveniente de lagos, rios ou subsolo (águas subterrâneas), onde, após a sua utilização, é devolvida a esses locais, maioritariamente contaminada. A esta água utilizada designa-se água residual (AR), contaminada por nutrientes, elevada carga orgânica (quantidade de oxigénio necessária à oxidação bioquímica da massa de matéria orgânica por unidade de tempo, geralmente expressa em quilograma de  $CBO_5$  por dia), agentes patogénicos, sedimentos, químicos inorgânicos, minerais e por vezes compostos tóxicos. Apenas o seu adequado tratamento, numa ETAR, evita a contaminação nos locais de descarga (Sonune & Ghate, 2004). Para este efeito, nas ETAR dominam os processos unitários físico-químicos e biológicos. Os processos físicos mais comuns são as operações de gradagem, sedimentação, filtração e flotação, utilizados para a remoção de contaminantes físicos e gorduras. Por outro lado, as reações biológicas e os processos químicos de adsorção, precipitação e coagulação, entre outros, são responsáveis pela remoção dos contaminantes químicos e da matéria orgânica (Henze, 2008). De entre estes, os processos biológicos (aeróbios e anaeróbios) são preferencialmente utilizados, atualmente, para o tratamento secundário de águas residuais domésticas, urbanas e alguns tipos de industriais (Tchobanoglous et al., 2003).

Os processos biológicos aeróbios no tratamento de águas residuais domésticas são os mais utilizados para remover, ou converter, a matéria biodegradável e incorporar a matéria coloidal não sedimentável em flocos ou num biofilme (Tchobanoglous et al., 2003). Sucintamente, a remoção da capacidade bioquímica de oxigénio (CBO) dissolvido, e a estabilização da matéria orgânica presente nas AR, acontece através de um processo biológico que engloba uma grande variedade de microrganismos, principalmente bactérias. Estas são capazes de oxidar a matéria orgânica carbonácea em biomassa adicional e produtos finais simples, em condições de aerobiose (Tchobanoglous et al., 2003).

Existem, contudo, diversos processos de tratamento aeróbio de águas residuais, tais como, sistemas de lamas ativadas (SLA), leitos percoladores e de macrófitas, reatores descontínuos sequenciais (SBR), reatores de membranas (MBR) e valas de oxidação, entre outros. A escolha do tratamento a utilizar depende tanto do caudal a tratar como dos parâmetros físico-químicos do afluente, do destino do efluente e dos requisitos de qualidade do mesmo, assim como do custo e eficácia do processo de tratamento (Bitton, 2011).

Um SBR é um reator com crescimento de biomassa suspensa, utilizado no tratamento de águas residuais. Este é uma modificação do reator convencional de lamas ativadas e pode ser descrito como consistindo num único tanque de retenção para o tratamento de AR. Uma vez tratado, o efluente de um *batch* é recolhido, tratado e descarregado e outro processo *batch* pode, sequencialmente, sofrer o mesmo tratamento. No seu processo de tratamento, este é alimentado (entrada de nutrientes) durante um curto período de tempo, seguindo-se um período (designado por reação) de agitação em aerobiose, decantação (em anaerobiose), sendo finalmente purgadas lamas em excesso e descarregado o efluente tratado. É preferível a um SLA quando a área disponível para a sua implementação é menor,

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

dado que o fluxo de um SBR é vertical, ocupando menos área que um SLA, que tem fluxo horizontal(EPA, 1999).

Um MBR é um reator de membranas cujas condições de operação se assemelham a um SLA convencional em regime de baixa carga, diferindo apenas na separação de fases líquido/sólido por via de membranas imersas, dispensando o processo de decantação secundária. É preferível ao SLA e ao SBR quando pretendemos uma elevada concentração de sólidos em suspensão, de forma a diminuir significativamente o dimensionamento do reator biológico através da diminuição do seu volume efetivo, embora a sua manutenção envolva alguns inconvenientes como gasto de hipoclorito de sódio para a limpeza das membranas, evitando a sua colmatção. Relativamente aos custos energéticos, são equiparados ao de um SLA (Barreto, 2013).

Uma vala de oxidação consiste num canal oval ou em forma de anel equipado com arejamento e agitação mecânica. A configuração do tanque promove fluxo unidirecional, para que a energia gasta no arejamento seja suficiente para agitar o sistema, apresentando um tempo de retenção hidráulico elevado. É preferível ao SLA convencional quando é pretendida maior nitrificação (Tchobanoglous et al., 2003).

A principal função de uma ETAR de macrófitas é o processo físico efetuado pelas plantas. Estas estabilizam a superfície dos leitos, permitindo condições perfeitas para filtração, impedindo sistemas verticais de colmatarem e permitindo o crescimento de bactérias à superfície dos leitos. O metabolismo destas plantas afeta o tratamento consoante o tipo de solo e são utilizadas para caudal de afluente pequenos. A sua vantagem é que funciona de forma gravítica, sendo dispensável o uso de eletricidade (Brix, 1997).

Num tratamento por leitos percoladores, a biomassa microbiana encontra-se na forma de biofilme, situado na superfície de um sólido inerte. O tratamento biológico é feito através da passagem do afluente por esse mesmo biofilme. Como há elevada retenção de biomassa nesse tipo de reator, não há necessidade de haver recirculação da biomassa microbiana. É vantajoso no sentido em que o gasto energético é baixouma vez que o arejamento é efetuado pela passagem do ar através do leitede sólidos e porque não precisa de agitação constante (Gray, 2005).

### **2.2. Processo de lamas ativadas**

Ardern e Locket desenvolveram o processo de lamas ativadas em Manchester, em 1914. Este processo passou a ser utilizado globalmente, diferindo hoje apenas no arejamento adaptado ao tipo de afluente(Bitton, 2011).Este processo consiste, em traços gerias, na manutenção de uma cultura mista de microrganismos num reator (tanque de arejamento). O conteúdo do reator, designado por licor misto, é constituído maioritariamente pelaágua residual, bactérias formadoras de flocos e filamentosas, protozoários, metazoários e material coloidal suspenso (Bitton, 2011).

Um SLA é constituído por um ou mais tanques de arejamento,e respetivos sistemas de arejamento, um decantador secundário para separar a biomassa do efluente tratado e um sistema de recirculação e extração de lamas. Este sistema permite converter a maioria da matéria em formas orgânicas estáveis e em biomassa celular. A metabolização da matéria

orgânica pelos microrganismos presentes no tanque de arejamento tem como produtos água, dióxido de carbono, compostos azotados e sulfurosos, e embiomassa celular que é, posteriormente, removida por sedimentação (Cervantes et al., 2006).

Inicialmente, num tanque de arejamento típico, o afluente é misturado com as lamas recirculadas para formar o licor misto, devendo conter, para valores de média carga, entre 1500 e 2500 mg/L de sólidos suspensos totais e um valor mínimo de 2mg/L de oxigênio dissolvido, providenciado pelo arejamento. Observa-se a degradação da matéria orgânica em que o carbono orgânico, azoto e fósforo, vão ser depurados por ação bacteriana em agregados auto-imobilizados (flocos). Estes são formados por um conjunto de bactérias e outros microrganismos agregados, substâncias poliméricas extracelulares (exopolímeros), assim como partículas orgânicas e inorgânicas. Os flocos são essenciais para todo este processo, sendo unidades funcionais e operativas do sistema, e podendo apresentar diversos tamanhos e composição. Contudo, a floculação não ocorre até os microrganismos esgotarem a matéria orgânica ou atingirem a sua fase de crescimento endógena, onde ocorre acumulação de exopolímeros celulares na superfície das células, responsáveis pela sua agregação (Seviour & Nielsen, 2008)(Stoddard, 2002).

Após o tanque de arejamento, as lamas ativadas são enviadas para um sedimentador, onde ocorre separação gravítica líquido-sólido. O efluente final é, desta forma, separado das lamas, que se situam no fundo do sedimentador, sendo recirculadas, em parte, para o tanque de arejamento, por forma a manter a estabilidade da população microbiológica (Stoddard, 2002)

No tratamento terciário, através de processos de tratamento químicos (como ultravioletas, adsorção e filtração) é possível reduzir ainda mais a carência bioquímica de oxigênio (CBO<sub>5</sub>), a carência química de oxigênio (CQO), a presença de nutrientes como azoto e/ou fósforo, agentes patogénicos e substâncias tóxicas (Eikelboom, 2000).

Num SLA, há que ter muita atenção ao processo de recirculação das lamas. Este é o responsável pela manutenção de um elevado número de microrganismos para que oxidem a carga orgânica e mantenham uma razão alimento/microrganismos (F/M) entre 0,2 e 0,5 kg CBO / (kg SS. dia), para sistemas de média carga, fazendo com que a taxa de remoção da carga orgânica tenha os valores mais altos possíveis. A recirculação, novamente para média carga deverá rondar os valores de 85 a 95%, providenciando uma idade de lamas (tempo de residência celular) muito superior ao tempo de retenção hidráulico (TRH) (Canler et al., 1999).

Apesar de ser o ideal, na maioria das situações, um SLA não tem necessariamente de operar em média carga. Sendo assim, a Tabela 2.1 apresenta os valores de acordo com a carga orgânica presente no afluente no tanque de arejamento, podendo estes variar significativamente.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tabela 2.1-Valores das condições de operação de um processo de lamas ativadas para o tratamento de efluentes domésticos (Canler et al., 1999).

Condições Operacionais		Baixa Carga	Média Carga	Alta Carga
Carga Orgânica	(kg CBO/m <sup>3</sup> .dia)	<0,5	0,5 – 15	> 1,5
	(kg CBO/kg SST. Dia)	<0,2	0,2 – 0,5	> 1
TRH	(horas)	>12	2 – 4	2 – 3
Consumo de O <sub>2</sub>	(kg O <sub>2</sub> /kg CBO)	1,5 – 2	0,5 – 1	0,3 – 0,5
Produção de lamas	(kg SST/kg CBO)	≈ 0,15	≈ 0,55	≈ 0,75
Taxa de recirculação		> 0,95	0,85 – 0,95	0,6 – 0,75

Sabe-se ainda que o processo de lamas ativadas não engloba apenas atividade bacteriana, uma vez que são vários os microrganismos envolvidos em todo o processo. O licor misto é composto por cerca de 95% de bactérias e 5% de protozoários, metazoários, algas, fungos e invertebrados. Destes, destacam-se os protozoários, organismos unicelulares com 5-200 µm de comprimento, e os metazoários, organismos multicelulares que podem superar 1 mm de comprimento. Segundo (Canler et al., 1999) a composição no interior de um tanque de arejamento, em estado estacionário, é de cerca de 10<sup>9</sup> bactérias (floculadas, filamentosas ou dispersas) por mL, 10<sup>4</sup> protozoários (flagelados, sarcodinas ou ciliados) por mL e 100 a 500 metazoários (rotíferos, nematodes e outros) por mL (Canler et al., 1999).

De facto, e de forma a compreender melhor todo o processo de tratamento de águas residuais, é necessário o conhecimento tanto da estrutura da comunidade microbiana utilizada nos processos de tratamento em geral, como do funcionamento específico da ETAR em estudo.

### 2.3. Remoção de Azoto

Num processo de águas residuais, o azoto pode existir sob diversas formas, da sua forma mais reduzida à mais oxidada, sendo comum encontrar-se sob a forma de amoníaco (NH<sub>3</sub>), ião amónio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), azoto molecular (N<sub>2</sub>), Nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e azoto orgânico (N<sub>org</sub>) (Tchobanoglous et al., 2003).

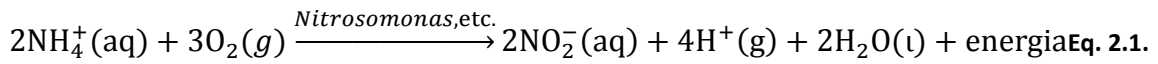
A remoção biológica do azoto num sistema de lamas ativadas é realizada num processo de 3 fases: Amonificação, nitrificação e desnitrificação (Tchobanoglous et al., 2003).

#### 2.3.1. Amonificação

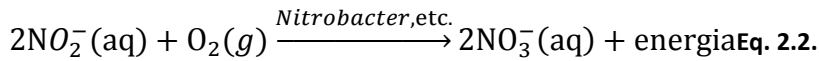
Também designada por redução dissimilativa da matéria orgânica azotada, nesta fase ocorre a conversão (hifrólise) do azoto orgânico a amónia pela atividade microbiana de diversas bactérias heterotróficas (*Comamonas-Pseudomonas*, *Flavobacterium*, etc.) e fungos (Tchobanoglous et al., 2003).

#### 2.3.2. Nitrificação

Esta fase corresponde à oxidação biológica da amónia a nitrato, formando nitrito como produto intermédio, por ação de bactérias autotróficas nitrificantes em condições de aerobiose. A conversão de amónia a nitritos, descrita na Eq. 2.1 é feita pelos géneros *Nitrosomonas*, *Nitrospira* e *Nitrosococcus*, entre outros, obtendo a sua energia a partir da oxidação da amónia (Tchobanoglous et al., 2003).



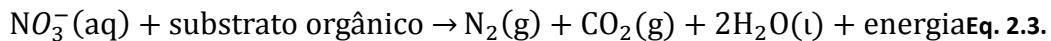
Por sua vez, a conversão a nitratos, descrita na Eq. 2.2 é feita pelos géneros *Nitrobacter* e *Nitrococcus*, entre outros, obtendo a sua energia a partir da oxidação de nitritos (Tchobanoglous et al., 2003).



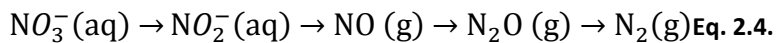
### 2.3.3. Desnitrificação

A desnitrificação ocorre em ambiente anóxico, onde os nitratos e nitritos servem de aceitador final na cadeia de transporte de eletrões quando existe uma fonte orgânica de carbono disponível (Tchobanoglous et al., 2003).

Esta fase consiste na redução dos nitratos e nitritos a azoto molecular, como indica a Eq. 2.3, ou mesmo a óxidos de azoto (NO e N<sub>2</sub>O), através de vários microrganismos heterotróficos facultativos (*Achromobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Thiobacillus denitrificans* e *Alcaligenes*), que obtêm a sua energia a partir de carbono orgânico e metabolizam as suas estruturas celulares a partir do oxigénio molecular e do oxigénio dos nitratos e nitritos (Tchobanoglous et al., 2003).



Como demonstra a Eq. 2.4, na desnitrificação existem cinco compostos de azoto principais, onde o azoto molecular é o produto final, sintetizado do nitrato como substrato inicial (Tchobanoglous et al., 2003).



No caso de uma desnitrificação incompleta, podem ser libertados compostos intermediários como NO e N<sub>2</sub>O. Isto acontece geralmente se a concentração de nitratos for elevada e a concentração de substratos orgânicos for residual (Tchobanoglous et al., 2003).

## 2.4. Bactérias

No tanque de arejamento de uma ETAR com sistema de lamas ativadas, existe um ecossistema que pode ter uma quantidade superior a 300 espécies de bactérias diferentes, assim como protozoários e metazoários. Duas classes principais de bactérias observadas no SLA são as formadoras de flocos e as filamentosas. Para que haja um equilíbrio adequado entre as diferentes espécies, assegurando uma elevada remoção da matéria orgânica, é necessária uma boa sedimentabilidade das lamas no decantador secundário e uma baixa concentração de sólidos suspensos e ausência de turvação no efluente. Uma das principais diferenças fisiológicas entre estes dois tipos de bactérias é a razão superfície/volume, maior nas filamentosas. Deste modo, possuem uma maior afinidade para substratos, tornando-as mais resistentes na ausência de oxigénio e nutrientes, e predominando nestas condições (Eikelboom, 2000).

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A reprodução das bactérias filamentosas é feita predominantemente por fragmentação e a das formadoras de flocos por fissão binária transversal. A sua taxa de crescimento depende de diversos fatores ambientais, como, no caso das bactérias aeróbias, da concentração de oxigênio, que quando reduzida pode inibir o seu crescimento. A temperatura, fonte de carbono e azoto, pH, tipo e concentração de substratos e nutrientes essenciais, entre outros, também são fundamentais para assegurar um crescimento ótimo da população bacteriana (Mara, 2004).

A razão F/M, que relaciona o alimento disponível com a quantidade de microrganismos presentes no meio, é também um parâmetro que afeta as bactérias presentes no tanque de arejamento. Quando esta razão apresenta valores reduzidos, o alimento é limitado para o número de microrganismos presentes, causando a aglomeração de bactérias formadoras de flocos. Quando a razão F/M apresenta valores elevados, significa que o alimento é abundante para a quantidade de microrganismos presentes no tanque de arejamento, fazendo com que as bactérias se encontrem mais dispersas. Uma vez que também apresentam um nível de atividade maior, reproduzem-se, assim, a uma velocidade elevada e não formam flocos. Assim, o SLA que operar desta forma terá uma grande probabilidade de formar lamas de difícil sedimentação e conseqüentemente originar um efluente turvo (Okafor, 2011).

De facto, uma série de problemas que podem afetar a sedimentabilidade das lamas é diretamente dependente da sobreprodução de algumas bactérias específicas. Por exemplo, o fenómeno de crescimento disperso é causado pela ausência, ou rutura de pontes, do exopolímero de modo a que os microrganismos não se fixem uns aos outros, e impedindo a formação de flocos com densidade normal. Já os flocos *pinpoint* ocorrem quando apenas bactérias formadoras de flocos se encontram presentes. Dado que os flocos de um SLA são por norma pequenos (inferiores a 75  $\mu\text{m}$ ) esféricos e compactos, quando a floculação não é feita corretamente, os flocos desfazem-se com a agitação do tanque de arejamento ou mesmo com a turbulência da bombagem. O *bulking* filamentosos, por outro lado, é causado pela sobre-abundância de organismos filamentosos (*Cyanophyceae*, *Leucothrix*, *Microthrix parvicella*, *Sphaerotilus natans*, *Thiothrix*, Tipo 0041/0675, Tipo 0914/0803, Tipo 1701, Tipo 021N e nocardioformes), que interferem com a sedimentação e compactação das lamas ativadas por provocarem uma estrutura difusa de flocos. A ocorrência de espumas e escumas (*foaming*) de origem filamentosa é, por sua vez, causada principalmente por bactérias filamentosas como nocardioformes (*Nocardia*, *Gordona*), *Nostocoida limicola* e *Microthrix parvicella* e, em menor grau, pela Tipo 1863 (Jenkins et al., 2003).

Na presença de substrato, as bactérias num sistema descontínuo (*batch*) exibem, por norma, quatro fases de desenvolvimento diferentes, a fase de adaptação (*lag*), a fase de crescimento exponencial (*log*), a fase estacionária e a fase de declínio. Durante a fase *lag*, o número de células é mantido, mas as bactérias permanecem ativas, sintetizando enzimas quando necessário, para que a matéria orgânica seja oxidada. Ocorre um pequeno aumento da biomassa e é consumido pouco substrato (Mara, 2004). Na fase *Log* há um crescimento exponencial das bactérias com aquisição de reservas de alimento a ser utilizado em períodos de ausência ou escassez do mesmo. Verifica-se um aumento acentuado da biomassa e há consumo da maior parte do substrato disponível. A fase de crescimento em que as bactérias

se encontram numa ETAR dependerá das condições de funcionamento da mesma, sendo que numa ETAR com alta carga orgânica, as bactérias provavelmente já se irão encontrar na fase exponencial (Henze, 2008) (Mara, 2004). Já na fase estacionária verifica-se a redução do crescimento bacteriano devido à escassez de nutrientes e/ou acumulação de substâncias tóxicas. Ocorre um equilíbrio entre a divisão e a morte celular ou estagnação da reprodução, mantendo constante a concentração de biomassa (Henze, 2008). Finalmente, na fase de declínio, a taxa de mortalidade é superior à taxa de crescimento, existindo um maior consumo de reservas de carbono e energia (Henze, 2008).

Por oposição, num sistema contínuo como o SLA, a taxa de crescimento das bactérias pode ser mantida estável, dependendo da taxa de entrada de nutrientes e da taxa de recirculação de biomassa. Estes parâmetros irão determinar a razão F/M crucial para selecionar a taxa de crescimento dos microrganismos nestes sistemas.

Na Figura 2.1 podemos observar as quatro fases de desenvolvimento bacterianas associadas à sua taxa de metabolismo,

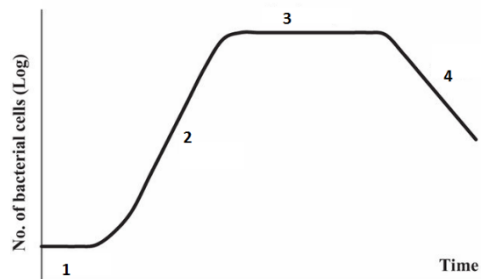


Figura 2.1- Curva de crescimento bacteriano representativa das quatro fases de desenvolvimento ao longo do tempo, onde o número 1 corresponde à fase lag, 2 à fase de crescimento Log, 3 à fase estacionária e 4 à fase declínio. Adaptado (Wang et al., 2015).

Sabe-se que o metabolismo de qualquer ser vivo tem duas componentes, a de catabolismo ou quebra de moléculas, para obter energia e a de anabolismo ou construção, para a síntese de biomoléculas. No caso dos processos metabólicos que ocorrem numa ETAR, através da oxidação da matéria orgânica, as bactérias heterotróficas (predominantes nestes sistemas) obtêm energia para efetuar a síntese de moléculas complexas, como proteínas e polissacarídeos, necessários para produzir novas células. Os principais géneros bacterianos, não filamentosos, encontrados nos agregados das lamelas ativadas baseiam-se em bactérias heterotróficas, responsáveis pela remoção e conversão da matéria orgânica, e englobam *Comamonas-Pseudomonas* (cerca de 50 %), *Flavobacterium* (cerca de 14 %), *Paracoccus* (cerca de 12 %), *Alcaligenes* e *Coryneform* (cerca de 6 %), *Aeromonas*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Arthrobacter*, *Aureobacterium*, *Achromobacter* e *Citromonas* (cerca de 2 %) e *Zoogloea* (Eikelboom, 2000).

Contudo existem ainda muitos outros processos, quer oxidativos (nas zonas aeróbias do tanque) quer redutores (nas zonas anóxicas/anaeróbias do tanque), quer a partir de matéria orgânica (heterotróficos) quer inorgânica (foto autotróficos e quimioautotróficos). Os agregados das lamelas ativadas contêm também bactérias autotróficas nitrificantes (*Nitrosomonas*, *Nitrosospira*, *Nitrosococcus*, *Nitrococcus* e *Nitrobacter*) que convertem a

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

amônia a nitrito e nitrato. Adicionalmente, em zonas anóxicas no reator, ou compartimentadas, podem existir também bactérias desnitrificantes como *Achromobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *T.denitrificans* e *Alcaligenes* que reduzem o nitrato a nitrito, azoto molecular e óxidos de azoto. Pode ainda estar presente o processo de *Anammox* que origina azoto molecular pela oxidação anaeróbia do ião amônio a azoto molecular, ao se combinar com o nitrito (*Brocadia*, *Kuenenia*, *Anammoxoglobus*, *Jettenia* e *Scalindua*)(Eikelboom, 2000).

Em estações de tratamento de águas com elevado conteúdo em compostos de enxofre reduzidos (principalmente H<sub>2</sub>S) no efluente de entrada, este composto pode ser oxidado a enxofre elementar (S) nos tanques de arejamento por bactérias não filamentosas oxidantes do enxofre como *Thiobacillus*. Também em condições de microaerofilia pode ocorrer esta oxidação por bactérias filamentosas oxidantes do enxofre como *Beggiatoa*, *Tipo 021N*, *Tipo 0914* e *Thiothrix*. Já em condições anaeróbias pode existir a redução do sulfato a H<sub>2</sub>S por bactérias redutoras do sulfato como *Desulfovibrio*(Eikelboom, 2000).

A remoção do fósforo é também possível, principalmente em condições alternadas de aerobiose/anaerobiose, sendo que na fase aeróbia as bactérias *Bio-P* e *PAO* (*Phosphate Accumulating Organisms*) como *Acumulibacter*, *Actinobacteria*, *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Arthrobacter* e *Pseudomonas* acumulam no seu interior grânulos de polifosfatos (Mara, 2004).

Como um dos objetivos propostos para o presente trabalho experimental procurou-se monitorizar as bactérias filamentosas, e associar a predominância das mesmas à sedimentabilidade no decantador secundário e às condições do tanque de arejamento. Por norma, as bactérias filamentosas que mais frequentemente podem ocorrer num SLA são os actinomicetos (englobando nocardioformes como *Nocardia sp.* e *Gordona sp.*), *Beggiatoa*, *Cyanophyceae*, *Haliscomenobacter hydrossis*, *Leucothrix*, *Micothrix parvicella*, *Nostocoida limicola*, *Sphaerotilus natans*, *Thiothrix*, *Tipo 0041/0675*, *Tipo 0092*, *Tipo 021N*, *Tipo 0581*, *Tipo 0914/0803*, *Tipo 0961*, *Tipo 1701*, *Tipo 1851* e *Tipo 1863*. Estas bactérias possuem um papel essencial na formação de flocos, na medida em que constituem a espinha dorsal nas quais os pequenos flocos (*pinpoint flocs*) formados pelas bactérias formadoras de flocos podem aderir para tornar os flocos maiores. (Eikelboom, 2000) (Jenkins et al., 2003).

As principais bactérias filamentosas presentes em sistemas de lamas ativadas encontram-se descritas na Tabela 2.2 segundo (Eikelboom, 2000) e (Jenkins et al., 2003).

Tabela 2.2- Relação entre bactérias filamentosas e a sua interpretação.

Bactéria	Influência na ETAR	Indicações
<i>Beggiatoa</i>	Ocasionalmente presente. Tem um efeito limitado no IVL.	Arejamento insuficiente e elevado conteúdo em compostos de enxofre reduzidos.
<i>Cyanophyceae</i>	Raro em afluentes domésticos e comum em industriais, associado a valores de IVL elevados ( <i>bulking</i> ).	Carência de nutrientes específicos e afluentes com compostos de elevada biodegradabilidade.
<i>Flexibacter</i>	Ocasional.	Baixa carga orgânica.

Bactéria	Influência na ETAR	Indicações
<i>Haliscomenobacter hydrossis</i>	Comum em afluentes domésticos e relativamente comum em industriais.	Arejamento insuficiente, carência de nutrientes específicos, afluentes com compostos muito biodegradáveis e baixo pH.
<i>Leucothrix</i>	Ocasional em afluentes industriais. Associado a valores elevados de IVL ( <i>bulking</i> ).	Afluentes com compostos de elevada biodegradabilidade, alto teor de gorduras e outros constituintes hidrofóbicos.
<i>Miclothrix parvicella</i>	Comum em afluentes domésticos, raro em industriais. Causa mais frequente de <i>bulking</i> .	Arejamento insuficiente, alto conteúdo de compostos de enxofre reduzidos, baixa carga orgânica, baixo pH e alto teor de gorduras.
Nocardioformes	Frequentes em ETAR, associados a formação de espumas ( <i>foaming</i> ) e pontualmente a fenômenos de <i>bulking</i> . Podem ser indicadores de recirculação interna.	Baixa carga orgânica e baixos valores de pH. Alto teor de gorduras, óleos e outros constituintes hidrofóbicos. Presença de compostos tensoativos
<i>Nostocoida limicola</i> I	Ocasionalmente presentes em afluentes domésticos e associado a flotação e formação de espumas ( <i>foaming</i> ).	Baixa carga orgânica, afluentes com compostos de elevada biodegradabilidade.
<i>Nostocoida limicola</i> II/III	Frequente em afluentes domésticos e industriais. Formação de espumas ( <i>foaming</i> ) e efeito limitado no IVL.	Carência de nutrientes específicos e afluentes com compostos de elevada biodegradabilidade.
<i>Sphaerotilus natans</i>	Raro em afluentes domésticos, comum em industriais. Associada a valores elevados de IVL ( <i>bulking</i> ).	Arejamento insuficiente, elevada carga orgânica, carência de nutrientes específicos e afluente com compostos muito biodegradáveis.
<i>Thiothrix</i> I/II	Raro em afluentes domésticos, comum em industriais. Associada a fenômenos de <i>bulking</i> .	Arejamento insuficiente, alto conteúdo de compostos de enxofre reduzidos, carência de nutrientes específicos e afluente com compostos muito biodegradáveis.
Tipo 0041/0675	Ocorre em baixo número em afluentes domésticos, comum em industriais. Associado a <i>bulking</i> .	Baixa carga orgânica e baixo pH.
Tipo 0092	Comum em afluentes domésticos e ocasionalmente em industriais. Efeito limitado no IVL.	Baixa carga orgânica e baixo pH.
Tipo 0211	Ocasional	Elevada carga orgânica
Tipo 021N	Frequente em afluentes domésticos em condições de anaerobiose/anóxicas, associado a <i>bulking</i> .	Arejamento insuficiente, alto conteúdo de compostos de enxofre reduzidos, carência de nutrientes específicos, alto teor de gorduras.
Tipo 0411	Ocasional. Efeito limitado na sedimentabilidade das lamas.	Elevada carga orgânica
Tipo 0581	Ocasional em afluentes domésticos.	Baixa carga orgânica e baixo pH.
Tipo 0914/0803	Comum em afluentes domésticos e industriais. Associado a <i>bulking</i> .	Elevado conteúdo de compostos de enxofre reduzidos, baixa carga orgânica e baixo pH.
Tipo 0961	Raro em afluentes domésticos, ocasionalmente em industriais.	Elevada carga orgânica, afluentes com compostos de elevada biodegradabilidade e baixo pH.

Bactéria	Influência na ETAR	Indicações
Tipo 1701	Raro em afluentes domésticos, comum em industriais. Associada a valores elevados de IVL ( <i>bulking</i> ).	Arejamento insuficiente, elevada carga orgânica e presença de elevadas concentrações de carboidratos.
Tipo 1851	Comum em afluentes domésticos e industriais. Associados a <i>bulking</i> .	Baixa carga orgânica e afluentes com compostos de elevada biodegradabilidade.
Tipo 1863	Ocasional. Forma espumas ( <i>foaming</i> ). Sem efeito sobre a sedimentabilidade das lamas.	Elevada carga orgânica

## 2.5. Protozoários

O funcionamento de um SLA está associado à população de protozoários presente no licor misto. Os protozoários são seres eucariotas, unicelulares, pertencentes ao reino *Protista*, sem diferenciação celular. Alguns apresentam uma estrutura mais complexa que outros, nomeadamente em regiões diferenciadas no interior das células que permitem a realização de diferentes funções. Os protozoários têm dimensões muito superiores às das bactérias, sendo que a maior parte dos protozoários presentes numa ETAR se alimentam destas (Madoni, 2004).

