



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa



Monitorização da unidade de lamas activadas da ETAR da Mutela por análise da população microbiana e espectroscopia UV-Visível

Mário Daniel Abreu e Silva Freire

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Biológica

Júri

Presidente: Prof. Luis Joaquim Pina da Fonseca (IST)

Orientadores: Prof^a Helena Maria Rodrigues Vasconcelos Pinheiro (IST)

Eng. Ana Cristina Furtado (SMAS Almada)

Vogal: Prof^a Ana Cristina Anjinho Madeira Viegas (IST)

Dezembro 2010

Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à Professora Helena Pinheiro, minha orientadora, pela oportunidade de estágio apresentada, assim como toda a ajuda, apoio, disponibilidade, experiência e conhecimento transmitidos durante a realização deste trabalho.

De igual modo quero agradecer à co-orientadora, Nídia Lourenço, tudo o que foi referido acima, aliada a uma capacidade extraordinária de nos deixar à vontade. Um abraço igualmente ao Cláudio.

Às Eng. Ana Cristina Furtado e Alexandra Sousa, minhas orientadoras na ETAR da Mutela, pela oportunidade de estágio no mundo real, e ainda o acolhimento, ajuda e simpatia demonstradas.

Quero agradecer ao pessoal técnico do LABAR, Rute, Célia, Carlos, Maria Ana e Andreia, e ainda à estagiária Rita, por todos os momentos divertidos e descontraídos passados na sua companhia, tornando o local de trabalho um sítio alegre. Momentos que vou, sem dúvida, reter.

Uma festinha especial ao “Noddy”, o cão da ETAR, o companheiro de almoço e não só, que sabia estar sempre presente nas alturas indicadas.

Gostaria de agradecer ainda à minha família por todo o apoio e compreensão, não só durante este trabalho, mas também ao longo de todo o curso.

Aos amigos, sempre presentes, que tornaram os momentos especiais ainda mais especiais, e aqueles menos bons em momentos a relembrar.

Um agradecimento final e bastante especial à Ana, por tudo, principalmente a paciência e companheirismo demonstrados.

A todos, um grande e sincero, Obrigado!

Resumo

O objectivo do trabalho foi procurar correlações entre observações microscópicas (a protozoários e filamentosas nos biorreactores), estratégias de controlo operacional usadas, valores de parâmetros analíticos de rotina, e espectros UV-Visível de amostras líquidas, durante o período de Abril a Setembro de 2010, na ETAR da Mutela (Almada).

Os valores de Índice Biótico de Lamas (IBL) mantiveram-se elevados (8-9), corroborando os valores das eficiências de remoção de CQO e CBO₅, que indicaram que a ETAR apresentou um processo biológico eficiente durante todo o estudo.

Observaram-se e identificaram-se 6 espécies de filamentosas, 3 delas dominantes (*Nocardia spp.*, 021N e 1863). A primeira é conhecida por problemas de “bulking” e “foaming”, adoptando-se uma série de estratégias de controlo a ela dirigidas. Verificou-se uma relação directa entre a espécie filamentosa dominante, e a cor e quantidade da espuma nos tanques de arejamento.

A ETAR apresentou problemas de sedimentabilidade das lamas, com valores elevados de Índice Volumétrico de Lamas (IVL). Das várias testadas, a estratégia de paragem da recirculação de lamas ao reactor biológico das 23 às 7 h, conduziu a uma melhoria de sedimentabilidade (com redução da abundância de *Nocardia spp.*). Duas tentativas de bio-suplementação com produtos comerciais foram insuficientes na melhoria de sedimentabilidade.

Conclui-se que a ETAR da Mutela apresenta um sistema de tratamento robusto, pois apesar da implementação de variadas estratégias de controlo, com alteração da população filamentosa, os níveis de remoção da carga orgânica mantiveram-se elevados, cumprindo os objectivos de qualidade da ETAR.

Palavras-Chave: microscopia, filamentosas, protozoários, sedimentabilidade, lamas activadas.

Abstract

This work goal was to find relations between microscopic observations (protozoa and filamentous bacteria in bioreactors), operational control strategies adopted, values of laboratory daily results, and UV-Visible spectrums from liquid samples, from April to September 2010, in the wastewater treatment plant (WTP) of Mutela (Almada).

Sludge Biotic Index (SBI) values were always high (8-9), corroborating the values of the removal efficiency of COD and BOD₅, indicating efficient biological treatment in the WTP throughout the study.

6 species of filamentous bacteria were observed and identified, 3 of them dominant (*Nocardia* spp., 021N and 1863). The first one is known to cause “bulking” and “foaming” problems, so a full series of control strategies were adopted. A direct relation was found, between the dominant filamentous specie, and the color and amount of sludge in the aeration tanks.

The WTP presented sludge sedimentation issues, strengthened by high values of Sludge Volumetric Index (SVI), which was put to a minimum during the control strategy involving sludge recirculation to the biological tanks stoppage from 23-7 h, leading to better sludge sedimentation (reducing the abundance of *Nocardia* spp.). Two attempts were made to use bio-supplementation using commercial products, which proved insufficient improving sludge sedimentation.

The WTP of Mutela, possesses, a robust treatment system, because despite the implementation of several control strategies, changing dominant filamentous specie, the levels of organic matter removal kept high, fulfilling the WTP quality standards established.

Keywords: microscopy, filamentous bacteria, protozoa, sedimentation, activated sludge.

Índice Geral

Agradecimentos.....	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Índice Geral	iv
Lista de Tabelas	vii
Lista de Figuras	viii
Lista de Símbolos e Abreviaturas.....	xii
1. Introdução.....	1
1.1. Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETARs).....	1
1.2. O processo de lamas activadas	4
1.3. O papel dos protozoários em lamas activadas.....	5
1.4. O papel dos microrganismos filamentosos em lamas activadas	9
1.4.1. Os microrganismos filamentosos e seus efeitos	9
1.4.2. O fenómeno de “Bulking”	12
1.4.3. O fenómeno de “Foaming”.....	13
1.5. A ETAR da Mutela	13
1.6. Espectroscopia UV-Visível.....	17
1.7. Objectivos do trabalho	19
2. Materiais necessários	20
3. Procedimentos experimentais.....	21
3.1. Amostragem e vistoria	21
3.2. Métodos analíticos.....	21
3.3. Aquisição de espectros UV-Visível	23
3.4. Microscopia óptica	24
3.4.1. Protozoários e determinação do IBL.....	24
3.4.2. Caracterização do floco e do meio.....	28
3.4.3. Análise de microrganismos filamentosos	28
3.4.3.1. Coloração de Gram	28
3.4.3.2. Coloração de Neisser	28
3.4.3.3. Identificação das filamentosas.....	29
4. Apresentação de resultados e respectiva discussão.....	30
4.1. Microscopia	30
4.1.1. Caracterização inicial das lamas.....	30

4.1.1.1.	Protozoários e flocos	30
4.1.1.1.1.	Introdução.....	30
4.1.1.1.2.	Protozoários mais comuns nas amostras observadas	31
4.1.1.2.	Filamentosas	34
4.1.1.2.1.	Introdução.....	34
4.1.1.2.2.	Filamentosas dominantes nas amostras observadas.....	34
4.1.1.2.3.	Filamentosas secundárias nas amostras observadas	37
4.1.2.	Estratégias de combate à filamentososa dominante.....	39
4.1.2.1.	Tratamento por Bio-Suplementação	42
4.1.2.2.	Controlo do O ₂ dissolvido	45
4.1.2.2.1.	Medidas de rotina	45
4.1.2.2.2.	Introdução de pontos de arejamento na recirculação de lamas ...	48
4.1.3.	Análise de protozoários ao longo do tempo	50
4.1.4.	Análise de microrganismos filamentosos ao longo do tempo.....	51
4.2.	Resultados do controlo analítico nos pontos CEM, DPM e SUV	54
4.2.1.	Apresentação geral de resultados	54
4.2.2.	Análise da relação entre valores de CQO e de CBO ₅	59
4.3.	Análise do comportamento dos Tanques de Arejamento (TAMs)	60
4.3.1.	Análise da eficiência de remoção de CQO e CBO ₅	61
4.3.2.	Análise aos valores de concentração de biomassa (SST) e sedimentabilidade das lamas (IVL)	62
4.3.3.	Análise dos valores da idade das lamas no sistema	64
4.3.4.	Análise do tempo de residência hidráulico	65
4.4.	Análise de relações entre os valores de SST, de IVL e a população de protozoários	67
4.5.	Análise de relações entre a eficiência de remoção de CQO e CBO ₅ e a população de protozoários	68
4.6.	Análise de relações entre os valores de SST, de IVL e a população de filamentosas	69
4.7.	Análise de relações entre a tendência de flutuação de lamas, IVL no canal de recirculação de lamas e a população de filamentosas.....	70
4.8.	Análise de relações entre a razão CQO/CBO ₅ e a população de microrganismos filamentosos	71
4.9.	Apresentação dos espectros UV-Vísivel obtidos.....	72
5.	Discussão final e conclusões	77
6.	Referências Bibliográficas	80
7.	Anexos	81

7.1.	Folheto dos SMAS de Almada sobre a ETAR da Mutela	81
7.2.	Folha de registos diários das etapas da fase líquida.....	83
7.3.	Valores determinados por métodos analíticos	84
7.3.1.	CEM	84
7.3.2.	DPM	85
7.3.3.	SUV	86
7.3.4.	TAMs e LRB	87
7.4.	Base de dados de espectros UV-Visível	88
7.5.	Folhas de observações microscópicas	89
7.5.1.	Contagem de espécies para determinação do IBL	89
7.5.2.	Observação do floco e de filamentosas	90
7.6.	Tabelas de identificação de espécies filamentosas.....	91
7.7.	Protocolo tratamento com tecnologia de Bio-Suplementação Atlas Seis	93
7.8.	Gráficos de arejamento dos TAMs.....	94

Lista de Tabelas

Tabela 1- Situações particulares do funcionamento de sistemas de lamas activadas indicadas pela comunidade de microfauna [adaptado de 7].....	8
Tabela 2- Condições favoráveis ao crescimento das principais espécies responsáveis pelos fenómenos de “bulking” e “foaming” [9].	11
Tabela 3- Resultados de Exploração da ETAR da Mutela em 2009 [11].	15
Tabela 4- Objectivos de qualidade da ETAR da Mutela [10].	15
Tabela 5- Reagentes usados nas colorações de Gram e Neisser e/ou preparação das mesmas.	20
Tabela 6- Equipamentos usados.	20
Tabela 7- Outros materiais usados.	20
Tabela 8- Plano de amostragem da fase líquida da ETAR da Mutela, com as análises efectuadas no LABAR. (disponibilizado pelo LABAR)	22
Tabela 9- Métodos usados pelo LABAR nas análises laboratoriais, são todos <i>Standard Methods</i> [13] excepto o CQO e MS que são métodos internos. (disponibilizado pelo LABAR).....	23
Tabela 10- Tabela com as regras de contagem, para o IBL, de espécies observadas durante a observação do rastreio inicial [4].	25
Tabela 11- Tabela de cálculo de IBL, em que S corresponde ao número de espécies na microfauna e F corresponde ao número de pequenos flagelados [7].	27
Tabela 12- Tabela de conversão do valor de IBL em classes de qualidade biológica das lamas activadas e de avaliação da eficiência depuradora do tratamento [7].	27
Tabela 13- Observações físicas nos decantadores primários (DPM) e secundários (DSM) e nos tanques de arejamento (TAMs) durante o período das sucessivas estratégias adoptadas. Escala: de + (mínimo) a ++++ (máximo).	41
Tabela 14- Folha de registos diários, que contempla observações do processo na fase líquida bem a obtenção dos dados importantes relativos ao processo, existindo ainda uma coluna para a observação das condições atmosféricas e uma outra para acontecimentos anormais.	83
Tabela 15- Tabela resumida das principais características dos microrganismos filamentosos [9].	91

Lista de Figuras

Figura 1- Diagrama de sequência de tratamentos típica numa ETAR [2].	2
Figura 2- Processo convencional de sistemas de lamas activadas.	4
Figura 3- Cadeia trófica estabelecida num processo de lamas activadas [7].	6
Figura 4- Relações entre a carga orgânica e o tempo de residência na determinação das espécies de microfauna presentes nas lamas activadas [8].	7
Figura 5- Sistema de drenagem e tratamento de águas residuais do concelho de Almada, com a localização da ETAR da Mutela [10].	14
Figura 6- Diagrama de processo da ETAR da Mutela [10].	16
Figura 7- Diagrama de processo da ETAR da Mutela, indicando os pontos de recolha das amostras.	21
Figura 8- Esquema representativo do procedimento correcto de contagem da microfauna (os círculos representam o campo de visão do microscópio e, partindo da posição A, inspecciona-se toda a lâmina, seguindo o percurso indicado até B [4].	25
Figura 9- Câmara de Fuch-Rosenthal: apenas são contados os pequenos flagelados dentro das quadriculas da diagonal assinalados a cinzento [4].	26
Figura 10- Alguns exemplos de protozoários observados: a) <i>Epistylis</i> b) <i>Trachelophyllum</i> c) <i>Euplotes</i> d) <i>Acineta</i> e <i>Arcella</i> e) <i>Epistylis</i> , <i>Rotíferos</i> e <i>Vorticella convalaria</i> .	31
Figura 11- Observação microscópica em campo claro com coloração de Gram onde é visível a espécie 1863. 1000x	35
Figura 12- Observação microscópica com coloração de Gram em contraste de fase onde é claramente visível a espécie 021N e a formação de uma “corda”. 1000x	36
Figura 13- Observação microscópica com coloração de Gram em contraste de fase onde é claramente visível a espécie <i>Nocardia spp.</i> (corado a azul-roxo). 1000x	37
Figura 14- Observação microscópica com coloração de Gram em campo claro onde é claramente visível a espécie <i>M. parvicella</i> . 1000x	38
Figura 15- Observação microscópica com coloração de Gram em campo claro em campo claro onde é claramente visível a espécie <i>S. natans</i> . 1000x	38
Figura 16- Observação microscópica com coloração de Neisser em campo claro onde é bem visível a espécie 0092. 1000x	39
Figura 17- Diagrama temporal das medidas tomadas como combate à espécie filamentosa <i>Nocardia spp.</i> (Abril a Setembro de 2010)	40
Figura 18- Aplicação do anti-espuma e biodigestor: a) Embalagens, b) Agitação, c) dosagem do produto,d) Mistura com água do tanque, e) Introdução do produto no tanque.	43
Figura 19- Observações microscópicas do anti-espuma: a) campo claro, 400x, b) campo claro, 1000x, d) contraste de fase, 1000x.	44
Figura 20- Observações microscópicas do biodigestor: a) contraste de fase, 1000x, b) campo claro, 1000x, c) coloração de Gram em campo claro, 1000x.	44
Figura 21- Variação da concentração de O ₂ dissolvido nos TAMs ao longo de 6 meses, com leitura diária por volta das 9:30.	46
Figura 22- Variação da concentração do O ₂ dissolvido nos TAMs (TAM1 linha mais escura, TAM2 mais clara), durante a semana de 13 a 20 de Setembro, com leituras continuas.	47

Figura 23- Esquema que representa os TAMs e os DSMs e o modo como as lamas (re)circulam no processo mostrando os dois pontos de arejamento: A - imediatamente antes das bombas de recirculação para os tanques e B – imediatamente antes das bombas de remoção de lamas em excesso.	49
Figura 24- “Purga” do arejador para remoção de água condensada na linha de arejamento.....	49
Figura 25- Relações entre o número de espécies e a espécie dominante na diferenciação do valor do IBL ao longo dos 6 meses, nos TAMs 1 e 2.	50
Figura 26- Representação da abundância de filamentosas: a) 4, b) 5 e c) 6.....	52
Figura 27- Representação da cor da espuma nos TAMs: a) A, b) C e c) E. Quando existem simultaneamente $A+C=B$ e $C+E=D$	52
Figura 28- Representação da quantidade de espuma nos TAMs: a) +, b) ++, c) +++ e d)++++.	52
Figura 29- Relações entre a espécie filamentosa dominante e a abundância de filamentosas, a cor da espuma e a sua quantidade nos TAMs ao longo dos 6 meses. (Noc – <i>Nocardia spp.</i>).....	53
Figura 30- Variação dos valores de SST ao longo dos 6 meses nos vários pontos da ETAR.....	55
Figura 31- Variação dos valores de CQO ao longo dos 6 meses nos vários pontos da ETAR.....	55
Figura 32- Variação dos valores de CBO_5 ao longo dos 6 meses nos vários pontos da ETAR.....	56
Figura 33- Comparação entre as variações dos valores de CQO e CBO_5 ao longo dos 6 meses nos vários pontos da ETAR.	56
Figura 34- Variação dos valores de $N-NH_3$ ao longo dos 6 meses nos vários pontos da ETAR.....	57
Figura 35- Variação dos valores de N-Org ao longo dos 6 meses nos vários pontos da ETAR.....	57
Figura 36- Variação dos valores de P_{total} ao longo dos 6 meses nos vários pontos da ETAR.....	58
Figura 37- Variação dos valores de O&G e respectiva remoção ao longo dos 6 meses nos pontos de entrada e de saída da ETAR.	58
Figura 38- Relação entre CQO e CBO_5 no CEM.....	59
Figura 39- Relação entre CQO e CBO_5 no DPM.....	60
Figura 40- Relação entre CQO e CBO_5 no SUV.	60
Figura 41- Comparação entre o CQO à entrada dos TAMs e a % remoção de CQO nos TAMs ao longo dos 6 meses. São indicadas as fases de estratégia implementadas (A a I).	61
Figura 42- Comparação entre o CBO_5 à entrada dos TAMs e a % remoção de CBO_5 nos TAMs ao longo dos 6 meses. São indicadas as fases de estratégia implementadas (A a I).....	62
Figura 43- Comparação entre os valores de SST e de IVL nos TAMs ao longo dos 6 meses. São indicadas as fases de estratégia implementadas (A a I).....	63
Figura 44- Comparação entre os valores de SST e IL nos TAMs ao longo dos 6 meses. São indicadas as fases de estratégia implementadas (A a I).	65
Figura 45- Variação do tempo de residência nos TAMs ao longo dos 6 meses. São indicadas as fases de estratégia implementadas (A a I).	66

Figura 46- Relações entre os valores de SST e de IVL com as características do meio relativamente aos valores de IBL, número de espécies, espécie dominante e tamanho do floco nos TAMs ao longo dos 6 meses. São indicadas as fases de estratégia implementadas (A a I).....	67
Figura 47- Relações entre os valores da eficiência de remoção de CQO e CBO ₅ , os valores de CQO e de CBO ₅ no DPM com as características do meio relativamente aos valores de IBL, número de espécies, espécie dominante e tamanho do floco nos TAMs ao longo dos 6 meses. São indicadas as fases de estratégia implementadas (A a I)..	68
Figura 48- Relações entre os valores de SST e de IVL, as características físicas dos tanques (quantidade e cor espuma) e, a espécie filamentosa dominante e respectiva abundância ao longo dos 6 meses. São indicadas as fases de estratégia implementadas (A a I).....	69
Figura 49- Relações entre os valores de %SFlutuados, os de IVL, as características físicas dos TAMs (quantidade e cor espuma) e a espécie filamentosa dominante e respectiva abundância ao longo dos 6 meses. São indicadas as fases de estratégia implementadas (A a I).....	71
Figura 50- Relações entre os valores da razão CQO/CBO ₅ , as características físicas dos tanques (quantidade e cor espuma) e a espécie filamentosa dominante e respectiva abundância ao longo dos 6 meses. São indicadas as fases de estratégia implementadas (A a I).....	72
Figura 51- Espectros obtidos bissemanalmente com a amostra do CEM ao longo dos 6 meses.....	73
Figura 52- Espectros obtidos bissemanalmente com a amostra do DPM ao longo dos 6 meses.....	73
Figura 53- Espectros obtidos quatro vezes por semana com a amostra do SUV ao longo dos 6 meses.....	74
Figura 54- Espectros obtidos diariamente com a amostra tal qual do TAM 1 ao longo dos 6 meses.	74
Figura 55- Espectros obtidos diariamente com a amostra tal qual do TAM 2 ao longo dos 6 meses.	75
Figura 56- Espectros obtidos diariamente após amostra filtrada do TAM 1 ao longo dos 6 meses.....	75
Figura 57- Espectros obtidos diariamente após amostra filtrada do TAM 2 ao longo dos 6 meses.....	76
Figura 58- Folheto dos SMAS de Almada sobre a ETAR da Mutela.	81
Figura 59- Folheto dos SMAS de Almada sobre a ETAR da Mutela (continuação).	82
Figura 60- Folha de observações microscópica de contagem de espécies para determinação do IBL.....	89
Figura 61- Folha de observações microscópicas para caracterização da amostra fresca, floco e microrganismos filamentosos.....	90
Figura 62- Proposta da Atlas Seis para tratamento por bio-suplementação.....	93
Figura 63- Variação da concentração do O ₂ dissolvido nos TAMs (TAM1 linha mais escura, TAM2 mais clara), durante a semana de 30 de Agosto a 6 de Setembro, com leituras contínuas.....	94
Figura 64- Variação da concentração do O ₂ dissolvido nos TAMs (TAM1 linha mais escura, TAM2 mais clara), durante a semana de 6 a 13 de Setembro, com leituras contínuas.	94

Figura 65- Variação da concentração do O₂ dissolvido nos TAMs (TAM1 linha mais escura, TAM2 mais clara), durante a semana de 20 a 27 de Setembro, com leituras contínuas. 94

Lista de Símbolos e Abreviaturas

Mais utilizados; todos os outros símbolos e abreviaturas são referidas à medida que vão surgindo.

CBO₅ - Carência Bioquímica de Oxigênio após cinco dias

CEM – Colector de Entrada da Mutela

CF- Coliformes Fecais

CQO – Carência Química de Oxigênio

DPM – Saída de um Decantador Primário da Mutela

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

IBL – Índice Biótico de Lamas

IVL – Índice Volumétrico de Lamas

LABAR – Laboratório de Águas Residuais

LRB – Lamas Recirculadas ao Biológico

MS- Matéria Seca

N-NH₃ – Azoto Amoniacal

N-Org – Azoto Orgânico

O&G- Óleos e Gorduras

PCA – *Principal Component Analysis* (Análise de Componentes Principais)

pH – Potencial de Hidrogênio

PLS – Partial Least Squares (Mínimos de Quadrados Parciais)

PT- Fósforo Total

Razão A/M – Razão Alimentação/ Microrganismos

Ssed – Sólidos Sedimentáveis

SST – Sólidos Suspensos Totais

SUV – Saída dos UltraVioletas

TAM 1 e 2 – Tanques de Arejamento da Mutela 1 e 2

UV-Visível – UltraVioleta-Visível

%Rem CQO – Eficiência de Remoção de Carência Química de Oxigênio

%Rem CBO₅ – Eficiência de Remoção de Carência Bioquímica de Oxigênio após cinco dias

%SFlutuadas – Tendência para Flutuação de Lamas Recirculadas

1. Introdução

1.1. Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETARs)

Em meados do século XIX a Inglaterra e o Mundo debatiam-se com graves problemas de saúde provocados por doenças provindas de águas não tratadas como por exemplo a cólera, e várias epidemias, nomeadamente em Londres causaram milhares de vítimas. O crescente conhecimento sobre microrganismos e respectivo papel em doenças, levaram a uma necessidade de tratamento das águas residuais. Esta necessidade levou a legislações que encorajavam a construção de estações de tratamento de águas residuais. O nascimento das ETARs ocorre portanto no início do século XX em Inglaterra [1].

As ETARs , são portanto estações que recebem as águas residuais de origem doméstica e industrial e que de seguida as tratam para poderem ser de seguida descarregadas para o mar ou rio com um nível de poluição inofensivo para o meio ambiente ou que com medidas mais apertadas de controlo poderão ser reutilizadas, nomeadamente para regas e lavagens [2].

Os objectivos de uma ETAR são os seguintes [1]:

- Reduzir o conteúdo em matéria orgânica, incluindo a remoção/redução de certos compostos orgânicos de difícil biodegradação e ainda de compostos tóxicos ou carcinogénicos.
- Remoção/redução de nutrientes (N e P), para reduzir o potencial de eutrofização nas águas que vão receber o efluente.
- Remoção ou inactivação de parasitas e microrganismos patogénicos.