A evolução da população microbiana num tanque de arejamento de uma ETAR pode ser sumariada de acordo com a Figura 2.2.

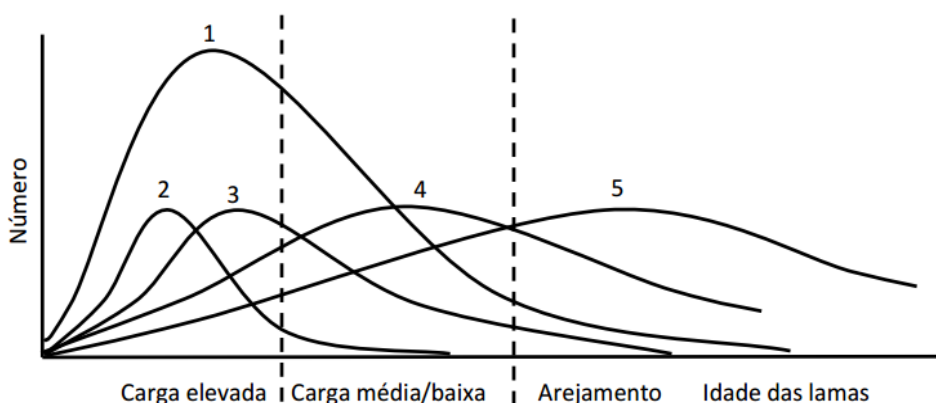


Figura 2.2-População microbiana em função da idade das lamas, onde 1-Bactérias, 2-Zooflagelados, 3-Ciliados nadadores e móveis de fundo, 4-Ciliados Sésseis e 5- Rotíferos. (Madoni, 2004).

A colonização de um efluente não tratado pode ser dividida em três fases distintas:

- A primeira fase é caracterizada pela presença das espécies colonizadoras como flagelados e ciliados nadadores, diretamente dependentes das características do afluente. Estas espécies não são consideradas típicas num sistema de lamas ativadas em funcionamento regular(Canler et al., 1999) (Madoni, 2004).
- A segunda fase engloba o desaparecimento progressivo da quantidade e diversidade de flagelados e ciliados nadadores e um crescimento populacional de ciliados sésseis e móveis de fundo(Canler et al., 1999) (Madoni, 2004).
- A etapa final, terceira fase, é onde se verifica um estado estacionário entre a população de protozoários e metazoários e as condições operacionais estabelecidas,

nomeadamente na relação entre a carga orgânica e a quantidade de lamas produzidas, removidas e recicladas (Canler et al., 1999) (Madoni, 2004).

A Tabela 2.3 permite identificar as espécies dominantes e estabelecer um diagnóstico das condições da ETAR.

Tabela 2.3 - Relação entre grupos dominantes, eficiência e causas de problemas adaptado de (Canler et al., 1999) e (Madoni, 2004).

Grupo Dominante	Eficiência	Causa mais provável do problema
Pequenos Flagelados	Baixa	Sub-arejamento, cargas elevadas, idade de lamas baixa, entrada de substâncias fermentescíveis.
Pequenas amebas nuas e/ou flagelados	Baixa	Carga elevada ou não degradável e fenómenos transientes.
Pequenos ciliados nadadores	Medíocre	Baixo TRH, sub-arejamento e fenómenos transientes.
Grandes ciliados nadadores	Medíocre	Carga elevada.
Ciliados Sésseis	Medíocre	Fenómenos transientes ou baixas cargas ou <i>washout</i> das lamas.
Ciliados móveis de fundo	Razoável a Elevada	Cargas orgânicas médias a baixas.
Ciliados sésseis e móveis de fundo	Elevada	N.A.
Amebas com teca	Elevada	Baixa carga e/ou diluída, idade das lamas elevada e nitrificação.

Sendo assim, é possível afirmar que a análise microscópica de protozoários e metazoários fornece preciosas indicações sobre a eficiência de remoção da carga orgânica de uma ETAR, a qualidade do efluente, o arejamento, a idade das lamas, e a presença de nitrificação ou de substâncias tóxicas (Canler et al., 1999) (Madoni, 2004).

### 2.5.1. Flagelados

Como o próprio nome indica, movem-se por flagelos. A sua presença indica uma idade de lamas baixa, aumento súbito da carga orgânica ou falta de oxigénio. São resistentes a condições anóxicas e tóxicas, sendo indicadores de pobre qualidade de efluente final (Canler et al., 1999). Os principais flagelados presentes em ETAR são:

#### Pequenos flagelados

Indicadores de altas cargas, condições de sub-arejamento, baixo rendimento de depuração e de um ambiente rico em amónia. Presentes em quantidade abundante em estações em fase de arranque ou com anomalias de funcionamento (Canler et al., 1999).

#### *Euglena sp.*

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Relativamente rara e bastante independente da qualidade do tratamento. Por vezes, a sua presença está relacionada com baixas concentrações de lamas (Canler et al., 1999).

### Peranema sp.

Espécie frequentemente presente, mas não dominante nas lamas ativadas. São encontrados em condições de idade de lamas baixas e baixa carga. Além disso, desenvolvem-se e desaparecem abruptamente. Ao contrário da generalidade dos flagelados, pode ser um indicador de boa qualidade do efluente final (Canler et al., 1999).

#### **2.5.2. Ciliados nadadores**

Os ciliados nadadores apresentam um movimento livre no afluente e permanecem em suspensão nos tanques de arejamento. São usualmente indicadores de fenómenos de transição e de uma qualidade de efluente final medíocre. As espécies de menores dimensões indicam baixos TRH ou sub-arejamento, enquanto as de maiores dimensões estão associadas a cargas orgânicas mais elevadas (Canler et al., 1999).

Os principais ciliados nadadores presentes numa ETAR são:

### Colpidium sp.

Estes protozoários são indicadores de qualidade média a baixo efluente final. Encontram-se em cargas relativamente elevadas, mas com depuração de carbono (Canler et al., 1999).

### Depranomonas sp.

Protozoários pouco abundantes nos SLA, associados a elevada idade de lamas e deficiente nitrificação (Madoni, 2004).

### Paramecium

Ciliado nadador pouco comum num SLA. Está normalmente presente em afluentes não tratados ou na fase inicial de tratamento de uma ETAR, e em condições transientes (Madoni, 2004).

### Trachelophyllum

Presente maioritariamente em cargas orgânicas elevadas e indicador de qualidade medíocre do efluente final e fenómeno transientes.

### Uronema

Ciliado presente tipicamente em afluentes não tratados e condições de sub-arejamento. (Madoni, 2004).

#### **2.5.3. Ciliados sésseis**

Os ciliados sésseis são protozoários que se encontram ligados aos flocos por intermédio de um pedúnculo. Predominam em baixas cargas orgânicas apesar de poderem ser encontrados em todas as cargas, fenómenos transientes ou condições de *washout* das lamas (Canler et al., 1999). Os principais ciliados sésseis presentes em ETAR são:

### Carchesium sp.

Indicadores de carga média e funcionamento estável de instalações com bom processo de nitrificação e bom arejamento. É um indicador de boa a muito boa qualidade de efluente final(Canler et al., 1999).

*Epistylis sp.*

A sua presença é associada a baixas cargas e a um funcionamento correto e estável da instalação. O seu desenvolvimento é relacionado com longos períodos de anoxia (necessitando, contudo, de uma quantidade mínima de oxigénio) associados a períodos de arejamento. É um indicador de boa qualidade do efluente final(Canler et al., 1999).

*Opercularia sp.*

Presente em instalações com cargas elevadas (baixa idade de lamas) ou tratamento de resíduos dificilmente biodegradáveis (efluentes industriais). Este protozoário é resistente a alguns sais tóxicos, a pH ácido e pode corresponder a um período de sub-oxigenação prolongado. É um indicador de eficiência medíocre do tratamento (Canler et al., 1999).

*Vorticella aquadulcis*

Indicador de cargas baixas e médias, bom arejamento e boa qualidade de efluente final. A sua presença abundante está associada a uma boa oxigenação(Madoni, 2004).

*Vorticella convalaria*

A sua presença está relacionada a cargas médias a elevadas. Estas espécies são relativamente frágeis na presença de substâncias tóxicas e falta de oxigenação. São observadas em instalações de arejamento permanente. De um modo geral, o comprimento do pedúnculo está relacionado com o grau de processamento: quanto maior, melhor o tratamento(Canler et al., 1999).

*Vorticella microstoma*

Presente em águas intersticiais carregadas de bactérias livres, em cargas bastante elevadas e condições de sub-arejamento. Indicador de tratamento deficiente e conseqüentemente baixa qualidade do efluente final (Canler et al., 1999).

*Zoothamium sp.*

Indicador de baixa carga, presente em sistemas com condições de funcionamento estáveis e boa capacidade de depuração, assim como de um arejamento permanente. Indicador de boa a muito boa qualidade do efluente final(Canler, Perret, Duchéne, & Cotteux, 1999).

**2.5.4. Ciliados móveis de fundo**

Estes protozoários vivem e alimentam-se na superfície dos flocos. São indicadores de uma qualidade de efluente final média a boa e o seu número é superior quando a ETAR está em fase de arranque, embora também se encontrem em grande número quando em tratamento já estável. Indicadores de cargas médias a baixas(Canler et al., 1999). Os principais ciliados móveis de fundo presentes em ETAR são:

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### *Aspidisca cicada*

Muito comum e abundante em lamas ativadas em todo o tipo de cargas (Madoni, 2004).

### *Aspidisca lynceus*

A sua presença é testemunha de uma instalação que opera em baixa carga ou arejamento prolongado. Indicador de boa nitrificação e bom arejamento (Canler et al., 1999).

### *Euplotes sp.*

Apresenta-se em sistemas de média a baixa carga. Indicador de uma boa qualidade do efluente final, tratamento avançado de carbono e nitrificação (Canler et al., 1999).

### *Trithymostoma sp.*

Bastante comum em lamas ativadas. Indicador de todo o tipo de cargas e de boa qualidade do efluente final (Madoni, 2004).

### *Trochilia minuta*

Presente em cargas baixas, bom arejamento e indicador de boa qualidade do efluente final. Presente nas instalações com nitrificação (Canler et al., 1999).

#### **2.5.5. Ciliados carnívoros**

Não são muito comuns em sistemas de lamas ativadas e alimentam-se maioritariamente de outros protozoários (Canler et al., 1999). Os principais ciliados carnívoros presentes em ETAR são:

### *Acineta sp.*

Indicador de baixas cargas. Desenvolve-se em locais onde o efluente tratado é de qualidade moderada a baixa (Canler et al., 1999). No global do género *Acineta* as indicações sobre a qualidade do efluente final variam muito.

### *Coleps hirtus*

Não é comum em lamas ativadas. Apresenta uma baixa tolerância a íons de amónio e amónia, por conseguinte, não está localizado em ambientes com elevadas concentrações destes compostos azotados. Observado ocasionalmente em ETAR de baixo teor de compostos de azoto, baixas cargas e condições satisfatórias de arejamento. A abundância desta espécie está muitas vezes relacionada com a depuração do efluente final (Madoni, 2004).

### *Litonotus sp.*

Presente, preferencialmente, em ETAR a operar em carga média. Espécie não-permanente, indicativa de fenómenos transientes (Canler et al., 1999).

### *Podophrya sp.*

Geralmente é um indicador de qualidade moderada do efluente final (Canler et al., 1999).

*Tokophrya*

Frequente em lamas ativadas, principalmente em baixas cargas. (Madoni, 2004).

**2.5.6. Sarcodinas**

O seu movimento é feito a partir de pseudópodes. Enquanto as pequenas amebas nuas se encontram associadas a fenómenos transientes, cargas elevadas e qualidade do efluente final medíocre, as grandes amebas já são indicadoras de uma melhor qualidade de efluente. As amebas com teca são indicadoras de boa nitrificação e boa qualidade do efluente final (Canler et al., 1999). As principais sarcodinas presentes em ETAR são:

*Arcella sp.*

A sua presença indica uma instalação que trabalha em baixa carga ou arejamento prolongado, com elevada nitrificação e bom arejamento. Esta população é também frequente em instalações de processamento de efluentes industriais agroalimentares (Canler et al., 1999).

*Euqlypha sp.*

A sua presença é indicadora de uma instalação a trabalhar em baixa carga ou arejamento prolongado com ou sem nitrificação. A sua densidade populacional diminui à medida que a qualidade da água se deteriora (Canler et al., 1999).

*Pequenas amebas sem teca*

Encontradas frequentemente durante anomalias no funcionamento da ETAR, em efluentes industriais contendo diversos produtos químicos (indústria química) ou mesmo tóxicos. Acompanhadas de amebas com teca indicam bom arejamento, já quando acompanhadas de flagelados indicam sub-arejamento da instalação (Canler et al., 1999).

**2.6. Metazoários**

Os metazoários são animais multicelulares que se alimentam de matéria particulada e bactérias e apresentam tempos de gestação maiores que os dos protozoários. A presença destes está diretamente associada a uma idade de lamas avançada e contribuem para os processos de floculação/desfloculação quer através da secreção de muco, onde as filamentosas aderem, quer através da fragmentação, onde o seu movimento contribui para a quebra de flocos. São ainda considerados como bons indicadores da eficiência da remoção da carga orgânica em SLA (Canler et al., 1999). Os metazoários mais comuns encontrados em tanques de areamento de ETAR são:

*Aelosoma sp.*

Presente apenas em sistemas de lamas de idade elevada, bem estabilizados e com cargas muito baixas. Indicador de uma boa qualidade de efluente final, arejamento e nitrificação (Canler et al., 1999).

*Digonontasp.*

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Muito frequentes em lamas ativadas. Presentes em condições de baixa carga e idade de lamas elevada (15 dias no mínimo). Não são indicadores de nenhum grau de tratamento específico (Canler et al., 1999).

### *Monoqononta sp.*

Estão presentes no em lamas de baixa carga e idade elevada. São indicadores de um tratamento estável e extenso de carbono e azoto (nitrificação) e de boa qualidade do efluente final(Canler et al., 1999).

### *Nematode sp.*

Podem estar presentes em pequenas quantidades em todos os tipos de estações, independentemente da sua carga. São ainda relativamente resistentes a condições de sub-arejamento do meio. Não podem ser considerados como um indicador da qualidade do tratamento. Contudo, em grande quantidade, são indicadores de sedimentação no tanque de arejamento ou decantador (Canler et al., 1999).

## **2.7. Problemas relacionados com a sedimentabilidade**

No decantador secundário de uma ETAR, ocorrem alguns dos principais problemas que afetam o funcionamento de um sistema de lamas ativadas.

### **2.7.1. Flocos *pinpoint***

O fenómeno de flocos *pinpoint* ocorre devido à presença de flocos pequenos, com baixa densidade, sedimentabilidade quase nula, causando elevada turbidez e alta carga de matéria orgânica no efluente final. A razão para que estes não sedimentem é a ausência de bactérias filamentosas. Apesar de as bactérias filamentosas não formarem flocos, possuem um papel na sua formação, na medida em que constituem a espinha dorsal nas quais os pequenos flocos (*pinpoint flocs*) se podem tornar em flocos maiores e mais densos, facilitando a sedimentação. A formação de flocos *pinpoint* pode dever-se a alterações de salinidade, pH, temperatura, ou elevadas tensões de corte(Jenkins et al., 2003).

### **2.7.2. *Bulking***

Existem dois tipos de fenómenos de *bulking*: *bulking* filamentoso e *bulking* viscoso (ou zoogleal).O *bulking* filamentoso é considerado o maior problema registado em ETAR de lamas ativadas. É caracterizado pela sedimentação reduzida no decantador secundário, valores elevados de índice volumétrico de lamas (IVL), superiores a 150 mL/g, velocidades de sedimentação extremamente baixas e máqualidade de efluentefinal. Este fenómeno encontra-se associado a carência de nutrientes específicos como azoto e fósforo, presença de substâncias tóxicas e carência de oxigénio. Pode estar associado a um crescimento exponencial de bactérias filamentosase ser confundido com *foaming* filamentoso pelo seu aspeto, correspondente à subida de biomassa para a superfície dos tanques de arejamento e decantador secundário(Jenkins et al., 2003).

O *bulking* viscoso está normalmente associado a problemas de *foaming*, em efluentes de elevadas biodegradabilidade e cargas orgânicas, arejamento insuficiente, presença de ácidos

gordos ou deficiência de nutrientes específicos como azoto e fósforo. Origina um efluente final turvo, com elevada viscosidade e conteúdo em matéria orgânica, flocos demasiado grandes de baixa sedimentação e está maioritariamente associado à presença de bactérias como *Acinetobacter* e *Zoogloea*(Jenkins et al., 2003).

### **2.7.3. Foaming**

Existem dois fenómenos principais de *foaming*, o filamentoso e o não filamentoso. O *foaming* filamentoso é um fenómeno associado ao crescimento excessivo de bactérias filamentosas, maioritariamente hidrofóbicas, responsáveis pela produção de substâncias tensoativas que provocam a formação de espumas(Jenkins et al., 2003). O *foaming* não filamentoso deve-se à presença elevada de tensoativos e outras substâncias não facilmente degradáveis.

Os fatores associados a este fenómeno englobam a presença de hidratos de carbono com elevado peso molecular, gorduras e óleos no afluente assim como a presença de pequenas bolhas de ar, provenientes do arejamento e aprisionadas pelas bactérias filamentosas presentes nos flocos(Jenkins et al., 2003).

### **2.7.4. Rising**

Este fenómeno resulta do excesso de desnitrificação criado por zonas anóxicas, devido a TRH elevado ou falta de arejamento. A produção excessiva de azoto molecular influencia o comportamento dos flocos no SLA, fazendo com que a densidade das lamas diminua e forme um manto à superfície. O efluente final apresenta elevada turvação e valores de CBO<sub>5</sub> excessivos(Jenkins et al., 2003).

## **2.8. Estudo de Caso – ETAR de Conraria**

A ETAR de Conraria situa-se na freguesia de Ceira. É uma ETAR de lamas ativadas com um nível de tratamento terciário e remoção de carbono e azoto. Na Figura 2.3 podemos observar as diferentes fases de tratamento da ETAR de Conraria, prosseguindo-se, de seguida, a descrição de cada fase.

## ETAR de Conraria Esquema Geral

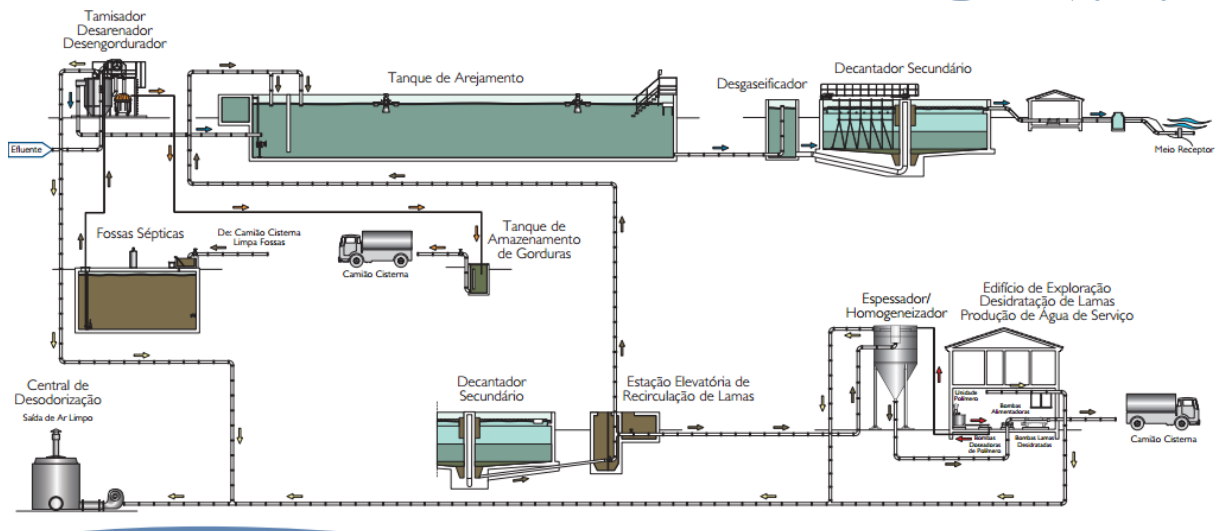


Figura 2.3-Esquema geral da ETAR de Conraria (Águas do Mondego, s.d.).

A montante da ETAR existe uma estação elevatória inicial, do tipo “*Systeme de pompage DIP*”, que eleva a totalidade das águas residuais a tratar para a ETAR. O pré-tratamento ocorre no interior de um edifício com sistema de desodorização e é composto por três fases. A fase de medição de caudal, controlada por um medidor de caudal eletromagnético, situado na tubagem de adução, que contabiliza as águas residuais afluentes à ETAR; a fase de gradagem mecânica e desarenação, efetuada num tamisador tipo rotativo em aço inox, com compactador incorporado e uma malha de 0,75 mm; a fase de desengorduramento, que ocorre num equipamento de forma troncocónica, compacto e arejado, no qual as gorduras separadas por intermédio de uma ponte raspadora são enviadas para um tanque de armazenamento.

Na figura seguinte, podemos obter uma vista geral do tratamento secundário da ETAR, onde à esquerda se encontram os tanques anóxico e de arejamento, do lado da escada o desgaseificador e à direita o decantador secundário.



Figura 2.4 - ETAR de Conraria.

O tratamento secundário permite a remoção de matéria orgânica e azotada dissolvida e suspensa em fase sólida e líquida. Este tratamento é composto por um tanque anóxico retangular com cerca de  $149 \text{ m}^3$  e um tanque de arejamento com  $346 \text{ m}^3$ , com uma turbina flutuante responsável pela oxigenação e agitação das lamas. No tanque anóxico ocorre a remoção de azoto, comunicando com o tanque de arejamento. Todo este processo está ligado à telegestão Avigilon™, e pode ser comandado através do medidor de *redox* e/ou do medidor de oxigénio dissolvido. O efluente proveniente do tanque de arejamento passa seguidamente por um desgaseificador, antes de ser enviado para o decantador secundário. No decantador secundário encontra-se uma ponte raspadora de fundo e de superfície, a qual arrasta as lamas sedimentadas para uma tremonha, e as escumas para um sistema de escorrências. Desta unidade de separação obtemos duas correntes de saída: o efluente que segue para o tratamento terciário e as lamas recolhidas do fundo do decantador.

É um requisito legal da licença emitida pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), que a ETAR de Conraria tenha remoção de azoto, imposto o VLE de  $15 \text{ mg/L}$ . A remoção de azoto é feita no tratamento secundário, pelos processos de amonificação e nitrificação no tanque de arejamento, com uma concentração de oxigénio dissolvido superior a  $2 \text{ mg/L}$ . De seguida, ocorre recirculação de uma corrente que contém nitratos, estes são enviados através de bombas de elevação para o tanque anóxico, para que ocorra a desnitrificação, em condições de anaerobiose.

As lamas provenientes do decantador são enviadas para a estação elevatória de lamas, onde estão aplicados dois grupos de eletrobombas submersíveis de recirculação, e um medidor de caudal do tipo eletromagnético no circuito de compressão para contabilizar o caudal de

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

lamas recirculado para o tanque de arejamento. O caudal de lamas em excesso também é extraído adjacientemente nesta estação elevatória através de duas bombas submersíveis. As lamas em excesso são enviadas para um tanque de armazenamento e contabilizadas através de um medidor de caudal eletromagnético. Posteriormente são desidratadas com o auxílio do polímero *Rifloc 25* (*Rivaz Química S.A., Estarreja, Portugal*) e um filtro prensa, e colocadas num contentor de resíduos posteriormente recolhido pela empresa *Gintegral – Gestão Ambiental S.A.*, certificada em gestão de resíduos.

Em relação ao efluente proveniente do decantador secundário, este, por ação gravítica, passa para um tanque, no qual é bombeado para o tratamento terciário, composto por um microfiltro automático (*Amiad*), sendo depois desinfetado através de um sistema de radiação ultravioleta (UV). A água desinfetada é, finalmente, enviada para um tanque de armazenamento de água de serviço.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo encontra-se a descrição dos pontos de amostragem feitos na ETAR de Conraria, dos reagentes e dos equipamentos utilizados, assim como do procedimento seguido nos diferentes ensaios químicos, físicos e microbiológicos.

#### 3.1. Amostragem

As amostras foram recolhidas cerca de duas a três vezes por semana de 10 de fevereiro de 2014 a 31 de julho de 2014 num total de 45 dias (amostras) distintos. Na Figura 3.1 encontra-se um esquema resumido da ETAR da Conraria no qual se encontram representados os pontos de recolha.

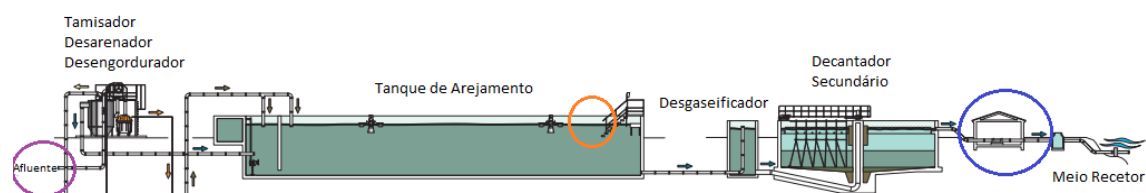


Figura 3.1- Representação esquemática dos pontos de recolha das amostras realizadas, onde a roxo representa a amostra de efluente, a laranja a amostra do tanque de arejamento e a azul a amostra do efluente tratado.

As análises efetuadas não foram iguais para cada um dos pontos de amostragem, encontrando-se descritas na Tabela 3.1 as análises feitas para cada uma das amostras em particular.

Tabela 3.1- Parâmetros físico-químicos analisados em cada amostra.

Amostra	Afluente	Tanque de Arejamento	Efluente
Análises	CQO	CQO	CQO
	CBO <sub>5</sub>	CBO <sub>5</sub>	CBO <sub>5</sub>
	COT	COT	COT
	NT	NT	NT
	SST	SST	SST
		SSV	
		pH	
	V <sub>30</sub>		

#### 3.2. Reagentes e equipamentos

Para a realização dos ensaios químicos, foram utilizados kits da HACH LANGE GmbH. Estas análises foram feitas em dois laboratórios distintos: CQO, carbono orgânico total (COT) e azoto total (NT) no laboratório da ETAR da Conraria e CBO<sub>5</sub> no laboratório acreditado da Águas do Mondego, S.A. (AdM). Os procedimentos laboratoriais utilizados encontram-se no Anexo B.

Os ensaios físicos realizados foram os sólidos suspensos voláteis (SSV) e os sólidos suspensos totais (SST), realizados no laboratório acreditado da AdM, mais uma vez recorrendo a protocolos certificados, apresentados no Anexo B.

O teste de decantabilidade (V<sub>30</sub>) foi efetuado no laboratório da ETAR de Conraria simultaneamente com as respetivas análises químicas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Tão importante quando os testes físicos e químicos, os testes microbiológicos permitem-nos compreender de uma forma distinta o funcionamento da ETAR. Estes testes baseiam-se na quantificação e identificação de protozoários e bactérias filamentosas através de um microscópio ótico. Enquanto que a monitorização dos protozoários e metazoários foi efetuada a ampliações que variaram entre as 100 e as 400 vezes (ampliação total), as bactérias filamentosas foram visualizadas a 1000 vezes (ampliação total) com o auxílio de colorações de Neisser e Gram, e uso de óleo de imersão. Já a quantificação das bactérias filamentosas foi obtida pela aquisição de imagens a 100 vezes (ampliação total) e determinadas pelo uso de um programa específico em *Matlab*<sup>®</sup>.

Para a realização dos ensaios físico-químicos e microbiológicos foram utilizados os seguintes equipamentos e reagentes, apresentados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2- Principais reagentes e equipamentos utilizados na realização do trabalho experimental

EQUIPAMENTO	MARCA	MODELO	PRECISÃO
Micropipeta (0,5-10 µL)	AccuPet Pro		2,0%-0,8%
Microscópio ótico	Leica	DM 2000	
Câmara de aquisição	Leica	DFC310FX	
Lamelas		20mmx20mm	
Lâminas		76mmx26mmx1mm	
Reator (termóstato)	HACH LANGE	HT 200	N.A.
Cone de Imhoff	The Thermo Scientific™	Nalgene™ Polycarbonate	± 0,1 mL
Micropipeta (0,2-1 mL)	HACH LANGE	BBP 078	± 0.05 mL
Micropipeta (1-5 mL)	HACH LANGE	BBP 065	± 0.05 mL
Agitador (Vortex)	HACH LANGE	TOC-X5	N.A.
REAGENTES	MARCA	ANÁLISE	GAMA
KIT LCK 514	HACH LANGE	CQO	100-200 mg/L O <sub>2</sub>
KIT LCK 314	HACH LANGE	CQO	15-150 mg/L O <sub>2</sub>
KIT LCK 338	HACH LANGE	NT	20-100 mg/L NT
KIT LCK 238	HACH LANGE	NT	5-40 mg/L NT
KIT LCK 386	HACH LANGE	COT	30-300 mg/L
KIT LCK 385	HACH LANGE	COT	3-30 mg/L

### 3.3. Análises físicas

Tal como referido anteriormente, as análises aos SSV e SST foram feitas pelo laboratório acreditado das AdM, cujo procedimento se encontra no Anexo B. Já a medição do V<sub>30</sub> foi feita no laboratório da ETAR da Conraria, ao mesmo tempo que as análises químicas. Foi recolhida uma amostra do tanque de arejamento e preenchido o cone de *Imhoff* até aos 1000 mL. Após 30 minutos registou-se o volume de lamas sedimentadas.

### 3.4. Análises químicas

As análises químicas foram feitas tanto na ETAR da Conraria como no laboratório acreditado da AdM, na ETA da Boavista. As análises de CBO<sub>5</sub> foram realizadas pelo laboratório da AdM, pelo protocolo que se encontra no Anexo B. Já as análises químicas à CQO, COT e NT foram feitas no laboratório da ETAR da Conraria, utilizando os *kits* LCK da *HACH LANGE GmbH*.

Para cada amostra de afluente foram utilizados os seguintes *kits*: LCK 338 (20-100 mg/L NT) para obter o azoto total (NT), LCK 514 (100-200 mg/L O<sub>2</sub>) para obter a CQO e LCK 386 (30-300 mg/L) para obter os valores de COT.

Para cada amostra de efluente foram utilizados os seguintes *kits*: LCK 238 (5-40 mg/L NT) para obter o azoto total (NT), LCK 314 (15-150 mg/L O<sub>2</sub>) para obter a CQO e LCK 385 (3-30 mg/L) para obter os valores de COT.

### 3.5. Análises microbiológicas

As análises microbiológicas efetuadas consistiram na identificação e quantificação de bactérias filamentosas, protozoários e metazoários, assim como na determinação de parâmetros morfológicos dos agregados microbianos (flocos), envolvendo a aquisição, processamento e análise de imagens.

#### 3.5.1. Identificação de bactérias filamentosas

Estas análises foram efetuadas mensalmente, devido à muito baixa quantidade das bactérias filamentosas nas amostras, e identificando as mesmas com o auxílio de colorações de Gram e Neisser, explicadas no Anexo B. Para este efeito foram utilizados os reagentes e materiais apresentados na Tabela 3.3.

*Tabela 3.3- Principais reagentes utilizados para a identificação das bactérias filamentosas através de colorações e da sua observação.*

REAGENTES	mARCA	Análise	Pureza
Violeta de Cristal		Coloração Gram	
Solução de Lugol		Coloração Gram	
Álcool etílico	Continente	Coloração Gram	96%
Safranina 0,25%		Coloração Gram	
Neisser IA		Coloração Neisser	
Neisser IB		Coloração Neisser	
Neisser II		Coloração Neisser	
Óleo de imersão			

Após a coloração, as amostras foram analisadas através da observação a uma ampliação total de 1000 vezes (ocular de 10 vezes e objetiva de 100 vezes) ao microscópio ótico *LEICA DM 2000 (Leica microsystems Gmbh, Wetzlar, Germany)* percorrendo toda a lamela.

#### 3.5.2. Quantificação de protozoários e metazoários

Após a recolha feita no tanque de arejamento, feita com uma periodicidade de duas a três vezes por semana, a amostra foi acondicionada num frasco opaco, aberto e arejado com o auxílio de uma bomba de aquário portátil e posteriormente transportada para o *Laboratório de Imagem*, situado no ISEC. A necessidade da utilização de uma bomba de aquário remete ao facto de os protozoários e metazoários serem aeróbios e necessitarem de um aporte de oxigénio constante.

As amostras foram, posteriormente, processadas com o auxílio de uma micropipeta, pipetando 10 µL de amostras numa lâmina e cobrindo a mesma com uma lamela. Estas foram visualizadas ao microscópio ótico *LEICA DM 2000 (Leica microsystems Gmbh, Wetzlar, Germany)* a uma ampliação total de 200 vezes (ocular de 10 vezes e objetiva de 20 vezes)

## MATERIAIS E MÉTODOS

percorrendo toda a lamela. Ao percorrer a lamela, foram identificados e contabilizados todos os protozoários e metazoários existentes em cada lâmina. Todas as amostras foram analisadas em triplicado, assegurando que os resultados fossem os mais representativos possíveis.

### 3.5.3. Aquisição, processamento e análise de imagem

A aquisição de imagens, para a quantificação e caracterização morfológica dos agregados microbianos e bactérias filamentosas, foi feita com o auxílio do software *Leica application Suite V.3.3.0* com recurso a uma câmara DFC31 FX acoplada ao microscópio ótico *LEICA DM 2000 (Leica microsystems GmbH, Wetzlar, Germany)*, em escala de cinzentos a 8 bits e um tamanho de imagem de 1392x1040 pixéis. Para o efeito, as amostras foram observadas a uma ampliação total de 100 vezes (ocular de 10 vezes e objetiva de 10 vezes) percorrendo toda a lamela, em campos alternados, como demonstrado na Figura 3.2.

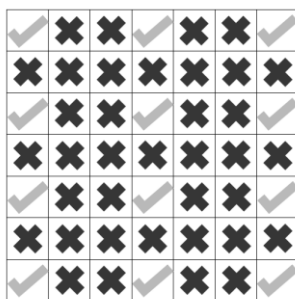


Figura 3.2- Representação dos campos onde foi adquirida imagem para tratamento de dados. Os campos assinalados com uma cruz referem a um campo de observação do microscópio onde não houve aquisição de imagem, já o campo claro remete a uma aquisição de imagem.

Para o processamento e análise de imagens foi utilizado um programa previamente desenvolvido por Amaral (2003) em *Matlab® (The MathWorks, Inc., Natick, USA)*, ajustando os parâmetros ao volume utilizado nas lâminas, assim como as dimensões das mesmas, de modo a otimizar o tratamento das imagens. No final do tratamento foram obtidas imagens binárias, nas quais os flocos e filamentos tomam o valor 1 e o fundo o valor 0, como demonstrado na Figura 3.3.

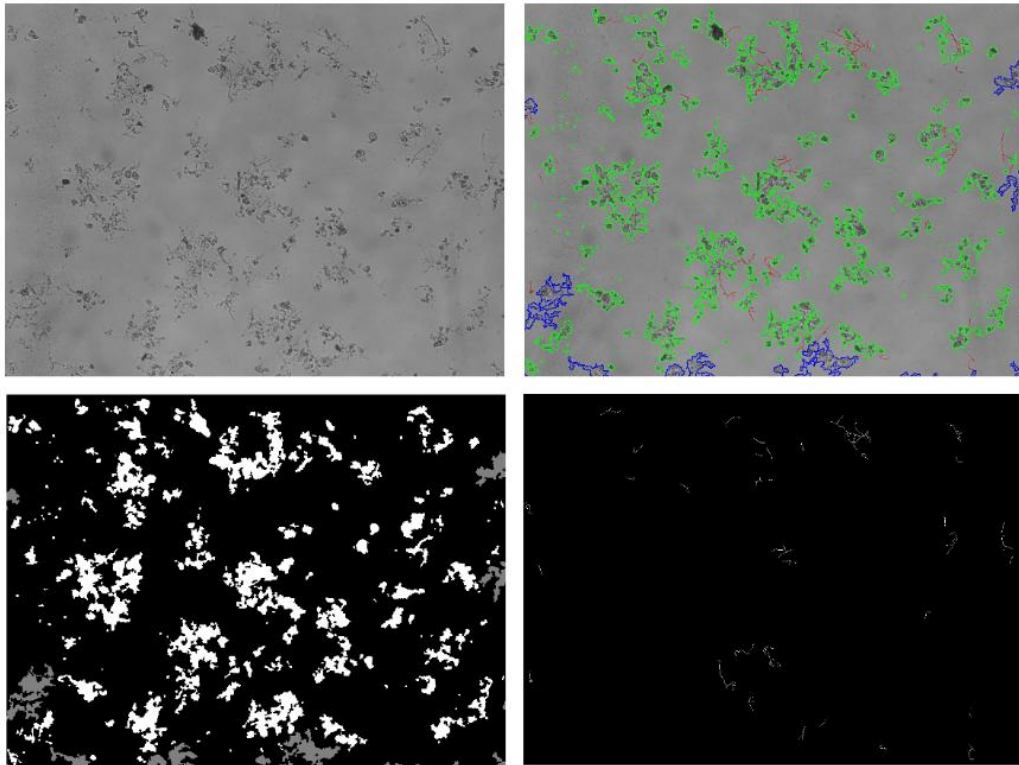


Figura 3.3- Representação do tratamento de imagens.

Imagens originais em escala de cinzentos (8 bits) (cimo, esquerda); Imagem tratada pelo programa com flocos inteiros a verde, flocos cortados pela fronteira imagem a azul e bactérias filamentosas a vermelho (cimo direita); Imagem tratada dos flocos (baixo, esquerda); Imagem binária de filamentos (baixo, direita).

A partir das imagens binárias foram determinados parâmetros morfológicos dos flocos como o número de flocos por  $\mu\text{L}$  ( $\# / \mu\text{L}$ ), a percentagem em área (% Área) dos micro (diâmetro equivalente  $< 25 \mu\text{m}$ ), meso (diâmetro equivalente entre  $25 \mu\text{m}$  e  $250 \mu\text{m}$ ) e macroflocos (diâmetro equivalente  $> 250 \mu\text{m}$ ), e a área total (AT/Vol -  $\text{mm}^2/\mu\text{L}$ ). Foram ainda determinados o comprimento total de filamentos (bactérias filamentosas) por volume (CT/Vol -  $\text{mm}/\mu\text{L}$ ), bem como a relação entre o comprimento total de filamentos e a área total de flocos (CT/AT -  $\text{mm}/\text{mm}^2$ ). A partir destes dados pôde ainda ser determinado um parâmetro de densidade aparente dos agregados (flocos) - SST/AT e dois parâmetros relacionando o comprimento dos filamentos com o conteúdo em biomassa - CT/SST e CT/AT.

Estes parâmetros permitem analisar a evolução da quantidade de biomassa agregada, das bactérias filamentosas e da percentagem de área ocupada por macro, meso e microflocos. AT/Vol é uma medida indireta da quantidade de biomassa agregada, CT/Vol é uma medida indireta da quantidade de bactérias filamentosas protuberantes e CT/SST o rácio indireto entre as bactérias filamentosas e fadoras de flocos. Já a densidade aparente (SST/AT) é o rácio entre os sólidos suspensos totais e a área ocupada pelos flocos, e é uma medida indireta de sedimentabilidade dos agregados no clarificador secundário.

## 4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS E DISCUSSÃO

A análise dos parâmetros físico-químicos foi efetuada no afluente, licor misto e efluente, sendo que também foram efetuados ensaios microbiológicos para o licor misto.

### 4.1. Caracterização da evolução dos caudais ao longo do tempo

De forma a compreender o funcionamento da ETAR, a análise dos caudais é fundamental.

Na Figura 4.1 podemos observar a evolução dos caudais de afluente, reciclo, extração de lamas e efluente durante o período de estágio.

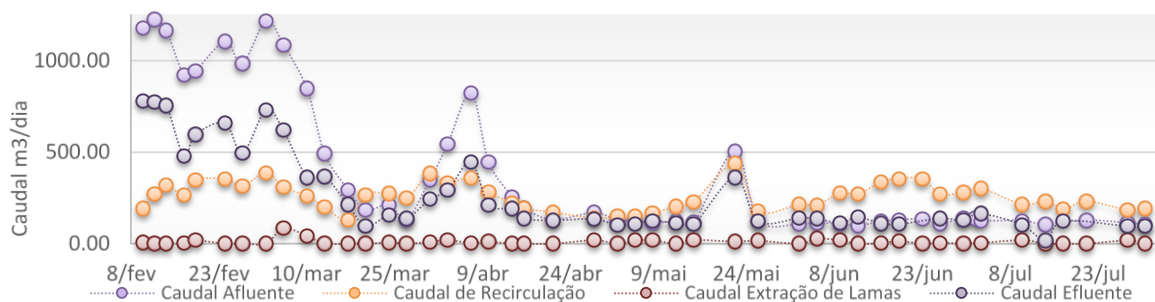


Figura 4.1- Evolução dos caudais ao longo do tempo

Podemos observar que os caudais de afluente, entrada e reciclo acompanham sempre o processo, pois o caudal de efluente depende sempre do de afluente, e o de reciclo é parametrizado em função do caudal de afluente. O mesmo já não acontece com o caudal de extração, dado que este não é parametrizado, é feito pontualmente por ordem do técnico superior responsável da ETAR.

Dado que na ETAR em questão, as águas pluviais estão ligadas ao sistema de saneamento básico, é de notar um caudal afluente muito elevado até dia 03 de março, diminuindo progressivamente até 20 de março. Os picos de 28 de março e 28 de abril devem-se ao mesmo facto.

### 4.2. Caracterização físico-química do afluente

De forma a analisar as características do afluente, tais como a sua carga orgânica e para podermos calcular a percentagem de remoção de nutrientes, foram efetuadas análises físico-químicas ao mesmo.

Na Figura 4.2 encontra-se a evolução dos parâmetros de SST, COT, PT e NT para o afluente.

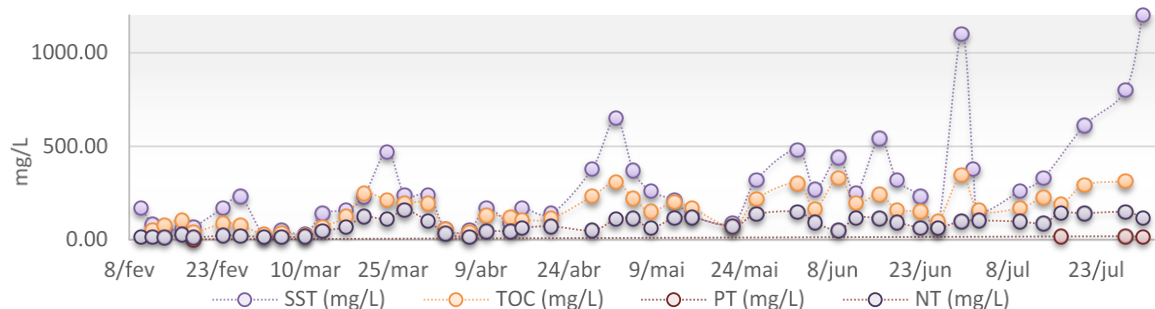


Figura 4.2 - Evolução dos parâmetros físico-químicos do afluente

Como podemos observar, no decorrer do tempo, os SST e o COT acompanham a evolução um do outro, embora nem sempre a partir de junho de 2014, fator que se pode dever à avariada turbina de arejamento da ETAR no fim de maio. Já os valores de azoto total permanecem praticamente constantes, à exceção também a partir de junho, provavelmente pelo mesmo motivo. A média destes valores foi de 271,15 mg/L de SST, 160,11 mg/L de COT e 75,04 mg/L de NT.

Na Figura 4.3 é possível analisar a evolução da CBO<sub>5</sub> e CQO do afluente ao longo do período de estágio.

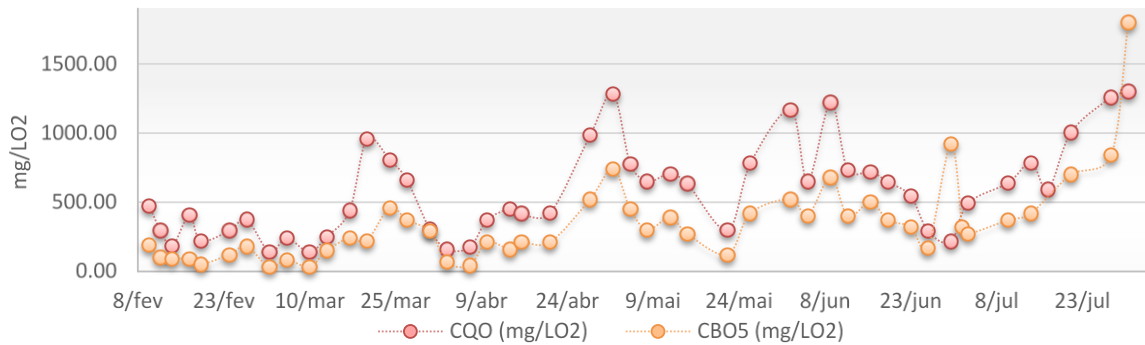


Figura 4.3- Evolução da CBO<sub>5</sub> e CQO no afluente

Ao analisar a figura anterior, podemos observar que ambos os parâmetros se acompanham ao longo do tempo, praticamente sem excessão, sendo que na altura de maior calor e há um aumento notório em ambos. Os valores médios obtidos para estes parâmetros foram de 560,83 mg/L O<sub>2</sub> para a CQO e 347,64 mg/L O<sub>2</sub> para CBO<sub>5</sub>.

Ao comparar também a Figura 4.2 com a Figura 4.3, podemos ver que os gráficos encaixam num acompanhamento quase perfeito, onde a evolução de todos os parâmetros está em sintonia.

### 4.3. Parâmetros do funcionamento do tanque de arejamento

De forma a analisar o licor misto, procedeu-se à caracterização do mesmo, tendo sido recolhidas amostras do interior do tanque de arejamento.

Na Figura 4.4. podemos observar a evolução dos SSTe dos SSV no tanque de arejamento, ao longo do tempo.

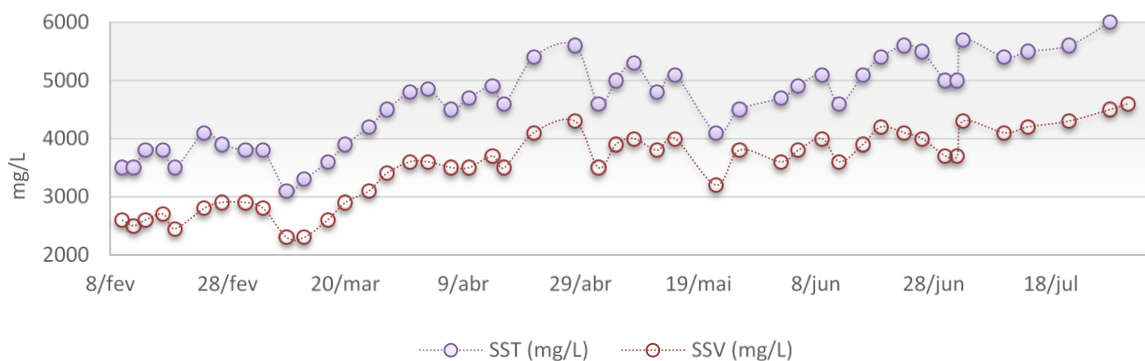


Figura.4.4 - Evolução dos SST e SSV no tanque de arejamento

## RESULTADOS EXPERIMENTAIS E DISCUSSÃO

Podemos observar que apresentam um valor constante e sempre dependente um do outro, aumentando de valor à medida que o tempo vai ficando mais quente. Os valores médios observados para SST foram de 4250,86 mg/L enquanto para SSV foram 3147,72 mg/L. Foi ainda verificado que, no período entre 10 março e 28 abril estes parâmetros apresentam uma tendência crescente, devida ao aumento da carga orgânica e concentração do carbono orgânico no efluente, associada à baixa extração de lamas deste SLA.

Na Figura 4.5. podemos observar a evolução do teste de decantabilidade (parâmetro V30).

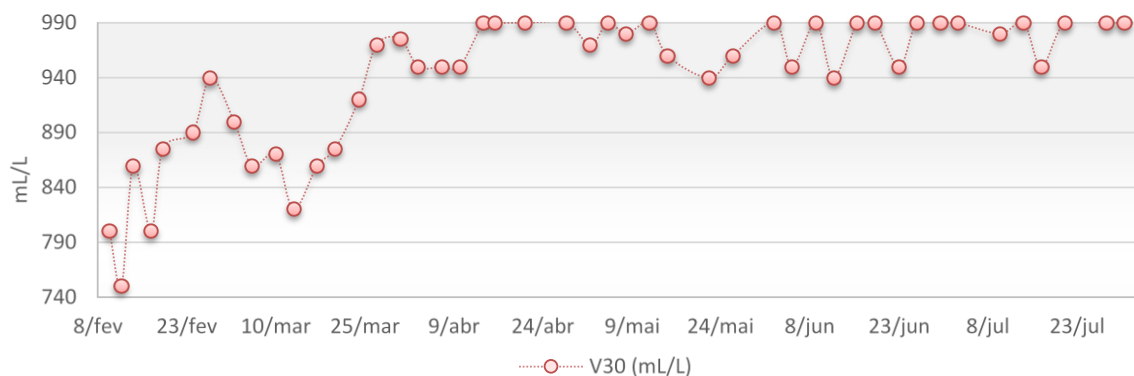


Figura 4.5 - Evolução do parâmetro V30 ao longo do tempo

Podemos verificar que, dada a pouca extração a partir de abril de 2014, o parâmetro V30 apresentou sempre valores muito elevados. Este facto implica que a biomassa praticamente não sedimentou durante o período de determinação deste parâmetro.

Foi ainda evidente a oscilação deste parâmetro até dia 10 de março, possivelmente devido aos elevados valores do caudal do afluente, e o seu progressivo aumento desde essa data até 14 de abril (em linha com o aumento dos SST do tanque de arejamento).

A razão alimento/microrganismo (F/M) é um parâmetro de processo muito usado para caracterizar o mesmo e as condições de operação, sendo calculada segundo a Eq. 4.1.

$$F/M = \frac{Q_0 S_0}{XV} = \frac{\text{Caudal}_{\text{Afluente}} \times \text{CBO}_5}{\text{SSV} \times \text{Volume}_{\text{Tanque Arejamento}}} \text{Eq. 4.1.}$$

Ao analisar a relação F/M, é possível observar que, como esperado, os valores estão em concordância com uma ETAR a funcionar em baixa carga, dado que o teor de sólidos suspensos voláteis nos sólidos suspensos totais será constante ao longo do tempo.

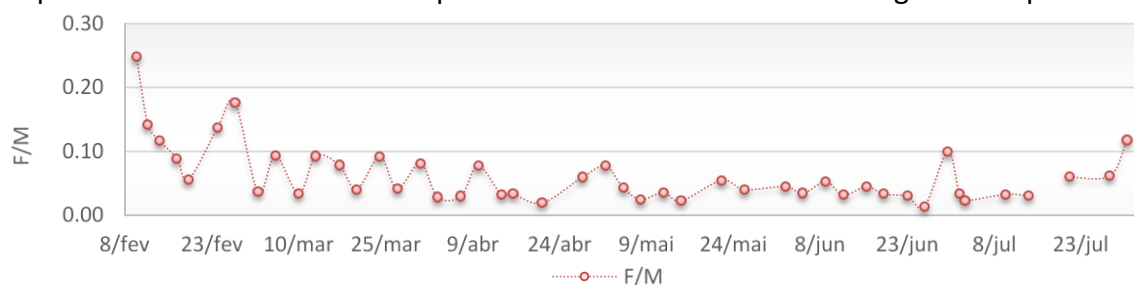


Figura 4.6 - Relação F/M ao longo do tempo.

Os valores de F/M variaram entre 0.01 e 0.25 d<sup>-1</sup>, e podemos observar que decrescem significativamente no início do período de monitorização, coincidente com o decréscimo do caudal do afluente. Apesar da elevada oscilação verificada pôde-se determinar um valor médio para este parâmetro de 0.06 d<sup>-1</sup>, o que associado a um valor de tempo de retenção hidráulico (TRH) médio de 19h,indicia que a ETAR esteve maioritariamente a trabalhar em baixa carga.

#### 4.4. Caracterização microbiológica do tanque de arejamento

Um dos objetivos deste trabalho centrou-se na análise dos agregados microbianos (flocos) ao nível do seu conteúdo, morfologia e teor em bactérias filamentosas. Assim, na Figura 4.7 pode ser observada a evolução de AT/Vol e SST/AT (assim como de SST para comparação) ao longo do período de monitorização.

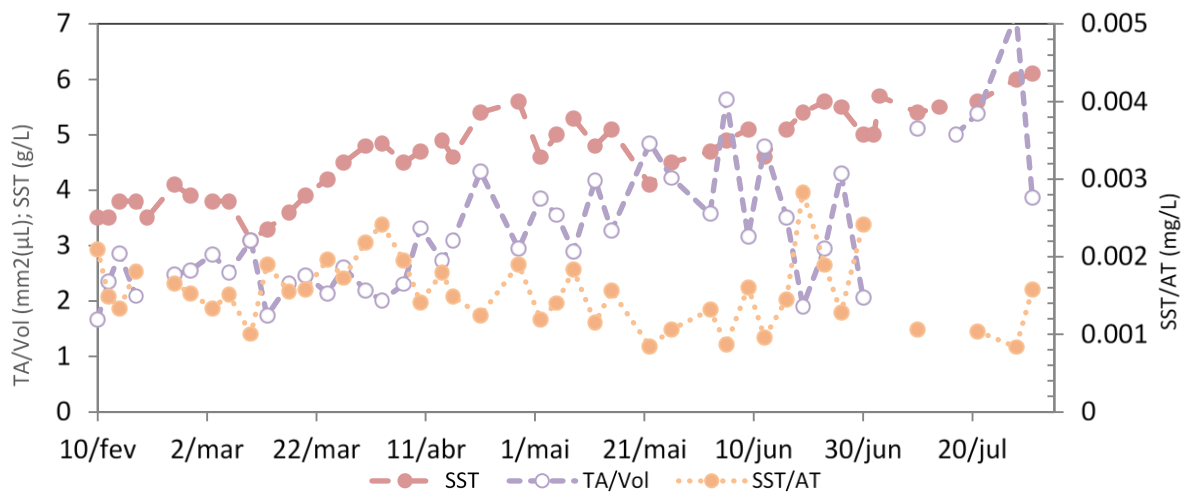


Figura 4.7-Evolução da AT/Vol, SST/AT e SST ao longo do período de monitorização.

Apesar de oscilante, podemos observar uma evolução crescente da AT/Vol, ou seja, a quantidade de flocos no tanque de arejamento aumenta de uma forma geral com o tempo de monitorização, principalmente entre 10 de março e até ao final de maio. Esta evolução seguiu uma tendência relativamente de acordo com os SST (p-value <0.001, embora o R<sup>2</sup> entre estes dois parâmetros tenha sido de apenas 0.266). A extração de lamas é relativamente regular, embora pontual, sendo que o valor de R<sup>2</sup> para a relação entre AT/Vol e o caudal de extração de lamas é de 0.0024. Verificou-se ainda que, no período em que a turbina de arejamento se encontrou avariada (26 de maio a 16 de junho), a densidade aparente dos flocos aumentou, devido ao facto de a AT/Vol ter diminuído, exibindo um comportamento oposto dos SST. No período final, em julho, podemos observar um aumento da AT/Vol, dado que a carga afluente também aumenta significativamente, a que correspondeu uma ligeira diminuição da densidade aparente.

Foi ainda estudada a evolução, ao longo do período de monitorização da percentagem de micro, meso e macroflocos, representada na Figura 4.8.

## RESULTADOS EXPERIMENTAIS E DISCUSSÃO

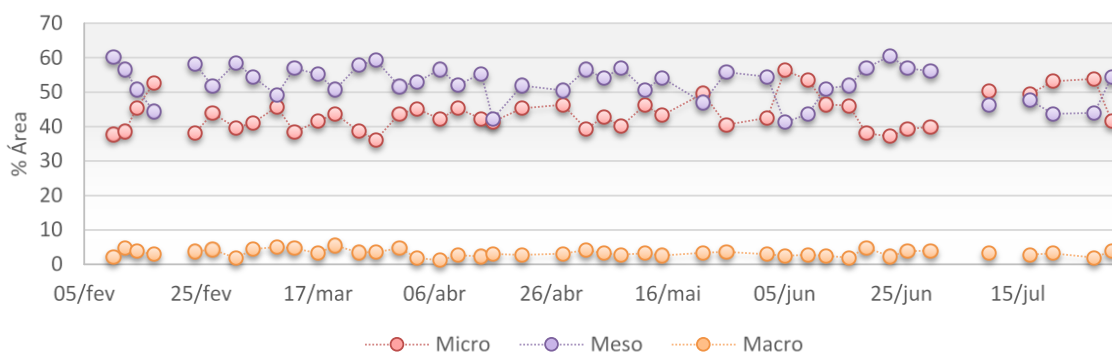


Figura 4.8– Evolução da percentagem em área dos micro, meso e macroflocos.

É notória uma predominância dos mesoflocos (53% em média) face aos microflocos (44% em média), que se inverte a partir de 10 de julho, coincidente com os maiores valores de CT/Vol e AT/Vol. Estes valores indiciam que a estrutura dos agregados não é a ideal, uma vez que quanto menor a presença de microflocos, e também de macroflocos), melhor deverá ser a sedimentabilidade das lamas. Uma vez que foi ainda verificado que os valores da percentagem dos macroflocos (inferior a 5%) não foi demasiadamente elevada, é expectável que os elevados valores do V30 se devam, pelo menos parcialmente, à elevada presença de microflocos não facilmente sedimentáveis.

Foi ainda estudado o modo como a densidade aparente dos flocos (SST/AT) dependia dos restantes parâmetros, tendo-se obtido uma boa correlação ( $R^2$  de 0.756) com AT/Vol (ver Figura 4.9). Saliente-se que esta correlação é para uma dependência da forma  $y = 0,0034x^{-0,744}$ . Assim, pode ser observado que a densidade aparente dos agregados diminuiu com o incremento da quantidade total dos mesmos. Verificou-se também uma dependência positiva com a percentagem de mesoflocos (e conseqüentemente negativa com a percentagem de microflocos), embora com valores de  $R^2$  relativamente baixos ( $R^2$  de 0.265 e 0.292, e p-values de 0.001 e 0.0015, respetivamente). Por outro lado, não se verificou qualquer relação com a percentagem de macroflocos ( $R^2$  de 0.001).

Sendo assim podemos concluir que a diminuição da densidade dos agregados se verificou ser dependente essencialmente da evolução dos microflocos e não a um eventual aumento da quantidade de macroflocos.

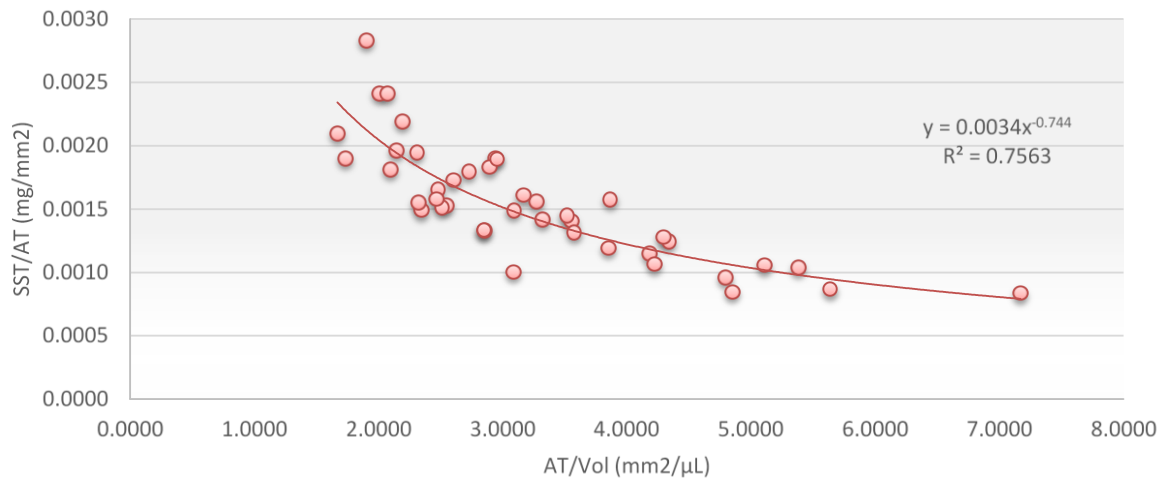


Figura 4.9– Correlação entre SST/AT e AT/Vol.

Tendo em atenção o estudo da estrutura dos agregados, foram ainda quantificados os filamentos protuberantes (bactérias filamentosas) dos mesmos. Assim, na Figura 4.10 podemos verificar a evolução CT/Vol, CT/AT e CT/SST (assim como do IVL) ao longo do período de monitorização.