A remoção/redução de matéria orgânica referida implica o consumo de oxigénio presente na água, e além da oxidação da matéria orgânica mediada por microrganismos, pode também ocorrer consumo de oxigénio através de oxidação biológica de compostos orgânicos nitrogenados ou devido a reacções químicas ou bioquímicas de substâncias reduzidas presentes na água [3].

Como tal, torna-se importante a monitorização de alguns parâmetros importantes para um tratamento de qualidade, que caracterizem um bom efluente final, como sejam a Carência Química de Oxigénio (CQO), Carência Bioquímica de Oxigénio aos 5 dias (CBO₅) e Sólidos Suspensos Totais (SST).

A CQO é uma análise que permite inferir o consumo máximo de oxigénio necessário para a mineralização de matéria orgânica, biodegradável ou não, presente numa dada amostra de água após oxidação em condições controladas, usando-se para tal um oxidante forte em meio ácido, a uma temperatura elevada (100 °C) [1][3].

A CBO_5 define-se como a quantidade de oxigénio necessária para a estabilização de matéria orgânica, degradada pela acção de bactérias, sob condições aeróbias e controladas, por um período de 5 dias a 20 °C. A informação mais importante fornecida é a concentração da fracção biodegradável dos compostos orgânicos presentes na água, sendo tal comumente usado na avaliação da poluição de efluentes domésticos e industriais em termos do seu potencial de consumo de oxigénio [1][3].

Os SST representam todos os materiais presentes na água, incluindo os sólidos suspensos e os sólidos dissolvidos, excluindo-se apenas os gases (e as substâncias mais voláteis que a água) dissolvidos. São caracterizados em amostras líquidas através de gravimetria [1][3].

Analisada a composição do efluente, define-se então um tipo de tratamento adequado, que pode envolver apenas um ou mais dos seguintes métodos processuais de tratamento [1][3]:

- Físicos, que apenas dependem de forças físicas para separação das impurezas do efluente, como sejam nos processos de filtração, sedimentação e flutuação.
- Químicos, que usam as propriedades químicas dos reagentes adicionados e das impurezas do efluente, por exemplo nos processos de desinfecção, absorção e precipitação.
- Biológicos, que envolvem actividade biológica de microrganismos (podendo ser aeróbios ou anaeróbios), responsáveis pela degradação de matéria orgânica e remoção de nutrientes, como por exemplo, no processo de lamas activadas.

Posto isto, numa ETAR, as águas residuais passam por vários processos de tratamento com o objectivo de separar a matéria poluente da água. Um esquema típico de tratamento encontra-se na figura 1.

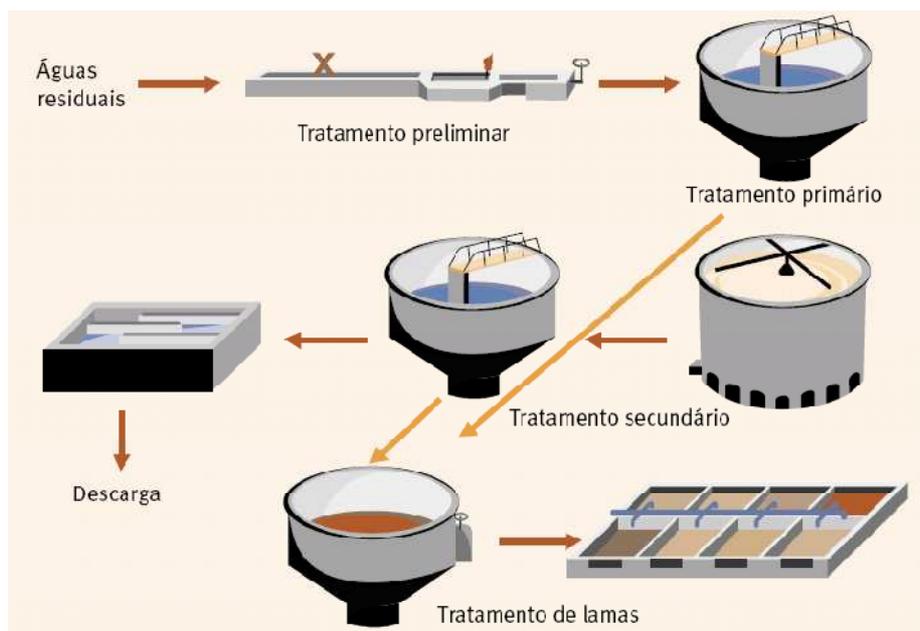


Figura 1- Diagrama de sequência de tratamentos típica numa ETAR [2].

Numa primeira fase ocorre um tratamento preliminar ou pré-tratamento, essencialmente físico onde ocorre uma separação dos sólidos mais grosseiros, através de uma gradagem ou de tamisadores, seguido de desarenamento e desengorduramento. É ainda neste fase que o efluente é preparado para as fases de tratamento propriamente ditas, podendo ser sujeito a um pré-arejamento e a uma equalização [1][2].

A segunda fase de tratamento, designada por tratamento primário, inclui processos somente físicos ou físico-químicos. Nesta fase, nos decantadores primários separa-se a parte líquida e a parte sólida em suspensão que persistiu após o pré-tratamento. Este processo físico normalmente não é suficiente sozinho e pode ser necessário adicionar agentes químicos, que ajudam a acelerar a agregação das partículas através de coagulação/floculação, possibilitando a formação de flocos de maiores dimensões contendo a matéria orgânica poluente a remover, facilitando dessa forma a decantação. As partículas sólidas acumulam-se no fundo do tanque enquanto a fase líquida é escoada à superfície. A matéria sólida acumulada no fundo do tanque, denominada de lamas primárias, segue para a linha de tratamento de lamas [1][2].

Após o tratamento primário, a matéria poluente que resta tem dimensões reduzidas, ou encontra-se dissolvida não sendo viável a sua remoção por processos exclusivamente físico-químicos, introduzindo-se portanto o tratamento secundário ou biológico, onde a matéria orgânica poluente é degradada por microrganismos em reactores biológicos. De modo geral são utilizados microrganismos aeróbios, existindo portanto a necessidade de arejamento, embora também possam ser empregues processos anaeróbios. Na presença de oxigénio, os microrganismos promovem uma degradação eficiente da matéria orgânica existente, formando lamas biológicas. O efluente saído do tanque de arejamento contém os microrganismos (lamas), mas possui um nível muito reduzido de matéria poluente. Existem de seguida sedimentadores denominados secundários, que separam as lamas do efluente tratado, que escoam perto da superfície. As lamas recirculam em parte novamente para os tanques de arejamento servindo de inoculo enquanto, a restante parte, denominada lama secundária, segue para a linha tratamento de lamas, misturando-se com as lamas provenientes do tratamento primário. No tratamento de lamas ocorrem processos físicos e/ou químicos e/ou biológicos conforme o destino que se queira dar às lamas, podendo estas servir como condicionador de solo ou fertilizante [1][2].

O efluente líquido que sai do sedimentor secundário sofre posteriormente uma última etapa de tratamento, o tratamento terciário, por processos que podem ser físicos, químicos ou biológicos. Apesar das águas residuais apresentarem neste passo já um nível reduzido de poluição, podendo até muitas vezes serem já admitidas no meio receptor final, é necessário ainda proceder à desinfecção do efluente, que pode ser efectuada por meio de radiação ultravioleta ou por adição de biocidas (cloração), reduzindo o número de microrganismos patogénicos, tornando o efluente mais seguro. Pode ainda existir a remoção de nutrientes,

como N e P, que poderiam potenciar, isolados ou juntos, eutrofização das águas receptoras. Com esta fase final de tratamento, o efluente fica pronto a ser descarregado no meio receptor final [1][2].

1.2. O processo de lamas activadas

As lamas activadas são um processo de crescimento microbiológico em suspensão, introduzido em Inglaterra em 1914 por Ardem e Lockett, devendo o seu nome a uma cultura microbiológica de enriquecimento, em que os microrganismos formam flocos, formando assim uma massa ou lama biológica activa, que se mantém suspensa no efluente aquoso em tratamento [4][5].

É actualmente um dos processos mais usados no tratamento secundário de águas residuais quer domésticas quer industriais em todo o mundo, em particular para a remoção de matéria orgânica carbonácea e azotada.

O processo consiste essencialmente num biotratamento aeróbico que converte a matéria orgânica a CO_2 , H_2O , minerais e a nova biomassa celular. Para tal é necessário o fornecimento de ar (oxigénio), e os microrganismos formam os flocos que depois sedimentam rapidamente nos sedimentadores secundários. As bactérias existentes em lamas activadas pertencem a uma grande variedade de grupos, incluindo bactérias nitrificantes e filamentosas de várias espécies. Além das bactérias, aparecem nas lamas outros microrganismos que se alimentam destas. Entre esses microrganismos estão os protozoários e os pequenos metazoários, assim como os rotíferos, nemátodos e gastrotríquios. O processo mais convencional de lamas activadas encontra-se esquematizado na figura 2 [1][4][5].

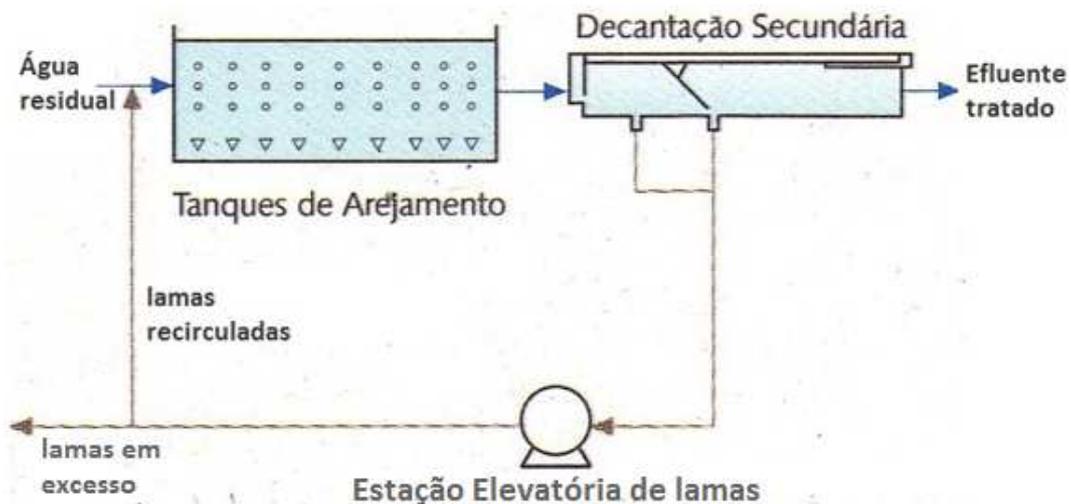


Figura 2- Processo convencional de sistemas de lamas activadas.

Conforme se vê pela figura 2, o sistema é composto por tanques de arejamento, sedimentores secundários e ainda por um sistema de recirculação de lamas.

É nos tanques de arejamento que todas as reacções biológicas ocorrem, sendo a principal delas a oxidação aeróbica da matéria orgânica. Para tal o efluente vindo do tratamento primário entra e mistura-se com as lamas recirculadas formando o licor misto que assim mantém uma elevada concentração de SST (biomassa), permitindo desta forma uma inoculação constante do meio [1][4][5].

Como tal, o sistema de recirculação de lamas é uma característica essencial do processo de lamas activadas pois aumenta o tempo de residência das lamas, permitindo manter no sistema um número suficientemente elevado de microrganismos que oxidam eficazmente os compostos orgânicos num tempo relativamente curto [1][4][5].

Nos tanques de sedimentação ocorre a decantação das lamas produzidas durante a fase de oxidação nos tanques de arejamento. Conforme já foi referido, uma porção das lamas é recirculada para os tanques de arejamento enquanto as restantes, as lamas em excesso, são retiradas e enviadas para o tratamento de lamas de modo a manter uma razão A/M (alimentação/microrganismos) correcta [1][4][5].

De referir que, em sistemas contínuos, este processo é mais eficiente se for operado em condições estáveis, pois sabe-se que variações no processo (por ex: temperatura e outras condições climatéricas) afectam o desempenho do sistema (por ex: flutuações parâmetros operacionais e necessidades de O_2), devendo-se procurar diminuir ao máximo estas variações de modo a permitir um efluente de qualidade constante [4].

Existem diversas variantes do processo original, como, por exemplo, sistemas de arejamento prolongado ou sistemas de arejamento com ar enriquecido com O_2 , com o objectivo principal de se obter um efluente com as características desejadas a custos de operação controlados [1].

1.3. O papel dos protozoários em lamas activadas

De um modo geral, a biomassa num processo de lamas activadas é constituída aproximadamente por 95% de bactérias e 5% de outros organismos, dos quais fazem parte os protozoários, rotíferos e invertebrados [6]. A microfauna que se desenvolve nos tanques de arejamento é muito importante no processo de purificação de águas e a estrutura desta comunidade é um importante modo de diagnosticar e avaliar o desempenho da ETAR, visto que nem sempre as análises físico-químicas estão disponíveis com a celeridade necessária. A

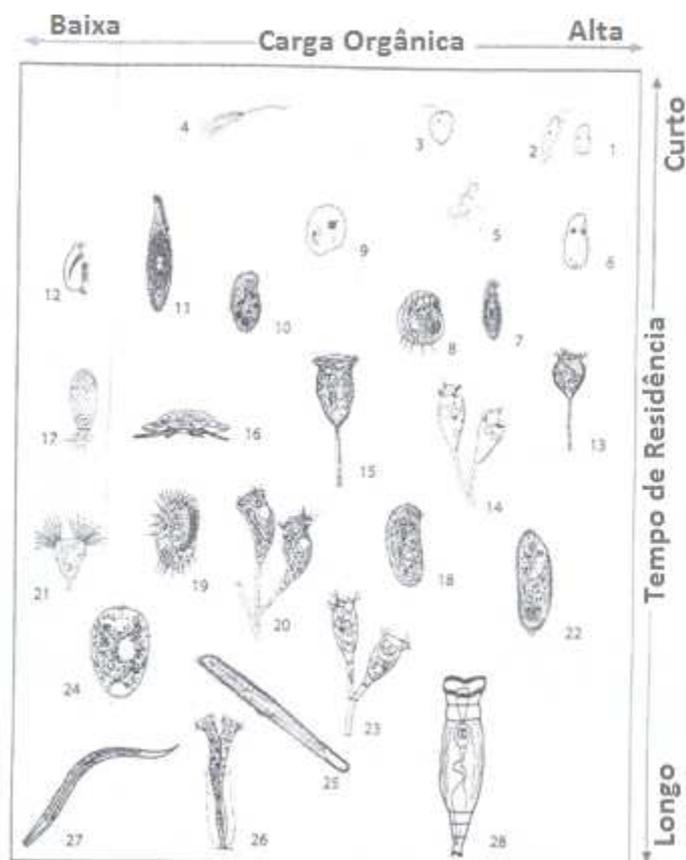
cadeia trófica estabelecida num processo de lamas activadas encontra-se esquematizado na figura 3.



Figura 3- Cadeia trófica estabelecida num processo de lamas activadas [7].

Conforme se observa, o sistema de lamas activadas estabelece uma cadeia trófica, na qual as diferentes populações estabelecem relações de competição, predação e até de canibalismo. Tem na sua componente biótica os decompositores (bactérias e fungos) que degradam a matéria orgânica para obter energia necessária ao seu desenvolvimento, e os seus predadores ou consumidores, que são todos aqueles que se alimentam das bactérias e de outros microrganismos. É neste grupo que se encontram os protozoários [4][5][6][7].

Sabe-se que existem relações entre a carga orgânica alimentada e o tempo de residência nos tanques de arejamento na determinação das espécies presentes (figura 4).



1-3 Pequenos flagelados; 4 Grande Flagelado; 5 Amiba Nua; 6 Uronema nigricans ; 7 Acineria uncinata; 8 Aspidisca; 9 Cinetochilum margaritaceum; 10 Chilonella; 11 Litonotus; 12 Trochilia minuta; 13 Vorticella microstoma; 14 Opercularia; 15 V. convallaria; 16 Arcella; 17 Euglypha; 18 Trithigmostoma; 19 Euplotes; 20 Carchesium; 21 Acineta; 22 Paramecium; 24 Epistylis; 24 Prorodon; 25 Spirostomum; 26 Vaginicola; 27 Nemátodos; 28 Rotíferos.

Figura 4- Relações entre a carga orgânica e o tempo de residência na determinação das espécies de microfauna presentes nas lamas activadas [8].

Observa-se que quanto maior é o tempo de residência maiores e mais complexa são as espécies presentes, enquanto que quanto maior for a carga orgânica as espécies presentes tendem a ser as melhores filtradores.

Os protozoários ciliados são bastante numerosos, seja qual for o tipo de tratamento aeróbio que se use em águas residuais, e a maioria alimenta-se de bactérias, embora alguns sejam carnívoros e se alimentem de flagelados e ciliados. Os ciliados bacterívoros das lamas activadas podem ser divididos em três grupos funcionais com base no seu comportamento [4][5]:

- Nadadores: nadam na fracção líquida, filtrando a água e apreendem tudo o que for menor que uma dada dimensão, nomeadamente bactérias dispersas, e permanecem em suspensão no tanque de sedimentação não sendo portanto recirculados ao tanque de arejamento.

- Móveis de fundo: habitam a superfície do floco microbiano e alimentam-se de bactérias normalmente agregadas ao floco.
- Sésseis: estão fixos por um pedúnculo aos flocos microbianos, podendo formar colónias em forma de flor, alimentando-se de bactérias dispersas, sendo melhores filtradores que os nadadores, precipitando com os flocos no sedimentador, e regressando dessa forma ao tanque de arejamento.

Num sistema equilibrado tende a haver mais sésseis em suspensão, pois são mais eficientes a filtrar e ainda são recirculados aos tanques de arejamento [4].

Está provado que os protozoários ciliados melhoram a qualidade do efluente decantado através da predação da maior parte das bactérias dispersas, sendo que na ausência destes microrganismos, o efluente final é caracterizado por CBO₅ e turbidez elevadas [4][5][6].

Sendo assim, a análise da microfauna é um bom instrumento de diagnóstico para caracterizar o funcionamento do tratamento biológico da ETAR. Sabe-se que um sistema eficiente apresenta as seguintes características [4][7]:

- Elevada densidade de organismos ($\geq 10^6$ organismos/L).
- Comunidade composta principalmente por móveis de fundo e sésseis, sendo os flagelados praticamente inexistentes.
- Comunidade diversificada, onde nenhuma espécie ou grupo domine numericamente em mais do que um factor de 10.

Quando estes pressupostos não são cumpridos, o grupo dominante dá uma indicação que permite diagnosticar o estado de funcionamento do sistema (tabela 1).

Tabela 1- Situações particulares do funcionamento de sistemas de lamas activadas indicadas pela comunidade de microfauna [adaptado de 7].

Grupo dominante	Eficiência	Causa possível
Pequenos flagelados	Má	Lamas pouco oxigenadas, entrada de substâncias facilmente fermentáveis
Pequenas amibas nuas e flageladas	Má	Carga elevada e/ou dificilmente degradável
Pequenos ciliados nadadores (< 50 µm)	Medíocre	Tempo de permanência baixo; lamas pouco oxigenadas
Grandes ciliados nadadores (>50 µm)	Medíocre	Carga demasiado alta
Ciliados Sésseis	Baixa	Fenómenos transitórios (inibitórios)
Ciliados móveis de fundo	Boa	
Ciliados Sésseis + móveis de fundo	Boa	
Amibas com teca	Boa	Carga baixa e/ou diluída; grau de nitrificação elevado

Existe um modo de avaliar numericamente o tratamento biológico (permitindo assim uma comparação da qualidade biológica ao longo do tempo), denominado de Índice Biótico de Lamas (IBL), proposto por Madoni, que resulta da quantificação da abundância e diversidade da comunidade e traduz as diferentes sensibilidades de alguns grupos aos factores físico-químicos do sistema. Os resultados variam entre 0-10, correspondendo aos intervalos de 0-3, 4-7 e 8-10, uma má, média e boa eficiência do tratamento biológico, respectivamente. Este método pode ser aplicado em ETARs de diferentes zonas geográficas pois possui uma distribuição bastante ampla da microfauna usada [4][5].

1.4. O papel dos microrganismos filamentosos em lamas activadas

1.4.1. Os microrganismos filamentosos e seus efeitos

As bactérias filamentosas podem ser consideradas parte integrante da comunidade microbiológica, no processo de lamas activadas. Embora a forma como elas surgem nas instalações continue a ser, na maioria dos casos, uma incógnita, sabe-se que têm um papel importante na formação dos flocos com elevada sedimentabilidade [6]. Os flocos sem esqueleto filamentoso ou com crescimento filamentoso muito baixo, são normalmente menos resistentes às agressões causadas por exemplo, pelo arejamento, tendo portanto menor capacidade de sedimentar. Mas nem tudo é positivo nos organismos filamentosos, e os problemas começam quando estas proliferam mais do que o suposto, causando problemas de “bulking” (volume excessivo) e “foaming” (formação de espumas). Os estudos sugerem que todas as ETARs de lamas activadas têm, tiveram ou virão a ter problemas devido a filamentosas, no entanto são poucas as que têm implementada uma observação microscópica regular, que permita a identificação das espécies em causa e a prevenção e remediação do crescimento excessivo dessas mesmas espécies [6][9].

A análise microscópica das lamas para identificação de filamentosas é rápida e barata, mas requer alguma prática por parte do pessoal técnico. Esta análise pode revelar imensos benefícios ao fornecer informações preciosas sobre a estrutura dos flocos e a composição da comunidade de filamentosas, permitindo ainda a detecção de alterações repentinas ou graduais na composição da comunidade, servindo de pré-aviso, dando tempo para a prevenção de alguns factores associados[9].

As principais medidas de redução do “bulking” ou do “foaming” que se podem efectuar são, isoladamente ou de modo combinado: a) adição de um inibidor químico selectivo, sendo este um método rápido que tem a vantagem de ter um grande impacto sobre todo o processo depurativo; b) intervenção sobre alguns parâmetros processuais, como introdução de arejamento intermitente, a variação da taxa de recirculação, a purga de lamas ou até mesmo o

esvazimento e limpeza do tanque; c) identificação da/s espécie/s responsável/is pelo problema usando análises microscópicas, pesquisando as causas do seu desenvolvimento e respectivo modo de controlo [9].

Uma lista das principais espécies filamentosas causadoras de “bulking” e “foaming” e respectivas causas de crescimento encontra-se na tabela 2.

Tabela 2- Condições favoráveis ao crescimento das principais espécies responsáveis pelos fenómenos de “bulking” e “foaming” [9].

Espécies	Condições favoráveis ao crescimento
1) Tipo 1701	Baixa concentração de oxigénio dissolvido; A/M entre 0,1 e 0,8 kgCBO/kgSSV/d, compostos carbonados facilmente biodegradáveis (ef. de ind. alimentares e celuloses).
2) <i>Sphaerotilus natans</i>	Baixa concentração de oxigénio dissolvido mesmo com A/M elevados (0,2 a 0,8) (efluentes domésticos). Carência em nutrientes.
3) <i>Haliscomenobacter hydrossis</i>	Baixo oxigénio dissolvido associado a baixa A/M, desequilíbrio nutritivo. Espécie comum, frequentemente não dominante.
4) <i>Thiothrix</i> (I, II) spp.	Águas residuais sépticas contendo sulfuretos e ácidos orgânicos ou com deficiência de nutrientes (efluentes de celuloses). A/M de 0,2 a 0,8.
5) <i>Beggiatoa</i> spp.	Águas residuais sépticas; comum nos biodiscos e ocasional nas lamas activadas.
6) Tipo 0914	Águas residuais sépticas contendo sulfuretos, efluentes industriais com carência de nutrientes.
7) Tipo 021 N	Águas residuais sépticas; deficiência de nutrientes, particularmente em efluentes de ind. alimentar, celulose, petroquímica e cervejeiras. Também em estações com baixa A/M, no caso de conterem bastantes compostos facilmente biodegradáveis. A/M entre 0,25 e 0,5.
8) Tipo 0041	Em efluentes domésticos com baixo A/M (0,02 a 0,2) e idade das lamas elevada (10 a 40 dias); em efluentes industriais com carência de nutrientes, no caso de terem carboidratos facilmente biodegradáveis.
9) Tipo 0675	Como o tipo 0041; comum em efluentes de produção de pasta de papel.
10) <i>Nostocoida limicola</i> (var. I, II, III)	Estações com baixa A/M e/ou presença de substratos facilmente biodegradáveis ou compostos orgânicos industriais específicos (amido); resistente a baixo teor de oxigénio.
11) Tipo 0092	Estações com baixa A/M (< 0,1) e elevada idade das lamas, efluentes de indústrias de fruta e cerveja. Comum em estações onde ocorre nitrificação/desnitrificação.
12) Tipo 0961 Tipo 0803 Tipo 0581 Tipo 1851	Baixa A/M. A/M < 0,15 kg CBO/kg SSV/d.
13) <i>Microthrix parvicella</i>	Estações com baixa A/M (0,05 a 0,2) e elevada idade das lamas; comum em efluentes domésticos, ocasional em ef. de matadouros, ind. farmacêuticas; favorecida pela presença de gorduras e por baixas temperaturas. Estações com fase anóxica/anaeróbia à cabeça.
14) Tipo 1863	Raramente provoca bulking, mas pode causar turbidez no efluente, em estações com baixa A/M, baixo oxigénio dissolvido ou durante intervenções com cloro ou na fase de arranque do sistema ou na presença de gorduras. Pode originar espuma branca associada a um decréscimo do pH no tanque de arejamento.
15) Fungui	Baixo pH no tanque de arejamento (< 6,5) devido a efluentes fortemente ácidos; dificilmente provoca bulking.
16) <i>Nocardia</i> spp. (<i>G. amaræ</i>) (<i>N. brasiliensis</i>) (<i>N. asteroides</i>) (<i>N. rhodochrus</i>)	Estações com arejamento de O ₂ puro, ef. doméstico, industrial ou misto, ricos em gorduras e óleos, T>18°C, pH's baixos (6,5-7,1), idade das lamas >9d e [SS]>3g/l. É provável uma relação positiva entre a espuma de <i>Nocardia</i> e a presença de tensoactivos tais como os presentes em ef. de ind. têxteis (não iónicos). A/M entre <0,1 e 0,35. Provavelmente a diversidade de condições em que a <i>Nocardia</i> se pode desenvolver é devida à variedade de espécies que se podem encontrar no licor misto. Provoca espuma no tanque de arejamento e nos sedimentadores.

Na identificação das espécies filamentosas, através de microscopia, são usadas as colorações de Gram e Neisser, e observadas as características morfológicas de cada espécie (por exemplo, ramificações, mobilidade, forma e localização do filamento, etc), usando-se posteriormente tabelas que permitem essa identificação [8][9].

1.4.2. O fenómeno de “Bulking”

O “bulking” é um problema muito habitual nos sistemas de lamas activadas que consiste no aumento do volume específico do floco, interferido com a sua sedimentabilidade e consequentemente com a compactação das lamas no decantador secundário.

Apesar das lamas ditas “normais” sedimentarem mais rapidamente que as lamas com crescimento filamentoso, estas compensam com uma melhor eficiência na depuração dos clarificados, pois o grande número de filamentos funciona como um filtro, captando as pequenas partículas que causam turbidez. No entanto, a deficiente sedimentação de lamas, provoca muitas vezes a sua saída com o efluente, diminuindo o tempo de permanência ou idade das lamas (IL) no sistema, aumentando os valores de CQO, CBO₅ e SST no efluente final, diminuindo a sua qualidade e sobrecarregando hidráulicamente a fase de tratamento de lamas da ETAR que recebe uma lama mais diluída [6][9].

Existem dois tipos de “bulking”, sendo um deles o de natureza filamentosa que já foi referido e o outro de natureza zooglica ou viscosa. Este último é devido a fenómenos de hidratação dos colóides constituintes dos flocos que provocam um “inchaço” nestes conduzindo a problemas de sedimentação. Este último tipo pode existir pois, devido a excesso de matéria orgânica rapidamente biodegradável ou havendo desequilíbrio de nutrientes, especialmente deficiência em azoto, alguns microrganismos, sendo o mais importante a *Zooglea*, formam uma película extracelular englobando até 4 partes de água para 1 de matéria seca. Este tipo de “bulking” é mais fácil de eliminar, podendo usar-se para tal um tratamento com hipoclorito para provocar a libertação da água ligada ao floco ou ajustando o teor de azoto na alimentação a valores correctos [6][9].

Ambos os tipos têm consequências na sedimentação e espessamento das lamas, sendo o parâmetro mais usado para os medir o Índice Volumétrico de Lamas (IVL) ou Índice de Mohlman, existindo ainda um IVLD, que corresponde ao valor de IVL medido em amostra diluída. O IVL é determinado dividindo o volume de Sólidos Sedimentados (SSed) deixados a decantar numa proveta com 1 L de amostra durante 30 minutos, e a concentração de SST na amostra [1]. De uma forma geral, sabe-se que valores de IVL e IVLD abaixo de 150 mL/g são indicadores de um efluente final com poucos SST e baixa turbidez, indicando boa sedimentabilidade das lamas activadas e mostrando que existe nelas um equilíbrio entre os

microrganismos formadores de flocos e os filamentosos. Por outro lado, valores superiores a 150 mL/g, indicam lamas com deficiente sedimentabilidade [1][6][9].

1.4.3. O fenómeno de “Foaming”

No tratamento por sistemas de lamas activadas é frequente o desenvolvimento de uma camada superficial de espuma (“foaming”) no reactor biológico e no sedimentador secundário. Existem basicamente 3 tipos de espumas: a) as originadas pela colocação em funcionamento dos tanques de arejamento e/ou presença de detergentes. São brancas, pouco densas e dispersáveis, aparecendo no reactor biológico e sedimentador secundário. b) as originadas pela desnitrificação, que causam a subida por flutuação das lamas para a superfície do sedimentador secundário devido à produção de azoto gasoso. c) as originadas pelo crescimento excessivo de certos microrganismos filamentosos [6].

As espumas biológicas (de origem filamentosa) são estáveis, densas, espessas e de cor acastanhada, aparecendo tanto na superfície do reactor biológico como no sedimentador secundário, dificultando a separação de modo eficiente da biomassa do efluente clarificado, reduzindo dessa forma a qualidade deste último. A análise microscópica revela geralmente a presença em grande número de dois tipos de bactérias filamentosas: *Nocardioformes* e *Miclothrix Parvicella* [6].

As causas para a ocorrência de “foaming” de origem filamentosa não são totalmente conhecidas, mas parecem envolver a hidrofobicidade associada aos lípidos da parede celular destas duas espécies filamentosas, causando a flutuação das lamas, quando sujeitas a arejamento. Estas espumas provocam vários problemas nos sistemas de lamas activadas pois reduzem a transferência de oxigénio, dificultam as tarefas de manutenção e produzem efluentes de baixa qualidade [6].

1.5. A ETAR da Mutela

O sistema de drenagem de águas residuais do concelho de Almada (figura 5) subdivide-se em três grandes subsistemas: o subsistema Costa da Caparica-Trafaria que contempla a ETAR do Portinho da Costa, o subsistema de Corroios que contempla a ETAR da Quinta da Bomba e o subsistema de Almada, que para além da ETAR de Valdeão (que serve apenas uma parte da população da freguesia do Pragal e o Hospital Garcia de Orta), contempla também a ETAR da Mutela.

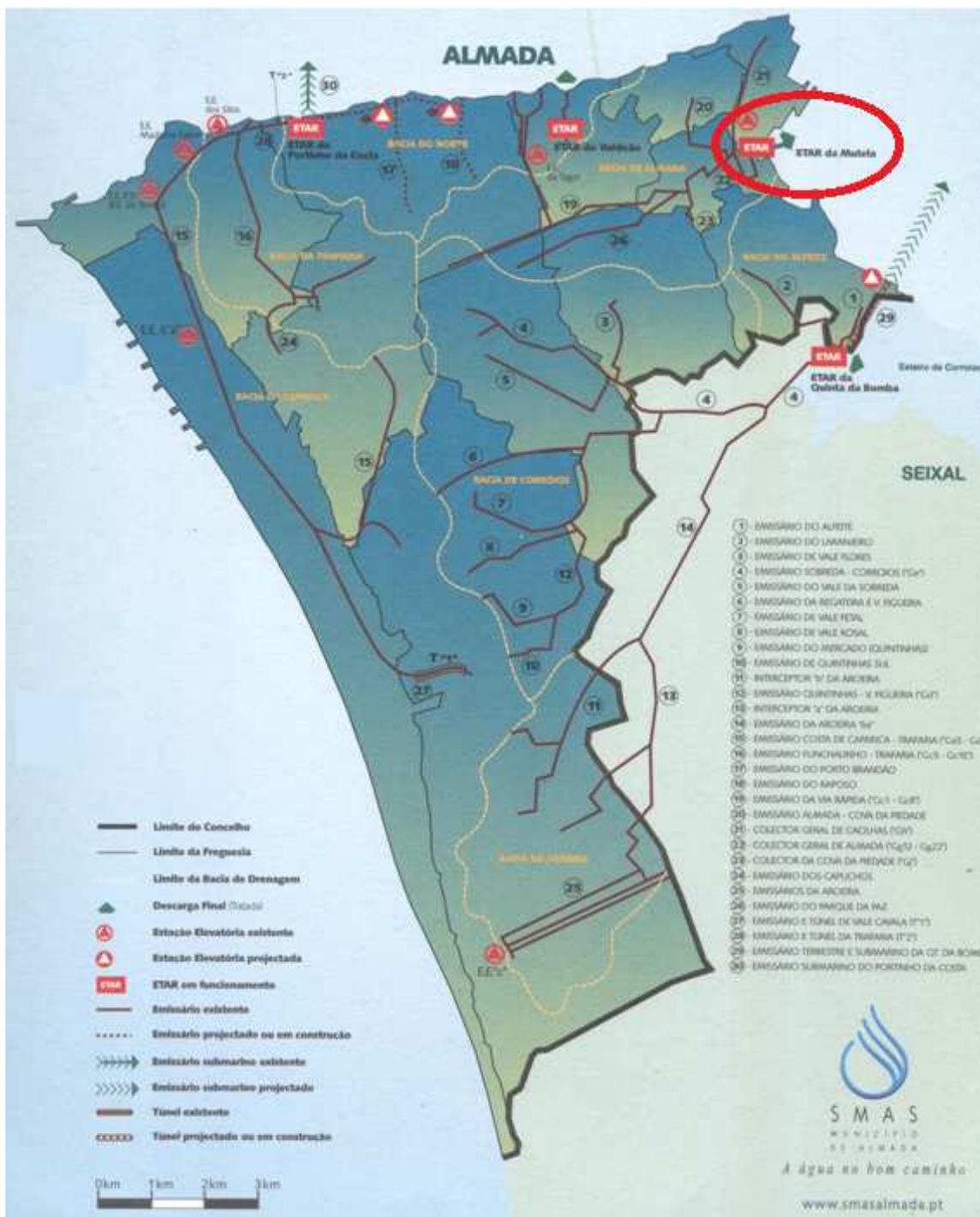


Figura 5- Sistema de drenagem e tratamento de águas residuais do concelho de Almada, com a localização da ETAR da Mutela [10].

A ETAR da Mutela localiza-se na freguesia da Cova da Piedade, concelho de Almada, e ocupa uma área de 3 hectares, estando em funcionamento desde Julho de 2003. Parte do efluente tratado é utilizado no interior da ETAR para rega de espaços verdes e lavagem das instalações. A ETAR da Mutela foi construída prevendo a minimização de impactos ambientais negativos, nomeadamente ruídos e odores, e, neste sentido, o tratamento da fase líquida até

ao tratamento primário e toda a fase sólida foi coberta, e a instalação de todos os equipamentos foi feita no interior de edifícios [11].

Nas tabelas 3 e 4 encontram-se os dados de exploração de 2009 e os objectivos de qualidade da ETAR da Mutela.

Tabela 3- Resultados de Exploração da ETAR da Mutela em 2009 [11].

População Servida (hab.eq)	156 629
Caudal Médio Diário (m ³ /dia)	18 796
Volume Total Tratado (m ³)	6 859 700
Carga Orgânica Afluente Média (kg CBO ₅ /dia)	6 769

Tabela 4- Objectivos de qualidade da ETAR da Mutela [10].

CBO ₅ a 20 °C (mg O ₂ /L)	25
CQO (mg O ₂ /L)	125
SST (mg/L)	35
Coliformes Fecais (N/100 mL)	200
Odor Desagradável	Não detectável

A figura 6, apresenta o diagrama de processo da ETAR da Mutela e encontra-se de seguida a explicação de cada etapa do mesmo.

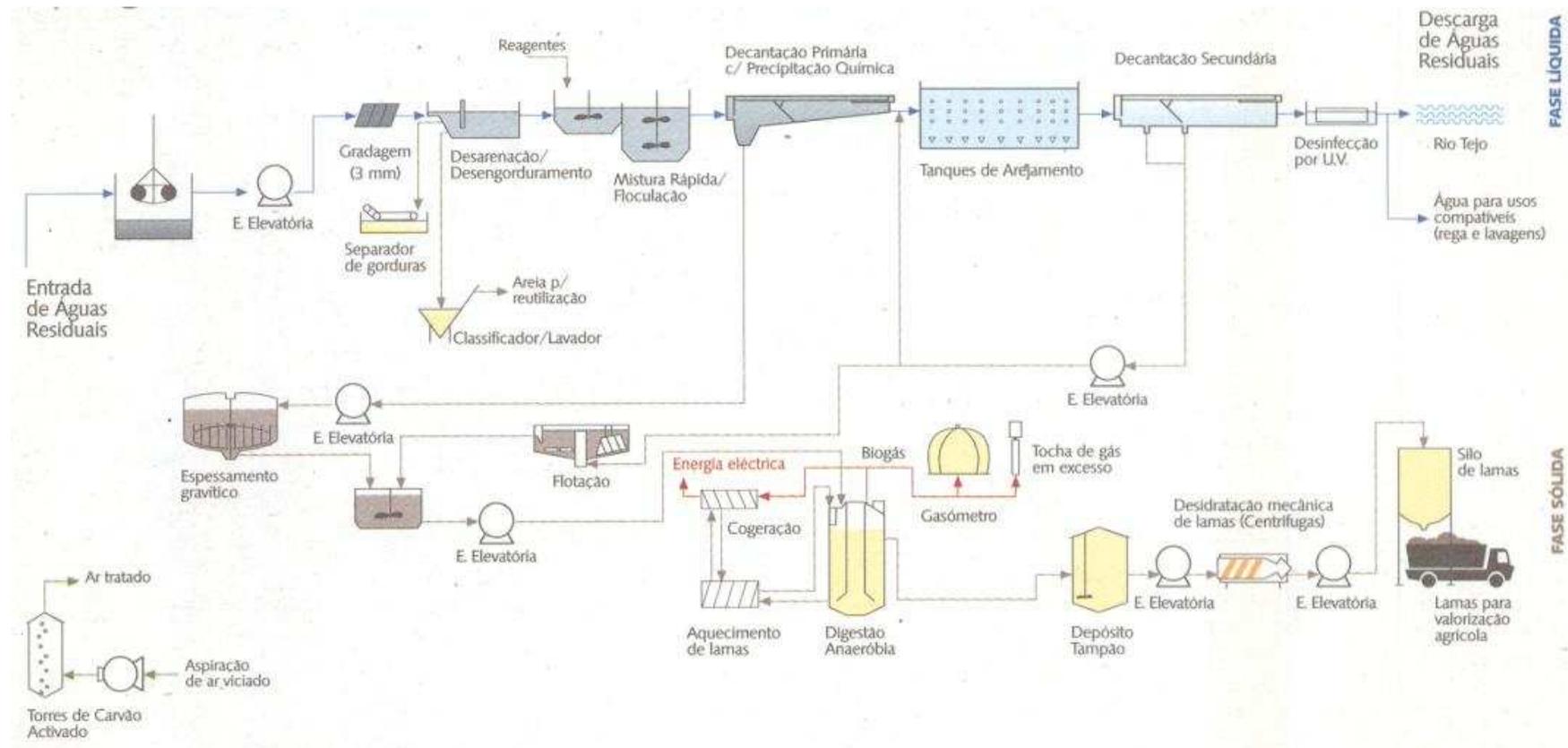


Figura 6- Diagrama de processo da ETAR da Mutela [10].

Ocorrem as seguintes etapas de tratamento de fase líquida [10][11]:

- Elevação do caudal de águas residuais a 11,5 mca
- Gradagem de 4 mm
- Remoção de areias, óleos e gorduras em desarenador/desengordurador
- Tratamento físico-químico (coagulação), floculação e decantação primária
- Tratamento biológico com lamas activadas de média carga (biomassa suspensa) com arejamento difuso por bolha fina
- Decantação secundária com recirculação de lamas
- Desinfecção final com radiação ultra-violeta

Como destinos finais do efluente tratado, existe a descarga no Rio Tejo e ainda a reserva para usos compatíveis, como a rega e lavagens.

As etapas de tratamento da fase sólida são [10][11]:

- Espessamento gravítico de lamas primárias
- Flutuação de lamas secundárias
- Mistura de lamas
- Digestão anaeróbica (mesófila) com cogeração de energia
- Desidratação em centrífugas
- Armazenamento do biogás

O destino final das lamas será a valorização agrícola.

Ocorre ainda tratamento da fase gasosa com tratamento de odores da zona do pré-tratamento, tratamento primário, espessamento e desidratação de lamas em filtros de carvão activado [11].

Para uma descrição mais pormenorizada pode-se consultar o folheto em anexo (parte 7.1) ou então consultar o sítio da internet dos SMAS de Almada [10][11].

1.6. Espectroscopia UV-Visível

O uso de um espectrofotómetro na gama UV-Visível (ultravioleta-visível) possibilita a obtenção de espectros de amostras líquidas com a variação da absorvância para comprimentos de onda entre os 190 e 800 nm.

Em espectrofotometria, apesar das amostras poderem ser analisadas com pouco ou nenhum pré-processamento, há que ter em atenção, no caso de medidas de absorvância, as limitações da lei de Lambert-Beer. Esta lei descreve a relação linear entre a absorvância, A , e a concentração, c , de uma espécie absorvente em solução, dada pela equação 1, para um valor

de percurso óptico, b , e quando se fixa o coeficiente de absorvidade específico para a substância, ϵ .

$$A = \epsilon bc \quad (1)$$

As limitações à lei de Lambert-Beer, são que apenas é aplicável a soluções de concentração baixa, pois acima de um certo valor ocorre um desvio.

As absorvâncias medidas permitem indirectamente determinar a composição das amostras de águas residuais, uma vez que grande parte dos compostos orgânicos e alguns minerais, como os nitratos, absorvem luz na região UV-Visível. Na zona do UV, 190-350 nm, são principalmente detectados os solutos orgânicos (englobados nas medidas de CQO e CBO₅) e nitratos, enquanto que na zona do Visível, 350-800 nm, são detectadas essencialmente propriedades relacionadas com a turbidez (SST) e alguns solutos particulares como por exemplo, corantes [3].

Para utilizar as técnicas correntes de caracterização de águas residuais a nível laboratorial existem limitações não só relacionadas com a amostragem e conservação de amostras, mas também com a reprodutibilidade incerta de alguns métodos analíticos utilizados e com a quantidade limitada de informação quantitativa obtida. Para além disso, algumas destas análises requerem demasiado tempo, utilizam reagentes caros e/ou tóxicos e produzem resíduos que necessitam de tratamento posterior. Por todos estes motivos, a utilização destas análises como controlo em tempo real na operação de uma ETAR é limitada, sendo portanto importante encontrar formas mais rápidas e viáveis de se estimarem estes resultados, nomeadamente através de análises espectrofotométricas directas [5].

Foi realizado um estudo sobre a aplicação de espectroscopia UV-Visível na prevenção de descargas não conformes de águas residuais industriais com recurso a Análise de Componentes Principais (PCA), para a caracterização de águas e identificação preliminar de contaminantes [12]. Foi nomeadamente, obtido um modelo de calibração mínimos de quadrados parciais (*Partial Least Squares*, PLS) para estimativa de CQO. Os resultados mostraram que os espectros UV-Visível contêm informação que pode ser extraída e utilizada para a monitorização de uma ETAR e que o método PCA possui poder discriminativo, sendo útil para detectar diferenças entre amostras. Os modelos do método PLS, tendo por base espectros UV-Visível, têm um elevado potencial de aplicação, sendo um método rápido e económico para estimar em linha o CQO em descargas industriais [12].

1.7. Objectivos do trabalho

Os objectivos do trabalho era a partir das amostras recolhidas na ETAR da Mutela, diariamente, ao longo de um período de 6 meses, entre Abril e Setembro de 2010, proceder-se a análises diárias físico-químicas às correntes líquidas e às lamas, e a uma análise microscópica minuciosa diária que envolvia, observações de protozoários com determinação do IBL e observação de filamentosas com recurso a colorações de Gram e Neisser de modo a identificar e quantificar as espécies presentes no meio. Pretendia-se ainda a aquisição diária de espectros UV-Visível das amostras colhidas nos vários pontos da fase líquida da ETAR, sendo que nos tanques de arejamento os espectros eram obtidos com amostras tal qual e filtradas. Durante este período foram compilados os valores dos parâmetros analíticos obtidos pelo Laboratório de Águas Residuais (LABAR) para os pontos de recolha da fase líquida. No final pretendia-se encontrar relações entre as observações microscópicas realizadas tanto a nível de protozoários como de filamentosas, as acções de controlo utilizadas e os valores dos parâmetros obtidos pelos métodos analíticos. Procurar-se-ia relacionar estes aspectos com os espectros UV-Visível, através de análises PCA para estudo do comportamento do sistema da ETAR, assim como pelo desenvolvimento de modelos PLS, de forma a avaliar-se a possibilidade de estimativa de parâmetros em tempo real, nomeadamente de SST, CQO e CBO₅.

2. Materiais necessários

Os reagentes, equipamentos e outros materiais usados encontram-se tabelados nas tabelas 5,6 e 7.

Tabela 5- Reagentes usados nas colorações de Gram e Neisser e/ou preparação das mesmas.

Nome	Fórmula Química	Marca
Solução de Violeta de Cristal	-	Merck
Solução de Lugol Estabilizada	-	Merck
Solução descolorante	-	Merck
Solução de Safranina	-	Merck
Violeta de Cristal	$C_{25}H_{30}ClN_3$	Merck
Safranina O	$C_{20}H_{19}ClN_4$	Merck
Oxalato de amónio monohidratado	$(NH_4)_2C_2O_4 \cdot H_2O$	Merck
Iodo	I_2	Merck
Solução Neisser Ia (azul de metileno)	-	Merck
Solução Neisser Ib (violeta de cristal)	-	Merck
Solução Neisser II (solução crisóide)	-	Merck

Tabela 6- Equipamentos usados.

Aparelho	Marca	Modelo
Microscópio Óptico	Nikon	Eclipse E400
Máquina Fotográfica com adaptador para	Nikon	Coolpix 4500
Espectrofotómetro UV-Visível	Perkin Elmer	Lambda 35
Medidor de O_2 e Temperatura portátil	Hach	HQ40d

Tabela 7- Outros materiais usados.

Material	Marca	Propriedades
Células de precisão de Vidro	Helma	Percurso óptico de 10 mm
Células de precisão de Quartzo	Helma	Percurso óptico de 10 mm
Filtros de fibra de vidro	Whatman	d_{poro} de 0,45 μm e d_{filtro} de 150 mm
Lamelas de vidro	Marienfeld	Área de 18x18 mm
Lâminas de vidro	Marienfeld	Área de 75x25 mm
Câmara de contagem de Fuchs-Rosenthal	Marienfeld	0,200 mm de prof. e área de 0,0625 m^2

3. Procedimentos experimentais

3.1. Amostragem e vistoria

As amostras usadas nos métodos experimentais descritos de seguida foram recolhidos entre 5 de Abril e 30 de Setembro, nos pontos de recolha CEM (Colector Entrada Mutela), DPM (Decantador Primário Mutela), TAM 1 (Tanque de Arejamento Mutela 1), TAM 2 (Tanque de Arejamento Mutela 2), LRB (Lamas Recirculadas ao Biológico) e SUV (Saída dos UltraVioletas). Esses pontos de recolha encontram-se devidamente assinalados na figura 7, e conforme se pode verificar o ponto SUV, apesar do nome é recolhido antes dos UV.