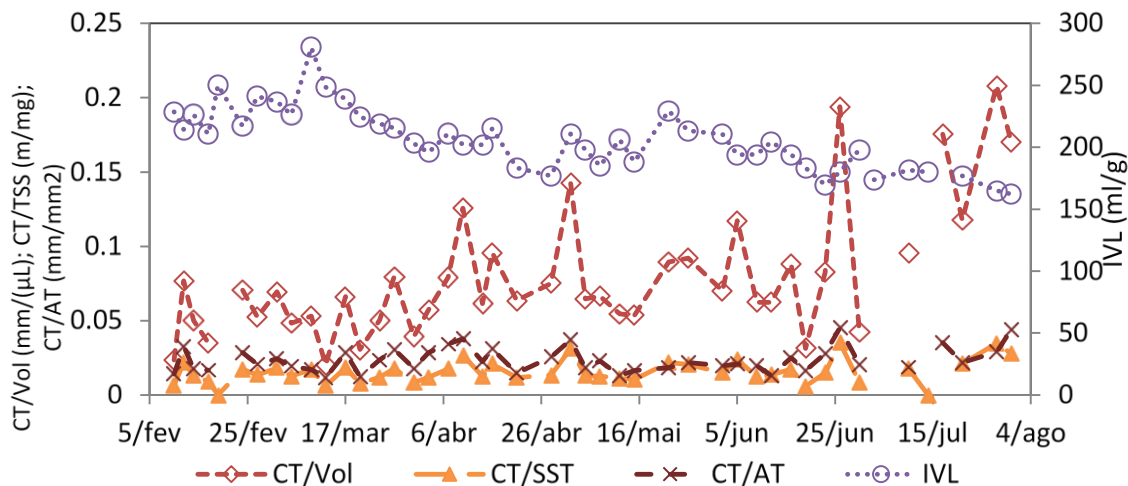


Figura 4.10 - Evolução do CT/Vol, CT/AT, CT/SST e IVL ao longo do período de monitorização

O IVL apresenta valores sempre superiores ao limite de *bulking* (150 mL/g), pelo que indicia problemas de sedimentabilidade das lamas (como já tinha sido observado com o valor de V30). Adicionalmente apresenta uma tendência geral decrescente, principalmente entre 10 março e 28 abril. Esses valores coincidem, quase em absoluto com os valores dos SST ( $p$ -value<0.001 e  $R^2$  de 0.898), o que seria expectável devido ao facto de, durante grande parte do período de monitorização o valor de V30 se ter mantido praticamente no máximo (logo constante). Assim sendo, e dependendo o cálculo do IVL dos SST e do V30, seria mais do expectável esta correlação.

Os valores de CT/Vol, CT/SST e, em menor grau CT/AT, aumentam ao longo do período de monitorização, embora com uma tendência bastante oscilante. Tal facto dever-se-á à pouca extração, que apesar de regular, é muito pontual e à subida de temperatura. Novamente, tal

## RESULTADOS EXPERIMENTAIS E DISCUSSÃO

como acontece com o conteúdo dos flocos, no período entre 10 de março e 24 de abril e no final, em julho, podemos observar um aumento de CT/Vol, dado que a carga afluyente também aumenta significativamente, tendo sido obtida uma dependência positiva entre AT/Vol e CT/Vol com um  $p\text{-value} < 0.001$  e  $R^2$  de 0.528. Para mais, e tal como aconteceu com os flocos, verificou-se uma diminuição de CT/Vol, no período em que a turbina esteve inoperacional, o que pode indiciar que o arejamento do tanque não se terá ressentido de forma significativa deste facto.

Contudo, deve ser tido sempre em conta que os valores do conteúdo em bactérias filamentosas se revelaram sempre muito baixos, quer em termos de CT/Vol, CT/AT e CT/SST. De facto, se atendermos a que os valores destes parâmetros que representam o limiar de *bulking* filamentoso são de 100 mm/ $\mu\text{L}$  (CT/Vol), 15 mm/mm<sup>2</sup> (CT/AT) e 10 m/mg (CT/SST), de acordo com Mesquita et al. (2008, 2011), os valores obtidos ficam muito aquém. Assim, também se pode inferir que os problemas de sedimentabilidade apresentados pelas lamas ativadas não se devem a um problema de *bulking* filamentoso. Por outro lado, a quase inexistência de bactérias filamentosas nas lamas ativadas poderá explicar a falta de correlação obtida entre estes parâmetros e a razão F/M (sempre com um  $R^2$  menor que 0.06).

Dado que, partedo trabalho experimental, se focou na análise microbiológica do licor misto e a sua relação com os parâmetros físico-químicos, foram realizados ensaios laboratoriais que quantificaram os principais protozoários, metazoários e bactérias filamentosas presentes no tanque de arejamento ao longo do tempo.

Na Figura 4.11 podemos observar a evolução da população de protozoários e metazoários, presentes no tanque de arejamento, ao longo do período de monitorização. Refira-se, contudo, que as amebas com teca foram sempre extremamente predominantes (>99%), dado o processo existente de nitrificação da ETAR (com taxas de remoção de NT muito elevadas), com valores acima de 20/ $\mu\text{L}$ , e por essa razão não se encontram inseridas nos gráficos seguintes.

Atendendo ao elevado número de amebas com teca durante todo o período de monitorização, indicadoras de boas condições de arejamento, pode-se inferir que, no decurso deste, e mesmo durante o período de inatividade da turbina, os níveis de oxigénio presentes nas lamas ativadas não terão decrescido significativamente. Tal vem de encontro com o que já se havia inferido pela prévia análise do conteúdo de filamentos.

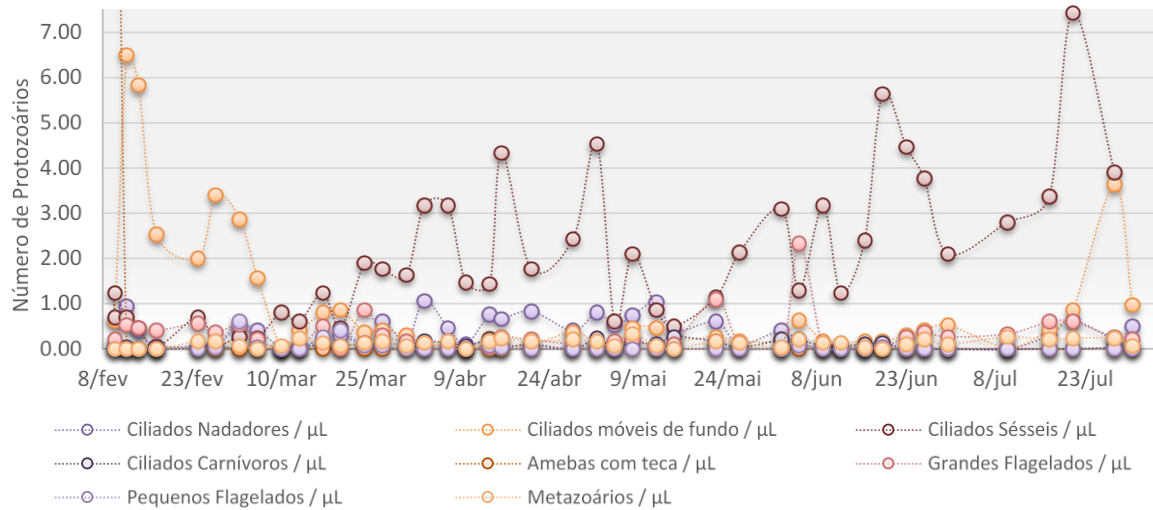


Figura 4.11-Evolução dos protozoários (excetuando ameba com teca)e metazoários ao longo do tempo de monitorização

Pela análise da Figura 4.11, verifica-se que existe uma diminuição acentuada desde o início do período de monitorização até ao dia 10 de março do conteúdo em ciliados móveis de fundo. Este facto é coincidente com a forte diminuição do caudal de afluente e da razão F/M neste período. Já no período imediatamente seguinte (entre 10 de março e 24 de abril), verificou-se um aumento dos ciliados sésseis, que poderá ser devido ao aumento dos SST, e consequentemente da biomassa agregada. De facto, foi possível obter uma dependência positiva entre o conteúdo em ciliados sésseis e os SST no tanque de arejamento ( $R^2$  de 0.539, para uma relação polinomial de grau 2) e AT/Vol ( $p\text{-value} < 0.001$  e  $R^2$  de 0.510).

Também no período em que a turbina não esteve operacional existiu uma subida do conteúdo em ciliados sésseis. Atendendo ainda ao facto de não se ter verificado um aumento significativo do conteúdo em flagelados e ciliados nadadores, indicadores de condições de sub-arejamento, mais uma vez se pode inferir que o teor em oxigénio não deverá ter sido afetado significativamente. Este incremento prolongou-se até ao final do período de monitorização e, mais uma vez foi coincidente com o aumento verificado nos SST no tanque de arejamento.

Nas Figuras 4.12 e 4.13 é possível observar a evolução do conteúdo e da percentagem dos principais grupos de protozoários, e metazoários, presentes no tanque de arejamento ao longo do período de monitorização.

## RESULTADOS EXPERIMENTAIS E DISCUSSÃO

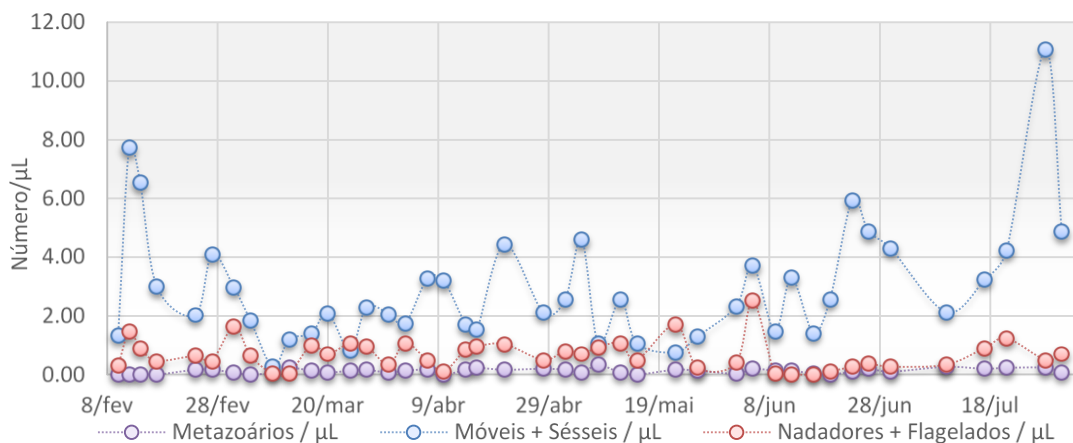


Figura 4.12-Evolução dos principais grupos de protozoários (excetuando ameba com teca), e metazoários, ao longo do tempo de monitorização

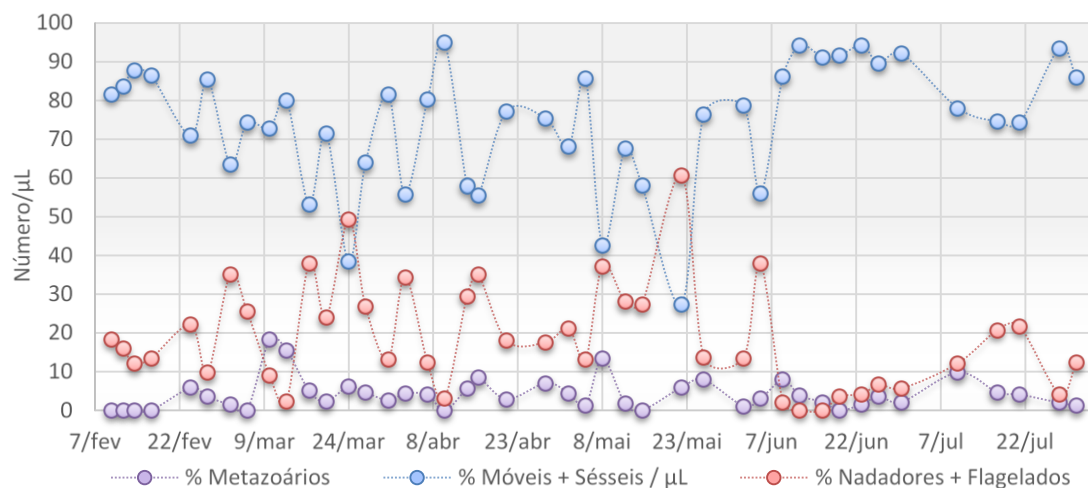


Figura 4.13 - Evolução da percentagem dos principais grupos de protozoários (excetuando ameba com teca), e metazoários, ao longo do tempo de monitorização

Durante praticamente durante todo o período de monitorização verificou-se o predomínio do grupo dos ciliados sésseis e móveis de fundo, com particular incidência nos dois últimos meses de monitorização. Contudo, a partir do dia 10 de março os ciliados sésseis foram claramente preponderantes sobre os ciliados móveis de fundo, o que não indicia condições ideais de operação num sistema de lamas ativadas. Adicionalmente, foi também notório, em alguns períodos da operação que os valores percentuais do grupo dos ciliados nadadores + flagelados, foi superior ao ideal. Em relação aos metazoários, a sua presença manteve-se, quase sempre abaixo dos 10%.

Ao longo do período de monitorização do SLA, as bactérias filamentosas foram observadas com uma frequência mensal, dado que não se observaram modificações apreciáveis das espécies ao longo deste período. Foram observadas essencialmente bactérias Gram negativas, quer Neisser positivas, quer Neisser negativas. No primeiro caso, observaram-se filamentos encurvados, permitindo-nos concluir da presença do Tipo 0092. Já no caso das

bactérias Neisser negativas, os filamentos evidenciados permitiram aferir a presença do Tipo 1701, e as cadeias de bacilos de *S. natans*.

#### 4.5. Caracterização físico-química do efluente

De forma a compreender o processo de tratamento da ETAR, assim como as percentagens de remoção envolvidas no processo, foram efetuadas análises físico-químicas ao efluente.

Na Figura 4.14 encontra-se representada a evolução dos SST, assim como COT, PT e NT.

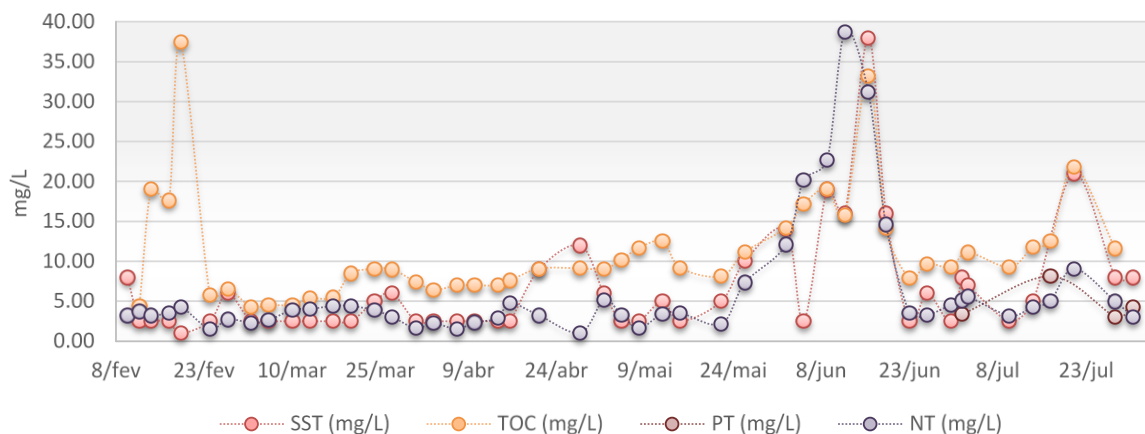


Figura 4.14- Evolução dos parâmetros físico-químicos do efluente ao longo do tempo.

Podemos observar a evolução destes parâmetros, que se acompanham exceto em época de maior pluviosidade, dado que o tempo de retenção do tanque diminui drasticamente, fazendo com que parte dos sólidos sejam arrastados para o efluente. No mês de junho podemos observar aumentos significativos devido à avaria da turbina de arejamento, dado que no dia 16 de junho os valores de SST e NT estão em incumprimento da licença (Anexo C), onde o NT já estava em incumprimento desde dia 5 do mesmo mês.

Na Figura 4.15 encontra-se a representação gráfica da evolução de CQO e CBO<sub>5</sub> no decorrer do estágio.

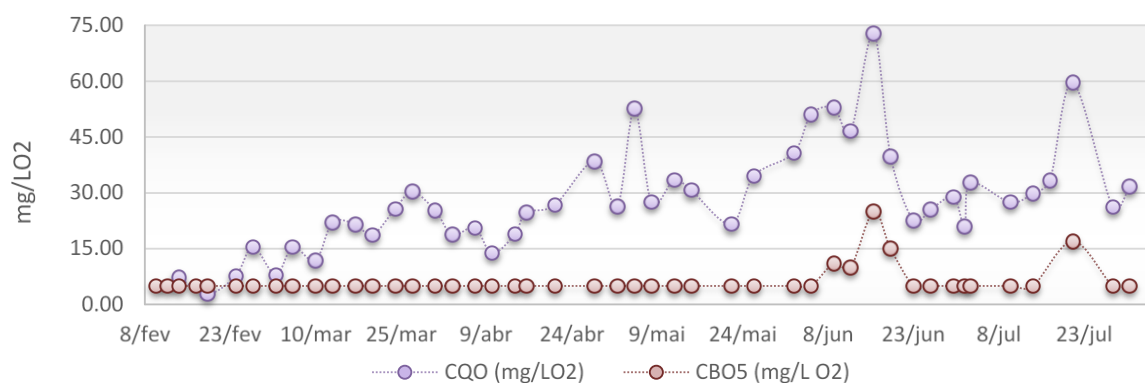


Figura 4.15- Evolução dos valores de CQO e CBO<sub>5</sub> no efluente ao longo do tempo.

Ao analisar a representação gráfica, é possível verificar que, enquanto o CBO<sub>5</sub> apresenta sempre valores muito baixos, os valores de CQO acompanham os de COT, o que seria de esperar dado que estão relacionados. O aumento de CBO<sub>5</sub> no fim do mês de junho deve-se ao aumento da carga do afluente.

## RESULTADOS EXPERIMENTAIS E DISCUSSÃO

Novamente para o dia 16 de junho, dada a avaria da turbina de arejamento, o valor de  $CBO_5$  encontra-se no limite dos valores legais da licença (Anexo D).

### 4.6. Comparação dos parâmetros físico-químicos

Ao analisar as evoluções de  $CBO_5$  e CQO, foi observado que estas acompanhavam a evolução uma da outra exceto nos valores de afluente. Na Figura 4.16 podemos observar como se relacionam entre si.

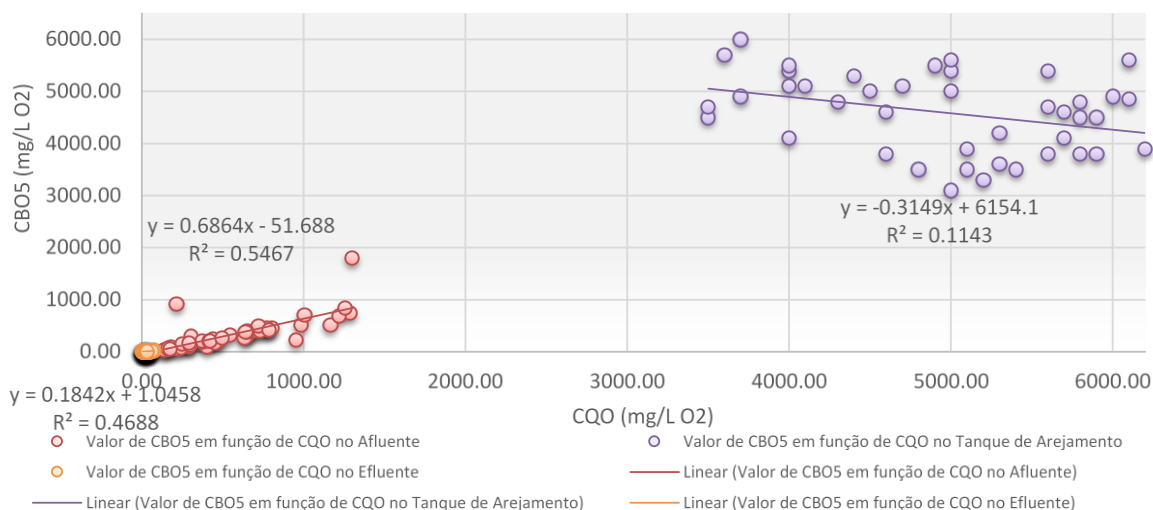


Figura 4.16 – Representação gráfica de CQO vs. CBO<sub>5</sub>

Contudo, podemos verificar que há uma grande diferença (em termos de valor absoluto) entre eles, quer no afluente, quer no tanque de arejamento, quer no efluente sendo, mais notória neste último caso. Já para o efluente e tanque de arejamento o fator de correlação é aproximadamente 0,5, havendo menos discrepâncias.

A Figura 4.17 permite-nos analisar a relação entre SST e SSV no tanque de arejamento.

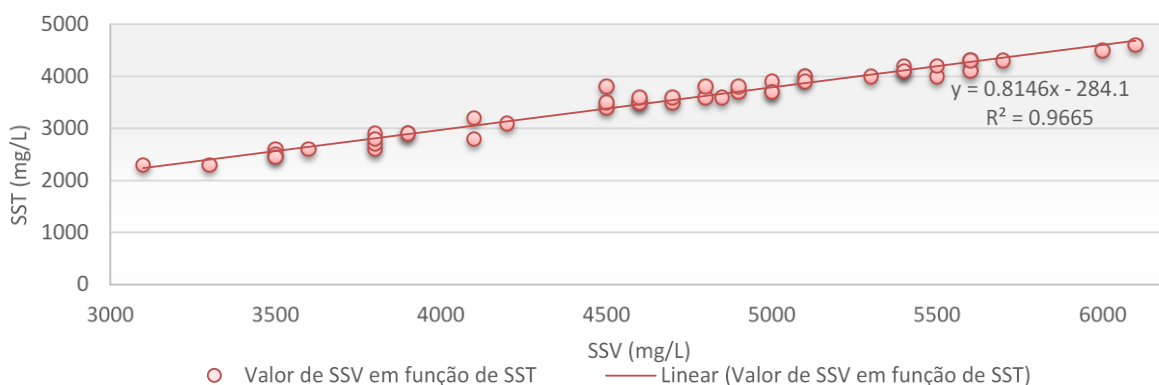


Figura 4.17- Representação gráfica do SSV vs. SST

Na Figura 4.18 podemos observar a evolução do  $CBO_5$  no afluente e efluente ao longo do tempo.

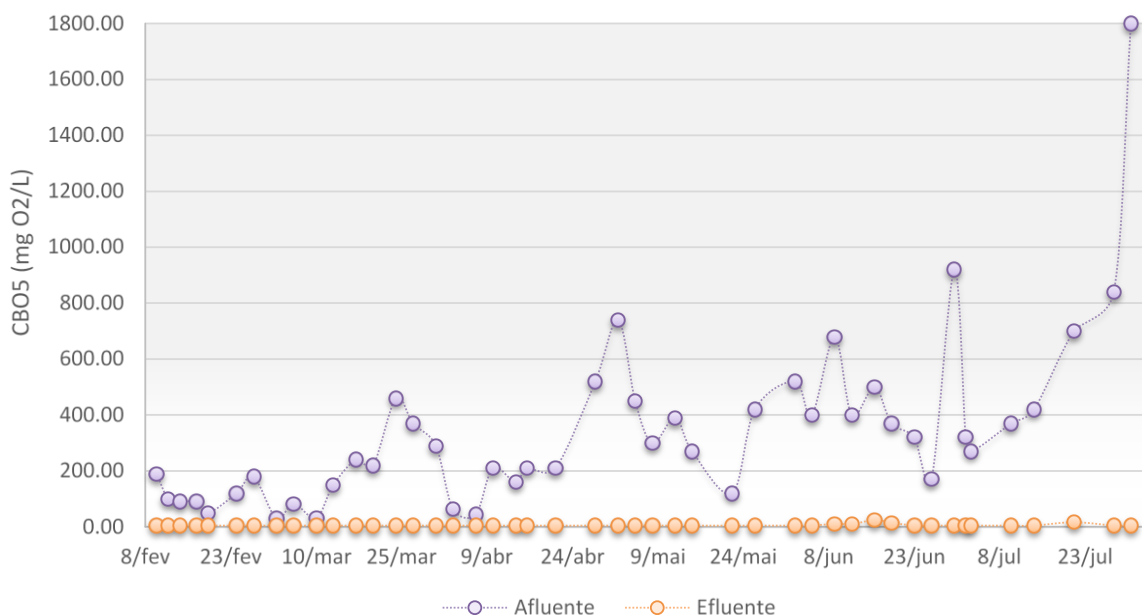


Figura 4.18 – Comparação do parâmetro de CBO5 no afluente e efluente

Os valores de CBO<sub>5</sub> de afluente aumentam significativamente nos períodos de menos chuva e mais calor, dado que a concentração de afluente é muito maior. Ao analisar a Figura é possível ter a percepção do tratamento independentemente do tipo de carga que entra.

Na Figura 4.19 podemos ver a concentração de carbono orgânico total ao longo do tempo, comparando os valores de afluente com o de efluente.

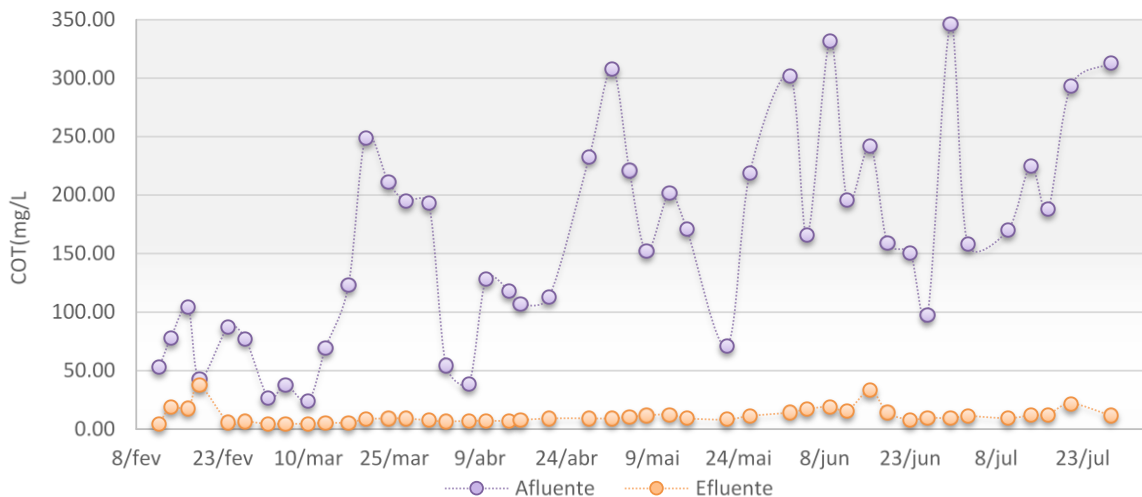


Figura 4.19- Evolução dos COT no afluente e efluente ao longo do tempo.

É possível verificar que os valores de efluente são praticamente constantes, havendo duas discrepâncias notórias em fevereiro e em junho, cuja primeira se deve a um aumento de CBO<sub>5</sub> e a segunda às mudanças de temperatura, ao fim de períodos de chuva prolongado e aumento de concentrações de entrada, antes de serem mudados os tempos de arejamento da mesma e extração em função às novas necessidades.

## RESULTADOS EXPERIMENTAIS E DISCUSSÃO

Na Figura 4.20 é possível observar a evolução dos SST ao longo do tempo no afluente e efluente.

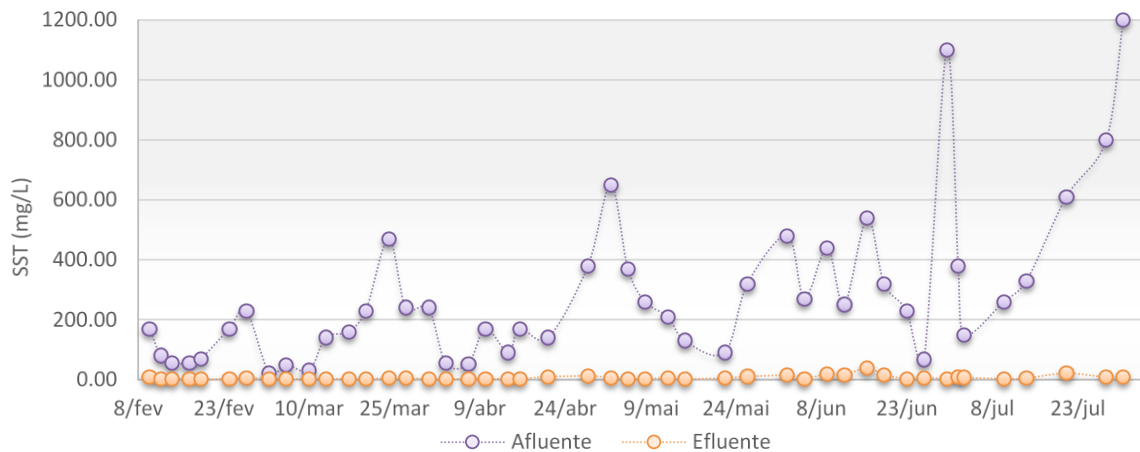


Figura 4.20 - Evolução dos SST no afluente e efluente ao longo do tempo.

Novamente é possível observar que esta ETAR possui um tratamento eficiente de sólidos, dado que os valores se encontraram maioritariamente inquantificáveis por serem tão baixos. O único pequeno aumento verificado é no início do verão, mais uma vez.

Na Figura 4.21 é possível observar a evolução das percentagens de remoção da ETAR de Conraria ao longo do tempo

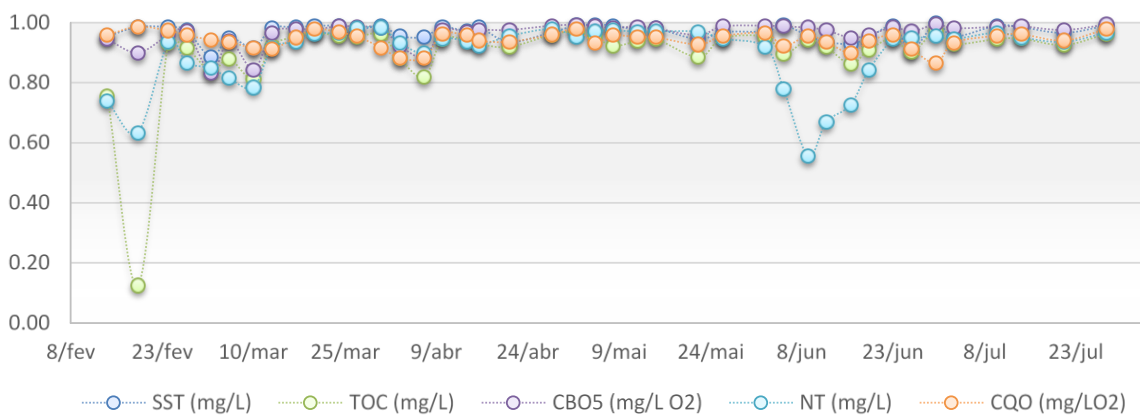


Figura 4.21 Evolução das percentagens de remoção ao longo do tempo.