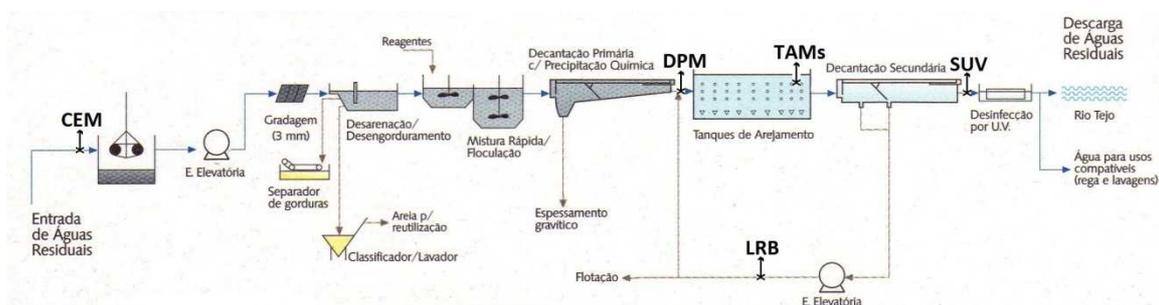


Figura 7- Diagrama de processo da ETAR da Mutela, indicando os pontos de recolha das amostras.

Todos os dias de manhã, dava-se uma volta ao processo de tratamento da fase líquida, preenchendo-se a linha da tabela presente em anexo (parte 7.2), corresponde ao dia em questão, observando-se o aspecto geral de todas as etapas do processo e retirando os dados essenciais de cada etapa, de modo a inferir o estado de funcionamento da ETAR.

3.2. Métodos analíticos

O controlo analítico da ETAR da Mutela (tal como das restantes ETARs de Almada) está detalhado no plano de amostragem, indicando para cada amostra retirada de um ponto de amostragem específico qual o tipo de amostra, as análises a efectuar e ainda a frequência das mesmas. As amostras, recolhidas nos vários pontos de amostragem, são posteriormente transportadas até ao Laboratório de Águas Residuais (LABAR) onde são analisadas segundo protocolos padronizados. As tabelas 8 e 9 mostram o plano de amostragem da fase líquida da ETAR e o método usado para cada análise específica, respectivamente. São usados

amostradores automáticos, para recolha de amostras compostas de 24 horas, neste caso específico no DPM e SUV.

Tabela 8- Plano de amostragem da fase líquida da ETAR da Mutela, com as análises efectuadas no LABAR. (disponibilizado pelo LABAR)

Tipo de Amostra	Ponto de amostragem	Análises a efectuar (1)	Frequência	Dias
Pontual	CEM	pH, CQO, CBO ₅ , SST PT, N-NH ₃ , N-Org O&G	2x semana semanal 2x mês	Terça, Quinta Terça Terça
Composta	DPM	pH, CQO, CBO ₅ , SST PT, N-NH ₃ , N-Org	2x semana semanal	Terça, Quinta Terça
Pontual	EUV	CF	2x semana	Segunda, Quarta
Composta	SUV	pH, CQO, CBO ₅ , SST PT, N-NH ₃ , N-Org O&G CF	2x semana semanal 2x mês 2x semana	Terça, Quinta Terça Terça Segunda, Quarta
Pontual	TAM1 e 2	SST, SSed, pH PT, N-NH ₃ , N-Org Análise microscópica	5x semana mensal 2 a 5x semana	Dias úteis 2ª segunda Dias úteis
Pontual	LRB	pH, SSed, MS	5x semana	Dias úteis

(1) pH- Potencial de Hidrogénio; CQO- Carência Química de Oxigénio; CBO₅- Carência Bioquímica de Oxigénio aos 5 dias; SST- Sólidos Suspensos Totais; PT- Fósforo Total; N-NH₃- Azoto Amoniacal; N-Org- Azoto Orgânico; O&G- Óleos e Gorduras; CF- Coliformes Fecais; SSed- Sólidos Sedimentáveis; MS- Matéria Seca.

Tabela 9- Métodos usados pelo LABAR nas análises laboratoriais, são todos *Standard Methods* [13] excepto o CQO e MS que são métodos internos. (disponibilizado pelo LABAR)

Análise a efectuar (1)	Método usado
pH	Potenciométrico
CQO	Volumétrico com pré-tratamento da amostra por digestão em microondas
CBO ₅	Manométrico
SST	Gravimétrico
PT	Espectrofotométrico com digestão preliminar da amostra em meio ácido
N-NH ₃	Acidimétrico com destilação preliminar da amostra
N-Org	Obtido a partir do N-Kjeldhal por um método de digestão
O&G	Gravimétrico por partição
CF	Clássico de placas e Colilert
SSed	Volumétrico
MS	Evaporação e secagem

(1) pH- Potencial de Hidrogénio; CQO- Carência Química de Oxigénio; CBO₅- Carência Bioquímica de Oxigénio aos 5 dias; SST- Sólidos Suspensos Totais; PT- Fósforo Total; N-NH₃- Azoto Amoniacal; N-Org- Azoto Orgânico; O&G- Óleos e Gorduras; CF- Coliformes Fecais; SSed- Sólidos Sedimentáveis; MS- Matéria Seca.

Os resultados laboratoriais obtidos pelo LABAR através destes métodos encontra-se em anexo, parte 7.3, com subdivisões para os resultados, de CEM, DPM, SUV e TAMs e LRB.

3.3. Aquisição de espectros UV-Visível

A aquisição de espectros UV-Visível foi efectuada diariamente retirando uma pequena toma das amostras retiradas nesse dia na fase líquida da ETAR, que podiam ser CEM, DPM, TAMs e SUV. No entanto, olhando para a tabela 8, verifica-se que apenas nos TAMs existem amostras diárias, enquanto que no CEM e DPM existem amostras bissemanais (Terça e Quinta) e finalmente no SUV existem amostras compostas bissemanais (Terça e Quinta) e amostras pontuais também bissemanais (Segunda e Quarta). As amostras pontuais de SUV serviam para testar quanto a Coliformes Fecais (CF), mas foram também adquiridos espectros destas amostras somando um total de 4 amostras por semana de SUV.

As amostras CEM, DPM e SUV foram usadas tal qual eram colhidas, enquanto que as amostras dos TAM 1 e 2 foram usadas tal qual, mas foram também filtradas por conterem quantidades elevadas de biomassa em suspensão dificultando a leitura espectrofotométrica.

A filtração das amostras procedeu-se colocando um filtro de fibra de vidro (tabela 7) num funil, dispondo-o sobre um copo de 50 mL, e escoando a amostra por gravidade.

A leitura da amostra era feita colocando a amostra tal qual ou filtrada na célula de leitura (efectuando uma rápida agitação imediatamente antes) procedendo-se de seguida à leitura das absorvâncias contra uma célula com água destilada, varrendo o intervalo UV-Visível entre 190 e 800 nm no espectrofotómetro. O espectro era posteriormente arquivado em formato *Excel*. No final reuniram-se todos os espectros ao longo dos 6 meses numa base de dados que contém todos os espectros diários obtidos nos pontos CEM, DPM, SUV e TAM 1 e 2 com base em amostras tal qual, e ainda os espectros diários obtidos nos pontos TAM 1 e 2 com base nas amostras filtradas. Em anexo (parte 7.4) encontram-se instruções de como consultar e usar esta base de dados criada.

A aquisição de espectros começou no dia 15 de Abril e até dia 10 de Maio as leituras realizaram-se com células de vidro de 1 cm de percurso óptico, sendo que como as células de vidro absorção radiação na região UV entre 190 a 280 nm, a informação contida nesse intervalo foi excluída durante esse período de tempo. De dia 11 de Maio em diante usaram-se células de quartzo de 1 cm e portanto obtiveram-se espectros completos no intervalo de 190 a 800 nm. No dia 16 de Julho partiu-se uma das células de quartzo e desse dia em diante teve que se operar o espectrofotómetro como se fosse de feixe simples, lendo inicialmente um branco de água destilada e de seguida a amostra, descontando de seguida o espectro do branco ao da amostra para obtenção do espectro final.

3.4. Microscopia óptica

3.4.1. Protozoários e determinação do IBL

As observações microscópicas de contagem de espécies foram realizadas com frequência diária, preenchendo uma folha igual à presente no anexo (parte 7.5.1).

Estas observações para determinação do Índice Biótico de Lamas (IBL) foram efectuadas em duas etapas: a primeira para identificação das formas de vidas presentes no meio fazendo 1 ou 2 observações de rastreio numa gota de 0,5 mL, usando diferentes ampliações caso a espécie observada suscitasse dúvidas, e a segunda para contagem das espécies, fazendo 2 réplicas de 25 µL numa lamela de 18x18 mm, observando em ampliação de 100x, contando em ambas as réplicas e posteriormente somando as contagens e multiplicando por 20 (para se obter os resultados por litro) [4][7][14].

Os grupos funcionais que contam para o IBL são os flagelados (pequenos e grandes), amibas com teca (as nuas não contam), ciliados (carnívoros, nadadores, móveis de fundo e sésseis) e metazoários, devendo contar-se todos os indivíduos num ciliado sésseis colonial [4][7][14].

O varrimento na lâmina deve-se efectuar segundo a figura 8 e ter em atenção que não contam para o cálculo: protozoários que entram no campo de visão vindos da esquerda ou de cima, indivíduos mortos, formas móveis de ciliados sésseis e células degradadas [4][7][14].

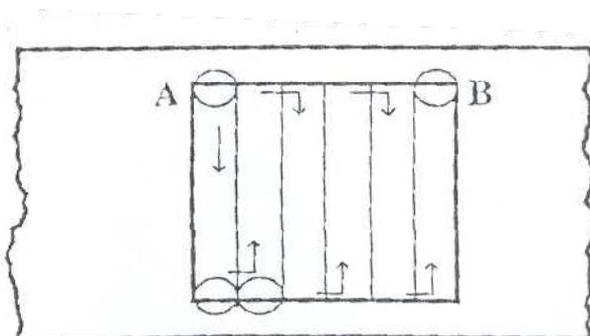


Figura 8- Esquema representativo do procedimento correcto de contagem da microfauna (os círculos representam o campo de visão do microscópio e, partindo da posição A, inspecciona-se toda a lâmina, seguindo o percurso indicado até B [4].

Para a contagem total podem ainda ser relevantes as espécies observadas durante o rastreio inicial segundo as regras apresentadas na tabela 10.

Tabela 10- Tabela com as regras de contagem, para o IBL, de espécies observadas durante a observação do rastreio inicial [4].

"Screening"	Contagem	Conclusão	
Observada ≥ 2 x	Não observada	Espécie presente	1 ind/mL
	Observada 1 x	Espécie presente	1 x 20 ind/mL
	Observada n x	Espécie presente	n x 20 ind/mL
Observada 1 x	Não observada	Espécie ausente	Não contabilizada
	Observada 1 x	Espécie presente	1 x 20 ind/mL
	Observada n x	Espécie presente	n x 20 ind/mL
Não observada	Não observada	Espécie ausente	Não contabilizada
	Observada 1 x	Espécie presente	1 x 20 ind/mL
	Observada n x	Espécie presente	n x 20 ind/mL

Em seguida, com uma amostra colocada numa câmara de Fuchs-Rosenthal (figura 9) são contados os pequenos flagelados fazendo-se duas contagens nas células quadrangulares diagonais, contando-se os pequenos flagelados que se encontram dentro delas ou em cima das linhas, usando uma ampliação de 200x, tendo, no entanto, cuidado para não contar os que entram na diagonal [4][7][14].

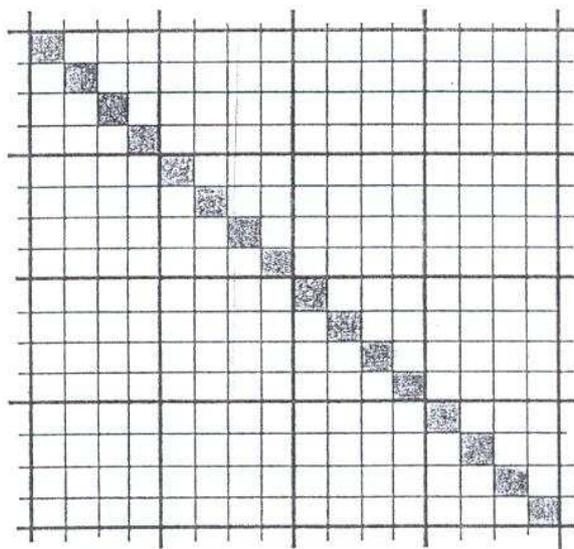


Figura 9- Câmara de Fuch-Rosenthal: apenas são contados os pequenos flagelados dentro das quadriculas da diagonal assinalados a cinzento [4].

Em seguida são efectuados os cálculos necessários, compreendendo os seguintes passos [4][7][14]:

1. Registo das contagens por grupos funcionais por cada 25 μ L:
 - Móveis de fundo + sésseis + amibas com teca
 - Ciliados sésseis
 - *Opercularia spp.*
 - *Vorticella microstoma*
 - Ciliados nadadores
2. Cálculo da soma das duas contagens (réplicas)
3. Multiplicação por 20 para obtenção do número de indivíduos por litro
4. Cálculo da percentagem relativa de cada grupo em relação ao total
5. Selecção do grupo predominante (> 50%), sendo que os sésseis só são considerados grupo dominante se forem quantificados em número relativo > 80%
6. Registo do número de pequenos flagelados, F (> ou < 10)
7. Registo do número de espécies diferentes (S)

8. Usando os resultados de 5, 6 e 7 na tabela de cálculo de IBL (tabela 11), retira-se o valor de IBL (0-10)

Tabela 11- Tabela de cálculo de IBL, em que S corresponde ao número de espécies na microfauna e F corresponde ao número de pequenos flagelados [7].

GRUPO DOMINANTE	DENSIDADE (ind./l)	S > 10		8 ≤ S ≤ 10		5 ≤ S ≤ 7		S < 5	
		F < 10	10 < F < 100	F < 10	10 < F < 100	F < 10	10 < F < 100	F < 10	10 < F < 100
CILIADOS MÓVEIS + SÉSSEIS* E/OU AMEBAS COM TECA	≥ 10 ⁶	10	8	9	7	8	6	7	5
	< 10 ⁶	9	7	8	6	7	5	6	4
CILIADOS SÉSSEIS* > 80%	≥ 10 ⁶	9	7	8	6	7	5	6	4
	< 10 ⁶	8	6	7	5	6	4	5	3
<i>Opercularia</i> spp	≥ 10 ⁶	7	5	6	4	5	3	4	2
	< 10 ⁶	6	4	5	3	4	2	3	1
<i>Vorticella microstoma</i>	≥ 10 ⁶	6	4	5	3	4	2	3	1
	< 10 ⁶	5	3	4	2	3	1	2	0
CILIADOS NADADORES	≥ 10 ⁶	5	3	4	2	3	1	2	0
	< 10 ⁶	4	2	6	1	2	0	1	0
PEQUENOS FLAGELADOS (> 100%)	≥ 10 ⁶	4		3		2		1	
	< 10 ⁶	3		2		1		0	

* *Opercularia* spp e *Vorticella microstoma* não dominantes.

Uma vez determinado o valor de IBL, pode converter-se esse valor em classes de qualidade biológica e de avaliação da eficiência depuradora, através da tabela 12.

Tabela 12- Tabela de conversão do valor de IBL em classes de qualidade biológica das lamas activadas e de avaliação da eficiência depuradora do tratamento [7].

Valor SBI	CLASSE	AVALIAÇÃO
8 - 10	I	lamas bem colonizadas e estáveis; actividade biológica óptima; elevada eficiência depuradora.
6 - 7	II	lamas bem colonizadas e estáveis; actividade sub-optimal; eficiência depuradora suficiente.
4 - 5	III	actividade biológica insuficiente; eficiência depuradora medíocre.
0 - 3	IV	actividade biológica muito baixa; eficiência depuradora baixa

3.4.2. Caracterização do floco e do meio

Uma caracterização dos flocos e da restante amostra, foi efectuada diariamente preenchendo uma folha igual à presente nos anexos (parte 7.5.2), através de observações microscópicas em campo claro e por vezes escuro, bem como de observações directa (por exemplo, presença de espumas, cor, odor, aspecto do floco e do clarificado a olho nu).

3.4.3. Análise de microrganismos filamentosos

3.4.3.1. Coloração de Gram

O procedimento do método de coloração de Gram seguido foi [4][14]:

1. Colocar a amostra numa lâmina e deixar secar.
2. Cobrir o preparado com a solução de Violeta de Cristal, deixar agir 1 minuto e enxaguar à torneira.
3. Cobrir o preparado com a solução de Lugol, deixar agir 1 minuto e enxaguar à torneira.
4. Com a lâmina inclinada, descolorar deitando gota a gota etanol a 95% (ou do produto correspondente do kit) não devendo a operação exceder os 25 segundos. Enxaguar bem à torneira e secar com papel absorvente.
5. Cobrir a amostra com a solução de Safranina durante 1 minuto e enxaguar bem à torneira.
6. Examinar o preparado com ampliação de 1000x com óleo de imersão e luz directa. Os filamentos que coram de azul violeta são Gram+ e os que ficam vermelhos são Gram -.

3.4.3.2. Coloração de Neisser

O procedimento do método de coloração de Neisser seguido foi [4][14]:

1. Colocar a amostra numa lâmina e deixar secar.
2. Cobrir a amostra seca com a solução de Azul de Metileno, deixar agir 30 segundos e enxaguar à torneira.
3. Cobrir o preparado com a solução Castanho Bismark, deixar agir 1 minuto e enxaguar bem.
4. Secar com papel absorvente.

5. Examinar o preparado com ampliação de 1000x com óleo de imersão e luz directa. Os filamentos que ficam corados de azul violeta são Neisser + (a célula inteira ou os grânulos intracelulares) e os filamentos castanho-amarelados são Neisser -.

3.4.3.3. Identificação das filamentosas

A identificação das espécies filamentosas no meio foi efectuada verificando as seguintes características morfológicas [8][9][14][15]:

1. Ramificações
2. Mobilidade
3. Forma do filamento
4. Localização do filamento
5. Dimensão do filamento
6. Crescimento de bactérias sésseis
7. Baínha
8. Forma das células que compõem o filamento
9. Septo celular e indentação no septo
10. Inclusões

As características acima indicadas eram mais visíveis usando coloração de Gram e Neisser, também elas úteis para saber se a espécie filamentosa era + ou -, sendo estas outros factores de identificação de cada espécie.

Após a conclusão da análise dos pontos descritos, preenchendo a folha em anexo (parte 7.5.2), usaram-se as tabelas presentes no anexo (parte 7.6) para identificação de cada espécie filamentosa.

4. Apresentação de resultados e respectiva discussão

4.1. Microscopia

4.1.1. Caracterização inicial das lamas

Começou por fazer-se uma caracterização inicial das lamas activadas nos tanques de arejamento de modo ficar-se com uma ideia da eficiência esperada do tratamento biológico em termos do valor de IBL e ainda identificar-se preliminarmente a razão das espumas que cobriam regularmente os tanques, se seria por uma questão de bactérias filamentosas no meio se por outras razões, nomeadamente a presença de diferentes, óleos e gorduras.

4.1.1.1. Protozoários e flocos

4.1.1.1.1. Introdução

A análise inicial mostrou um meio com uma fauna de protozoários bastante diversa (figura 10) com número de espécies quase sempre superior a 10, com poucos pequenos flagelados (quase sempre abaixo de 9) e com uma tendência clara para a predominância de sésseis e móveis de fundo, sendo que neste último grupo se deve essencialmente à espécie *Trachelophyllum* que aparecia sempre em quantidades elevadas (contagens superiores a 100). Apesar da predominância destes dois grupos, a contagem total de indivíduos no meio foi sempre bastante baixa, tendo sido essa a única razão a impedir um valor de IBL máximo de 10, resultando ainda assim um valor bastante alto, quase sempre nos 8-9.

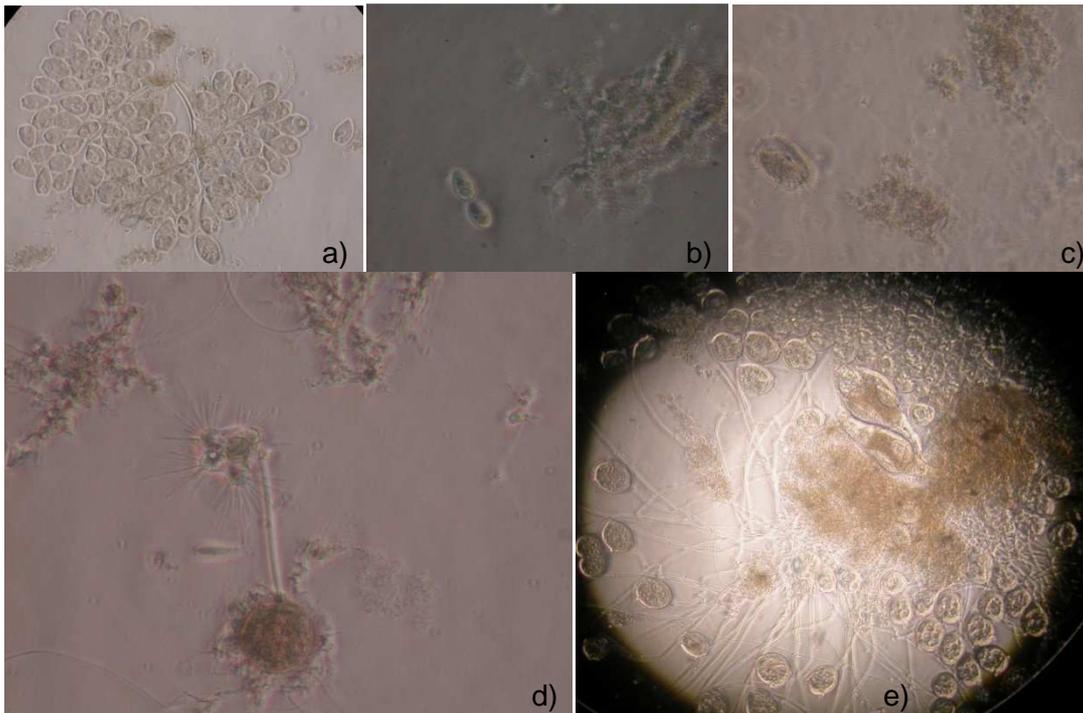


Figura 10- Alguns exemplos de protozoários observados: a) *Epistylis* b) *Trachelophyllum* c) *Euplotes* d) *Acineta* e *Arcella* e) *Epistylis*, Rotíferos e *Vorticella convalaria*.

A caracterização inicial dos flocos revelou um meio com flocos de formas e consistências variáveis, existindo tanto flocos regulares como irregulares e compactos e pouco compactos, de tamanho pequeno, com crescimento disperso e com uma boa diversidade de microfauna como já foi visto acima. Para além disso não se observaram bactérias helicoidais, verificou-se a presença ocasional de colónias *Zooglea*, a presença assídua de partículas inorgânicas, fibras orgânicas pouco abundantes e poucas colónias nitrificantes.

4.1.1.1.2. Protozoários mais comuns nas amostras observadas

As espécies cujas características são descritas de seguida, são as que apareceram quase diariamente nas contagens de protozoários.

Ciliados Móveis de Fundo: Encontram-se maioritariamente junto dos flocos, partilhando com os ciliados sésseis essa zona, embora não esse nicho ecológico nas lamas activadas, não havendo por isso competição com os ciliados sésseis e grupo dos carnívoros e ciliados nadadores que preferem afastar-se dos flocos de modo a nadarem livremente. É portanto possível a sua coexistência, apesar da relação entre as suas abundâncias variar de acordo com a carga orgânica alimentada. De um modo geral, diminuem a sua abundância com o

aumento da carga orgânica ao passo que os sésseis são mais resistentes a este factor [4][9][14].

Trachelophyllum: É um ciliado pequeno e alongado com a superfície coberta de cílios, muito flexível, com comprimento variado (entre 30 a 50 μm). O seu muito característico vacúolo contráctil encontra-se na ponta e graças à sua grande flexibilidade move-se com facilidade por entre os flocos inclusive no seu interior [4][9][14].

Chilodonella: É um ciliado de forma oval e achatada de comprimento que varia entre os 40-90 μm , cuja característica mais reconhecível é uma ponta maleável transparente. A superfície ventral está coberta de cílios enquanto a dorsal está desprovida dos mesmos. São muito flexíveis e deslizam sobre o substrato [4][9][14].

Aspidisca: É um ciliado de pequenas dimensões (30-50 μm) de forma arredondada que se move rastejando a grande velocidade sobre os flocos. Possui cirros, conjuntos de cílios agregados que parecem pequenos pés, que a tornam facilmente reconhecível. É parecida com *Euplotes* sendo no entanto este muito maior (até 100 μm) e não se movendo sobre os flocos [4][9][14].

Ciliados Sésseis: Os ciliados sésseis encontram-se associados aos flocos, uma vez que normalmente estão presos aos mesmos por uma espécie de pedúnculo. Estes pedúnculos podem ser ramificados possuindo dessa forma vários protozoários nas várias pontas formando por vezes grandes colónias ou ser único tendo dessa forma um único protozoário. Essa é uma das principais formas de distinção entre as várias espécies de sésseis. Outra muito comum e fácil de detectar prende-se com a existência ou não de um mionema dentro do pedúnculo que lhes permite a contracção. Essa contracção pode ou não ser colectiva ou isolada conforme a espécie. A presença dominante de apenas este grupo pode ser indicativa de situações diversas conforme a/s espécie/s presentes [4][9][14].

Vorticella convallaria: É a maior das *vorticellas* com um comprimento de 40-120 μm e comprimento de pedúnculo de 200-500 μm . Tem um corpo em forma de sino e apresenta um muito característico macronúcleo em forma de “C”. Apresenta-se como organismo solitário com mionema que lhe permite contracção [4][9][14].

Vorticella microstoma: Tem um comprimento de 35-80 μm e um comprimento de pedúnculo até 400 μm . O peristoma é mais estreito que o maior diâmetro celular e possui um macronúcleo longitudinal. No resto, é semelhante a *V. convallaria*. A sua dominância está associada a períodos de baixo rendimento depurativo, devido quase sempre a carência de oxigénio [4][9][14].

Vorticella Aquadulcis: É semelhante a *V. microstoma* mas com menores dimensões (12-25 μm) e comprimentos de pedúnculo 50-300 μm . O macronúcleo está disposto transversalmente. É associada a boas condições de oxigenação das lamas [4][9][14].

Carchesium: São ciliados coloniais, cujos indivíduos têm dimensões de 80-140 µm. Com a forma de sino e o macronúcleo em “C” são parecidos com *V. convallaria*. O mionema de cada pedúnculo é único e portanto cada indivíduo pode contrair por si [4][9][14].

Zoothamnium: São ciliados coloniais, cujos indivíduos têm dimensões de 50-100 µm. São em tudo semelhantes a *Carchesium* com a diferença que têm um mionema único pelo que toda a colónia contrai simultaneamente [4][9][14].

Opercularia: São ciliados coloniais de tamanho médio de 140 µm. O pedúnculo é bastante ramificado mas uma vez que é privado de mionema não é contráctil. Uma característica própria é não apresentar o lábio típico em redor do peristoma, possuindo no seu lugar uma estrutura que sai, denominada opérculo. A sua presença em grandes quantidades indica uma má depuração biológica uma vez que são tolerantes a condições de stress como presença de metais pesados, défice de oxigenação, etc [4][9][14].

Epistylis: São ciliados coloniais com dimensões entre os 100-300 µm, em tudo semelhantes a *Opercularia* com a diferença de possuírem lábio em redor do peristoma. Para além disso, os pedúnculos são mais largos e as colónias podem alcançar dimensões muito grandes podendo ser formadas por centenas de indivíduos [4][9][14].

Para além destes, outros protozoários com presença regular, mas pertencentes a outros grupos, foram:

Arcella: É uma ameba com teca de forma discoidal com carapaça lisa, com dimensões de 50-200 µm. Vista de cima é arredondada com uma ampla abertura central, donde saem pseudópodes enquanto que de lado faz lembrar uma “tartaruga”. A carapaça é praticamente transparente permitindo ver o citoplasma, que em lamas activadas toma uma cor amarelo-acastanhada devido à precipitação de compostos de ferro na sua superfície [4][9][14].

Peranema: É um grande flagelado incolor com dimensões de 30-70 µm de comprimento. Possui um flagelo anterior rígido e é heterotrófico e fagotrófico [4][9][14].

Litonotus: É um ciliado de tamanho médio de 100 µm com o corpo flexível, achatado e alongado, afunilado na parte anterior, semelhante a uma “ânfora”. Tem um pescoço muito comprido que pode ir até metade do comprimento total da célula, sendo a boca representada por uma fenda lateral. Tem um vacúolo contráctil terminal e move-se pela água de maneira fluida [4][9][14].

Rotíferos: É um metazoário com forma variável conforme as espécies mas ainda assim bastante característico. São alongados e extensíveis com comprimento de 200-500 µm. São dotados de um aparelho rotativo com que filtram a água, sendo que o aparelho bucal mastigador trabalha continuamente. Movem-se fixando a ponta da cauda, esticando-se de

seguida, e depois libertam a cauda para que esta siga o movimento do corpo na direcção da cabeça, semelhante a uma lesma [4][9][14].

4.1.1.2. Filamentosas

4.1.1.2.1. Introdução

Após uma primeira observação microscópica em campo claro e com contraste de fase, foi imediatamente visível a existência de várias espécies filamentosas nas lamas activadas. No entanto, sem colorações a distinção de cada espécie e ainda a detecção da presença de outras era difícil de conseguir-se. Recorrendo às colorações de Gram e Neisser foi então possível caracterizar todas as espécies presentes quanto à localização do filamento, forma da célula, bainha, bactérias sésseis, inclusões de enxofre, indentação do septo, ramificações e mobilidade, bem como os seus caracteres Gram e Neisser positivo ou negativo. Posteriormente, pode identificar-se cada uma delas, como apresentadas nos anexos, parte 7.6.

Foram então identificados seis tipos diferentes de bactérias filamentosas, sendo que quatro delas se encontravam em quantidades muito superiores (*Nocardia spp.*, 021N, 1863 e *M. parvicella*) às das duas restantes (*S. natans* e 0092). Das primeiras, três dominaram os tanques de arejamento das lamas activadas, nomeadamente *Nocardia spp.*, 021N e 1863. Muitas vezes *M. parvicella* existiu em grandes quantidades, chegando inclusivamente a ser a segunda espécie dominante nos tanques de arejamento (normalmente associada à 021N) mas nunca tendo chegado a dominante absoluta.

4.1.1.2.2. Filamentosas dominantes nas amostras observadas

De seguida enumeram-se as principais características e problemas associados a cada uma das espécies dominantes observadas.

Espécie 1863: Esta espécie tem por principais características uma forma arredondada ou oval das células que se dispõem nos tricomas como cadeias que se confundem com *Streptococos* ou salsichas. São de pequenas dimensões a nível de diâmetro (0,5-0,8 µm) mas podem ir até aos 200 µm de comprimentos, com filamentos de forma curva e livres no líquido. Aparecem normalmente associadas a razões A/M baixas e tempos de residência curtos (< 5 dias). Parecem ser favorecidas em situações de baixas concentrações de O₂ dissolvido ou quando são feitas clorações das lamas recirculadas. O seu crescimento está ainda associado ao aparecimento de valores baixos de pH ou presença de gorduras. Podem originar espumas.

Uma forma de tentar controlar o seu crescimento é aumentando a concentração de O₂ dissolvido. [8][9][14][15].

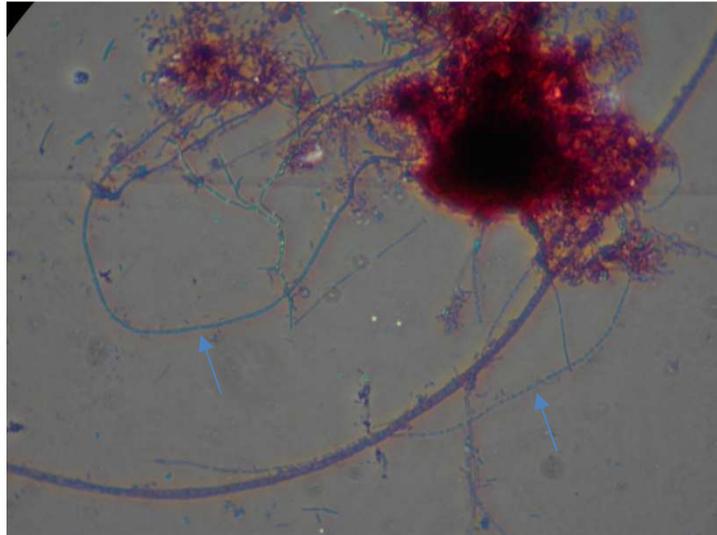


Figura 11- Observação microscópica em campo claro com coloração de Gram onde é visível a espécie 1863. 1000x

Espécie 021N: Esta espécie tem por principal característica a morfologia geral do tricoma, que numa mesma cadeia aparecem células de diferentes formas. Têm um diâmetro elevado (1,5-2 µm) e um comprimento também elevado acima dos 200 µm. Não é ramificada, é imóvel e os filamentos, normalmente diretos ou pouco curvos, usualmente estão no líquido entre os flocos formando regularmente pontes floculares. Associam-se frequentemente várias cadeias formando uma espécie de “corda”. Está normalmente associada a carência de nutrientes, ambientes sépticos e baixas razões A/M. Raramente faz espumas embora provoque regularmente problemas de “*bulking*” em estações sem remoção avançada de nutrientes, sendo responsável por valores de IVL elevados (> 500 mL/g) devido ao seu tamanho elevado (especialmente no comprimento), a sua estrutura robusta e a sua capacidade para crescer rapidamente em curtos períodos de tempo (poucos dias) [8][9][14][15].

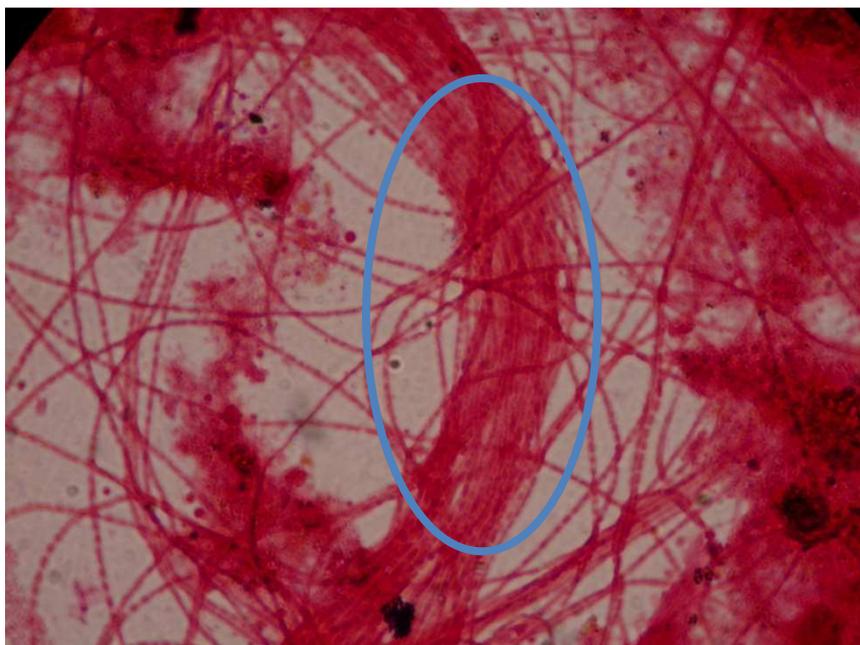


Figura 12- Observação microscópica com coloração de Gram em contraste de fase onde é claramente visível a espécie 021N e a formação de uma "corda". 1000x

Nocardia spp.: Esta espécie tem porventura das características mais fáceis de observar e é das de mais fácil identificação por ser a única, a par dos fungos, com ramificações verdadeiras que formam ângulos rectos de forma aleatória. As suas dimensões variam entre os 10 e os 30 μm de comprimento (sempre $< 100 \mu\text{m}$) com um diâmetro médio de 1 μm . Encontra-se maioritariamente dentro dos flocos, embora também possa aparecer livre nos espaços interfloculares, podendo em grandes densidades provocar desagregação celular. Mantém o IVL entre valores razoáveis (100-200 mL/g) e obtêm-se efluentes de boa qualidade (desde que não haja flutuação das lamas), devido ao efeito de filtração que exercem durante a decantação sobre as possíveis partículas em suspensão existentes. É um filamento dominante em todo o mundo, que ocasiona problemas de "bulking", que pode formar suspensões em meio líquido, que causa os problemas de "foaming" com o aparecimento de camadas oleosas grossas de cor castanha no sobrenadante do sedimentador secundário e também nos tanques de arejamento. Isto deve-se a pequenas bolhas de ar que vão ficando presas nos filamentos devido ao seu elevado conteúdo em óleos e gorduras, fazendo-os flutuar. São filamentosas de rápido crescimento em comparação com muitos outros microrganismos filamentosos, pois proliferam com baixas razões A/M, idade de lamas elevada e temperaturas elevadas, embora todas as causas não sejam ainda claras. As estratégias de resolução dos problemas de "foaming" assentam essencialmente na eliminação das células de *Nocardia spp.* através da redução dos tempos de residência e da utilização de selectores anóxicos. É, para além disso, necessário impedir a recirculação das espumas dos sedimentadores para os tanques de arejamento [8][9][14][15].

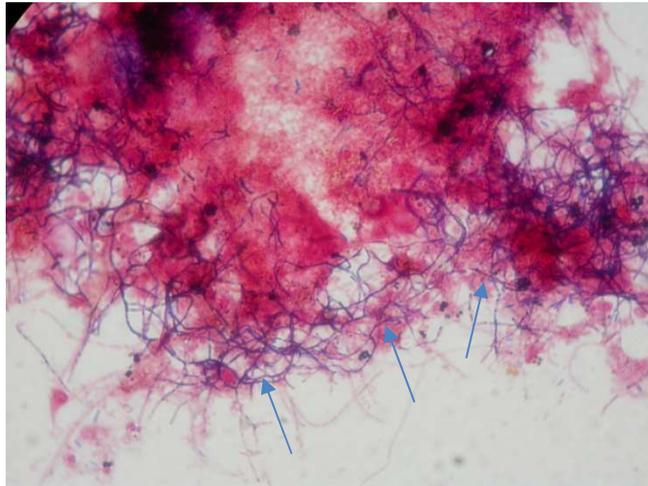


Figura 13- Observação microscópica com coloração de Gram em contraste de fase onde é claramente visível a espécie *Nocardia spp.* (corado a azul-roxo). 1000x

4.1.1.2.3. Filamentosas secundárias nas amostras observadas

De seguida são enumeradas as principais características e problemas associados das filamentosas secundárias também observadas.

***Micothrix parvicella*:** Esta espécie tem por principais características a aparência e disposição dos tricomas com filamentos curvos e enrolados, semelhante a “esparguete”, podendo existir tanto na água como dentro ou à volta dos flocos, e ainda o facto das células não serem normalmente visíveis. Têm um diâmetro médio de 0,5 µm e um comprimento normalmente < 200 µm. Ocorre de modo muito significativo a nível global, numa variedade extensa de condições físico-químicas. A sua taxonomia ainda é algo confusa por existem vários microrganismos diferentes a serem identificados como *M. parvicella*. No entanto parecem ser favorecidas por temperaturas mais baixas, baixas razões A/M e ainda pelo alto teor em óleos e gorduras na alimentação. É uma das principais causadoras de “bulking” das lammas em muitos países e também é responsável pelo aparecimento de espumas. O transporte de lammas que contenha muitos filamentos de *M. parvicella* para o tanque de digestão anaeróbia também pode causar o aparecimento e aumento de espumas neste tanque. Alguns testes à escala piloto sugerem que não conseguem crescer na ausência de compostos azotados e que devido à afinidade com o oxigénio, podem crescer em baixas concentrações de O₂ dissolvido, sugerindo terem carácter anaeróbio facultativo. Pode tentar-se resolver o problema de “bulking” a elas associado, usando um selector arejado ou anóxico, mas os valores de IVL nunca mudam muito. Pode tentar-se reduzir a sua proliferação reduzindo os tempos de residência de lammas [8][9][14][15].

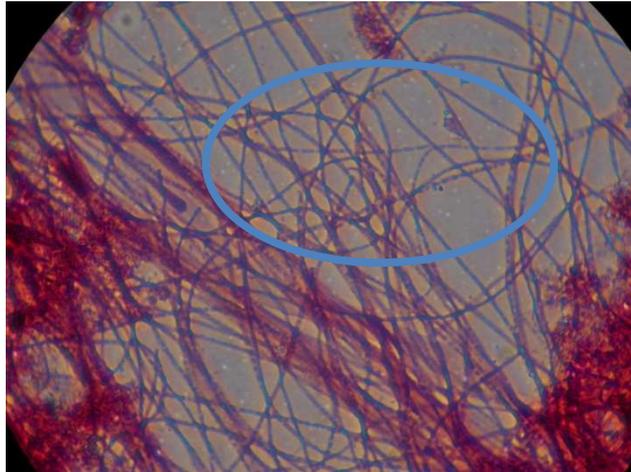


Figura 14- Observação microscópica com coloração de Gram em campo claro onde é claramente visível a espécie *M. parvicella*. 1000x

***Sphaerotilus natans*:** Esta espécie tem como principal característica distintiva a existência de falsas ramificações e filamentos diretos ou ligeiramente curvados. Estes têm um diâmetro que varia entre 1 e 1,5 μm com comprimentos $> 200 \mu\text{m}$. Crescem normalmente da superfície do floco para o exterior podendo formar pontes interfloculares, impedindo assim uma correcta agregação flocular. A sua proliferação encontra-se associada a sistemas com carências de nutrientes e/ou baixa concentração de O_2 dissolvido, presença de matéria orgânica facilmente biodegradável e boa agitação no tanque de arejamento. A medida de controlo mais eficaz para esta espécie é o aumento do arejamento [8][9][14][15].

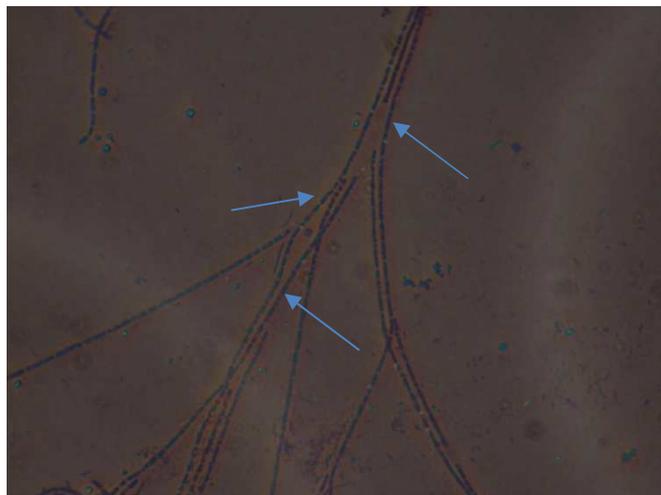


Figura 15- Observação microscópica com coloração de Gram em campo claro onde é claramente visível a espécie *S. natans*. 1000x

Espécie 0092: Esta espécie tem como principal característica distintiva uma cor malva (roxo transparente) de todo o filamento após coloração de Neisser. É pouco visível sem esta coloração. Têm um diâmetro de 0,5-0,7 μm e comprimento < 200 μm . É dos mais frequentes em sistemas com remoção avançada de nutrientes. O seu aparecimento deve-se a baixas razões A/M e idade de lamas elevada, aparecendo nas espumas embora não sendo um verdadeiro causador de espumas. Cresce lentamente e está associado a *M. parvicella*, pois em muitas estações de tratamento, o desaparecimento de *M. parvicella* na primavera está relacionado com o aparecimento de 0092, sugerindo assim que ambas as filamentosas usem o mesmo substrato embora esta teoria ainda não esteja confirmada. Uma vez que esta filamentosa se encontra essencialmente dentro dos flocos, não afecta muito o IVL. O modo mais eficaz de controlo de crescimento desta espécie é diminuindo a idade das lamas ou aumentando a razão A/M, podendo usar-se também um selector anóxico ou arejado [8][9][14][15].

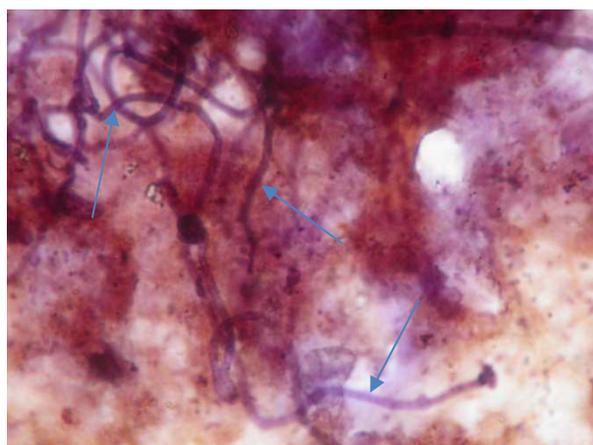


Figura 16- Observação microscópica com coloração de Neisser em campo claro onde é bem visível a espécie 0092. 1000x

4.1.2. Estratégias de combate à filamentosa dominante

Como se acabou de ver, das três filamentosas dominantes a espécie *Nocardia spp.* é aquela mais problemática a nível de “bulking” e “foaming” tendo sido observada nas amostras em grandes quantidades. Uma vez que esta espécie surge em abundância exagerada, pretendeu-se baixar esta última embora mantendo a sua presença no meio, pois conforme se viu, é importante para filtrar possíveis partículas em suspensão durante a decantação ajudando dessa forma a obter-se um bom efluente final, além de contribuir para bons valores de IVL.

Seguiu-se então estratégias inspiradas nas acima indicadas, para controlo do crescimento de *Nocardia spp.*, nomeadamente baixando a concentração de biomassa nos tanques de arejamento e, mais tarde, introduzindo um efeito próximo do de um selector arejado. As estratégias tomadas encontram-se delineadas no diagrama da figura 17, e são descritas de seguida.



Figura 17- Diagrama temporal das medidas tomadas como combate à espécie filamentosa *Nocardia spp.* (Abril a Setembro de 2010)

Estratégia A: Inicialmente a estação de tratamento encontrava-se a funcionar normalmente, com a recirculação de lamas a funcionar 24h/dia, sendo controlado diariamente e alterado se necessário o caudal de recirculação de lamas de cada tanque (que podiam variar na gama 410-640 m³/h para o TAM1 e 430-660 m³/h para o TAM2), o caudal de remoção de lamas em excesso (cerca de 48 m³/h para uma bomba em funcionamento e 78 m³/h para duas) e os caudais de entrada de ar (para permitirem uma concentração média de O₂ dissolvido nos dois tanques perto dos 3 mg O₂/L, valor esse que podia ser alterado conforme necessário). Este corresponde ao modo A, que esteve em vigor até 24 de Abril.

Estratégia B: A data de 24 de Abril corresponde à finalização da caracterização inicial do meio, e após ter sido identificada a *Nocardia spp.* como filamentosa dominante, decidiu-se parar a recirculação nocturna (23-7 h, correspondentes a um menor caudal de entrada) de modo a baixar a concentração geral de biomassa e consequentemente da filamentosa *Nocardia* no meio. O resto do controlo permaneceu igual.

Estratégia C: Um mês depois (24 de Maio) decidiu-se parar a recirculação apenas das 24 às 4 h, uma vez que a concentração de *Nocardia* estava controlada no nível desejado, tendo tudo o resto permanecido igual.