É possível observar que as percentagens de remoção da ETAR em estudo se encontram maioritariamente entre os 90% e os 98%, fora raras exceções como o COT e o NT em fevereiro e o NT em junho.

## 5. CONCLUSÕES GERAIS E SUGESTÕES

A realização deste estágio permitiu caracterizar o sistema de tratamento de lamas ativadas em baixa carga da ETAR de Conraria.

Os valores médios que os caudais atingiram, foram de 386 m<sup>3</sup>/dia para o afluente, 257,61 m<sup>3</sup>/dia para o recirculado, 9,17 m<sup>3</sup>/dia para o extraído e 211,03 m<sup>3</sup>/dia para o efluente e o tempo de retenção hidráulico médio no tanque de arejamento foi de 17±0,1 h.

As análises feitas ao longo do período experimental obtiveram bons resultados de percentagem de remoção, que se encontram maioritariamente acima dos 90%. A percentagem de remoção dos SST foi de 97±2%, de COT foi de 90±13%, de NT foi de 89±10%, de CBO<sub>5</sub> foi de 97±4% e finalmente de CQO que foi de 94±3%. Podemos então afirmar que a ETAR é eficiente na remoção dos componentes em causa, exigidos pela ARH-Centro, pelo Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 junho.

Os valores médios dos parâmetros físico-químicos registados para o efluente foram de 6,55 mg/L para o NT, 4,73 mg/L para o PT, 10,36 mg/L para o COT, 10,95 mg/L para os SST, 29,37 mg/L O<sub>2</sub> para a CQO e 15,60 mg/L O<sub>2</sub> para a CBO<sub>5</sub>.

Ao nível dos parâmetros microbiológicos verificou-se que a forte descida do caudal do afluente no início do período de monitorização implicou também uma diminuição acentuada razão F/M neste período e, conseqüentemente, do conteúdo em ciliados móveis de fundo.

Verificou-se ainda que, no período em que a turbina de arejamento se encontrou avariada, a densidade aparente dos flocos aumentou, devido ao facto de o conteúdo em biomassa agregada ter diminuído (comportamento oposto dos SST). Adicionalmente, verificou-se uma diminuição do conteúdo em bactérias filamentosas, neste período, o que pode indiciar que o arejamento do tanque não se terá ressentido de forma significativa deste facto. Também no período em que a turbina não esteve operacional existiu uma subida do conteúdo em ciliados sésseis, sem se ter verificado aumento significativo do conteúdo em flagelados e ciliados nadadores, indicadores de condições de sub-arejamento. Este facto reforça a assunção de que o teor em oxigénio não deverá ter sido afetado significativamente a comunidade microbiana. Contudo, no tocante aos parâmetros físico-químicos, NT, PT e SST no efluente subiram significativamente neste período.

No período final, em julho, foi possível de observar um aumento dos SST no tanque de arejamento, a que correspondeu um aumento do conteúdo em biomassa agregada, dado que a carga afluente também aumentou significativamente. Este facto levou a uma ligeira diminuição da densidade aparente, tendo sido ainda notório um aumento do conteúdo em bactérias filamentosas.

O IVL apresentou valores sempre superiores ao limite de *bulking* (150 mL/g), devido ao facto de o valor de V30 ter sido extremamente elevado, e indiciando problemas de sedimentabilidade das lamas. Contudo, os valores do conteúdo em bactérias filamentosas

## CONCLUSÕES GERAIS E SUGESTÕES

revelaram-se sempre muito baixos, e longe dos valores considerados como causadores de *bulking* filamentosos. Por outro lado, verificou-se que, ao longo do período de monitorização, predominaram ligeiramente os mesoflocos, face aos microflocos, sendo que os macroflocos tiveram sempre valores muito baixos. Contudo foi ainda notório que a estrutura dos agregados não foi a ideal, e a relativamente elevada quantidade de microflocos, não facilmente sedimentáveis, poderá ter afetado a sedimentabilidade das lamas.

Foi ainda estudado o modo como a densidade aparente da biomassa agregada dependeu dos restantes parâmetros, tendo-se obtido uma correlação ( $R^2$  de 0.756) inversa com o conteúdo em biomassa agregada. Assim, pode ser observado que a densidade aparente dos agregados diminuiu com o incremento da quantidade total dos mesmos. Por outro lado, verificou-se uma dependência positiva com a percentagem de mesoflocos, comprovando a assunção teórica de que possuem melhores propriedades de sedimentação. Noutra análise, o valor dos sólidos suspensos totais no tanque de arejamento pôde ainda ser correlacionado positivamente com o conteúdo em ciliados sésseis, em biomassa agregada e em bactérias filamentosas.

Ao nível dos protozoários, as amebas com teca predominaram ao longo deste estudo, dado que o tanque anóxico recebe uma grande quantidade de recirculação de lamas, nitratos e afluente, estando sempre concentrado, permitindo que o processo de nitrificação e desnitrificação que ocorre no tanque de arejamento seja eficaz, como podemos verificar pelas percentagens de remoção de azoto. Mais uma vez, e atendendo ao elevado número destes protozoários, indicadores de boas condições de arejamento, durante todo o período de monitorização, se pode inferir que, mesmo durante o período de inatividade da turbina, os níveis de oxigénio presentes nas lamas ativadas não terão decrescido significativamente.

Durante praticamente durante todo o período de monitorização verificou-se o predomínio do grupo dos ciliados sésseis e móveis de fundo, com particular incidência nos dois últimos meses de monitorização. Contudo, o claro predomínio dos ciliados sésseis sobre os móveis de fundo, não indicia condições ideais de operação num sistema de lamas ativadas.

Seria interessante avaliar o processo de desnitrificação da ETAR, fazendo análises ao azoto nas suas diferentes formas ao longo do processo, mudando condições de arejamento e de recirculação. Dado que a ETAR de Conraria recebe afluente do Centro Hospitalar Psiquiátrico de Coimbra - Unidade Sobral Cid, seria também interessante observar os fármacos que afluem à ETAR, e se afetam o processo, assim como os fármacos que vão para a linha de água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Águas do Mondego, S. (s.d.). Obtido em Maio de 2014, de Website da Águas do Mondego, S.A.: [www.aguasdomondego.pt](http://www.aguasdomondego.pt)
- Barreto, M. P. (2013). Tratamento de águas Residuais Urbanas Por sistemas de Membranas - Caso de Estudo da Águas do Mondego. Coimbra.
- Bitton, G. (2011). *Wastewater Microbiology* (Vol. 4th edition). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Brix, H. (1997). Do Macrophytes play a role in constructed treatment wetlands? (W. S. Tech., Ed.) *Pergamon*, 35, pp. 11-17.
- Canler, J., Perret, J., Duchéne, P., & Cotteux, E. (1999). *Aide au diagnostic des station d'épuration par l'observation microscopique des boues activées*. France: Cémagref-Éditions.
- Cappuccino, J., & Sherman, N. (1998). *Microbiology: A Laboratory Manual* (5 ed.). Benjamin-Cummings.
- Cervantes, F. J., Pavlostathis, S. G., & Van Haadel, A. C. (2006). *Advanced Biological Treatment Processes for Industrial Wastewaters: Principles and applications*. London: IWA Publishing.
- Eikelboom, D. H. (2000). *Process control of activated sludge plants by microscopic investigation*. IWA Publishing.
- EPA, E. P. (1999). Wastewater Tecnology Fact Sheet Sequencing Batch Reactors. Washington D.C.: Municipal Technology Branch.
- Gray, N. (2005). *Water Technology - An introduction for environmental scientists and engineers* (2nd ed.). Dublin: Elsevier Science & Tecnology Books.
- Henze, M. (2008). *Wastewater treatment: Principles, Modeling and Design*. IWA Publishing.
- Jenkins, D., Richard, M. G., & Daigger, G. T. (2003). *Manual on the causes and control of activated sludge bulking, foaming, and other solids separation problems* (3 ed.). IWA.
- Madoni, p. (2004). *APPLICAZIONE DELL' INDICE BIOTICO DEL FANGO (S.B.I.) NEL PROCESSO DI DEPURAZIONE A FANGHI ATTIVI*. Università degli Studi di Parma: Dipartimento di Scienze Ambientali.
- Mara, D. D. (2004). *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. London: Earthscan.
- (Mesquita, D.P., Dias, O, Amaral, A.L., Ferreira, E.C. (2008). Relationship between sludge volume index and biomass within activated sludge systems. Atas do XVII COBEQ – Congresso Brasileiro de Engenharia Química, (Recife), CD-ROM, 7 pp.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Mesquita, D.P., Amaral, A.L., Ferreira, E.C. (2011). Identifying different types of bulking in an activated sludge system through quantitative image analysis. *Chemosphere* 85: 643–652.
- Okafor, N. (2011). *Environmental Microbiology of Aquatic and Waste Systems*. London: Springer.
- Pumnia, B. C. (1998). *Waste Water Engineering*. New Dehli: Firewall Media.
- Seviour, R. J., & Nielsen, P. H. (2008). *Microbial Ecology of activated sludge*. London: IWA Publishing.
- Signorile, G., Molinari, A., Lugoli, F., Sciancalepore, L., Montemurro, P., & De Donno, A. (2010). Study of the correlation between microfauna and the macrostructure of activated sludge and the efficiency of biological wastewater treatment plants. *Journal of preventive medicine and hygiene*, 51, 15-19.
- Sonune, A., & Ghatge, R. (2004). Developments in wastewater treatment methods. *Desalination* 167, 55-63.
- Stoddard, A. (2002). *Municipal wastewater treatment: evaluating improvements in national water quality*. New York: John Wiley & Sons.
- Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., Tsuchihashi, R., & Burton, F. (2003). *Metcalf&Eddy.Wastewater Engineering Treatment and Reuse* (4th ed.). New York, USA: McGraw-Hill.
- Wang, L., Daming, F., Chen, W., & Terentjev, E. M. (2015). Bacterial growth, detachment and cell size control on polyethylene terephthalate surfaces. *Scientific Reports*, 5. Obtido de [www.nature.com/articles/srep15159](http://www.nature.com/articles/srep15159)

## 6. ANEXOS

### Anexo A – Protozoários e metazoários

#### Flagelados

##### *Euglena sp.*

Grande flagelado de 30 a 70  $\mu\text{m}$  de comprimento e locomoção rápida. Corpo fusiforme muito deformável. Extremidade posterior alongada e pontiaguda. Flagelo único apical do tamanho do corpo (Canler et al., 1999).

##### *Peranema sp.*

Grande flagelado de 20 a 100  $\mu\text{m}$ . Corpo alongado cilíndrico deformável. Extremidade posterior final arredondada ou truncada obliquamente. Flagelo apical puxado para a frente (mais ou menos visível) e segundo flagelo discreto, o terço anterior do flagelo ondula quando em movimento (Canler et al., 1999).

#### Ciliados nadadores

##### *Colpidium sp.*

Protozoário com um comprimento de 50 a 100  $\mu\text{m}$ , corpo em forma de um feijão deitado, por vezes ovoide quando parado. Apresenta cílios uniformes listrados e um tufo de cílios longos na parte posterior do corpo. A sua boca não é pontiaguda e contém um macronúcleo esférico. A sua locomoção é lenta e apresenta um vacúolo contrátil. A sua cor pode parecer escura devido a apresentar um grande número de inclusões (Canler et al., 1999).

##### *Depranomonas sp.*

Ciliado em forma de rim ligeiramente alongado, achatado, rígido, com a superfície esculpida e curva. O lado côncavo da célula possui uma reentrância no citóstoma e, em torno desta região, existem grupos de cílios no vacúolo contrátil. As suas dimensões são modestas, o comprimento é de cerca de 30  $\mu\text{m}$  e a largura varia de 10 a 15  $\mu\text{m}$ . Alimenta-se de bactérias dispersas. Alterna fases de locomoção em que realiza viagens curtas, com curtos períodos de descanso (Madoni, 2004).

##### *Paramecium*

Ciliado de corpo aerodinâmico, cilíndrico e muito deformável, com uma gama de tamanhos muito variável (de 50 a 300  $\mu\text{m}$ ). Possui uma ciliatura uniforme. Apresenta um macronúcleo. Nada rapidamente em linha reta e em torno de si mesmo (Canler et al., 1999).

##### *Trachelophyllum*

Corpo em forma de garrafa alongada, com um tamanho entre os 40 e os 50  $\mu\text{m}$  de comprimento. Apresenta um só vacúolo contrátil, dois macronúcleos, uma ciliatura uniforme e uma boca apical cercada por cílios com direção frontal (Canler et al., 1999).

## ANEXOS

### *Uronema*

Corpo ligeiramente alongado, com uma constrição anterior e cílio caudal. Possui um tamanho ao redor dos 30µm de comprimento. Alterna facilmente de velocidades muito rápidas para completa mobilidade (Madoni, 2004)

### Ciliados sésseis

#### *Carchesium sp.*

Comprimento do corpo de 80 a 140 µm. Vivem em colónias (até 3 mm de diâmetro) com vários indivíduos por pedúnculo. Corpo em forma de sino. Ciliatura bucal ampla. Pedúnculo com fibramuscular descontínua ramificada (cada individuo se contrai de forma independente. Haste principal apresenta 1 mm de comprimento. Apresenta longo macronúcleo em forma de ferradura e um vacúolo contrátil perto da cavidade oral (Canler et al., 1999).

#### *Epistylis sp.*

Protozoários com comprimento entre 70 a 100 µm. Vivem em colónias com vários indivíduos por pedúnculo. Corpo em forma de vaso. Parte anterior convexa e rodeada por uma coroa de cílios grandes. Apresenta um macronúcleo em forma de “C” e um vacúolo contrátil perto da boca. Pedúnculo sem fibra muscular (portanto, não retrátil) segmentado e estriado longitudinalmente (Canler et al., 1999).

#### *Opercularia sp.*

Protozoário com comprimento entre 40 e 120 µm consoante a espécie. Vivem em pequenas colónias (3 a 20 indivíduos por pedúnculo). Corpo em forma de vaso alongado. Coroa de cílios muito estreita. Macronúcleo em forma de “C” com um vacúolo contrátil. Pedúnculo grosso sem fibra muscular retrátil. Pode ser segmentado ou estriado e apresentar comprimento variável consoante a espécie (Canler et al., 1999).

#### *Vorticella aquadulcis*

Ciliado muito semelhante a *V. microstoma*, apresentando dimensões mais pequenas (comprimento 20 a 50 µm e pedúnculo 50 a 300 µm). Possui um macronúcleo transversal. Bastante comum em lamas ativadas(Madoni, 2004).

#### *Vorticella convalaria*

Grande vorticela com um comprimento de 60 a 120 µm. O seu corpo apresenta forma de sino e contém uma fibra muscular retrátil e uma coroa larga de cílios. Apresenta também um longo macronúcleo de forma variada(Canler et al., 1999).

#### *Vorticella microstoma*

Pequena vorticela com 20 a 60 µm de comprimento com um corpo esférico estriado alongado. O comprimento do seu pedúnculo é inferior ao dobro do corpo. Apresenta uma fibra muscular retrátil e uma coroa de cílios estreita em relação ao corpo, em torno de uma região encurvada. Contém um longo macronúcleo situado verticalmente no eixo do corpo e um vacúolo contrátil perto dos cílios(Canler et al., 1999).

### Zoothamium sp.

Comprimento do corpo de 80  $\mu\text{m}$ . Vários indivíduos por pedúnculo. Corpo em forma de sino com ciliatura bucal larga. Pedúnculo com fibra muscular contínua a nível das ramificações (todos os indivíduos se contraem simultaneamente). O macronúcleo estende-se verticalmente para a periferia do corpo. Apresenta um vacúolo contrátil perto da cavidade oral (Canler et al., 1999).

#### **Ciliados móveis de fundo**

### Aspidisca cicada

Ciliado pequeno com dimensões de 25 a 40  $\mu\text{m}$ . Apresenta uma forma arredondada provida de uma película rígida. Superfície dorsal convexa e provida de 6 ranhuras; superfície ventral plana, com 7 cirros frontoventrais e 5 em cruz. A cavidade oral abre na margem esquerda posterior. Possui um macronúcleo dobrado em C e um vacúolo contrátil perto da margem direita. Move-se continuamente nos flocos de lamelas através dos seus cílios e cirros. (Madoni, 2004).

### Aspidisca lynceus

Corpo ovoide e achatado dorsoventralmente de comprimento de 30 a 55  $\mu\text{m}$ . Apresenta mobilidade elevada, deslocando-se no interior dos flocos. Visto de cima, apresenta cinco cirros salientes posteriores (Canler et al., 1999).

### Euplotes sp.

Pequeno ciliado que pode variar em tamanho dependendo da espécie (entre 50 e 200  $\mu\text{m}$ ). Corpo achatado dorsoventralmente e ligeiramente alongado. Apresenta entre 5 e 7 sulcos escuros visíveis no lado dorsal com a presença de uma fenda longa alinhada com cílios na parte corporal (boca) e muitos barbilhões no lado ventral (Canler et al., 1999).

### Trithymostoma sp.

Ciliado oval, achatado ao longo da borda com uma superfície ventral e uma numerosa fileira de cílios deitados. Apresenta uma superfície dorsal convexa e sem cílios. Macronúcleo oval, dois vacúolos contráteis. É flexível e move-se sobre e no interior dos flocos. Tamanho variável (de 75 a 300  $\mu\text{m}$ , normalmente de 150  $\mu\text{m}$ ), tem 6 a 8 vacúolos contráteis (Madoni, 2004).

### Trochilia minuta

Corpo achatado dorsoventralmente com 50  $\mu\text{m}$  de comprimento e ciliatura apenas de um lado e um estilete móvel na parte posterior do corpo. Aparelho bucal visível em forma de tubo com nervuras. Apresenta um macronúcleo e dois vacúolos contráteis. Nadador muito rápido (Canler et al., 1999).

#### **Ciliados carnívoros**

### Acineta sp.

Corpo inteiramente de citoplasma em forma de pirâmide com 60  $\mu\text{m}$  de comprimento, apresenta um macronúcleo oval central e um vacúolo anterior assim como dois tufo de

## ANEXOS

tentáculos. Pedúnculo contrátil curto perto do corpo e listrado longitudinalmente. Macronúcleo central e oval (Canler et al., 1999).

### *Coleps hirtus*

Ciliado em forma de barril com um comprimento de 50 a 70  $\mu\text{m}$ , com placas características sobre a superfície exterior. A boca larga apical, permite que se alimente de uma grande variedade de substratos, desde matéria orgânica, algas, bactérias, flagelados e ciliados. Apresenta espinhos e um cílio caudal longo. Move-se muito rapidamente, com frequentes mudanças de direção (Madoni, 2004).

### *Litonotus sp.*

Tamanho variável de acordo com o indivíduo, de 50 a 200  $\mu\text{m}$  de comprimento. Corpo alongado, comprimido lateralmente e flexível. Apresenta um vacúolo contrátil perto da extremidade posterior visível e macronúcleos centrais. Cílios mais compridos que rodeiam a abertura da boca (terço superior do corpo) (Canler et al., 1999).

### *Podophrya sp.*

Corpo esférico com diâmetro de 10 a 60  $\mu\text{m}$ . Tentáculos dispostos uniformemente por todo o corpo. Apresenta um macronúcleo e um vacúolo contrátil. Pedúnculo estriado transversalmente em toda sua extensão (Canler et al., 1999).

### *Tokophrya*

Forma de corpo variável, embora muitas vezes assumam uma forma invertida com o talo rígido. Os tentáculos encontram-se agrupados em 2 ou 4 feixes. O seu tamanho varia entre os 50 a 200  $\mu\text{m}$  (Madoni, 2004).

## Sarcodinas

### *Arcella sp.*

Sarcodinas de grande diâmetro, entre 30 e 250  $\mu\text{m}$ . Teca arredondada e transparente ou laranja quando velha. Pseudópodes raramente observados (Canler et al., 1999).

### *Euqlypha sp.*

Sarcodinas de grande comprimento, entre 50 e 150  $\mu\text{m}$ . Apresentam teca ovoide (em forma de bola de rugby), clara e transparente, composto por almofadas ovais bem desenhadas e muitas vezes visíveis. Abertura da teca localizada na extremidade mais estreita. Pseudópodes raramente observáveis (Canler et al., 1999).

### *Hartamanella vermiformis* (ameba sem teca)

Corpo em forma de saco altamente deformável, cheio de endoplasma transparente. O tamanho mais pequeno atinge 40  $\mu\text{m}$ . Móveis, por deslocamento de um ou mais pseudópodes, seguido pelo fluxo de endoplasma (Canler et al., 1999).

## **Metazoários**

### *Aelosoma sp.*

Metazoários de tamanho muito elevado, chegando a atingir os 500  $\mu\text{m}$ . A sua extremidade anterior é arredondada e apresenta tufo de pelo ao longo do corpo segmentado na forma de anéis. Podem apresentar manchas de pigmento vermelho sobre o corpo (Canler et al., 1999).

### *Digononta sp.*

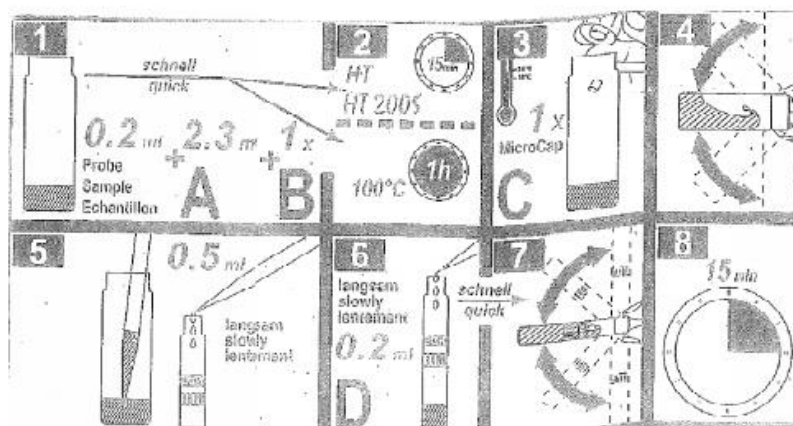
Metazoários de tamanho entre 100 e 200  $\mu\text{m}$ . Corpo telescópico e pé mais longo do que o corpo, quando o indivíduo se encontra fixo. Apresenta duas coroas ciliares adjacentes à extremidade anterior. Pode encontrar-se tanto em movimento como fixo pelo seu pé (Canler et al., 1999).

### *Monoqononta sp.*

Metazoários de tamanho entre 50 e 300  $\mu\text{m}$ . Apresentam uma cabeça distinta e corpo não telescópico, comprimido dorsoventralmente. Apresentam uma ou duas ramificações no seu pé (Canler et al., 1999).

### *Nematode sp.*

Metazoários de tamanho variável, por norma superior a 150  $\mu\text{m}$ , cuja extremidade posterior é muito afunilada. Paredes lisas (sem pelos ou anéis). Organismo muito flexível e relativamente móvel. (Canler et al., 1999).


**DETERMINAÇÃO DE AZOTO TOTAL - AFLUENTE**  
**INSTRUÇÃO DE TRABALHO**  
 Rev: 00 Código: It.175


### Afluente – Usar o LCK 338 (20-100 mg/L)

1. Antes de iniciar este ensaio, colocar os EPI's necessários - farda de trabalho, óculos de protecção e luvas de protecção química.
2. Para o frasco de tampa vermelha (frasco maior) pipetar:
  - 0,2 ml de amostra
  - 2,3 ml de reagente A
  - 1 pastilha do frasco B
3. Colocar no Termóstato HT 200 S, durante 15 minutos.
4. Deixar arrefecer e colocar 1 microcap do frasco C.
5. Agitar bem.
6. Pipetar 0,5 ml da solução do frasco de tampa vermelha para o Kit.
7. Pipetar 0,2 ml do reagente D e adicionar cuidadosamente ao Kit.
8. Agitar bem o Kit.
9. Aguardar 15 minutos e ler no fotómetro.
10. No final da análise, os Kits deverão ser colocados no contentor identificado com **Kits Análises Ler 16 05 06\***.

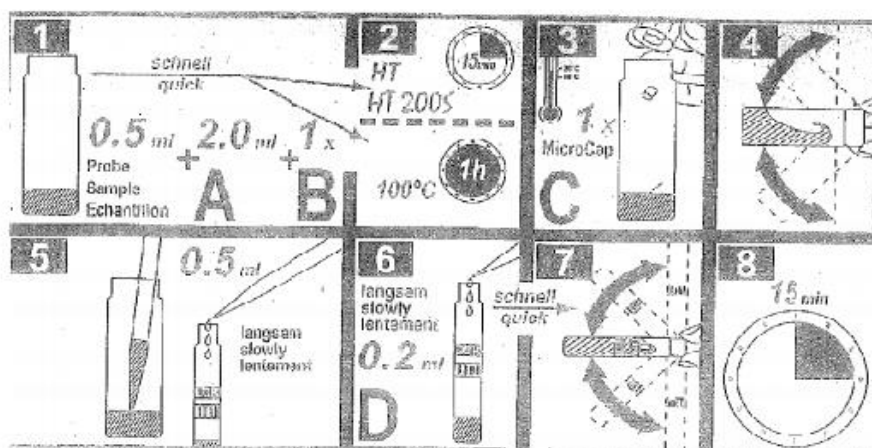
Elaborado por: Susana Santos	Verificado por: Catarina Figueiredo	Aprovado por: Paulo Oliveira
---------------------------------	--	---------------------------------



Rev: 00

## DETERMINAÇÃO DE AZOTO TOTAL - EFLUENTE INSTRUÇÃO DE TRABALHO

Código: It.174



### Efluente – Usar o LCK 238 (5-40 mg/L)

1. Antes de iniciar este ensaio, colocar os EPI's necessários - farda de trabalho, óculos de protecção e luvas de protecção química.
2. Para o frasco de tampa vermelha (frasco maior) pipetar:
  - 0,5 ml de amostra
  - 2,0 ml de reagente A
  - 1 pastilha do frasco B
3. Colocar no **Termóstato HT 200 S**, durante 15 minutos
4. Deixar arrefecer e colocar 1 microcap do frasco C
5. Agitar bem
6. Pipetar 0,5 ml da **solução do frasco de tampa vermelha** para o Kit
7. Pipetar 0,2 ml do reagente D e **adicionar cuidadosamente** ao Kit
8. Agitar bem o Kit
9. Aguardar 15 minutos e ler no fotómetro
10. No final da análise, os Kits deverão ser colocados no contentor identificado com **Kits**

**Análises Ler 16 05 06\***

Elaborado por:  
Susana Santos

Verificado por:  
Catarina Figueiredo

Aprovado por:  
Paulo Oliveira

Determinação da Carência Bioquímica de Oxigênio em 5 dias (CBO<sub>5</sub>)**1 - Objetivo e campo de aplicação**

O presente método destina-se à determinação da carência bioquímica de oxigênio em águas residuais, pelo método manométrico.

**2 - Resumo**

Uma quantidade específica de água residual é introduzida na garrafa de incubação, a qual tem um sensor de pressão.

No decorrer da análise, as bactérias consomem o oxigênio da amostra, o qual é continuamente repostado pelo oxigênio existente no volume restante da garrafa, formando-se uma pressão negativa. Os OxiTop transformam esse valor de pressão em unidades de concentração (mg/L).

No decorrer da análise a amostra é mantida permanentemente em movimento pela agitação que assegura a troca constante entre O<sub>2</sub> – CO<sub>2</sub>. Os organismos nitrificantes também consomem oxigênio, tornando-se necessária a adição de um inibidor de nitrificação para que esse consumo não se reflita no resultado final.

Caso as amostras não contenham bactérias suficientes para induzir a decomposição da matéria orgânica, é necessário adicionar bactérias sob a forma de “solução inoculadora”. O valor de CBO<sub>5</sub> da solução inoculadora deve ser medido e descontado no valor da amostra em causa.

Se o valor de pH não se situar entre 6,0 e 8,0, este deve ser ajustado a pH 7,0, utilizando a solução de ácido, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> diluído ou a solução alcalina de hidróxido de sódio, NaOH diluída.

**3 - Equipamento material e reagentes****3.1 - Equipamento**

- Sensomat
- Sensores de BOD

**3.2 - Reagentes**

Utilizar água ultra pura na preparação de todos os padrões, soluções e execução da análise.

**3.2.1 - Hidróxido de Sódio, NaOH pellets****3.2.2 - Solução de sulfato de magnésio, MgSO<sub>4</sub>**

- Dissolver 22,5g de sulfato de magnésio, MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O em água ultra pura e transferir para um balão de 1000 mL e completar o volume do balão com água ultra-pura

1/5

Elaborado por: Sandra Mendes	Verificado por: Teresa Pacheco	Aprovado por: Sandra Mendes
---------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------



Rev: 02

## CBO<sub>5</sub> – MANOMÉTRICO INSTRUÇÃO TÉCNICA

Código: It.158

### 3.2.3 - Solução de Cloreto de Cálcio, CaCl<sub>2</sub>

- Dissolver 27,5g de cloreto de cálcio, CaCl<sub>2</sub> em água ultra pura, transferir para um balão de 1000 mL e completar o volume do balão com água ultra-pura

### 3.2.4 - Solução de Cloreto de Ferro, FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O

- Dissolver 0,25 g de cloreto de ferro, FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O em água ultra pura, transferir para um balão de 1000 mL e completar o volume do balão com água ultra-pura

### 3.2.5 - Solução tampão de fosfato

- Dissolver 8,5g de dihidrogenofosfato de potássio (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), 21,75g de hidrogenofosfato dipotássio (K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>), 33,4g de hidrogenofosfato dissódico hidratado (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O) e 1,7g de cloreto de amónio (NH<sub>4</sub>Cl) em água ultra pura e transferir para um balão de 1000 mL
- Completar o volume do balão com água ultra-pura.

Nota: O pH desta solução deve ser 7,2 sem acerto posterior.