Estratégia D: Praticamente outro mês após essa medida, a 15 de Junho, decidiu-se parar a recirculação durante menos uma hora, apenas no período 24-3h, uma vez que a concentração de *Nocardia* continuava controlada, tendo o resto permanecido igual.

Estratégia E: No entanto, cerca de um mês e meio depois, a 27 de Julho, voltou a verificar-se o aparecimento em grande escala de *Nocardia*, pelo que se decidiu voltar a parar a recirculação por mais tempo, entre as 24 e as 5 h, tendo o resto do controlo permanecido igual.

Estratégia F: A 11 de Agosto, iniciou-se um tratamento por bio-suplementação (explicado no próximo subcapítulo), usando produtos do fabricante Alken-Murray (EUA), com representação em Portugal pela empresa Atlas Seis, nomeadamente um agente anti-espuma, para eliminação de espumas originadas por bactérias filamentosas, e um agente biodigestor, para promover a estabilidade do meio, de modo a tentar controlar a concentração de *Nocardia* no meio. Após o início do tratamento, recomeçou-se a recirculação das lamas durante 24 h/dia, e aumentou-se, por sugestão da empresa representante, os caudais de recirculação de lamas aos tanques, de modo a aumentar-se a concentração de biomassa no meio.

Estratégia G: A 26 de Agosto, durante o tratamento por bio-suplementação, introduziram-se dois pontos de arejamento no canal de recirculação de lamas, funcionando como um selector arejado. O funcionamento do controlo de concentração de O₂ dissolvido nos tanques assim como os detalhes destes dois pontos de arejamento vão ser aprofundados num subcapítulo seguinte (4.1.2.2).

Estratégia H: A 29 de Agosto terminou a primeira fase do tratamento por bio-suplementação, e uma vez que a concentração de *Nocardia* continuava a não estar controlada, foram encomendadas novas doses para nova tentativa de tratamento. Até essas novas doses chegarem, continuou-se a recircular as lamas durante 24 h/dia.

Estratégia I: A 9 de Setembro iniciou-se a segunda fase do tratamento por bio-suplementação, desta vez já com o arejamento no canal de recirculação, com as restantes condições na mesma. Esta fase apenas pode ser acompanhada até ao final do mês de Setembro, no âmbito da presente dissertação.

Tabela 13- Observações físicas nos decantadores primários (DPM) e secundários (DSM) e nos tanques de arejamento (TAMs) durante o período das sucessivas estratégias adoptadas. Escala: de + (mínimo) a ++++ (máximo).

Estratégia	Sujidade DPM	Sujidade DSM	Quantidade espuma TAMs	Cor espuma TAMs
A	+++	++	++++	castanha
B	++	++	+	branca
C	++ a +++	++ a +++	+	castanha e branca
D	+++	+ a ++++	++ a +++	branca a castanha
E	++ a +++	+ a ++++	++	castanha e branca
F	+ a ++	++ a ++++	+ a +++	castanha a branca
G	(1)	(1)	(1)	(1)
H	++ a +++	+ a ++	+ a ++	branca
I	++a+++	++	+a++	castanha e branco

(1) Não foi possível observar.

Ao observarmos a tabela 13 verifica-se que no geral, o processo melhorou a nível físico comparativamente ao estado inicial, porventura o pior. A estratégia que melhores resultados a nível físico causou foi claramente a B, que para além de ter a *Nocardia* controlada observando-se somente espuma branca (sem a cor castanha característica), teve ainda os níveis de sujidade (quantidade de lama à superfície) nos Decantadores Primários da Mutela (DPM) e Decantadores Secundários da Mutela (DSM) mais baixos de todo o período e a quantidade de espuma nos TAMs igualmente mais baixos. A estratégia tem influência nos DPM, pois existem águas eliminadas no processo de tratamento de lamas (fase sólida da ETAR), que são realimentadas à cabeça do processo (fase líquida da ETAR).

4.1.2.1. Tratamento por Bio-Suplementação

A proposta de tratamento por tecnologia de Bio-Suplementação apresentada pela Atlas Seis, representante portuguesa da Alken-Murray, encontra-se em anexo (parte 7.7).

Esta tecnologia baseia-se na suplementação do meio com diversas estirpes de bactérias, seleccionadas de meios naturais e específicas para metabolizar o efluente a tratar.

De modo a utilizar esta tecnologia foram comprados dois produtos, um “anti-espuma” e um “biodigestor”, sendo que o primeiro é um produto de acção rápida que contém variadas estirpes de bactérias, enzimas e nutrientes específicos para eliminação das espumas originadas por bactérias filamentosas e o segundo promove a estabilidade nas lamas activadas sendo composta por estirpes de bactérias especialmente seleccionadas para liquefazer e consumir resíduos orgânicos.

A aplicação destes dois compostos foi diária durante cerca de uma semana e meia (11 a 18 de Agosto) durante o 1º tratamento, sendo que as duas doses restantes de biodigestor (o anti-espuma já tinha esgotado) foram usadas a 25 e 28 de Agosto, sendo a dose recomendada de 2,5 L de anti-espuma e 2 L de biodigestor, por cada tanque de 2142 m³. Durante o 2º tratamento por bio-augmentação a aplicação foi iniciada a 9 de Agosto e desse ponto em diante a aplicação foi semanal, efectuada sempre à 2ª feira (excepto 2ª feira dia 27/9, em que a aplicação foi feita a 28/9), estando portanto previsto a última dose para o dia 8 de Novembro.

Na figura 18, apresentada de seguida, observam-se algumas etapas da aplicação dos produtos.



Figura 18- Aplicação do anti-espuma e biodigestor: a) Embalagens, b) Agitação, c) dosagem do produto, d) Mistura com água do tanque, e) Introdução do produto no tanque.

De modo a finalizar a caracterização dos produtos usados foram retiradas pequenas amostras e visionadas ao microscópio com e sem colorações. As observações encontram-se nas figuras 19 e 20.

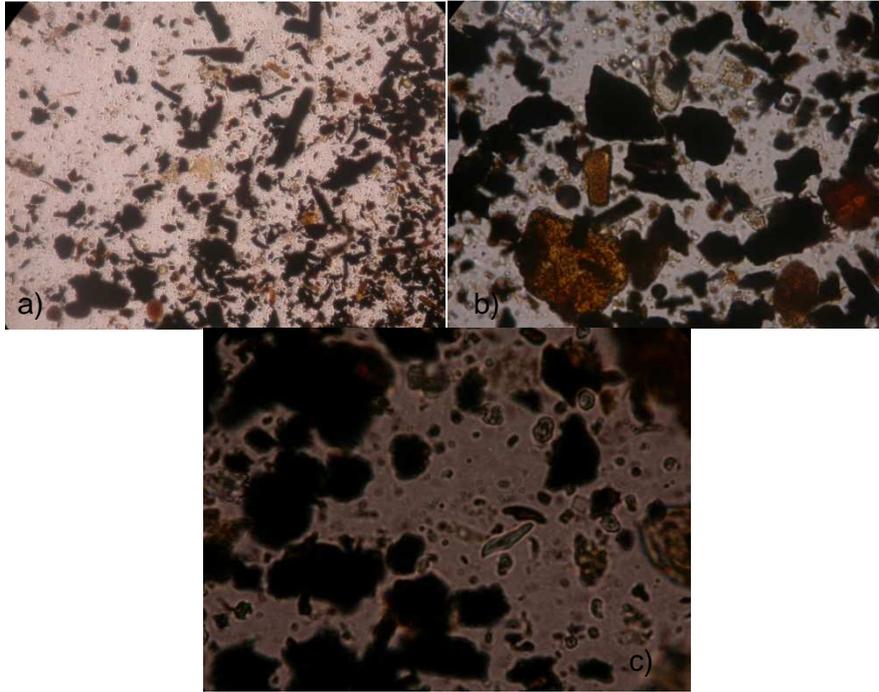


Figura 19- Observações microscópicas do anti-espuma: a) campo claro, 400x, b) campo claro, 1000x, d) contraste de fase, 1000x.

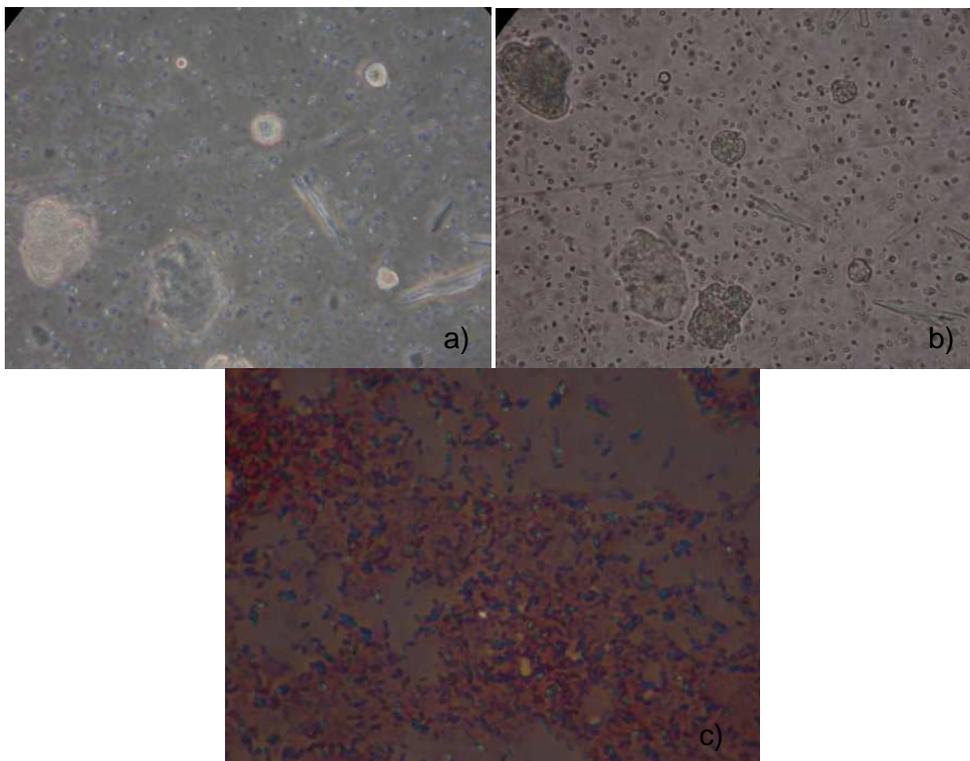


Figura 20- Observações microscópicas do biodigestor: a) contraste de fase, 1000x, b) campo claro, 1000x, c) coloração de Gram em campo claro, 1000x.

O anti-espuma apresenta uma cor acastanhada muito escura, parecendo na cor e textura com “leite com chocolate”, e nas observações microscópicas distinguem-se grandes manchas castanhas (talvez reservas de matéria orgânica), algumas formas de cor amarelo-alaranjada e outras formas que parecem ser protozoários. A coloração não revelou nada adicional.

O biodigestor apresenta uma cor esbranquiçada pálida, semelhante na cor a “leite coalhado”, e nas observações microscópicas revela na ampliação máxima, algumas formas familiares semelhantes a protozoários e muitos pequenos pontos que se movem a grande velocidade semelhantes a pequenos flagelados. Sob coloração, verifica-se que esses “pequenos flagelados” têm carácter Gram +, e que existem algumas estruturas não identificadas que coram como Gram -.

4.1.2.2. *Controlo do O₂ dissolvido*

4.1.2.2.1. *Medidas de rotina*

O sistema de controlo da concentração de O₂ dissolvido nos tanques de arejamento funciona do seguinte modo: existem 3 sopradores, dimensionados de modo a serem só necessários 2 em simultâneo (o restante é de reserva) e existe no programa na central de comando da ETAR uma rotina que os controla. Essa rotina funciona definindo como *set-point* a concentração média de O₂ dissolvido nos 2 TAMs desejada (0-20 mg/L), e em cada TAM existe uma sonda que mede essa mesma concentração em contínuo. Os sopradores arrancam em modo automático e têm variador de velocidade. Se o sistema estiver parado e for iniciado colocando os 3 grupos em automático, um soprador arranca automaticamente na velocidade mínima pois é sempre necessária agitação (mesmo havendo muito O₂ dissolvido). O programa compara então a média de concentração de O₂ nos dois TAMs com o *set-point* escolhido (normalmente entre 2 e 3 mg/L) e, se for inferior, aumenta a velocidade desse soprador até 100%. Se o valor continuar a ser inferior durante o tempo definido pelo utilizador (neste caso 3 min), arranca outro soprador com a velocidade mínima e vai aumentando até 100%. Uma vez que os sopradores estão bem dimensionados, raramente é necessário funcionarem ambos a 100%. Se a cada 3 min, o valor for superior ao pretendido, o programa diminui a velocidade de um deles, parando o que tem maior número de horas de funcionamento se já não for necessário, fazendo este ciclo até estabilizar no valor desejado.

No entanto, quanto maior for a velocidade do soprador, maior é o caudal de ar que o soprador debita na conduta que é só uma até à entrada nos TAMs. Neste local existem 2 válvulas manuais que são reguladas para repartir o ar pelos 2 TAMs. A funcionar a 100% cada soprador debita cerca de 3000 m³/h nas condições de trabalho. No entanto, cada TAM só pode receber até 2950 m³/h, para evitar danos nos difusores, logo há que controlar cuidadosamente a situação de dois sopradores a funcionarem perto da velocidade máxima.

Um problema que pode ocorrer é quando os TAMs diferem em termos de concentração de O₂ dissolvido e a média entre ambos resulta acima do valor de *set-point*, ficando um dos tanques com excesso e o outro com déficit. Nesta situação aumenta-se o valor de *set-point* até os valores se aproximarem, voltando o *set-point* ao valor normal assim que possível.

Na figura 21, apresentada de seguida, pode ver-se a evolução do O₂ dissolvido ao longo do período em análise, medida diariamente sempre por volta das 9:30.

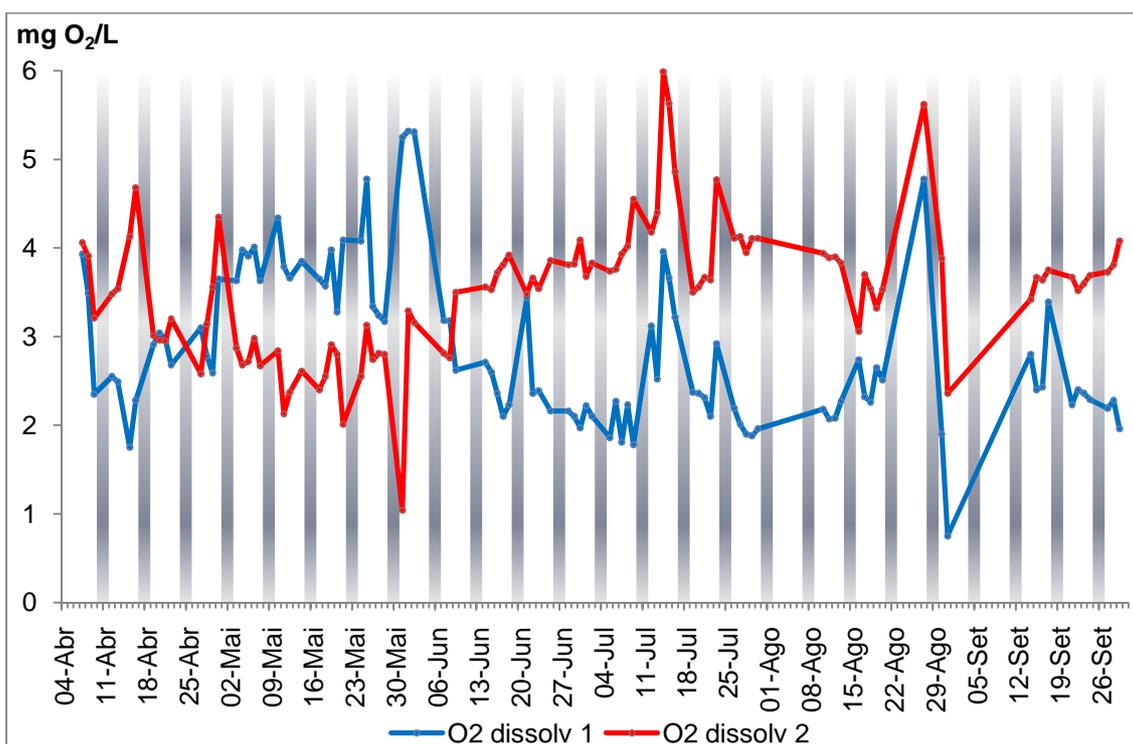


Figura 21- Variação da concentração de O₂ dissolvido nos TAMs ao longo de 6 meses, com leitura diária por volta das 9:30.

O gráfico mostra que a concentração média nos dois TAMs foi quase sempre à volta dos 3 mg/L, havendo alguns dias pontuais em que esteve mais perto dos 4 mg/L, provavelmente devido ao aumento do *set-point* por consequência de eventuais afastamentos dos valores entre os dois TAMs. Outra característica facilmente observada é que a concentração de O₂ dissolvido no TAM 2 é quase sempre superior à do TAM 1, exceptuando no mês de Maio que corresponde aproximadamente ao período B de combate à *Nocardia*, em que se iniciou a interrupção da recirculação de lamas durante a noite.

Uma vez que estas leituras foram pontuais (sempre por volta das 9:30), é apresentado de seguida na figura 22, um exemplo da variação semanal de O₂ dissolvido nos TAMs mas com leituras contínuas, que nos permite tirar outro tipo de ilações.

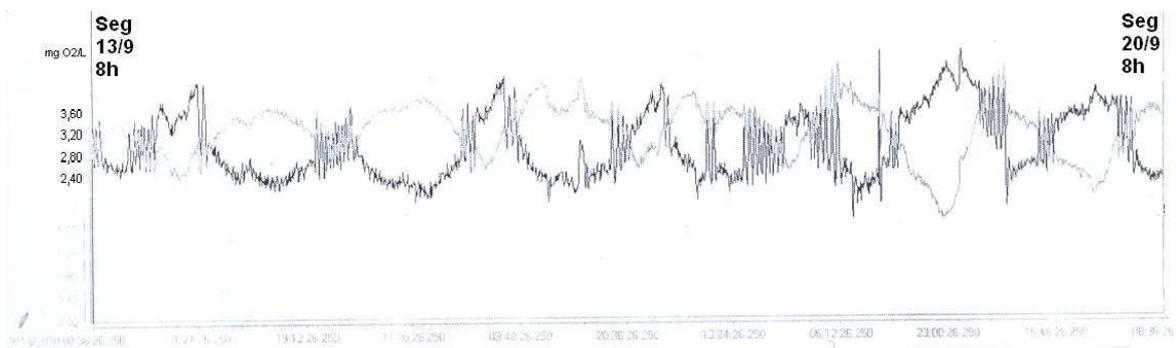


Figura 22- Variação da concentração do O₂ dissolvido nos TAMs (TAM1 linha mais escura, TAM2 mais clara), durante a semana de 13 a 20 de Setembro, com leituras contínuas.

No gráfico da figura 22, verifica-se que durante esta semana específica, que corresponde a uma parte da segunda fase do tratamento por bio-suplementação, verifica-se que existe um padrão regular diário, onde sensivelmente no período 8-14 h o O₂ é semelhante em ambos os TAMs, seguido de um afastamento de ambos entre as 14h e as 8h do dia seguinte, sendo que o afastamento máximo ocorre por volta das 24 h. Nota-se ainda um afastamento um pouco mais acentuado no sábado, dia 18/9.

Em anexo (parte 7.8), encontram-se gráficos semelhantes aos da figura 22, correspondentes às semanas de 30/8 a 6/9, 6/9 a 13/9 e de 20/9 a 27/9. Os gráficos correspondentes às semanas 30/8 a 6/9 e de 6/9 a 13/9, mostram um comportamento errático e algo aleatório, onde por vezes se observa um afastamento acentuado entre as curvas dos dois TAMs (por exemplo 2 e 3 de Setembro). Estes gráficos exemplificam o modo de funcionamento do arejamento do sistema antes da segunda fase do tratamento por bio-suplementação. Os gráficos mostram ainda o começo da aplicação dos produtos a 9/9 e nota-se imediatamente uma aproximação das curvas dos dois TAMs, que piora durante o fim-de-semana. A continuação da acção do produto mostra-se, conforme já foi referido, na figura 22, e ainda no gráfico da semana de 20/9 a 27/9, presente em anexo (parte 7.8) onde se observa o que já foi referido acima, que é um padrão regular diário, com as curvas sempre a uma distância semelhante durante o mesmo período do dia, sendo que nesta semana nem sequer existe distinção entre os dias úteis e o fim-de-semana.

No entanto, o que se verificou durante grande parte do estudo foi uma aproximação gradual das concentrações de O₂ nos dois TAMs ao longo da semana, sendo que no fim-de-semana essa aproximação termina e os valores dos dois TAMs afastam-se de modo acentuado, repetindo-se este padrão semanalmente. Não é possível mostrar nenhum exemplo representativo dessa situação, pois ocorreu em Agosto um problema com o sistema informático

de monitorização da sala de controlo da ETAR e todos os registos anteriores a essa data foram perdidos.

De modo a tentar entender o porquê desta situação resolveu-se tirar duas amostras no fim-de-semana dia 18 de Setembro no CEM e SUV e analisar as amostras quanto a óleos e gorduras. Os resultados não mostraram, no entanto, qualquer relação entre o afastamento dos valores de O₂ dissolvido nos dois TAMs e a concentração de óleos e gorduras, já que nesse dia o CEM teve 17,0 mg/L enquanto que o SUV teve 4,0 mg/L, ou seja, valores semelhantes aos obtidos em amostras colhidas durante a semana (anexo – partes 7.3.1 e 7.3.3, para CEM e SUV, respectivamente) e que mostram uma boa remoção de óleos e gorduras no processo. No entanto, é de salientar, conforme referido acima, que durante este sábado particular, os produtos para tratamento por bio-suplementação já estavam a ser aplicados e, conforme se observa na figura 22, esse afastamento de curvas dos dois TAMs não é tão significativo como o era antes destes tratamentos.

4.1.2.2.2. Introdução de pontos de arejamento na recirculação de lamas

Uma vez que o canal de recirculação de lamas é totalmente fechado e desprovido de entradas de ar, e possui ainda um volume de lamas de cerca de 600 m³ (5x1x120 m³), o canal estava em condições de anóxia, favorecendo o crescimento de algumas filamentosas, o aumento dos problemas de “*bulking*” e o aparecimento de espumas.

Como tal, decidiu-se arejar este canal da forma possível, uma vez que o processo não foi concebido prevendo um arejamento deste canal. A forma possível foi aproveitar os pontos de “purga” para libertação de água condensada nas linhas de arejamento, colocando manguerias de modo a deslocar algum ar para o canal de recirculação de lamas. Tal foi efectuado em dois pontos distintos do canal, um deles próximo das bombas para remoção de lamas em excesso e o outro próximo das bombas de recirculação de lamas para os TAMs. O esquema encontra-se de seguida na figura 23.

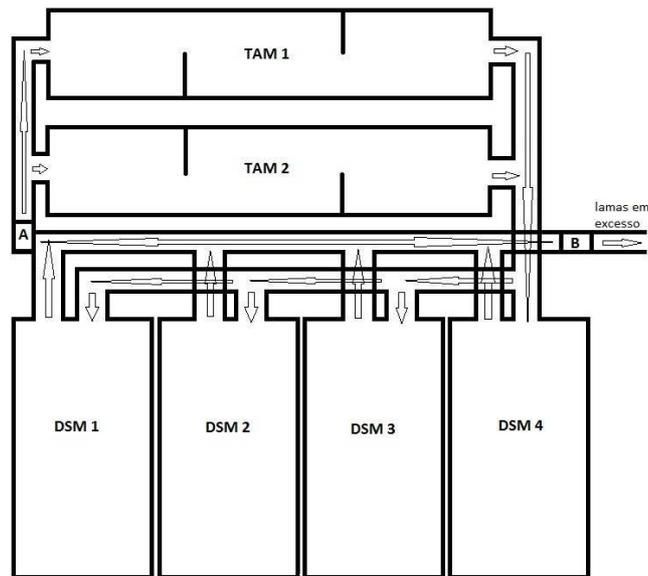


Figura 23- Esquema que representa os TAMs e os DSMs e o modo como as lamas (re)circulam no processo mostrando os dois pontos de arejamento: A - imediatamente antes das bombas de recirculação para os tanques e B – imediatamente antes das bombas de remoção de lamas em excesso.

Os tubos de “purga” do arejamento (figura 24) são de plástico com um diâmetro de 1” e 6 m de altura, ligadas a arejadores presentes no fundo dos TAMs. O ponto de arejamento próximo das bombas de remoção de lamas em excesso foi implementado com uma mangueira de borracha plástica de 3 1/8” com um comprimento total de 4 m, enquanto que o outro ponto utilizou um troço de mangueira semelhante mas com comprimento de 3 m. As válvulas das “purgas” foram abertas apenas parcialmente.



Figura 24- “Purga” do arejador para remoção de água condensada na linha de arejamento.

Usou-se um medidor portátil de O_2 dissolvido que se calibrou através de medidas directas nos TAMs e comparando com os valores lidos pela sonda fixa de cada um deles. Com este

medidor, determinaram-se os valores de O₂ dissolvido em cada ponto de injeção de ar no canal de lamas obtendo-se 0,42 mg/L para o ponto próximo das bombas de remoção de lamas em excesso e 0,13 mg/L para o outro ponto, mostrando que o O₂ fornecido era rapidamente consumido.

Após a adição destes dois pontos de arejamento no canal de recirculação de lamas verificou-se que a espuma à superfície desapareceu, ocorrendo uma agitação eficiente em torno desses pontos específicos. Uma solução mais permanente foi já proposta e aprovada, sendo de esperar um início da obra a curto prazo.

4.1.3. Análise de protozoários ao longo do tempo

O valor de IBL foi determinado diariamente ao longo dos 6 meses de estágio, e na figura 25, apresentada de seguida relacionam-se as principais razões para os valores obtidos.

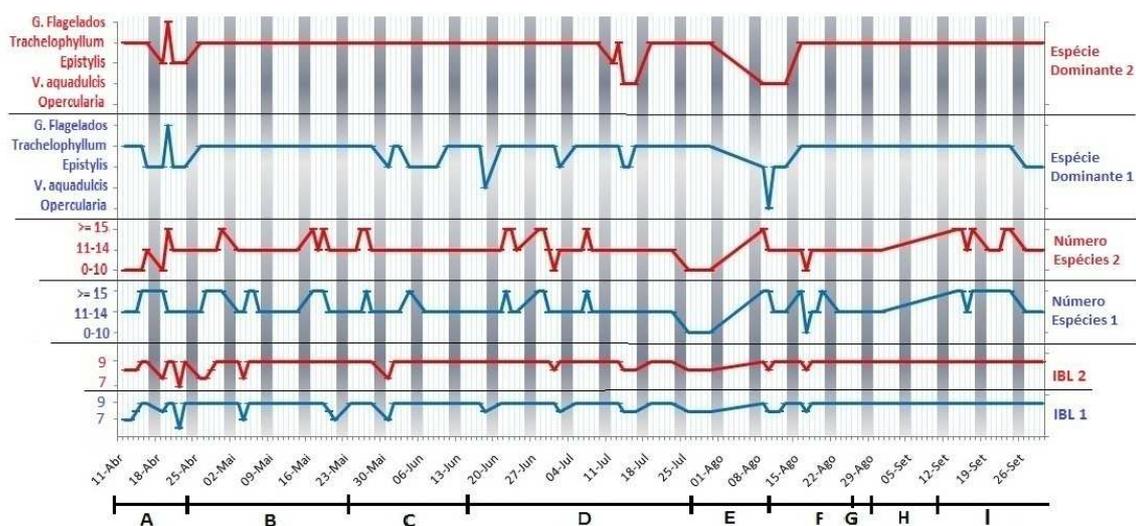


Figura 25- Relações entre o número de espécies e a espécie dominante na diferenciação do valor do IBL ao longo dos 6 meses, nos TAMs 1 e 2.

Na figura acima observa-se facilmente que o IBL ao longo dos 6 meses esteve sempre em valores bastante elevados de 8-9, pertencendo portanto a uma classe I de nível de depuração biológica óptimo. Houve dois factores importantes para o IBL que se mantiveram constantes ao longo do tempo, especificamente a contagem de pequenos flagelados e a densidade total de indivíduos. No primeiro, a contagem foi sempre baixa, enquanto que a densidade total de indivíduos foi sempre bastante baixa, sendo esse o principal impedimento para que o valor de IBL fosse máximo (=10).

Os restantes dois factores foram portanto os que definiram diariamente o valor de IBL. A nível da espécie dominante observa-se rapidamente que com a excepção de um único dia em que os grandes flagelados dominaram, todos os outros dias foram dominados por um móvel de fundo ou por um sésil. Apesar da espécie dominante ser importante, o que conta na determinação do IBL é um grupo dominante e esse foi quase na totalidade do período em estudo dominado pelo grupo móveis de fundo + sésseis + amibas com teca e apenas uma pequena percentagem de dias foi dominada pelos sésseis no geral. Estes são os grupos mais importantes para uma boa depuração biológica e, conforme se observa na figura 25, o móvel de fundo *Trachelophyllum* dominou na maioria dos dias sendo a sua contagem individual muitas vezes suficiente para tornar o seu grupo dominante.

Quanto à contagem total de espécies verificou-se uma grande diversidade de espécies existindo quase sempre mais do que 10 diferentes, valor esse importante para uma boa depuração biológica, mas verificou-se que para além disso em muitos dias verificou-se uma contagem superior a 15 espécies diferentes o que é realmente extraordinário.

Na comparação directa com a estratégia de combate às filamentosas nomeadamente à *Nocardia*, verificou-se que aquando da aplicação da primeira fase de tratamento por bio-suplementação a contagem do número de espécies diferentes bem como a contagem indivíduos de cada espécie aumentou.

4.1.4. Análise de microrganismos filamentosos ao longo do tempo

As colorações de Gram e Neisser foram numa primeira fase efectuadas uma vez por semana, mas ocasionalmente duas a três vezes por semana, por exemplo nas duas fases de tratamento por bio-suplementação, em que a análise a filamentosas com base nas colorações foi feita cerca de três vezes por semana.

De modo a tornar as figuras que deste ponto em diante vão relacionar as espécies filamentosas dominantes com outras características físicas e químicas de mais fácil compreensão, decidiu-se criar um código numérico que representa a abundância de filamentosas no meio, um código de letras para representar a cor das espumas nos TAMs e uma graduação por sinais (+) para indicar a quantidade de espuma nos TAMs. As figuras 26, 27 e 28, representam essa associação.

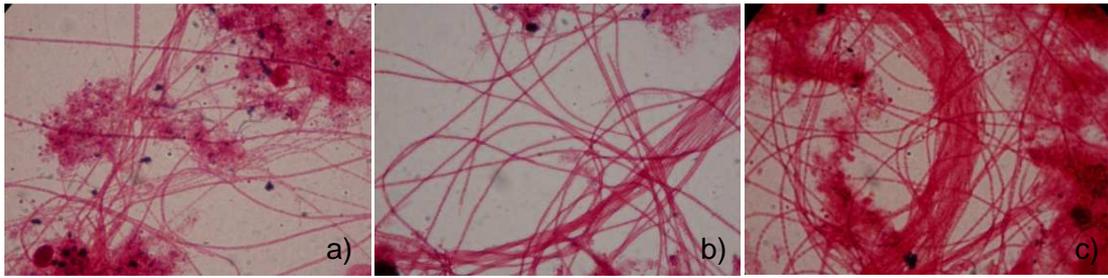


Figura 26- Representação da abundância de filamentosas: a) 4, b) 5 e c) 6.



Figura 27- Representação da cor da espuma nos TAMs: a) A, b) C e c) E. Quando existem simultaneamente $A+C=B$ e $C+E=D$.



Figura 28- Representação da quantidade de espuma nos TAMs: a) +, b) ++, c) +++ e d)++++.

A figura 29 apresenta as relações entre as propriedades físicas do tanque, a abundância de filamentosas e a espécie filamentosa dominante.

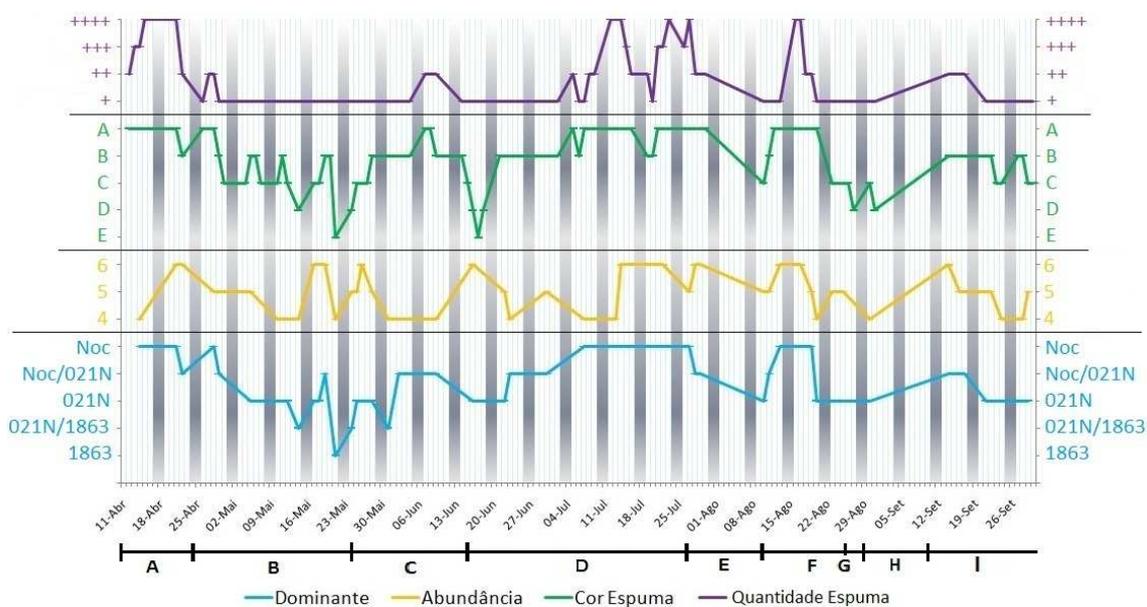


Figura 29- Relações entre a espécie filamentosa dominante e a abundância de filamentosas, a cor da espuma e a sua quantidade nos TAMS ao longo dos 6 meses. (Noc – *Nocardia spp.*)

Ao observarmos a figura 29, consegue-se distinguir um padrão claro existente para cada espécie filamentosa dominante e a cor e quantidade de espuma.

Para a *Nocardia*, observa-se maioritariamente uma espuma de cor castanha (A) e bastante espuma (+++/++++), enquanto que para a espécie 021N se obtém uma espuma branca de aspecto sujo (C) com pouca quantidade de espuma (+ /++), sendo que segundo a informação existente é uma espécie que não provoca espuma e portanto a existente poderá ser devida a espécies secundárias. Para a espécie 1863 temos uma espuma branca de aspecto fofo (E), com pouca espuma (+).

É de referir que estas relações acima descritas correspondem à figura 28. A espécie 021N é dominante em a) quando os tanques quase não têm espuma, como seria de esperar para esta espécie. Observação alguma espuma branca fofo e alta, embora com os tanques pouco cobertos, em b) correspondente à espécie 1863. Observa-se sempre muita espuma castanha compacta em c) e d), que correspondem à *Nocardia*.

Observa-se ainda que quando existe uma dominância repartida entre duas espécies existe uma mistura de ambas as cores na espuma ou pontos com uma cor e outro local com a outra

cor. Por exemplo, quando existem *Nocardia* e 021N em quantidades semelhantes, observa-se uma espuma de cor castanha e branca, e, a nível de quantidade de espuma, normalmente também se verifica um valor intermédio (++/+++).

A abundância pode ser analisada junto com a estratégia de combate à *Nocardia* e verifica-se que, no final do modo D, quando a *Nocardia* era claramente dominante, a sua abundância também foi máxima e que, no modo E, quando se eliminou a *Nocardia* como filamentosa dominante, a abundância voltou a baixar. No início da primeira fase de tratamento por bio-suplementação, que correu mal e a *Nocardia* voltou a dominar a abundância voltou a ser máxima, ao passo que no modo I, a segunda fase de tratamento por bio-suplementação correu de modo favorável, baixando a abundância de *Nocardia* no meio e que também perdeu a sua dominância.

Observou-se que, durante o período de verão, nomeadamente nos meses de Julho e Agosto (e metade de Setembro), foi mais complicado impedir a proliferação de *Nocardia* nos TAMs pois foi nesses meses que a temperatura nos tanques foi superior, variando entre os 26 e 27,5 °C, contrastando com os valores de 24-26 °C registados em Junho, altura em que a temperatura começou a ser registada.

4.2. Resultados do controlo analítico nos pontos CEM, DPM e SUV

4.2.1. Apresentação geral de resultados

Neste subcapítulo apresenta-se o estado geral de funcionamento da ETAR ao longo dos 6 meses em estudo, através dos resultados das análises laboratoriais rotineiras do LABAR ao longo da fase líquida do processo, especificamente nos pontos CEM, DPM e SUV (ver subcapítulo 3.1 e figura 7).

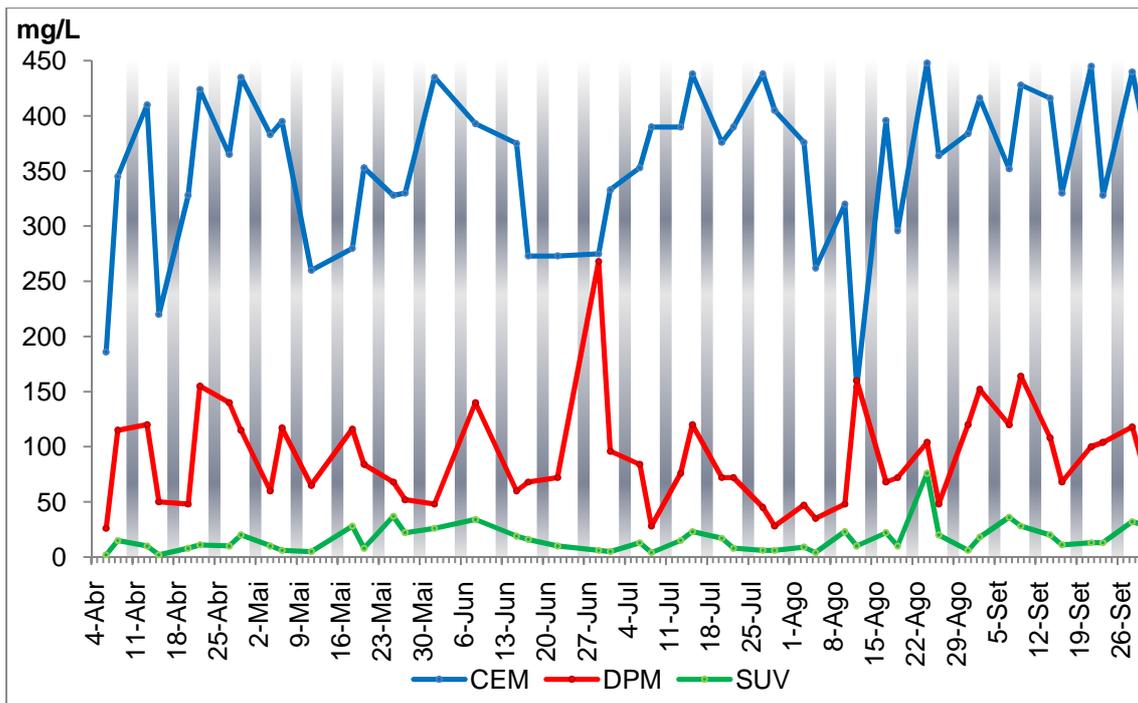


Figura 30- Variação dos valores de SST ao longo dos 6 meses nos vários pontos da ETAR.

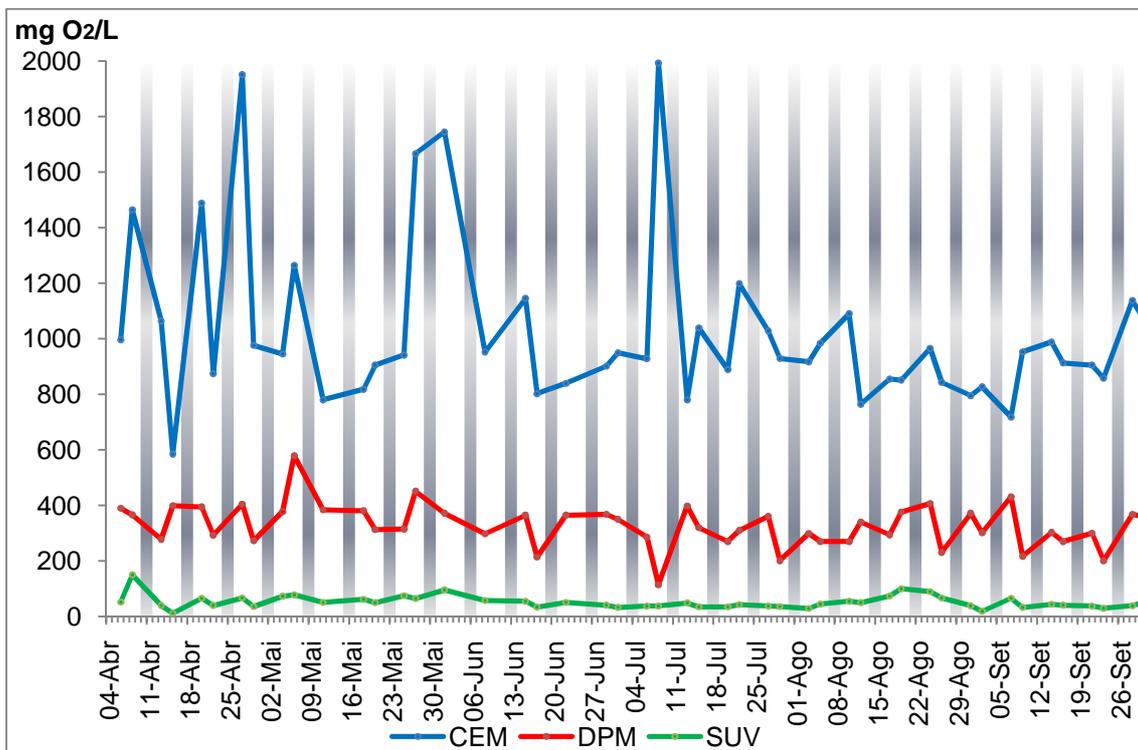


Figura 31- Variação dos valores de CQO ao longo dos 6 meses nos vários pontos da ETAR.

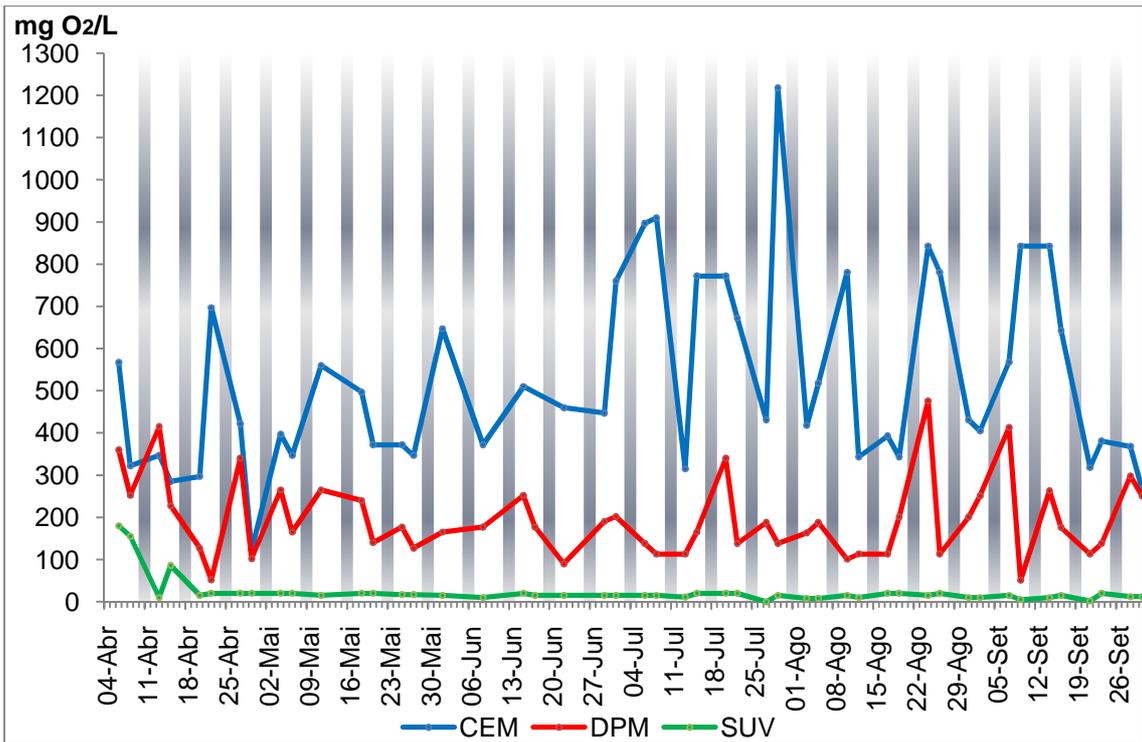


Figura 32- Variação dos valores de CBO₅ ao longo dos 6 meses nos vários pontos da ETAR.

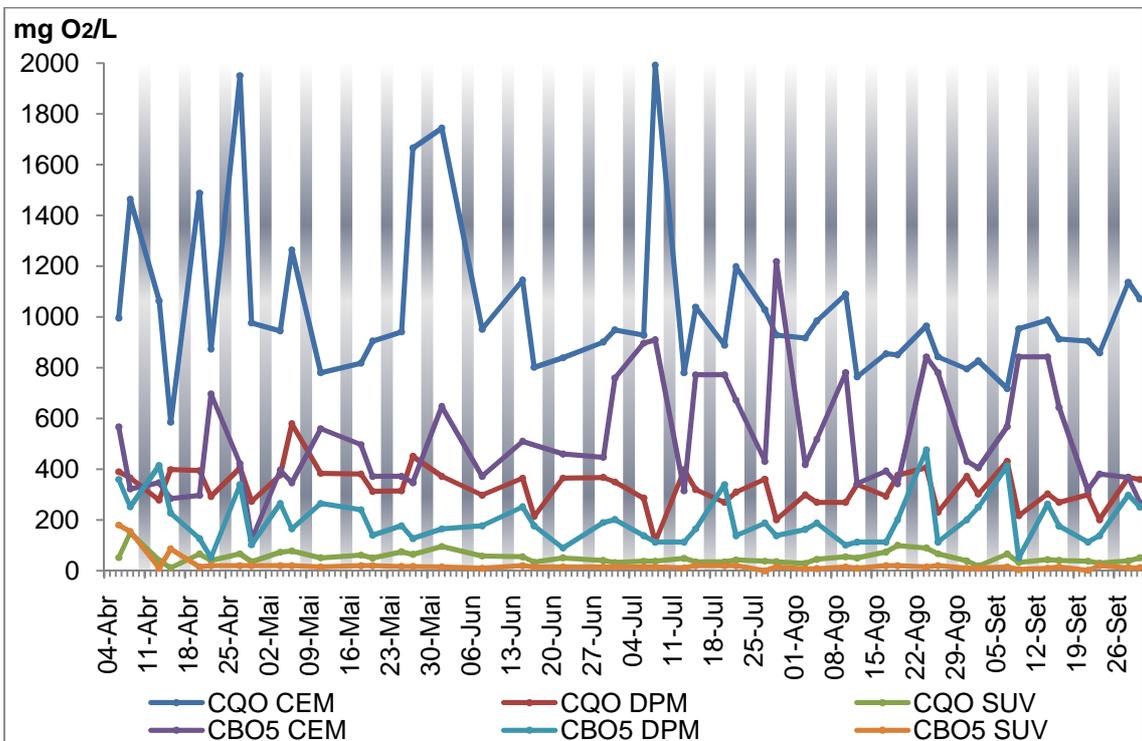


Figura 33- Comparação entre as variações dos valores de CQO e CBO₅ ao longo dos 6 meses nos vários pontos da ETAR.