Nota: As soluções salinas têm um prazo de validade de 6 meses se guardados em frasco de vidro, no escuro e a uma temperatura entre 0° e 4°C. Rejeitar se apresentarem crescimento ou sedimentação biológica.

### 3.2.6 - Glucose, (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>)

### 3.2.7 - Ácido Glutâmico, (C<sub>5</sub>H<sub>9</sub>NO<sub>4</sub>)

### 3.2.8 - Inibidor de Nitrificação:

- a) 2-cloro-6-(triclorometil)piridina - utilizar TCMP pura ou soluções comerciais.
- b) Solução de Altiureia (ATU), C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>S 2g/L – Pesar 0,2g de ATU, dissolver em 50 mL de água ultra pura. Transferir para um balão de 100mL e completar o balão com água ultra pura.

⇒ Esta solução não é estável por mais de duas semanas.

### 3.2.9 - Solução inoculadora /semente

- Utilizar como solução inoculadora uma amostra de um decantador primário de uma ETAR - para este tipo de semente usar 10mL por litro de água de diluição.

## 3.3 - Material de laboratório de uso corrente

2/5

Elaborado por: Sandra Mendes	Verificado por: Teresa Pacheco	Aprovado por: Sandra Mendes
---------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------



Rev: 02

**CBO<sub>5</sub> – MANOMÉTRICO**  
**INSTRUÇÃO TÉCNICA**

Código: It.158

#### 4 - Procedimento de ensaio

##### 4.1 - Preparação da amostra

- Definir o volume a usar, de acordo com o valor esperado e atendendo à tabela seguinte:

Gama de CBO esperado (mg/l)	Volume de Amostra	Gotas de Inibidor Nitrificação	Factor de Diluição
0 – 40	432	10	1
0 – 80	365	10	2
0 – 200	250	5	5
0 – 400	164	5	10
0 – 800	97	3	20
0 – 2000	44	3	50
0 – 4000	23	1	100

**Nota:** É necessário proceder à diluição das amostras quando o valor esperado de CBO<sub>5</sub> for superior à gama de medição ou quando houver necessidade de reduzir elementos tóxicos ou inibidores. A diluição destas amostras deve ser feita adicionando 1mL de cada uma das soluções de nutrientes e de solução tampão a cada litro de água ultra pura arejada, deve também ser adicionada a quantidade de semente adequada e inibidor de nitrificação. Deve ser efectuado um controlo da semente e o seu valor descontado às amostras diluídas.

- Transferir o volume para a garrafa de incubação e colocar o agitador magnético
- Colocar a quantidade adequada de inibidor de nitrificação
- Colocar 2 pastilhas de NaOH dentro do tubo de borracha
- Fechar a garrafa com o OxiTop
- Pressionar ao mesmo tempo as teclas S e M durante cerca de 2 segundos até que no display apareça 00 (significa que os valores em memória foram apagados)
- Colocar as garrafas a 20°C durante 5 dias. Assim que a sua temperatura estabilizar começa a sua medição. Este guarda o valor a cada 24 h. Ao fim dos cinco dias carregar na tecla S e aguardar até que apareça o valor do primeiro dia e assim sucessivamente até ao quinto dia.

#### 5 - Procedimento de controlo de qualidade

Todo o controlo de qualidade é efetuado de acordo com o definido no **Pl. 16 – Plano CQ Métodos FQ**

3/5

Elaborado por: Sandra Mendes	Verificado por: Teresa Pacheco	Aprovado por: Sandra Mendes
---------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------



### 5.1 - Preparação da água de diluição/inoculação

- Colocar num garrafão um volume conhecido de água ultra-pura  
Garantir que a concentração de oxigénio dissolvido na água é superior a 7,5 mgO<sub>2</sub>/L. Se tal não se verificar, arejar a água durante 30 min com um oxigenador portátil.
- Imediatamente antes de utilizar a água para efetuar as diluições, adicionar a cada litro de água:
  - 1 ml da solução de sulfato de magnésio;
  - 1 ml da solução de Cloreto de cálcio;
  - 1 ml da solução de Cloreto de ferro;
  - 1 ml da solução tampão de fosfato;

### 5.2 - Preparação do branco

- Determinar o CBO<sub>5</sub> da água de diluição utilizando um volume de 432 mL desta água.

### 5.3 - Preparação do controlo da semente

- Colocar num balão de diluição de 1000 mL, 2/3 de água de diluição;
- Adicionar a quantidade adequada de semente, tipicamente **10 vezes superior ao volume utilizado nas amostras/padrões com semente**, e inibidor de nitrificação, perfazer o volume com água de diluição e homogeneizar;
- Determinar o CBO<sub>5</sub> da semente como para qualquer outra amostra, a partir da água de diluição, utilizando um volume de 432 mL.

### 5.4 - Preparação do padrão de Glucose e de Ácido Glutâmico, 198 ± 30 mg/L O<sub>2</sub>

- Secar glucose e ácido glutâmico a 104°C durante 1h.
- Pesar 150 mg de glucose e 150 mg de ácido glutâmico e dissolver com água de diluição
- Colocar num balão volumétrico de 1000mL, adicionar o volume de semente adequado e perfazer o volume com água de diluição
- Colocar 164 ml na garrafa de incubação (avaliar o padrão em triplicado) e seguir todo o procedimento de preparação da amostra.



Rev: 02

**CBO<sub>5</sub> – MANOMÉTRICO**  
**INSTRUÇÃO TÉCNICA**

Código: It.158

**5.5 - Preparação do padrão de Glucose e de Ácido Glutâmico, 300 mg/L O<sub>2</sub>**

- Secar glucose e ácido glutâmico a 104°C durante 1h.
- Pesar 150 mg de glucose e 150 mg de ácido glutâmico e dissolver com água ultra pura.
- Transferir para um balão volumétrico de 1000 mL, perfazer com água ultra pura e homogeneizar.

**5.6 - Preparação do padrão de Glucose e de Ácido Glutâmico, 19,8 ± 3 mg/L O<sub>2</sub>**

- Colocar num balão de diluição de 1000 mL, 2/3 de água de diluição, adicionar o volume de semente adequado;
- Pipetar 50 mL do padrão de glucose e ácido glutâmico, 300mg/L, colocar inibidor de nitrificação e perfazer com água de diluição;
- Colocar 432 ml na garrafa de incubação (avaliar o padrão em triplicado) e seguir todo o procedimento de preparação da amostra.

Nota: Esta solução deve ser preparada no próprio dia de utilização.

**6 - Resultados**

- Amostras sem diluição: Os resultados indicados nos OxiTop são multiplicados pelo fator de diluição indicado na tabela acima e apresentados de acordo com os critérios definidos no programa Nautilus.

- Amostras com diluição:

$$C = \left[ A - B \left( \frac{SA}{SR} \right) \right] * f$$

C – Valor corrigido de O<sub>2</sub> em mg/L

A – Valor do 5º dia da amostra, mg

B – Valor do 5º dia do controlo da semente, mg

SA – Volume de semente na amostra A, mL

SR – Volume de semente no controlo da semente, mL

f - Fator de diluição da amostra

- Os resultados obtidos são apresentados de acordo com os critérios definidos no programa Nautilus.

**7 - Referências Bibliográficas**

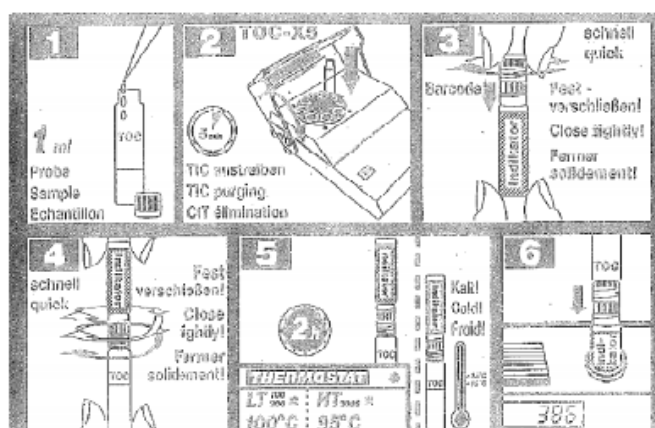
- Manual WTW
- “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, 22<sup>th</sup> Edition (2011), 5210 D;B.

5/5

Elaborado por: Sandra Mendes	Verificado por: Teresa Pacheco	Aprovado por: Sandra Mendes
---------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------

**DETERMINAÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL - AFLUENTE**  
**INSTRUÇÃO DE TRABALHO**

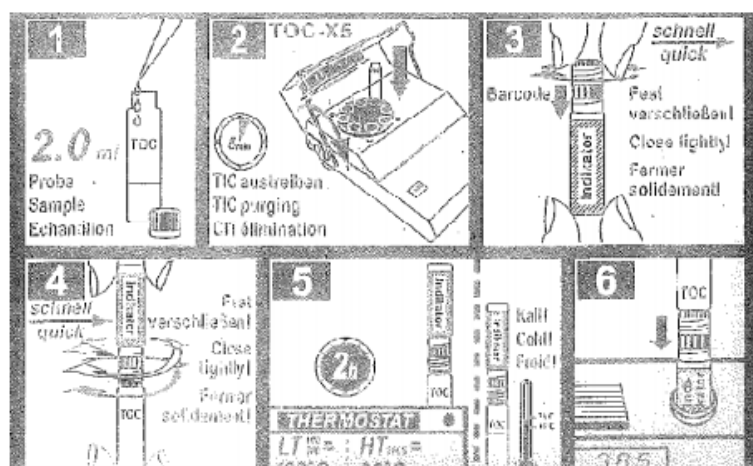
Rev: 00 Código: It. 176



**Afluente – Usar o LCK 386 (30–300 mg/L)**

1. Antes de iniciar este ensaio, colocar os EPI's necessários - farda de trabalho, óculos de protecção e luvas de protecção química.
2. Pipetar **1,0 ml** de amostra para frasco transparente.
3. Colocar o frasco, aberto, no agitador TOC-X5, durante 5 minutos.
4. Quando tiverem terminado os 5 minutos, abrir o frasco com o indicador azul – **INDICATOR** – e colocar a rolha dupla, com o código de barras virado para o frasco azul.
5. Fechar rapidamente o frasco transparente (com a amostra) com o frasco azul, que preparamos anteriormente.
6. Colocar no **Termóstato HT 200 S, 2 horas a 95°C**, com o **frasco azul virado para cima**. Deixar arrefecer até temperatura ambiente.
7. Ajustar novamente os apertos das tampas e colocar no fotómetro, **com o frasco azul virado para baixo**.
8. No final da análise, os Kits deverão ser colocados no contentor identificado com **Kits Análises Ler 16 05 06\***.

Elaborado por: Susana Santos	Verificado por: Catarina Figueiredo	Aprovado por: Paulo Oliveira
---------------------------------	--	---------------------------------


 DETERMINAÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO TOTAL - EFLUENTE  
 INSTRUÇÃO DE TRABALHO  
 Rev: 00 Código: It.177


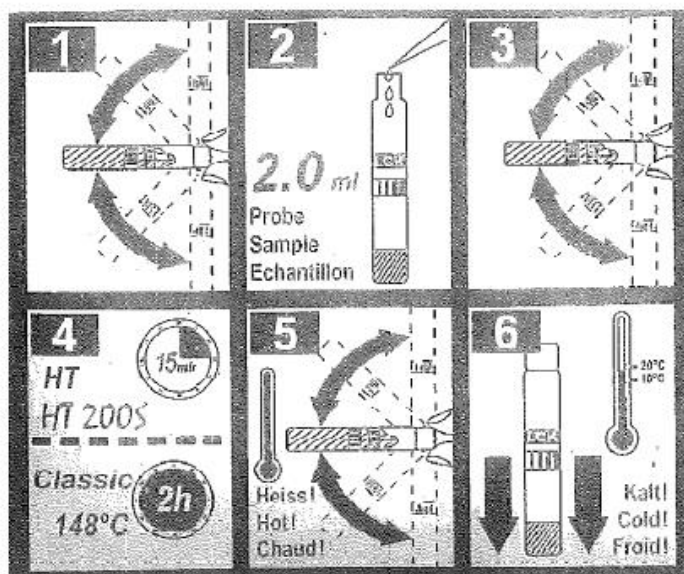
### Efluente – Usar o LCK 385 (3-30 mg/L)

1. Antes de iniciar este ensaio, colocar os EPI's necessários - farda de trabalho, óculos de protecção e luvas de protecção química.
2. Pipetar **2,0 ml** de amostra para o frasco transparente
3. Colocar o frasco, aberto, no agitador TOC-X5, durante 5 minutos
4. Quando tiverem terminado os 5 minutos, abrir o frasco com o indicador azul – **INDICATOR** – e colocar a rolha dupla, com o código de barras virado para o frasco azul.
5. Fechar rapidamente o frasco transparente (com a amostra) com o frasco azul, que preparamos anteriormente.
6. Colocar no **Termóstato HT 200 S, 2 horas a 95°C**, com o **frasco azul virado para cima**. Deixar arrefecer até temperatura ambiente.
7. Ajustar novamente os apertos das tampas e colocar no fotómetro, **com o frasco azul virado para baixo**.
8. No final da análise, os Kits deverão ser colocados no contentor identificado com **Kits Análises Ler 16 05 06\***.

Elaborado por: Susana Santos	Verificado por: Catarina Figueiredo	Aprovado por: Paulo Oliveira
---------------------------------	--	---------------------------------

**DETERMINAÇÃO DE CARÊNCIA QUÍMICA OXIGÉNIO - AFLUENTE**  
**INSTRUÇÃO DE TRABALHO**

Rev: 00 Código: It.180



**Afluente – Usar o LCK 514 (100-2000 mg/L)**

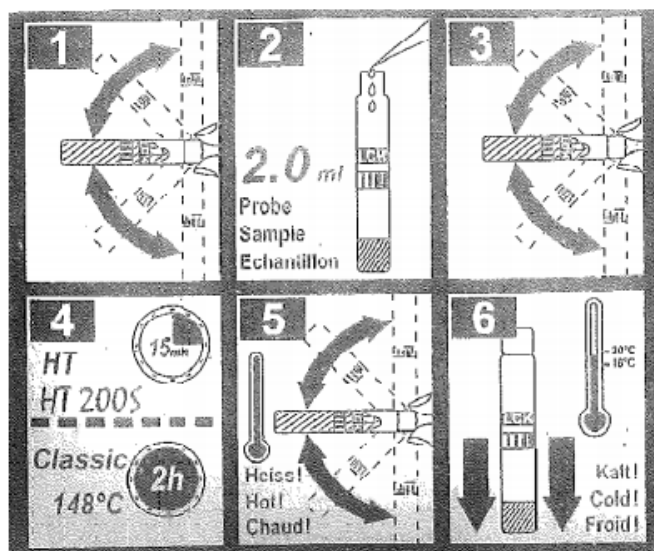
1. Antes de iniciar este ensaio, colocar os EPI's necessários - farda de trabalho, óculos de protecção e luvas de protecção química.
2. Agitar o frasco várias vezes
3. Pipetar **2,0 ml** de amostra.
4. Colocar no **Termóstato HT 200 S**, durante 15 minutos.
5. Voltar a agitar
6. Deixar arrefecer e colocar no fotómetro para leitura.
7. No final da análise, os Kits deverão ser colocados no contentor identificado com **Kits Análises Ler 16 05 06\***.

Elaborado por: Susana Santos	Verificado por: Catarina Figueiredo	Aprovado por: Paulo Oliveira
---------------------------------	--	---------------------------------



**DETERMINAÇÃO DE CARÊNCIA QUÍMICA OXIGÉNIO - EFLUENTE**  
**INSTRUÇÃO DE TRABALHO**

Rev: 00 Código: It.181



### Efluente – Usar o LCK 314 (15-150 mg/L)

1. Antes de iniciar este ensaio, colocar os EPI's necessários - farda de trabalho, óculos de protecção e luvas de protecção química.
2. Agitar o frasco várias vezes
3. Pipetar 2,0 ml de amostra.
4. Colocar no **Termóstato HT 200 S**, durante 15 minutos.
5. Voltar a agitar
6. Deixar arrefecer e colocar no fotómetro para leitura.
7. No final da análise, os Kits deverão ser colocados no contentor identificado com **Kits Análises Ler 16 05 06\***.

Elaborado por:  
Susana Santos

Verificado por:  
Catarina Figueiredo

Aprovado por:  
Paulo Oliveira



Rev. 02

## FÓSFORO TOTAL – TESTE EM CUVETE INSTRUÇÃO TÉCNICA

Código: It.192

### 1 - Objetivo e campo de aplicação

O presente método é aplicável a águas residuais e águas naturais com uma concentração de Fósforo Total entre 0,1 e 5,0 mg/L P.

### 2 – Resumo

Os iões fosfato reagem em solução ácida com os iões de molibdato e antimónio formando um complexo que, na presença de ácido ascórbico, se reduz a azul de fosfomolibdato.

O pH das amostras deve estar entre 2 e 10.

### 3 - Equipamento material e reagentes

#### 3.1 - Equipamento

- Termoreactor Hach Lange LT 200 ou HT 200 S
- Fotómetro Hach Lange DR 2800

#### 3.2 – Reagentes

Utilizar água ultra-pura na preparação de todos os padrões, soluções e execução da análise.

3.2.1 - Solução Stock de Fosfato – solução comercial com concentração de **1000 mg/l PO<sub>4</sub> (326 mg/L P)**

3.2.2 - DosiCap Zip

3.2.3 - Reagente, B

3.2.4 - DosiCap cinzenta, C

3.2.5 - Teste em cuvete

- **LCK 348** (gama de 0,5 a 5 mg/L P)
- **LCK 349** (gama de 0,05 a 1,5 mg/L P)

1/3

Elaborado por:  
Teresa Pacheco

Aprovado por:  
Sandra Mendes

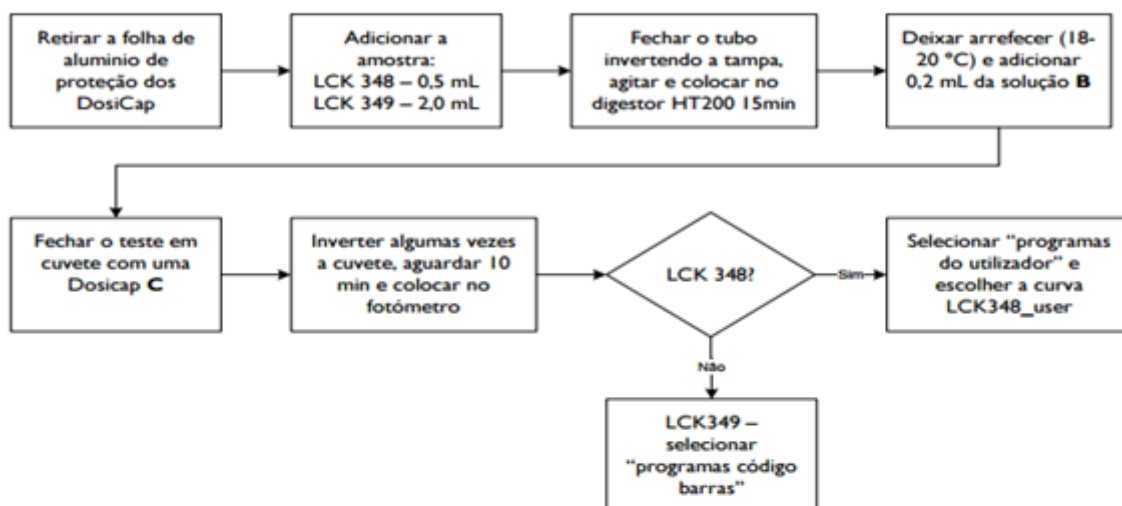
## FÓSFORO TOTAL – TESTE EM CUVETE

### INSTRUÇÃO TÉCNICA

Rev: 02 Código: It.192

#### 4 - Procedimento de ensaio

##### 4.1- Determinação de Fósforo Total



#### 5 - Controlo de Qualidade Interno

- Todo o controlo de Qualidade é efetuado de acordo com o definido no **PI. 16 – Plano CQ Métodos FQ**
- Preparar a curva de calibração, os padrões de controlo e a amostra reforçada, de acordo com as indicações do quadro seguinte:

	Conc. Inicial P	Volume pipetar	Volume balão	Conc. final P
Sol. intermédia	326 mg/L	5 mL	50 mL	32,6 mg/L

##### a) LCK 348

	Conc. final P		Conc. Inicial P	Volume pipetar	Volume balão
	Branco				
Curva calibração	Preparar um ensaio com água ultra pura				
	P1	1,0 mg/L	32,6 mg/L	1,535 mL	50 mL
	P2	2,0 mg/L	32,6 mg/L	3,070 mL	50 mL
	P3	3,0 mg/L	32,6 mg/L	2,305 mL	25 mL
	P4	5,0 mg/L	32,6 mg/L	3,835 mL	25 mL
	PLQ	1,0 mg/L	32,6 mg/L	1,535 mL	50 mL
	UPC	5,0 mg/L	32,6 mg/L	3,835 mL	25 mL
	Am. Reforçada	$C_{amostra} + 1,0$ mg/L	32,6 mg/L	1,535 mL	em 50 mL (amostra)
	Duplicado		Preparar, independentemente, dois ensaios de uma mesma amostra		
	Branco		Preparar um ensaio com água ultra-pura		

Elaborado por: Teresa Pacheco	Aprovado por: Sandra Mendes
----------------------------------	--------------------------------



Rev: 02

**FÓSFORO TOTAL – TESTE EM CUVETE**  
**INSTRUÇÃO TÉCNICA**

Código: It.192

**b) LCK 349**

Conc. final P		Conc. Inicial P	Volume pipetar	Volume balão
<b>PLQ</b>	0,1 mg/L	32,6 mg/L	0,307 mL	100 mL
<b>UPC</b>	1,5 mg/L	32,6 mg/L	2,300 mL	50 mL
<b>Am. Reforçada</b>	$C_{amostra} + 0,5$ mg/L	32,6 mg/L	0,767 mL	em 50 mL (amostra)
<b>Duplicado</b>		Preparar, independentemente, dois ensaios de uma mesma amostra		

**6 – Resultados**
**6.1 – Leitura das amostras**

- No caso do LCK 349, o software do fotómetro reconhece automaticamente o código de barras presente em cada microteste, identificando o comprimento de onda e curva de calibração de fábrica em que a amostra/padrão deve ser interpolada.
- Para o LCK 348, cuja curva de calibração é realizada pelo utilizador, é necessário selecionar no equipamento a curva pretendida.

**6.2 - Expressão dos Resultados**

- Os resultados são expressos em mg/L de P segundo os critérios estabelecidos no programa Nautilus.

**7 - Referências Bibliográficas**

Instruções do fabricante – Hach Lange

3/3

Elaborado por: Teresa Pacheco	Aprovado por: Sandra Mendes
----------------------------------	--------------------------------



## 1 - Objetivo e campo de aplicação

A presente instrução especifica um método potenciométrico para determinação de pH em águas de consumo, naturais, piscinas e residuais com valores compreendidos entre 0 e 14 unidades de pH.

As medidas do pH podem ser afetadas pela temperatura de duas formas:

- Efeitos mecânicos causados por alterações das propriedades dos eletrodos.
- Efeitos químicos causados por alterações no equilíbrio.

## 2 - Resumo

O pH, definido por Sorenson como  $-\log [H^+]$ , representa a "intensidade" do fator de acidez de uma amostra.

O princípio da medição do pH baseia-se na determinação da atividade do ião hidrogénio através de uma medição potenciométrica utilizando um eletrodo de vidro e um eletrodo de referência, ou ainda um eletrodo combinado. A força eletromotriz produzida no eletrodo varia linearmente com o pH. Esta relação linear é descrita graficamente representando a medida da força eletromotriz em função do pH de diferentes tampões, sendo o pH da amostra determinado por extrapolação.

Uma vez que não é possível determinar a atividade dos iões hidrogénio isoladamente, o pH é definido operacionalmente numa escala potenciométrica. O Equipamento de medição de pH é calibrado potenciometricamente usando soluções tampão rastreadas ao NIST.

## 3 - Equipamento material e reagentes

### 3.1 - Equipamento

- Titulador Automático (Potenciómetro)
- Eléctrodo Combinado – pH C2401-8

### 3.2 - Reagentes

Utilizar água ultra-pura na preparação de todos os padrões, soluções e execução da análise.

#### 3.2.1 - Solução Tampão, pH 4

#### 3.2.2 - Solução Tampão, pH 7

#### 3.2.3 - Solução Tampão, pH 9

Todas estas soluções são tampões comerciais rastreados ao NIST

### 3.3 - Material de laboratório de uso corrente



#### 4 - Procedimento de ensaio

##### 4.1 - Leitura do pH das Amostras

- Termostatar as amostras a uma temperatura o mais próximo possível dos 20°C.
- Mergulhar o eletrodo de pH e a sonda de temperatura em cada uma das amostras e proceder à determinação do pH.
- Entre cada uma das amostras, os eletrodos devem ser cuidadosamente lavados com água ultra-pura.

#### 5 - Procedimento de Controlo de Qualidade

- Todo o controlo de Qualidade é efetuado de acordo com o definido no **PI. 16 – Plano CQ Métodos FQ**

##### 5.1 - Calibração do Eléctrodo de pH

- Utilizando as soluções tampão de pH 7 e de pH 9 previamente termostatizadas a uma temperatura de cerca de 20°C, proceder de acordo com o descrito na **It 162 – Potenciómetro/Titulador Automático**.
- Caso existam amostras com valor de pH <6,3, calibrar o equipamento com as soluções tampão de pH 7 e de pH 4 e proceder à leitura do pH das respetivas amostras.

##### 5.2 - Leitura das Soluções Tampão de Controlo

- Ler o pH da solução tampão pH 7.

##### 5.3 - Preparação do Ensaio em Duplicado

- Preparar, independentemente, dois ensaios de uma mesma amostra.

#### 6 - Resultados

- O potenciómetro lê diretamente em unidades de pH sendo os resultados apresentados de acordo com os critérios estabelecidos no programa Nautilus.

#### 7 - Referências Bibliográficas

pH – Jean Rodier , “*L’Analyse de l’eau*”, pág. 86 – 9ª edição.



Rev: 04

**SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS – GRAVIMETRIA****INSTRUÇÃO TÉCNICA**

Código: It. 150

**1 - Objetivo e campo de aplicação**

A presente norma especifica um método para determinação dos sólidos em suspensão em águas naturais (superficiais e subterrâneas) e residuais, não estando estabelecido qualquer limite superior da gama de trabalho.

**2 - Resumo**

Uma amostra homogénea é filtrada através dum filtro de fibra de vidro, previamente seco e pesado. O residuo retido no filtro é seco a  $105 \pm 2^\circ \text{C}$  até peso constante. O aumento de peso do filtro representa os sólidos suspensos totais presentes na amostra.

Estas amostras devem ser analisadas o mais rápido possível, embora possam ser conservadas entre  $1$  e  $5^\circ \text{C}$  por um período máximo de 2 dias.

**3 - Equipamento material e reagentes****3.1 - Equipamento**

- Estufa de secagem a  $105 \pm 2^\circ \text{C}$
- Exsicador
- Balança analítica
- Sistema de filtração por vácuo

**3.2 - Reagentes**

Utilizar água ultra pura na preparação de todos os padrões, soluções e execução da análise.

**3.2.1 – Suspensão de Celulose Microcristalina****3.3 - Material**

- Material de laboratório de uso corrente.
- Filtros de fibra de vidro de 47 mm.

**4 - Procedimento de ensaio****4.1 - Preparação dos filtros**

- Secar os filtros na estufa de secagem a  $105 \pm 2^\circ \text{C}$  até peso constante durante no mínimo 1 hora e até um máximo de 16 horas.
- Arrefecer os filtros no exsicador e pesar.

1/3

Elaborado por:  
Fátima RodriguesVerificado por:  
Teresa PachecoAprovado por:  
Sandra Mendes



Rev: 04

## SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS – GRAVIMETRIA

### INSTRUÇÃO TÉCNICA

Código: It.150

#### 4.2 - Filtração da amostra

- Agitar a amostra vigorosamente e transferir de uma só vez para uma proveta, o volume adequado de amostra.

**Nota:** selecionar o volume de amostra de modo a que o resíduo seco no filtro esteja entre 2 e 50 mg/L, sem no entanto ultrapassar 1 L de amostra

- Filtrar a amostra com os filtros previamente tratados, com o sistema de filtração por vácuo e lavar a proveta com uma porção de 20 mL de água ultra pura.
- Após a filtração, lavar o copo de filtração com nova porção de 20 ml de água ultra pura
- Manter a sucção até que o filtro esteja praticamente seco.
- Secar o filtro a  $105 \pm 2^\circ \text{C}$ , pelo menos durante 1h e até um máximo de 16h
- Arrefecer no exsiccador e pesar.

#### 5 - Controlo de Qualidade Interno

- Todo o controlo de Qualidade é efetuado de acordo com o definido no **PI. 16 – Plano CQ Métodos FQ**
- Preparar os padrões de controlo e o branco (com água ultra pura), de acordo com as indicações do quadro seguinte:

Conc. final Celulose Microcristalina	Conc. Inicial	Massa pesar	Volume balão
PLQ	5 mg/L	-	1000 mL
PC	50 mg/L	-	1000 mL
PC	5000 mg/L	-	100 mL
<b>Duplicado</b>	Preparar, independentemente, dois ensaios de uma mesma amostra		
<b>Branco por lote de filtros</b>	Controlar a perda de massa escolhendo <b>3 filtros por lote</b> e filtrando 150 mL água ultra-pura		

#### 6 - Resultados

##### 6.1 - Cálculo

$$\text{SST (mg/L)} = \frac{(\text{SST}_{f(\text{mg})} - \text{SST}_{i(\text{mg})}) \times 1000}{V_{(\text{amostra filtrado})}}$$

2/3

Elaborado por: Flomina Rodrigues	Verificado por: Teresa Pacheco	Aprovado por: Sandra Mendes
-------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------



**SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS – GRAVIMETRIA**  
**INSTRUÇÃO TÉCNICA**  
Rev: 04 Código: It.150

**6.2 - Apresentação dos resultados**

Os resultados são apresentados em mg/L, segundo os critérios estabelecidos no programa de gestão laboratorial, de acordo com a estimativa de incertezas.

**7 - Referências Bibliográficas**

- Norma Europeia NP EN 872:2005, "Water quality – Determination of suspended solids - Method by filtration through glass fiber filters" Fevereiro 2005

Elaborado por: Filomena Rodrigues	Verificado por: Teresa Pacheco	Aprovado por: Sandra Mendes
--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------



### 3.2 - Reagentes

Utilizar água ultra pura na preparação de todos os padrões, soluções e execução da análise.

### 3.3 - Material

**Material de laboratório de uso corrente.**

## 4 - Procedimento de ensaio

### 4.1 - Preparação da amostra para determinação da Matéria Seca

- Secar as capsulas na estufa de  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ , pelo menos durante 30 min e registar a sua massa (M).
- Colocar aproximadamente 5 g de amostra na capsula e registar a sua massa (M1).
- Deixar secar na estufa de  $105 \pm 5^\circ\text{C}$  até residuo seco (no mínimo durante 12 horas e com ciclos de meia hora até obtenção de massa constante), colocar no exsiccador, deixar arrefecer e registar a massa do residuo seco (M2).

### 4.2 - Preparação da amostra para determinação da Matéria Orgânica

- Levar o residuo seco à ignição  $550 \pm 25^\circ\text{C}$  durante 60 min.
- Colocar no exsiccador, deixar arrefecer até temperatura ambiente e registar a massa do residuo à ignição (M3).

## 5 - Controlo de Qualidade Interno

## 6 - Resultados

### 6.1 - Cálculo da Matéria Seca

$$\text{Matéria Seca (\%)} = \frac{(M1-M2) \cdot 100}{M1-M}$$

### 6.2 - Cálculo da Matéria Volátil

$$\text{Matéria Volátil (\%)} = \frac{(M2-M3) \cdot 100}{M2-M}$$



Rev: 00

**MATÉRIA SECA E MATÉRIA ORGÂNICA****INSTRUÇÃO TÉCNICA**

Código: It.237

M – Massa da capsula

M1 – Massa da capsula + amostra

M2 – Massa da capsula + amostra seca

M3 – Massa da capsula + amostra à ignição

**6.2 - Apresentação dos resultados**

Os resultados são apresentados em mg/L, segundo os critérios estabelecidos no programa de gestão laboratorial, de acordo com a estimativa de incertezas.

**7 - Referências Bibliográficas**

- Norma Portuguesa EN 12880 – Caracterização do teor em matéria seca e do teor de lamas
- Norma Portuguesa EN 12879 – Determinação da perda de massa por ignição
- “Determination de l’humidité et de la perte au feu” – Jean Rodier , “L’Analyse de l’eau”, pág. 1174 – 9<sup>e</sup> édition.

3/3

Elaborado por:  
Sandra Mendes

Verificado por:  
Teresa Pacheco

Aprovado por:  
Sandra Mendes

## Determinação do teste de decantabilidade ao fim de 30 minutos (V30)

### Teste de decantabilidade – V30

#### Modo de execução:

Depois de 15 minutos de arejamento, colher uma amostra de lamas activadas, no reactor biológico, com ajuda de um balde

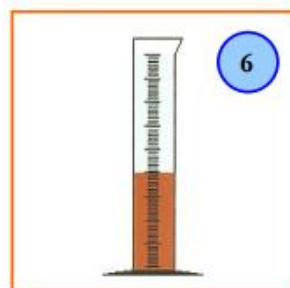
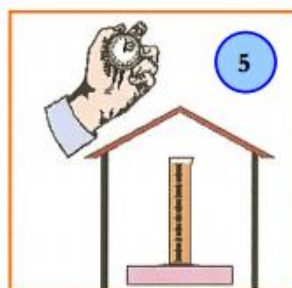
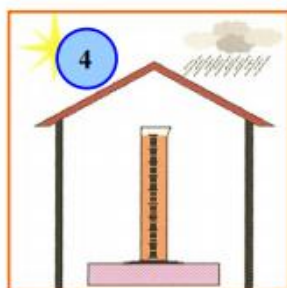
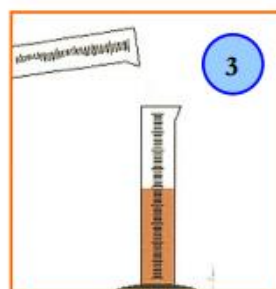
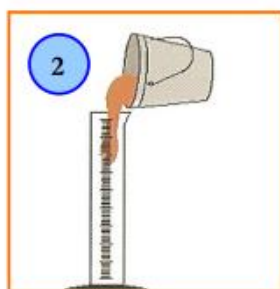
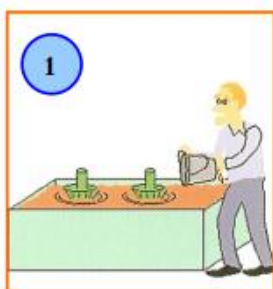
Deitar 500 ml desta lama numa proveta plástica graduada de 1000 ml

Completar com água tratada até aos 1000 ml e agitar

Colocar a proveta ao abrigo (edifício) sobre uma base plana

Esperar 30 minutos

Ler o volume de lamas



Resultados: O factor de diluição deste teste é de 2 (500 ml de amostra num total de 1000 ml), pelo que o resultado deve ser multiplicado por este número

Se  $V_{30} > 550 \text{ ml/l}$   $\Rightarrow$  extracção de lamas

## **Anexo C – Procedimentos microbiológicos e identificação de bactérias filamentosas**

### **Coloração de Gram**

Para determinar se uma dada espécie é Gram positiva ou Gram negativa, distinguindo-se assim o tipo de parede celular da bactéria em causa, pode ser usada a coloração de Gram (segundo o método de Hucker). Este método encontra-se descrito de seguida.

Primeiramente deve ser efetuada a fixação da amostra na lâmina, para que esta não seja removida durante as lavagens efetuadas na coloração de Gram. A fixação da amostra pode ser efetuada por calor pelo seguinte procedimento:

- Colocar uma gota da amostra sobre uma lâmina limpa;
- Espalhar a gota numa área de 1 cm<sup>2</sup> aproximadamente;
- Segurar perto da chama para fixar o material ou deixar secar cerca de 2 horas numa estufa a 50-60 °C;

A coloração de Gram pode ser efetuada do seguinte modo:

- Corar a amostra fixada com uma gota de solução de Gram (violeta cristal / oxalato de amónia), agitando suavemente durante 60 segundos;
- Retirar o excesso de solução de Gram;
- Inundar com solução de Lugol agitando suavemente durante 60 segundos;
- Lavar com água corrente e retirar o excesso de água;
- Descorar com uma solução de álcool-acetona/ (etanol a 96%) agitando suavemente durante 30 segundos;
- Lavar com água corrente e retirar o excesso de água;
- Corar com a solução de safranina a 0,25% durante 60 segundos
- Lavar com água corrente e retirar o excesso de água;
- Observar ao microscópio;
- As bactérias Gram positivas coram de azul ou lilás e as Gram negativas coram de rosa ou vermelho;

### **Coloração de Neisser**

Para se determinar se uma bactéria é Neisser positiva ou Neisser negativa, e para a identificação de grânulos de polifosfatos armazenados intracelularmente, é utilizada a coloração Neisser. Este método encontra-se descrito de seguida.

Primeiramente deve ser efetuada a fixação da amostra na lâmina, para que esta não seja removida durante as lavagens efetuadas na coloração de Neisser. A fixação da amostra pode ser efetuada pelo mesmo procedimento enunciado para a coloração de Gram. A coloração de Neisser pode ser efetuada do seguinte modo:

- Preparar uma mistura de 2 partes da solução Neisser IA (contendo azul-de-metileno) e 1 parte da solução de Neisser IB (contendo violeta cristal);
- Corar a amostra fixada com uma gota da mistura anterior, agitando suavemente durante 15 segundos;
- Retirar o excesso da solução;
- Inundar com a solução de Neisser II (contendo crisoidina) agitando suavemente durante 45 segundos;

- Lavar com água corrente e retirar o excesso de água;
- Observar ao microscópio.
- As bactérias Neisser positivas coram de castanho escuro ou violeta, assim como os grânulos de polifosfatos, enquanto as bactérias Neisser negativas coram de castanho claro ou amarelo.

**Tabela de Identificação de Bactérias Filamentosas**

<b>NEISSER POSITIVAS</b>	
Tipo 0092	Neisser: filamentos azul-violeta ou azul-acinzentado Gram: negativas Filamentos encurvados suaves (dentro dos flocos)
<i>N. limicola</i> (II)	Neisser: variável (normalmente positivas) Gram: variável (normalmente negativas) Cadeias de células em disco ou ovais
<b>NEISSER NEGATIVAS COM GRÂNULOS NEISSER POSITIVOS</b>	
<b>Gram positivas</b>	
<i>M. parvicella</i>	Neisser: grânulos Azul-negro Gram: positivas Filamentos enrolados em novelos
Nocardioformes	Neisser: grânulos Azul-negro Gram: positivas Altamente ramificados
Tipo 0914/0803	Neisser: Grânulos Azul-negro (ocorrência rara) Gram: positivas Presença de grânulos de enxofre (refratáveis); possibilidade de bactérias aderidas
Tipo 0041/0675	Neisser: Grânulos Azul-negro (ocorrência rara) Gram: positivas Filamentos retos com possibilidade de bastantes bactérias aderidas
<b>Gram negativas</b>	
<i>Thiotrix</i> (II)	Neisser: Grânulos Azul-negro (ocorrência rara) Gram: negativas Presença de grânulos de enxofre (refratáveis)
Tipo 021N	Neisser: Grânulos Azul-negro (ocorrência rara) Gram: negativas Cadeias de células em disco ou ovais, ocasional presença de grânulos de enxofre (refratáveis)
Outros:	Tipo 0041/0675
<b>NEISSER NEGATIVAS</b>	
<b>Gram positivas</b>	
Tipo 1851	Neisser: negativas Gram: positivas fracas ou variáveis Filamentos retos ou suaves com possibilidade de bactérias aderidas
Outros:	<i>N. limícola</i> (II), Tipo 0914/0803; Tipo 0041/0675
<b>Gram negativas</b>	
<i>H. hydrossis</i>	Neisser: negativas Gram: negativas Filamentos finos e retos (tipo alfinete)
<i>S. natans</i>	Neisser: negativas Gram: negativas Cadeias de bacilos com possibilidade de falsa ramificação
Tipo 1701	Neisser: negativas Gram: negativas Cadeias de bacilos com possibilidade de bactérias aderidas
Outros:	<i>N. limícola</i> (II), Tipo 0041/0675, <i>Thiotrix</i> (II), Tipo 021N, Tipo 1851

## Anexo D – Licença da ETAR de Conraria



Processo n.º: 450.10.04.01.016856.2013.RH4

Utilização n.º: L013175.2013.RH4

Início: 2013/08/22

Validade: 2018/08/31

### Licença de Utilização dos Recursos Hídricos - Rejeição de Águas Residuais

#### Identificação

Número de Identificação fiscal	506598160
Nome/Denominação Social	Águas do Mondego - Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais do Baixo Mondego-Bairrada, SA
País	Portugal
Morada	ETA da Boavista Av. Dr. Luis Albuquerque
Localidade	Coimbra
Código Postal	3030-410
Concelho	Coimbra
Telefones	239980900
Fax	239980949

#### Caracterização do(s) tratamento(s)

Designação	ETAR CONRARIA
Nut III – Concelho – Freguesia	Baixo Mondego / Coimbra / Castelo Viegas
Longitude	-8.393600
Latitude	40.176550
Ano de arranque	2009
População servida (e.p.)	1320
População servida no ano horizonte de projeto (e.p)	2000
Nível de tratamento implementado	Mais avançado que o secundário
Tipo de tratamento	Lamas activadas em arejamento prolongado complementado com desinfecção por UV
Caudal Máximo descarga	351.0
Unidade	m3/dia

#### Caracterização da rejeição

##### Origem das águas residuais

Urbanas

##### Características do Afluente Bruto

Volume máximo mensal	4858.3 (m3)
CBO5	591.0000 (mg/L O2)
CQO	1279.0000 (mg/L O2)
N	(mg/L N)
P	(mg/L P)

Designação da rejeição ETAR CONRARIA



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,  
DO MAR, DO AMBIENTE  
E DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO



Edifício Fábrica dos Mirandas – Avenida Cidade Aeminium  
3000-429 Coimbra  
Telefone: 239 850 200 / Fax: 239 850 250  
Email: [arhc\\_geral@apambiente.pt](mailto:arhc_geral@apambiente.pt)

1/6 -  
L013175.2013.RH4

<b>Meio Recetor</b>	Rio
<b>Margem</b>	Margem esquerda
<b>Denominação do meio recetor</b>	RIO DUEÇA
<b>Sistema de Descarga</b>	Coletor com obra de proteção (boca de lobo)
<b>Nut III – Concelho – Freguesia</b>	Baixo Mondego / Coimbra / Castelo Viegas
<b>Longitude</b>	-8.39360
<b>Latitude</b>	40.17655
<b>Região Hidrográfica</b>	RH4 :: Vouga, Mondego, Lis e Ribeiras do Oeste
<b>Bacia Hidrográfica</b>	134 :: Mondego
<b>Sub-Bacia Hidrográfica</b>	04MON0665 :: Rio Ceira
<b>Massa de água</b>	04MON0665 :: Rio Ceira

### Condições Gerais

- 1ª A rejeição de águas residuais será exclusivamente realizada no local e nas condições indicadas nesta licença, não estando autorizadas quaisquer outras descargas de efluentes, fim que não pode ser alterado sem prévia autorização da entidade licenciadora.
- 2ª O titular obriga-se a cumprir o disposto na presente licença, bem como todas as leis e regulamentos vigentes, na parte em que lhe for aplicável, e os que venham a ser publicados, quer as suas disposições se harmonizem ou não com os direitos e obrigações que à presente licença sejam aplicáveis.
- 3ª O titular fica sujeito, de acordo com o Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de junho, ao pagamento da Taxa de Recursos Hídricos (TRH) calculada de acordo com a seguinte fórmula:  $TRH = E + O$ , em que E – descarga de efluentes e O – ocupação do domínio público hídrico do Estado, se aplicável.
- 4ª A matéria tributável da componente E é determinada com base no Anexo – Programa de autocontrolo a implementar.
- 5ª Sem prejuízo das sanções aplicáveis, sempre que o registo atualizado dos valores do autocontrolo, referido na cláusula 4ª, não seja entregue com a periodicidade definida na Licença, a componente E será aplicada tendo por base as características do efluente bruto estabelecidas no projeto de execução da ETAR e incluídas no anexo à presente licença.
- 6ª O pagamento da taxa de recursos hídricos devida é efetuado no ano seguinte àquele a que a taxa respeite até ao termo disposto na Nota de Liquidação respetiva e pode ser feito de acordo com o previsto no número 4 do artigo 16.º do Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de junho.
- 7ª A falta de pagamento atempado fica sujeito a juros de mora à taxa legal em vigor, conforme dispõe o número 5 do artigo 16º do Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de junho.
- 8ª Para efeitos de fiscalização ou inspeção, o titular fica obrigado a facultar, às entidades competentes, esta licença, bem como o acesso à área, construções e equipamentos a ela associados.
- 9ª As despesas com vistorias extraordinárias inerentes à emissão desta licença, ou as que resultarem de reclamações justificadas, serão suportadas pelo seu titular.
- 10ª A presente licença pode ser revista ou revogada nos casos previstos nos artigos 28º e 32º do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio.
- 11ª A entidade licenciadora reserva o direito de restringir excecionalmente o regime de utilização dos recursos hídricos, por período a definir em situações de emergência, nomeadamente secas, cheias e acidentes.
- 12ª A licença só poderá ser transmitida mediante autorização da entidade licenciadora de acordo com o disposto no artigo 26º do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio.
- 13ª A licença só poderá ser transacionada e temporariamente cedida mediante autorização da entidade licenciadora de acordo com o disposto no artigo 27º do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio.
- 14ª A licença caduca nas condições previstas no artigo 33º do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio.
- 15ª O titular obriga-se a solicitar a renovação desta licença, no prazo de 6 meses antes do seu termo, caso se mantenham as condições que determinaram a sua atribuição.
- 16ª Esta licença não confere direitos contra concessões que vierem a efetuar-se nos termos da legislação vigente.
- 17ª O titular fica obrigado a informar a entidade licenciadora, no prazo máximo de 24 horas, de qualquer acidente ou anomalia ocorrido nas instalações que afete o cumprimento das condições indicadas nesta licença.

- 18ª** Em caso de incumprimento da presente licença, o seu titular fica sujeito às sanções previstas no Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio.
- 19ª** O titular deverá respeitar todas as leis e regulamentos aplicáveis e munir-se de quaisquer outras licenças exigíveis por outras Entidades.

### Condições Específicas

- 1ª** Qualquer alteração no funcionamento do sistema, mesmo que não prejudique as condições impostas nesta licença, deve ser comunicada à Entidade Licenciadora no prazo de cinco dias.
- 2ª** Qualquer descarga de águas residuais urbanas e/ou industriais, bem como de outras atividades económicas ou serviços, nas redes de drenagem ou diretamente na ETAR geridas pelo titular desta licença, só poderá ocorrer mediante autorização do titular da presente licença e ficará sujeita às disposições constantes dessa autorização não podendo, em qualquer caso, comprometer o cumprimento das condições impostas nesta licença. Qualquer nova situação desta natureza deverá ser comunicada à Entidade Licenciadora.
- 3ª** Sempre que forem autorizadas descargas de águas residuais de indústrias localizadas fora da malha urbana, a autorização de descarga, prevista na cláusula anterior, fica sujeita à aprovação da Entidade Licenciadora.
- 4ª** A ligação, às redes de drenagem da ETAR geridas pelo titular desta licença, das águas residuais de atividades económicas ou serviços localizados dentro da malha urbana ou diretamente na ETAR que produzam ou utilizem substâncias classificadas como poluentes específicos e/ou substâncias prioritárias/perigosas prioritárias para os meios aquáticos ou que sejam suscetíveis de comprometer o cumprimento das condições impostas nesta licença, nos termos do regulamento previsto no artigo 9º, do Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho, com as alterações introduzidas pelos Decretos-Leis n.os 348/98, de 9 de novembro, e 149/2004, de 22 de junho e 198/2008, de 8 de outubro, deve ser encarada com precaução, não podendo, em quaisquer circunstâncias, comprometer o cumprimento das condições impostas nesta licença.
- 5ª** Impende sobre o titular desta licença a responsabilidade de verificar o cumprimento das normas constantes na autorização de descarga supra mencionada.
- 6ª** O titular obriga-se a assumir a responsabilidade pela eficiência do processo de tratamento e/ou procedimentos que adotar com vista a minimizar os efeitos decorrentes da descarga de efluentes, atendendo às necessidades de preservação do ambiente e de defesa da saúde pública.
- 7ª** A descarga das águas residuais na linha de água não deve provocar alteração da sua qualidade que ponha em risco os seus usos e tem de ser efetuada de modo a não prejudicar o escoamento natural da corrente e a não contribuir para o aumento dos riscos de erosão no local, ficando a entidade gestora do sistema responsável pela tomada das medidas consideradas necessárias para a correção da situação a ocorrer.
- 8ª** O titular obriga-se a manter o sistema de tratamento adotado em bom estado de funcionamento e conservação.
- 9ª** O titular obriga-se a observar todos os preceitos legais no que concerne a segurança, gestão de resíduos e conservação da natureza e também a legislação e os regulamentos específicos das atividades complementares que simultaneamente venham a ser desenvolvidas no local.
- 10ª** O titular obriga-se a efetuar, quando necessário, a limpeza dos órgãos de tratamento, devendo guardar os comprovativos da sua realização, com indicação do destino final das lamas, para efeitos de inspeção ou fiscalização por parte das entidades competentes.
- 11ª** O titular obriga-se a implementar as medidas de prevenção de acidentes e de emergência descritas no projeto.
- 12ª** O titular da licença deve respeitar as condições de descarga indicadas no respetivo Anexo, não podendo efetuar qualquer operação deliberada de diluição das águas residuais. A avaliação de conformidade é determinada com base nos parâmetros definidos e de acordo com o mencionado no Anexo.
- 13ª** O titular obriga-se a implementar o programa de autocontrolo descrito no Anexo e a enviar à Entidade Licenciadora os dados obtidos com o formato e periodicidade definidos no mesmo.
- 14ª** O titular obriga-se a manter um registo atualizado dos valores do autocontrolo, para efeitos de inspeção ou fiscalização por parte das entidades competentes, conforme o modelo apresentado em Anexo.
- 15ª** As condições de descarga poderão vir a ser alteradas em função dos resultados do autocontrolo e evolução da qualidade do meio receptor ou outras restrições de utilização local que o justifiquem.
- 16ª** Fazem parte integrante do presente título todos os anexos autenticados que o acompanham.

### Outras Condições

- 1ª** A ETAR será executada de acordo com o projeto e aditamentos arquivados na entidade licenciadora.
- 2ª** No prazo máximo de 30 dias após a data de atribuição do presente título, deverá ser apresentada uma apólice de seguro ou prestada uma caução no valor de 5000 € a favor da entidade licenciadora, para recuperação ambiental, de acordo e nos termos previstos no número 2 do artigo 49º e alínea A) do Anexo I do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio, que garanta o pagamento de indemnizações por eventuais danos causados por erros ou omissões do projeto relativamente à drenagem e tratamento de

efluentes ou pelo incumprimento das disposições legais e regulamentares a ele aplicáveis (minutas disponíveis no sítio da Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. na internet em [www.apambiente.pt](http://www.apambiente.pt) – Instrumentos > Licenciamento das utilizações dos recursos hídricos > Formulários).

## Anexos

### Localização e caracterização da obra

### Condições de descarga das águas residuais em condições normais de funcionamento

**As condições de descarga do efluente final, de acordo com o disposto na legislação aplicável, a respeitar pelo titular da licença são as seguintes.**

#### Observações

Monitorização do parâmetro Fósforo total para efeitos do cálculo da TRH nos termos do Decreto-Lei n.º 97/2008 de 11 de junho.

Os resultados do programa de autocontrolo qualitativo e quantitativo (caudal mensal) serão enviados à Administração da Região Hidrográfica do Centro em formato digital para o e-mail [arhc.geral@apambiente.pt](mailto:arhc.geral@apambiente.pt), ou serão reportados no Sistema Integrado de Licenciamento do Ambiente (SILiAmb), que pode ser acedido em <https://siliamb.apambiente.pt>.

Parâmetro	VLE	Legislação aplicável
Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/l O <sub>2</sub> )	25	b)
Carência Química de Oxigénio (mg/l O <sub>2</sub> )	125	b)
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)	35	b)
Azoto total (mg/l N)	15	b)
Coliformes fecais (NMP/100 ml)	500	a)
pH (Escala de Sörensen)	6-9	a)

#### Legislação

(a) Anexo XVIII do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto (b) Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho

#### Avaliação de conformidade (descrição dos critérios de avaliação)

De acordo com o n.º 6 do artigo 69.º do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto. De acordo com o Anexo I do Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho, com as alterações introduzidas pelos Decretos-Leis n.os 348/98, de 9 de novembro, 149/2004, de 22 de junho e 198/2008, de 8 de outubro: Verificação do n.º mínimo anual de amostras e verificação do n.º máximo de amostras não conformes e verificação do desvio aos valores paramétricos.

## Autocontrolo

### Programa de autocontrolo a implementar

#### Observações

As determinações analíticas conducentes à verificação do cumprimento do presente programa de autocontrolo devem ser preferencialmente realizadas por laboratórios acreditados para o efeito, devendo, nos restantes casos, ser realizadas por laboratórios que mantenham um sistema de controlo de qualidade analítica devidamente documentado e atualizado, à semelhança das orientações descritas na Diretiva 2009/90/CE, transposta para direito interno pelo Decreto-Lei n.º 83/2011, de 20 de junho. Os boletins analíticos terão de vir acompanhados da indicação dos limites de deteção, de quantificação e da incerteza.

Os procedimentos de amostragem deverão ser efetuados aplicando boas práticas internacionais de laboratório a fim de reduzir ao mínimo a degradação das amostras entre a colheita e a análise.

Monitorização do parâmetro Fósforo total para efeitos do cálculo da TRH nos termos do Decreto-Lei n.º 97/2008 de 11 de junho.

Os resultados do programa de autocontrolo qualitativo e quantitativo (caudal mensal) serão enviados à Administração da Região Hidrográfica do Centro em formato digital para o e-mail [arhc.geral@apambiente.pt](mailto:arhc.geral@apambiente.pt), ou serão reportados no Sistema Integrado de Licenciamento do Ambiente (SILiAmb), que pode ser acedido em <https://siliamb.apambiente.pt>.

#### Periodicidade de reporte:

Os resultados do programa de autocontrolo, bem como as cópias dos boletins analíticos deverão ser reportados à Entidade Licenciadora com uma periodicidade trimestral.

#### Descrição do equipamento de controlo instalado:



GOVERNO DE  
PORTUGAL

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,  
DO MAR, DO AMBIENTE  
E DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO



Edifício Fábrica dos Mirandas – Avenida Cidade Aeminium  
3000-429 Coimbra  
Telefone: 239 850 200 / Fax: 239 850 250  
Email: [arhc.geral@apambiente.pt](mailto:arhc.geral@apambiente.pt)

4/6 -  
L013175.2013.RH4

Local de amostragem	Parâmetro	Metodo analítico	Frequência de amostragem	Tipo de amostragem
Saída	Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/l O <sub>2</sub> )	Metodologia aplicável em conformidade com o disposto na legislação em vigor e de acordo com a Directiva 2009/90/CE, transposta para direito interno pelo Decreto-Lei n.º 83/2011, de 20 de junho.	Mensal	Composta (i)
Saída	Carência Bioquímica de Oxigénio (mg/l O <sub>2</sub> )	Metodologia aplicável em conformidade com o disposto na legislação em vigor e de acordo com a Directiva 2009/90/CE, transposta para direito interno pelo Decreto-Lei n.º 83/2011, de 20 de junho.	Mensal	Composta (i)
Saída	Sólidos Suspensos Totais (mg/l)	Metodologia aplicável em conformidade com o disposto na legislação em vigor e de acordo com a Directiva 2009/90/CE, transposta para direito interno pelo Decreto-Lei n.º 83/2011, de 20 de junho.	Mensal	Composta (i)
Saída	Azoto total (mg/l N)	Metodologia aplicável em conformidade com o disposto na legislação em vigor e de acordo com a Directiva 2009/90/CE, transposta para direito interno pelo Decreto-Lei n.º 83/2011, de 20 de junho.	Mensal	Composta (i)
Saída	Coliformes fecais (NMP/100 ml)	Anexo XIII do Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto.	Mensal	Composta (i)
Saída	Fósforo total (mg/l P)	Metodologia aplicável em conformidade com o disposto na legislação em vigor e de acordo com a Directiva 2009/90/CE, transposta para direito interno pelo Decreto-Lei n.º 83/2011, de 20 de junho.	Mensal	Composta (i)
Saída	pH (Escala de Sörensen)	Metodologia aplicável em conformidade com o disposto na legislação em vigor e de acordo com a Directiva 2009/90/CE, transposta para direito interno pelo Decreto-Lei n.º 83/2011, de 20 de junho.	Mensal	Pontual

Amostragem composta - representativa da água residual descarregada, recolhida durante um período de 24 horas: (i) com intervalos máximos de 1 hora; (ii) com intervalos máximos de 4 horas; (iii) cobrindo no mínimo três períodos diários distintos entre as 7 e as 21 horas.

O presidente do conselho diretivo da APA, IP



Nuno Lacasta

Peças desenhadas com a localização da obra



AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE, I.P.

Sistema de Referência: PT-TM06/ETRS89  
0 50 100 200 300 400 500 Metros

© 2010 Microsoft Corporation e seus fornecedores de dados.



GOVERNO DE PORTUGAL

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, DO MAR, DO AMBIENTE E DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO



Edifício Fábrica dos Mirandas – Avenida Cidade Aeminium  
3000-429 Coimbra  
Telefone: 239 850 200 / Fax: 239 850 250  
Email: arhc.geral@apambiente.pt

6/6 - L013175.2013.RH4

## ANEXOS

**Anexo E – Valores experimentais das análises químicas, físicas e microbiológicas****Análises físico-químicas obtidas para o Afluente**

Data	CQO (mg/LO <sub>2</sub> )	CBO <sub>5</sub> (mg/LO <sub>2</sub> )	SST (mg/L)	COT (mg/L)	PT (mg/L)	NT (mg/L)	Q <sub>0</sub> (m <sup>3</sup> /dia)
10/fev	473,00	190,00	170,00	-	-	16,40	1178,00
12/fev	294,00	100,00	80,00	52,90	-	15,40	1225,00
14/fev	181,00	90,00	55,00	77,60	-	12,30	1164,00
17/fev	405,00	90,00	55,00	104,00	-	27,30	922,00
19/fev	180,00 262,00	50,00	38,00 100,00	42,70	1,90	13,00 10,70	946,00
24/fev	294,00	120,00	170,00	86,90	-	23,00	1104,00
27/fev	375,00	180,00	230,00	77,40	-	20,50	985,00
03/mar	140,00	30,00	22,00	27,00	-	15,20	1218,00
06/mar	240,00	130 36	48,00 50,00	37,60	-	14,10	1087,00
10/mar	139,00	32,00	30,00	24,10	-	18,20	848,00
13/mar	251,00	150,00	140,00	69,30	-	47,20	492,00
17/mar	439,00	240,00	160,00	123,00	-	68,30	295,00
20/mar	954,00	220,00	230,00	249,00	-	123,00	185,00
24/mar	806,00	460,00	470,00	211,00	-	110,00	213,00
27/mar	662,00	370,00	240,00	195,00	-	158,00	132,00
31/mar	304,00	290,00	240,00	193,00	-	99,70	350,00
03/abr	208,00 110,00	70 60	56,00	54,40	-	33,10	544,00
07/abr	175,00	44,00	53,00	38,50	-	14,80	823,00
10/abr	370,00	210,00	170,00	128,00	-	44,10	446,00
14/abr	451,00	160,00	90,00	118,00	-	46,30	257,00
16/abr	416,00	210,00	170,00	107,00	-	62,40	192,00
21/abr	421,00	210,00	140,00	113,00	-	72,30	130,00
28/abr	983,00	520,00	380,00	233,00	-	49,90	171,00
02/mai	1285,00	740,00	650,00	308,00	-	110,00	126,00
05/mai	776,00	450,00	370,00	221,00	-	114,00	129,00
08/mai	650,00	300,00	260,00	152,00	-	63,40	115,00
12/mai	706,00	390,00	210,00	202,00	-	116,00	120,00
15/mai	634,00	270,00	130,00	171,00	-	120,00	116,00
22/mai	298,00	120,00	90,00	70,80	-	72,30	504,00
26/mai	781,00	420,00	320,00	219,00	-	137,00	126,00
02/jun	1166,00	520,00	480,00	302,00	-	149,00	108,00
05/jun	651,00	400,00	270,00	166,00	-	91,80	113,00
09/jun	1220,00	680,00	440,00	332,00	-	51,10	107,00
12/jun	732,00	40,00	250,00	196,00	-	117,00	99,00
16/jun	720,00	500,00	540,00	242,00	-	114,00	121,00
19/jun	647,00	370,00	320,00	159,00	-	92,60	130,00
23/jun	544,00	320,00	230,00	151,00	-	63,90	134,00
26/jun	291,00	170,00	67,00	97,80	-	62,00	110,00
30/jun	215,00	920,00	1100,00	346,00	-	99,60	138,00
02/jul	-	320,00	380,00	-	-	-	137,00

Data	CQO (mg/LO <sub>2</sub> )	CBO <sub>5</sub> (mg/LO <sub>2</sub> )	SST (mg/L)	COT (mg/L)	PT (mg/L)	NT (mg/L)	Q <sub>0</sub> (m <sup>3</sup> /dia)
03/jul	493,00	270,00	150,00	158,00	-	103,00	125,00
10/jul	639,00	370,00	260,00	170,00	-	96,90	126,00
14/jul	785,00	420,00	330,00	225,00	-	88,00	106,00
17/jul	592,00	-	-	188,00	18,60	143,00	106,00
21/jul	1005,00	700,00	610,00	293,00	-	142,00	128,00
28/jul	1257,00	840,00	800,00	313,00	19,70	148,00	114,00
31/jul	1300,00	1800,00	1200,00	-	15,60	117,00	104,00

#### Análises físico-químicas obtidas para o Tanque de Arejamento

Data	CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	V30 (mL/L)	pH	Q <sub>R</sub> (m <sup>3</sup> /dia)	Q <sub>W</sub> (m <sup>3</sup> /dia)
13/jan	1900	230	1600	1300	750	7,7		
15/jan	2100	240	2000	1600	720	7,3		
17/jan	2500	330	2300	1800	700	7,3		
20/jan	2700	370	2400	1700	750	7,3		
22/jan	2900	410	2900	2100	650	7,3		
24/jan	3600	410	3000	2200	700	7,3		
27/jan	3000	460	2700	2100	700	7,2		
29/jan	3000	560	2700	2100	840	7,1		
31/jan	3600	670	3000	2200	770	7,3		
03/fev	3500	470	3200	2400	800	7,3		
05/fev	3600	690	3300	2400	800	7,2		
07/fev	4000	740	3200	2300	775	7,2		
10/fev	3700	710	3500	2600	800	7,2	193	6
12/fev	3600	740	3500	2500	750	7,1	269	0
14/fev	4000	660	3800	2600	860	7,3	320	0
17/fev	4000	680	3800	2700	800	7,3	266	3
19/fev	4500	630	3500	2500	875	7,3	348	19
24/fev	4400	570	4100	2800	890	7,2	354	0
27/fev	4300	590	3900	2900	940	7,2	316	0
03/mar	4000	480	3800	2900	900	7,3	387	1
06/mar	4000	520	3800	2800	860	7,3	309	83
10/mar	3500	390	3100	2300	870	7,4	260	43
13/mar	3500	340	3300	2300	820	7,4	199	0
17/mar	3700	410	3600	2600	860	7,3	129	0
20/mar	4100	490	3900	2900	875	7,2	267	0
24/mar	4600	570	4200	3100	920	7,2	274	7
27/mar	4700	480	4500	3400	970	7,2	249	0
31/mar	5000	760	4800	3600	975	7,2	384	10
03/abr	5000	660	4850	3600	950	7,3	332	19
07/abr	4900	650	4500	3500	950	7,3	360	5
10/abr	5000	580	4700	3500	950	7,4	281	11

## ANEXOS

Data	CQO (mg/L O <sub>2</sub> )	CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	V30 (mL/L)	pH	Q <sub>R</sub> (m <sup>3</sup> /dia)	Q <sub>W</sub> (m <sup>3</sup> /dia)
14/abr	5100	1200	4900	3700	990	7,2	223	0
16/abr	4800	670	4600	3500	990	7,3	193	0
21/abr	5900	780	5400	4100	990	7,3	171	0
28/abr	5800	720	5600	4300	990	7,1	139	19
02/mai	5400	-	4600	3500	970	7,2	150	0
05/mai	5400	750	5000	3900	990	7,1	150	18
08/mai	5700	640	5300	4000	980	7,1	167	19
12/mai	5100	620	4800	3800	990	7,2	203	0
15/mai	5600	750	5100	4000	960	7	228	20
22/mai	4600	630	4100	3200	940	7	437	12
26/mai	5000	710	4500	3800	960	6,8	177	16
02/jun	5200	510	4700	3600	990	6,8	215	0
05/jun	5300	570	4900	3800	950	7	210	28
09/jun	6200	520	5100	4000	990	7	276	18
12/jun	5300	600	4600	3600	940	7	271	0
16/jun	5800	640	5100	3900	990	7	337	3
19/jun	5800	640	5400	4200	990	7,2	356	15
23/jun	6100	560	5600	4100	950	6,9	355	0
26/jun	5900	590	5500	4000	990	7	271	5
30/jun	5600	480	5000	3700	990	7	280	0
02/jul	-	-	5000	3700	-	-	-	-
03/jul	6000	750	5700	4300	990	7	302	5
10/jul	5700	720	5400	4100	980	6,9	214	19
14/jul	5600	500	5500	420	990	6,9	232	0
17/jul	-	-	-	-	950		187	0
21/jul	6100	1200	5600	4300	990	6,9	232	0
28/jul	6700	630	6000	4500	990	7	184	18
31/jul	7200	570	6100	4600	990	7	193	0

## Valores experimentais das análises microbiológicas aos protozoários, obtidos para o Tanque de Arejamento

	Ciliados Nadadores / μL	Ciliados móveis de fundo / μL	Ciliados Sésseis / μL	Ciliados Carnívoros / μL	Amebas com teca/ μL	Grandes Flagelados / μL	Pequenos Flagelados / μL	Metazoários / μL
10/02/14	0,10	0,63	0,70	0,00	17,17	0,20	0,00	0,00
12/02/14	0,93	6,50	1,23	0,03	>20	0,53	0,00	0,00
14/02/14	0,43	5,83	0,70	0,00	>20	0,47	0,00	0,00
17/02/14	0,07	2,53	0,47	0,00	>20	0,40	0,00	0,00
24/02/14	0,07	2,00	0,03	0,03	>20	0,57	0,00	0,17
27/02/14	0,07	3,40	0,70	0,07	>20	0,37	0,03	0,17
03/03/14	0,50	2,87	0,10	0,00	>20	0,53	0,60	0,07
06/03/14	0,40	1,57	0,27	0,00	>20	0,20	0,03	0,00
10/03/14	0,03	0,03	0,23	0,00	>20	0,00	0,00	0,07
13/03/14	0,03	0,40	0,80	0,03	>20	0,00	0,00	0,23

	Ciliados Nadadores / $\mu\text{L}$	Ciliados móveis de fundo / $\mu\text{L}$	Ciliados Sésseis / $\mu\text{L}$	Ciliados Carnívoros / $\mu\text{L}$	Amebas com teca/ $\mu\text{L}$	Grandes Flagelados / $\mu\text{L}$	Pequenos Flagelados / $\mu\text{L}$	Metazoários / $\mu\text{L}$
17/03/14	0,23	0,80	0,60	0,10	>20	0,50	0,27	0,13
20/03/14	0,30	0,87	1,23	0,07	>20	0,00	0,40	0,07
24/03/14	0,13	0,37	0,47	0,13	>20	0,87	0,07	0,13
27/03/14	0,60	0,40	1,90	0,17	>20	0,30	0,07	0,17
31/03/14	0,17	0,30	1,77	0,07	>20	0,17	0,00	0,07
03/04/14	1,07	0,10	1,63	0,17	>20	0,00	0,00	0,13
07/04/14	0,47	0,10	3,17	0,13	>20	0,03	0,00	0,17
10/04/14	0,10	0,03	3,17	0,07	>20	0,00	0,00	0,00
14/04/14	0,77	0,23	1,47	0,20	>20	0,03	0,07	0,17
16/04/14	0,67	0,10	1,43	0,03	>20	0,27	0,03	0,23
21/04/14	0,83	0,10	4,33	0,10	>20	0,20	0,00	0,17
28/04/14	0,40	0,37	1,77	0,00	>20	0,10	0,00	0,20
02/05/14	0,80	0,13	2,43	0,23	>20	0,00	0,00	0,17
05/05/14	0,53	0,07	4,53	0,00	>20	0,17	0,00	0,07
08/05/14	0,73	0,47	0,60	0,17	>20	0,20	0,00	0,33
12/05/14	1,03	0,47	2,10	0,10	>20	0,03	0,00	0,07
15/05/14	0,40	0,20	0,87	0,27	>20	0,10	0,00	0,00
22/05/14	0,60	0,27	0,50	0,17	>20	1,10	0,00	0,17
26/05/14	0,10	0,17	1,13	0,03	>20	0,13	0,00	0,13
02/06/14	0,40	0,20	2,13	0,20	>20	0,00	0,00	0,03
05/06/14	0,13	0,63	3,10	0,20	>20	2,33	0,07	0,20
09/06/14	0,00	0,17	1,30	0,07	>20	0,03	0,00	0,13
12/06/14	0,00	0,13	3,17	0,07	>20	0,00	0,00	0,13
16/06/14	0,00	0,17	1,23	0,10	>20	0,00	0,00	0,03
19/06/14	0,03	0,17	2,40	0,13	>20	0,03	0,03	0,00
23/06/14	0,00	0,30	5,63	0,00	>20	0,27	0,00	0,10
26/06/14	0,00	0,40	4,47	0,00	>20	0,37	0,00	0,20
30/06/14	0,00	0,53	3,77	0,00	>20	0,27	0,00	0,10
10/07/14	0,00	0,03	2,10	0,00	>20	0,33	0,00	0,27
17/07/14	0,30	0,43	2,80	0,00	>20	0,60	0,00	0,20
21/07/14	0,63	0,87	3,37	0,00	>20	0,60	0,00	0,23
28/07/14	0,23	3,63	7,43	0,03	>20	0,27	0,00	0,23
31/07/14	0,50	0,97	3,90	0,03	>20	0,20	0,00	0,07

**Valores experimentais das análises aos flocos, obtidos para o Tanque de Arejamento**

	<i>Média</i>				<i>Média % área</i>		
	<i>Micro</i>	<i>Meso</i>	<i>Macro</i>	<i>Área Total</i>	<i>Micro</i>	<i>Meso</i>	<i>Macro</i>
10/02/14	887,4728	201,0269	2,22086	2,853176	45,46385	50,75403	3,782124
12/02/14	1124,342	154,1825	2,375127	2,09434	52,72207	44,38707	2,890864
17/02/14	1036,339	327,4909	3,540632	2,479246	38,12921	58,17288	3,697909
19/02/14	1181,95	301,3342	4,271	2,54952	43,88833	51,73766	4,374003
24/02/14	1070,774	353,345	1,784379	2,847633	39,66149	58,57097	1,767544

## ANEXOS

	<i>Média</i>				<i>Média % área</i>		
	<i>Micro</i>	<i>Meso</i>	<i>Macro</i>	<i>Área Total</i>	<i>Micro</i>	<i>Meso</i>	<i>Macro</i>
27/02/14	783,4958	207,1607	2,969782	2,511321	41,17566	54,39285	4,431487
03/03/14	1013,091	202,1086	3,540594	3,086586	45,70632	49,19971	5,093977
06/03/14	553,7615	159,0331	2,296683	1,73592	38,38363	56,95368	4,662686
10/03/14	1127,535	319,779	3,165179	2,32069	41,63255	55,1591	3,208346
13/03/14	822,432	175,4894	3,188394	2,465916	43,7173	50,80585	5,476855
17/03/14	875,3162	283,1086	2,764766	2,142841	38,65909	57,86312	3,477789
20/03/14	885,6635	302,3537	3,195362	2,605246	36,19365	59,23027	3,576084
24/03/14	1106,26	290,8373	3,818515	2,192312	43,68807	51,65579	4,656139
27/03/14	805,6405	230,7252	1,352048	2,008556	45,10976	53,00579	1,884453
31/03/14	1290,897	406,5331	1,248521	2,309127	42,23056	56,62114	1,148295
03/04/14	1844,02	543,1434	4,489126	3,322175	45,25164	52,05713	2,691203
07/04/14	1391,102	403,4612	2,886142	2,728737	42,31702	55,35547	2,327516
10/04/14	1266,118	391,6315	3,634041	3,089969	41,45558	42,22221	2,988877
14/04/14	1338,715	334,6811	2,76021	4,337408	45,33815	51,91751	2,744339
16/04/14	1083,223	288,1931	2,695948	2,942764	46,38916	50,51609	3,094757
21/04/14	1343,019	417,4326	5,660894	3,85082	39,28276	56,57566	4,141585
28/04/14	1366,252	361,8999	3,756874	3,555431	42,78708	54,01487	3,198059
02/05/14	927,5574	294,2897	2,519189	2,892876	40,06883	57,09975	2,831424
05/05/14	1642,445	383,7167	4,519475	4,180314	46,15286	50,67489	3,172246
08/05/14	1137,555	308,9298	2,841044	3,272589	43,23494	54,15381	2,611254
12/05/14	1166,671	247,3232	2,765857	4,851991	49,64971	46,94929	3,403545
15/05/14	1277,633	376,0223	4,127213	4,222687	40,52487	55,81895	3,656173
22/05/14	1676,14	425,1439	3,734651	3,574959	42,53007	54,5151	2,954835
26/05/14	2001,624	379,1898	3,183277	5,637661	56,31300	41,2237	2,463301
02/06/14	1642,355	291,0070	2,782952	3,169252	53,60197	43,65004	2,747900
05/06/14	1615,881	403,3341	3,229798	4,791833	46,44014	51,05785	2,502018
09/06/15	1528,067	359,6822	2,305179	3,515769	46,09934	51,90989	1,990766
12/06/15	776,555	232,1057	3,736636	1,906384	38,08838	57,03664	4,87498
16/06/15	1215,63	425,7048	2,75273	2,954108	37,19645	60,48025	2,323304
19/06/15	1349,85	470,3408	4,148462	4,295766	39,24464	56,91017	3,845196
23/06/15	381326,7	276,2057	2,971186	2,071791	39,9594	56,08094	3,959675
02/07/15	1216,991	246,9215	3,201025	5,10789	50,22485	46,37599	3,399159
10/07/15	1549,598	340,2159	3,242096	5,004473	49,47269	47,72105	2,806264
14/07/15	1471,142	262,8821	3,152859	5,381504	53,14088	43,67562	3,183498
17/07/15	1286,262	259,2097	1,769612	7,170625	53,82361	44,00085	1,97752
21/07/15	1512,653	448,3738	4,639688	3,864077	41,70055	54,3834	3,916076

Valores experimentais das análises químicas e físicas, obtidos para o Efluente

Data	CQO (mg/LO <sub>2</sub> )	CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	SST (mg/L)	COT (mg/L)	PT (mg/L)	pH	NT (mg/L)	Q <sub>E</sub> (m <sup>3</sup> /dia)
10/fev	-13,50	< 10	8,00	-	-	-	3,23	780,00
12/fev	-11,70	< 10	< 5	4,43	-	-	3,71	772,32
14/fev	7,32	< 10	< 5	19,10	-	-	3,23	755,76
17/fev	-17,50	< 10	< 5	17,60	-	-	3,53	478,56
19/fev	2,88	< 10	1,00	37,40	< 1,0	7,40	<3,0 5,68	597,12
24/fev	7,72	< 10	< 5	5,79	-	-	<3,0	659,76
27/fev	15,50	< 10	6,00	6,54	-	-	2,73	494,88
03/mar	8,00	<10	< 5	4,33	-	-	2,31	730,80
06/mar	15,40	<10	< 5	4,54	< 1,0	7,50	<3,0 2,62	620,16
10/mar	11,80	<10	<5	4,54	-	-	3,93	362,64
13/mar	22,10	<10	<5	5,39	-	-	4,02	367,68
17/mar	21,50	<10	<5	5,49	-	-	4,41	214,00
20/mar	18,70	<10	<5	8,49	-	-	4,41	95,00
24/mar	25,70	<10	5,00	9,06	-	-	3,87	157,00
27/mar	30,30	<10	6,00	8,99	-	-	3,04	137,00
31/mar	25,30	<10	<5	7,43	-	-	1,61	245,00
03/abr	18,80	<10	<5	6,44	< 1,0	7,70	2,25 <3,0	291,00
07/abr	20,60	<10	<5	6,99	-	-	1,51	447,00
10/abr	13,80	<10	<5	7,02	-	-	2,34	212,00
14/abr	18,90	<10	<5	6,99	-	-	2,87	193,00
16/abr	24,70	<10	<5	7,59	-	-	4,78	137,00
21/abr	26,70	<10	9,00	9,10	-	-	3,22	128,00
28/abr	38,50	<10	12,00	9,13	-	-	1,02	135,00
02/mai	26,40	<10	6,00	9,01	-	-	5,13	100,00
05/mai	52,60	<10	<5	10,20	-	-	3,30	109,00
08/mai	27,50	<10	<5	11,70	-	-	1,62	125,00
12/mai	33,50	<10	5,00	12,50	-	-	3,46	114,00
15/mai	30,70	<10	<5	9,20	-	-	3,54	107,00
22/mai	21,60	<10	5,00	8,14	-	-	2,15	362,00
26/mai	34,60	<10	10,00	11,20	-	-	7,32	122,00
02/jun	40,70	<10	14,00	14,20	-	-	12,10	141,00
05/jun	51,00	<10	<5	17,20	-	-	20,20	138,00
09/jun	52,90	11,00	19,00	19,10	-	-	22,70	112,00
12/jun	46,60	10,00	16,00	15,80	-	-	38,70	146,00
16/jun	72,80	25,00	38,00	33,20	-	-	31,20	110,00
19/jun	39,80	15,00	16,00	14,20	-	-	14,60	107,00
23/jun	22,60	<10	<5	7,94	-	-	3,54	-
26/jun	25,50	<10	6,00	9,70	-	-	3,26	138,00
30/jun	28,90	<10	<5	9,25	-	-	4,52	129,00
02/jul	21,00	<10	8,00	-	3,40	7,00	5,10	110,16
03/jul	32,70	<10	7,00	11,10	-	-	5,57	-
10/jul	27,50	<10	<5	9,26	-	-	3,18	102,00
14/jul	29,90	<10	5,00	11,80	-	-	4,34	16,00
17/jul	33,40	-	-	12,50	8,12	7,00	5,04	124,00
21/jul	59,60	17,00	21,00	21,80	-	-	9,09	-

## ANEXOS

Data	CQO (mg/LO <sub>2</sub> )	CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	SST (mg/L)	COT (mg/L)	PT (mg/L)	pH	NT (mg/L)	Q <sub>E</sub> (m <sup>3</sup> /dia)
28/jul	26,20	<10	8,00	11,60	3,09	7,00	4,96	96,00
31/jul	31,70	<10	8,00	-	4,30	7,00	3,07	95,00

Valores experimentais consolidados das análises químicas e físicas, obtidos para o Efluente

Data	Afluente							Tanque de Arejamento										Efluente							Eficiências de Remoção					V <sub>tanque</sub> = 346 m <sup>3</sup>			
	COO (mg/LO <sub>2</sub> )	CBO5 (mg/LO <sub>2</sub> )	SST (mg/L)	TOC (mg/L)	PT (mg/L)	NT (mg/L)	Caudal (m <sup>3</sup> /dia)	COO (mg/L O <sub>2</sub> )	CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	SST (mg/L)	SST (g/L)	SSV (mg/L)	V30 (mL/L)	IVL (mL/g)	pH	caudal reciclo (m <sup>3</sup> /dia)	caudal extração de lamas (m <sup>3</sup> /dia)	COO (mg/LO <sub>2</sub> )	CBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	SST (mg/L)	TOC (mg/L)	PT (mg/L)	pH	NT (mg/L)	Caudal (m <sup>3</sup> /dia)	SST	COT	N	CBO5	COO	F/M	Idade Lamas (d)	TRH (h)
10/02/14	473,00	190,00	170,00	-	-	16,40	1178,00	3700	710	3500	3,5	2600	800	228,6	7,2	193	6	5,00	8,00	-	-	-	3,23	780,00	0,95		0,80	0,97		0,25	57,67	6,06	
12/02/14	294,00	100,00	80,00	52,90	-	15,40	1225,00	3600	740	3500	3,5	2500	750	214,3	7,1	269	0	5,00	2,50	4,43	-	-	3,71	772,32	0,97	0,92	0,76	0,95		0,14		5,56	
14/02/14	181,00	90,00	55,00	77,60	-	12,30	1164,00	4000	660	3800	3,8	2600	860	226,3	7,3	320	0	5,00	2,50	19,10	-	-	3,23	755,76	0,95	0,75	0,74	0,94	0,96	0,12		5,60	
17/02/14	405,00	90,00	55,00	104,00	-	27,30	922,00	4000	680	3800	3,8	2700	800	210,5	7,3	266	3	5,00	2,50	17,60	-	-	3,53	478,56	0,95	0,83	0,87	0,94		0,09	115,33	6,99	
19/02/14	221,00	50,00	69,00	42,70	1,90	11,85	946,00	4500	630	3500	3,5	2450	875	250,0	7,3	348	19	2,88	5,00	1,00	37,40	0,50	7,40	4,34	597,12	0,99	0,12	0,63	0,90	0,99	0,06	18,21	6,42
24/02/14	294,00	120,00	170,00	86,90	-	23,00	1104,00	4400	570	4100	4,1	2800	890	217,1	7,2	354	0	7,72	5,00	2,50	5,79	-	-	1,50	659,76	0,99	0,93	0,93	0,96	0,97	0,14		5,70
27/02/14	375,00	180,00	230,00	77,40	-	20,50	985,00	4300	590	3900	3,9	2900	940	241,0	7,2	316	0	15,50	5,00	6,00	6,54	-	-	2,73	494,88	0,97	0,92	0,87	0,97	0,96	0,18		6,38
03/03/14	140,00	30,00	22,00	27,00	-	15,20	1218,00	4000	480	3800	3,8	2900	900	236,8	7,3	387	1	8,00	5,00	2,50	4,33	-	-	2,31	730,80	0,89	0,84	0,85	0,83	0,94	0,04		5,17
06/03/14	240,00	83,00	49,00	37,60	-	14,10	1087,00	4000	520	3800	3,8	2800	860	226,3	7,3	309	83	15,40	5,00	2,50	4,54	0,50	7,50	2,62	620,16	0,95	0,88	0,81	0,94	0,94	0,09	4,17	5,95
10/03/14	139,00	32,00	30,00	24,10	-	18,20	848,00	3500	390	3100	3,1	2300	870	280,6	7,4	260	43	11,80	5,00	2,50	4,54			3,93	362,64	0,92	0,81	0,78	0,84	0,92	0,03	8,05	7,49
13/03/14	251,00	150,00	140,00	69,30	-	47,20	492,00	3500	340	3300	3,3	2300	820	248,5	7,4	199	0	22,10	5,00	2,50	5,39			4,02	367,68	0,98	0,92	0,91	0,97	0,91	0,09		12,02
17/03/14	439,00	240,00	160,00	123,00	-	68,30	295,00	3700	410	3600	3,6	2600	860	238,9	7,3	129	0	21,50	5,00	2,50	5,49			4,41	214,00	0,98	0,96	0,94	0,98	0,95	0,08		19,58
20/03/14	954,00	220,00	230,00	249,00	-	123,00	185,00	4100	490	3900	3,9	2900	875	224,4	7,2	267	0	18,70	5,00	2,50	8,49			4,41	95,00	0,99	0,97	0,96	0,98	0,98	0,04		18,37
24/03/14	806,00	460,00	470,00	211,00	-	110,00	213,00	4600	570	4200	4,2	3100	920	219,0	7,2	274	7	25,70	5,00	5,00	9,06			3,87	157,00	0,99	0,96	0,96	0,99	0,97	0,09	49,43	17,05
27/03/14	662,00	370,00	240,00	195,00	-	158,00	132,00	4700	480	4500	4,5	3400	970	215,6	7,2	249	0	30,30	5,00	6,00	8,99			3,04	137,00	0,98	0,95	0,98	0,99	0,95	0,04		21,80
31/03/14	304,00	290,00	240,00	193,00	-	99,70	350,00	5000	760	4800	4,8	3600	975	203,1	7,2	384	10	25,30	5,00	2,50	7,43			1,61	245,00	0,99	0,96	0,98	0,98	0,92	0,08	34,60	11,31
03/04/14	159,00	65,00	56,00	54,40	-	33,10	544,00	5000	660	4850	4,85	3600	950	195,9	7,3	332	19	18,80	5,00	2,50	6,44	0,50	7,70	2,25	291,00	0,96	0,88	0,93	0,92	0,88	0,03	18,21	9,48
07/04/14	175,00	44,00	53,00	38,50	-	14,80	823,00	4900	650	4500	4,5	3500	950	211,1	7,3	360	5	20,60	5,00	2,50	6,99			1,51	447,00	0,95	0,82	0,90	0,89	0,88	0,03	69,20	7,02
10/04/14	370,00	210,00	170,00	128,00	-	44,10	446,00	5000	580	4700	4,7	3500	950	202,1	7,4	281	11	13,80	5,00	2,50	7,02			2,34	212,00	0,99	0,95	0,95	0,98	0,96	0,08	31,45	11,42
14/04/14	451,00	160,00	90,00	118,00	-	46,30	257,00	5100	1200	4900	4,9	3700	990	202,0	7,2	223	0	18,90	5,00	2,50	6,99			2,87	193,00	0,97	0,94	0,94	0,97	0,96	0,03		17,30
16/04/14	416,00	210,00	170,00	107,00	-	62,40	192,00	4800	670	4600	4,6	3500	990	215,2	7,3	193	0	24,70	5,00	2,50	7,59			4,78	137,00	0,99	0,93	0,92	0,98	0,94	0,03		21,57
21/04/14	421,00	210,00	140,00	113,00	-	72,30	130,00	5900	780	5400	5,4	4100	990	183,3	7,3	171	0	26,70	5,00	9,00	9,10			3,22	128,00	0,94	0,92	0,96	0,98	0,94	0,02		27,59
28/04/14	983,00	520,00	380,00	233,00	-	49,90	171,00	5800	720	5600	5,6	4300	990	176,8	7,1	139	19	38,50	5,00	12,00	9,13			1,02	135,00	0,97	0,96	0,98	0,99	0,96	0,06	18,21	26,79
02/05/14	1285,00	740,00	650,00	308,00	-	110,00	126,00	5400		4600	4,6	3500	970	210,9	7,2	150	0	26,40	5,00	6,00	9,01			5,13	100,00	0,99	0,97	0,95	0,99	0,98	0,08		30,09
05/05/14	776,00	450,00	370,00	221,00	-	114,00	129,00	5400	750	5000	5	3900	990	198,0	7,1	150	18	52,60	5,00	2,50	10,20			3,30	109,00	0,99	0,95	0,97	0,99	0,93	0,04	19,22	29,76
08/05/14	650,00	300,00	260,00	152,00	-	63,40	115,00	5700	640	5300	5,3	4000	980	184,9	7,1	167	19	27,50	5,00	2,50	11,70			1,62	125,00	0,99	0,92	0,97	0,98	0,96	0,02	18,21	29,45
12/05/14	706,00	390,00	210,00	202,00	-	116,00	120,00	5100	620	4800	4,8	3800	990	206,3	7,2	203	0	33,50	5,00	5,00	12,50			3,46	114,00	0,98	0,94	0,97	0,99	0,95	0,04		25,71
15/05/14	634,00	270,00	130,00	171,00	-	120,00	116,00	5600	750	5100	5,1	4000	960	188,2	7	228	20	30,70	5,00	2,50	9,20			3,54	107,00	0,98	0,95	0,97	0,98	0,95	0,02	17,30	24,14
22/05/14	298,00	120,00	90,00	70,80	-	72,30	504,00	4600	630	4100	4,1	3200	940	229,3	7	437	12	21,60	5,00	5,00	8,14			2,15	362,00	0,94	0,89	0,97	0,96	0,93	0,05	28,83	8,82
26/05/14	781,00	420,00	320,00	219,00	-	137,00	126,00	5000	710	4500	4,5	3800	960	213,3	6,8	177	16	34,60	5,00	10,00	11,20			7,32	122,00	0,97	0,95	0,95	0,99	0,96	0,04	21,63	27,41
02/06/14	1166,00	520,00	480,00	302,00	-	149,00	108,00	5200	510	4700	4,7	3600	990	210,6	6,8	215	0	40,70	5,00	14,00	14,20			12,10	141,00	0,97	0,95	0,92	0,99	0,97	0,05		25,71
05/06/14	651,00	400,00	270,00	166,00	-	91,80	113,00	5300	570	4900	4,9	3800	950	193,9	7	210	28	51,00	5,00	2,50	17,20			20,20	138,00	0,99	0,90	0,78	0,99	0,92	0,03	12,36	25,71
09/06/14	1220,00	680,00	440,00	332,00	-	51,10	107,00	6200	520	5100	5,1	4000	990	194,1	7	276	18	52,90	11,00	19,00	19,10			22,70	112,00	0,96	0,94	0,56	0,98	0,96	0,05	19,22	21,68
12/06/14	732,00	400,00	250,00	196,00	-	117,00	99,00	5300	600	4600	4,6	3600	940	204,3	7	271	0	46,60	10,00	16,00	15,80			38,70	146,00	0,94	0,92	0,67	0,98	0,94	0,03		22,44
16/06/14	720,00	500,00	540,00	242,00	-	114,00	121,00	5800	640	5100	5,1	3900	990	194,1	7	337	3	72,80	25,00	38,00	33,20			31,20	110,00	0,93	0,86	0,73	0,95	0,90	0,04	115,33	18,13
19/06/14	647,00	370,00	320,00	159,00	-	92,60	130,00	5800	640	5400	5,4	4200	990	183,3	7,2	356	15	39,80	15,00	16,00	14,20			14,60	107,00	0,95	0,91	0,84	0,96	0,94	0,03	23,07	17,09
23/06/14	544,00	320,00	230,00	151,00	-	63,90	134,00	6100	560	5600	5,6	4100	950	169,6	6,9	355	0	22,60	5,00	2,50	7,94			3,54		0,99	0,95	0,94	0,98	0,96	0,03		16,98
26/06/14	291,00	170,00	67,00	97,80	-	62,00	110,00	5900	590	5500	5,5	4000	990	180,0	7	271	5	25,50	5,00	6,00	9,70			3,26	138,00	0,91	0,90	0,95	0,97	0,91	0,01	69,20	21,80
30/06/14	215,00	920,00	1100,00	346,00	-	99,60	138,00	5600	480																								