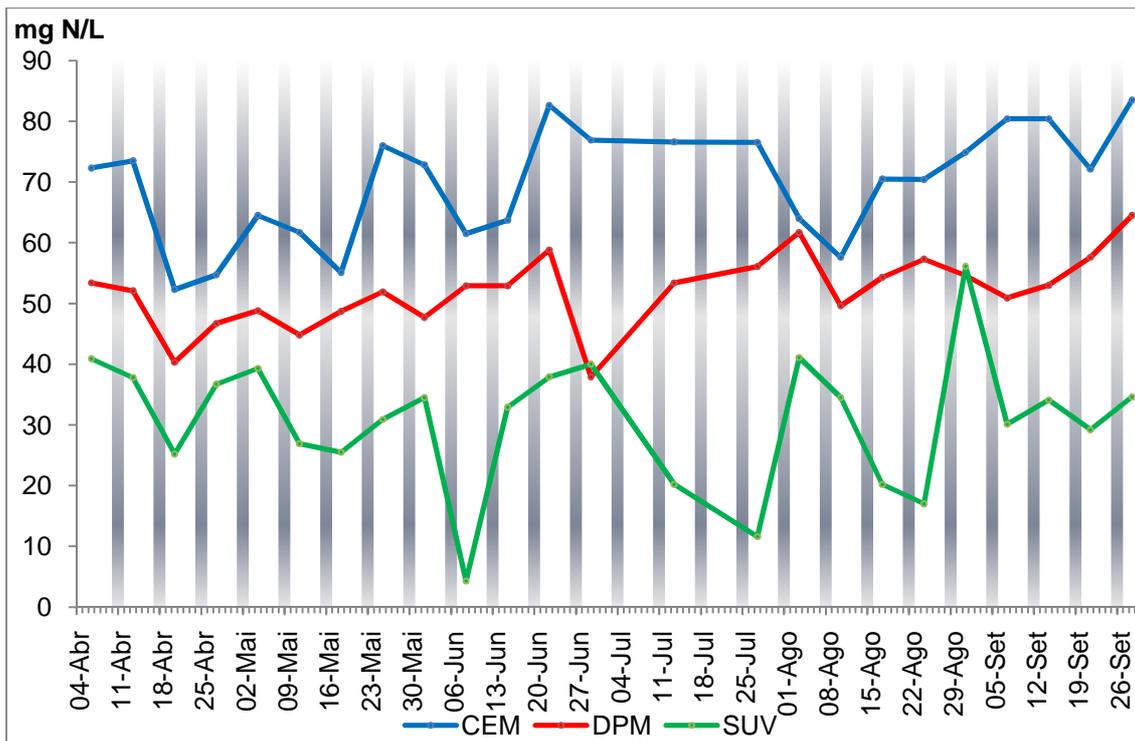


Figura 34- Variação dos valores de N-NH₃ ao longo dos 6 meses nos vários pontos da ETAR.

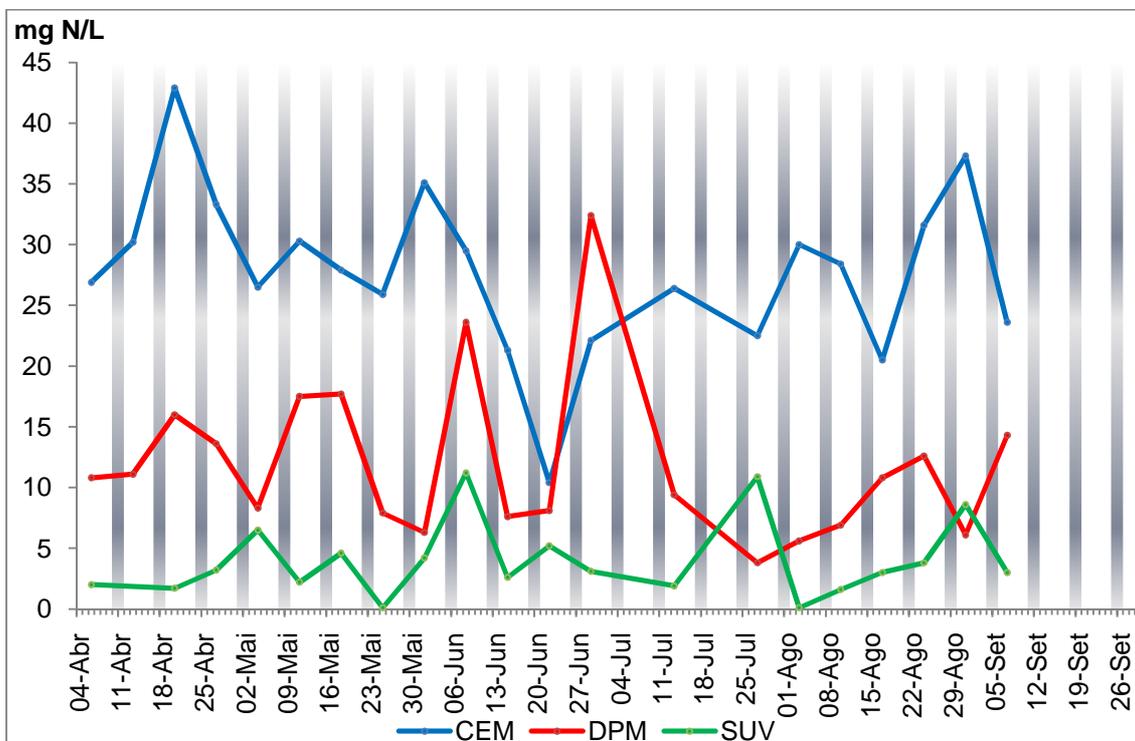


Figura 35- Variação dos valores de N-Org ao longo dos 6 meses nos vários pontos da ETAR.

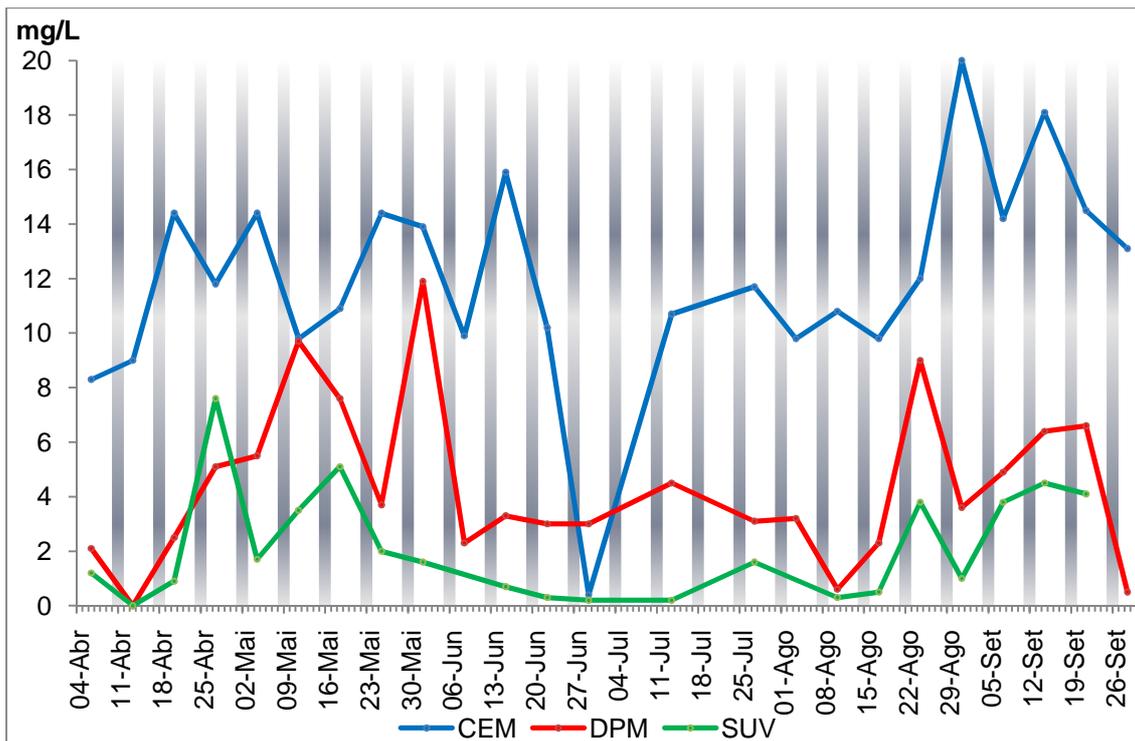


Figura 36- Variação dos valores de P_{total} ao longo dos 6 meses nos vários pontos da ETAR.

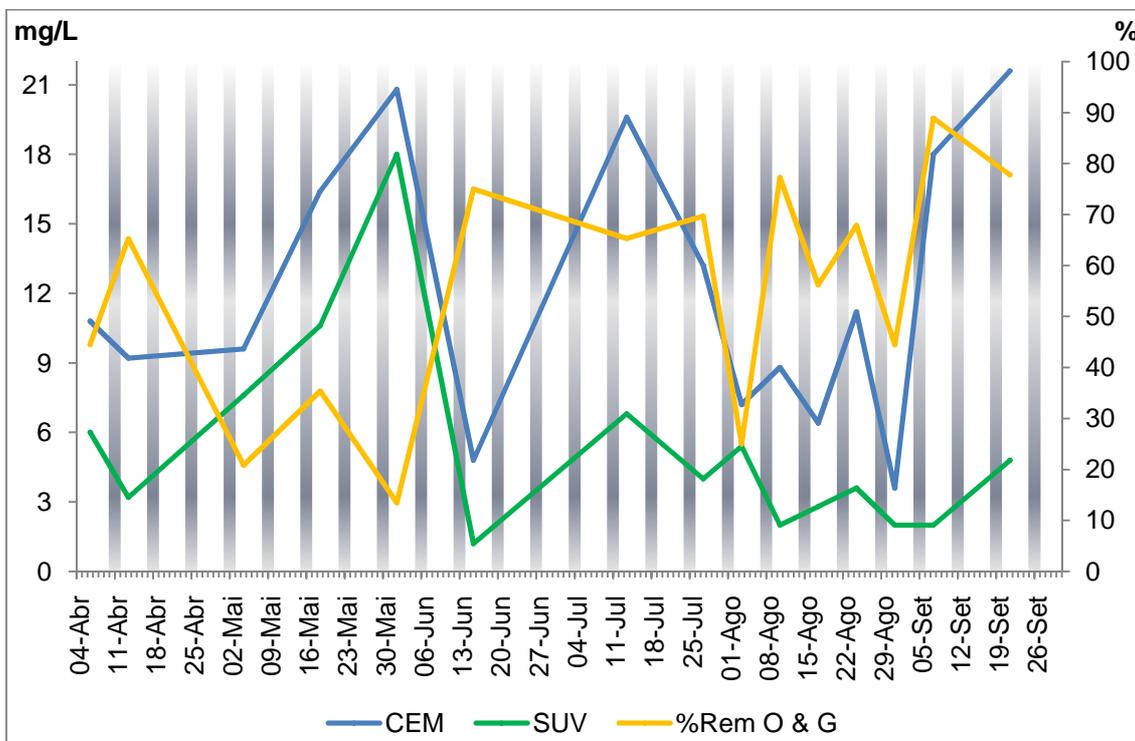


Figura 37- Variação dos valores de O&G e respectiva remoção ao longo dos 6 meses nos pontos de entrada e de saída da ETAR.

Através da observação dos vários gráficos acima (figuras 30 à 37) pode-se concluir que a ETAR está a funcionar correctamente, com remoção eficiente de SST, CQO, CBO₅, N-NH₃, N-Org, P_{total} e O&G ao longo do processo, apesar de um registo inicial de valores de CQO por vezes inferiores aos de CBO₅, devido ao registo de valores de saída de CBO₅ no SUV anormalmente elevados. No entanto este problema apenas se verificou durante as duas primeiras semanas do período em estudo e num dia específico no final de Julho, podendo dever-se a erros analíticos. Se compararmos os valores de SST, CQO e CBO₅ no SUV, verifica-se que estão a cumprir os objectivos de qualidade estabelecidos de 35 mg/L, 125 mg O₂/L e 25 mg O₂/L [10], respectivamente, evidenciando o bom funcionamento da ETAR.

Observa-se no gráfico de O&G (figura 37), que os valores de O&G são bastante variáveis durante os meses de Abril e Maio, alguns deles com valores elevados em SUV, originando valores de eficiência de remoção de O&G na ordem dos 20-30%, durante esse período de tempo. A partir do mês de Junho, verifica-se um aumento acentuado na eficiência de remoção de O&G, existindo valores mais baixos e constantes de O&G à saída.

O gráfico de N-NH₃ (figura 34), apresenta valores de SUV elevados, o que faz algum sentido pois a ETAR não tem processo de nitrificação/desnitrificação implementado.

4.2.2. Análise da relação entre valores de CQO e de CBO₅

A existência de relação directa entre valores de CQO e CBO₅ foi pesquisada para os resultados obtidos ao longo do processo na fase líquida. Os resultados encontram-se nas figuras 38, 39 e 40.

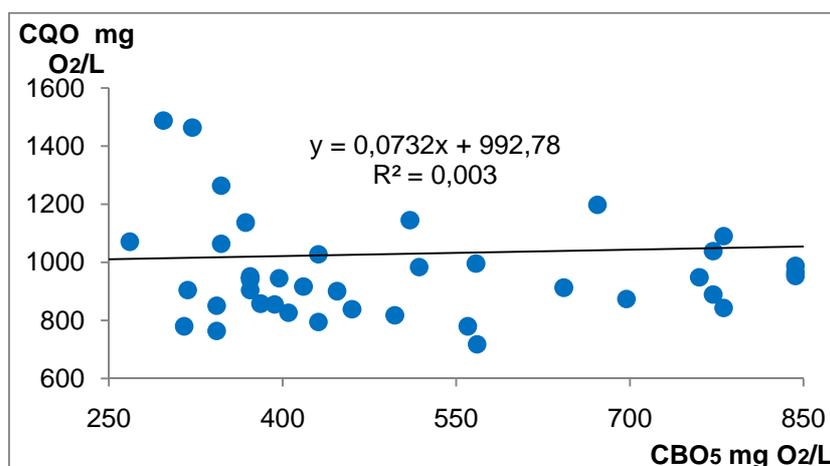


Figura 38- Relação entre CQO e CBO₅ no CEM.

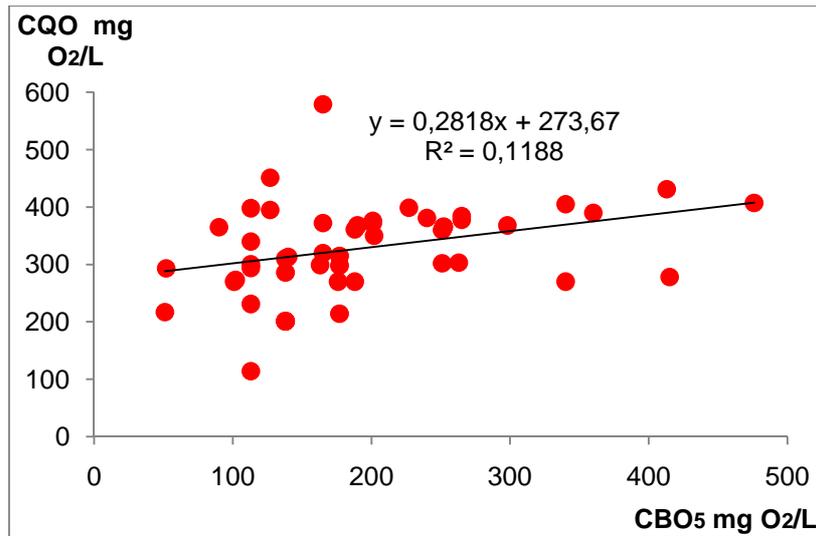


Figura 39- Relação entre CQO e CBO₅ no DPM.

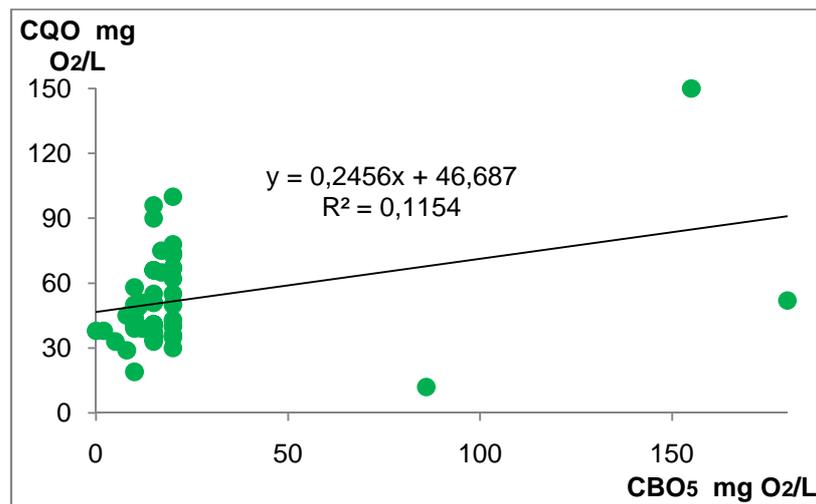


Figura 40- Relação entre CQO e CBO₅ no SUV.

Observa-se facilmente que não existe relação linear significativa entre os valores de CQO e CBO₅. Tal não seria de esperar dado o carácter maioritariamente doméstico das águas residuais alimentadas. Contudo, tal pode-se dever a problemas de reprodutibilidade nas análises de CBO₅.

4.3. Análise do comportamento dos Tanques de Arejamento (TAMs)

É nos TAMs que se vai tentar correlacionar os valores analíticos obtidos e as observações de protozoários e filamentosas ao longo do período de estudo de 6 meses.

4.3.1. Análise da eficiência de remoção de CQO e CBO₅

Os valores da eficiência de remoção de CQO e CBO₅ nos TAMs são úteis para saber se o processo de remoção de matéria orgânica está ou não a ter o desempenho adequado. Para tal usaram-se as equações 2 e 3 para determinar a as respectivas eficiências (%Rem).

$$\%Rem\ CQO = \frac{CQO_{entrada} - CQO_{saída}}{CQO_{entrada}} \times 100 \quad (2)$$

$$\%Rem\ CBO_5 = \frac{CBO_{5entrada} - CBO_{5saída}}{CBO_{5entrada}} \times 100 \quad (3)$$

Os resultados obtidos encontram-se nas figuras 41 e 42.

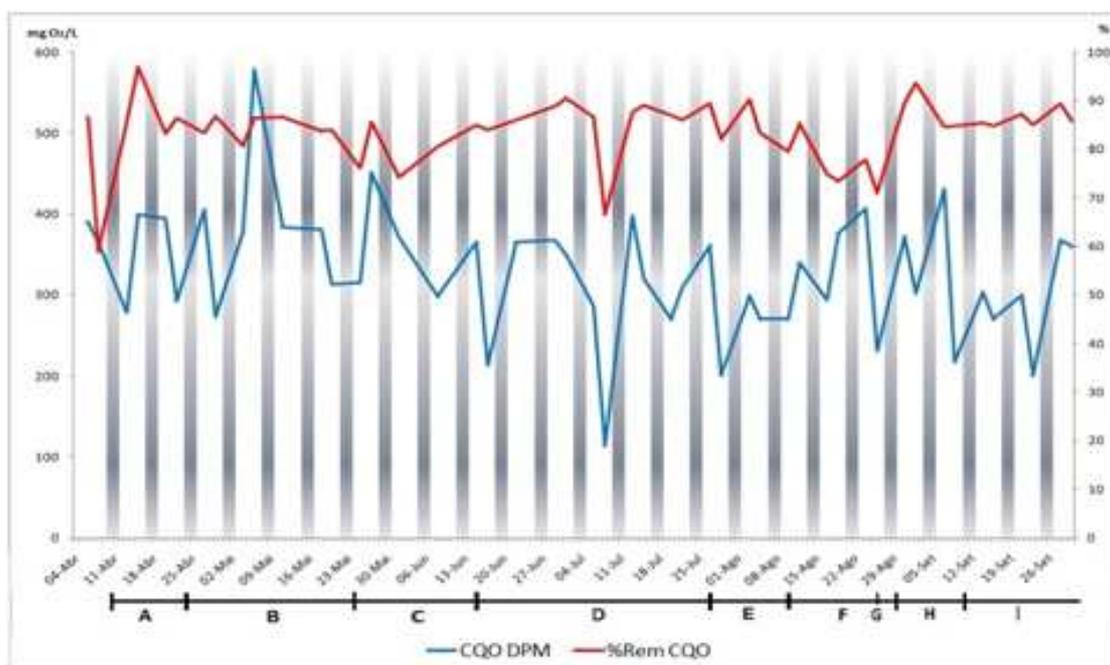


Figura 41- Comparação entre o CQO à entrada dos TAMs e a % remoção de CQO nos TAMs ao longo dos 6 meses. São indicadas as fases de estratégia implementadas (A a I).

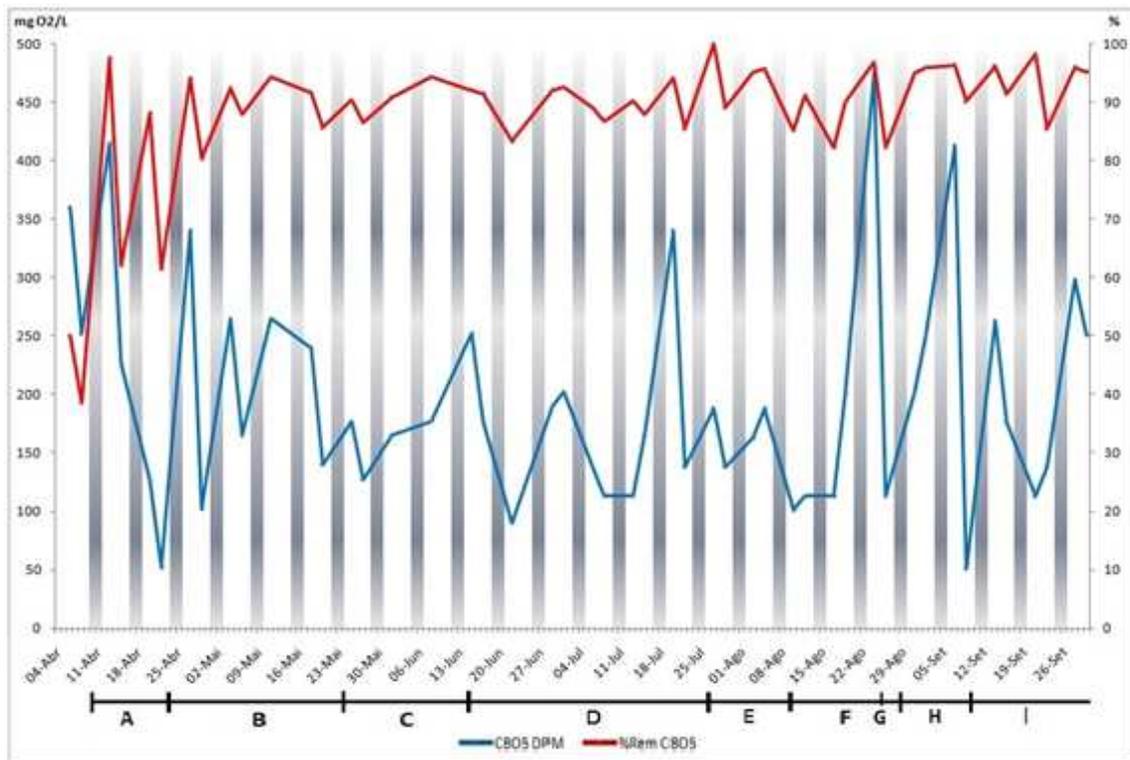


Figura 42- Comparação entre o CBO₅ à entrada dos TAMs e a % remoção de CBO₅ nos TAMs ao longo dos 6 meses. São indicadas as fases de estratégia implementadas (A a I).

Pelos gráficos anteriores nota-se imediatamente uma boa eficiência de remoção de CQO e CBO₅ (exceptuando-se a fase de estudo inicial com os problemas já anteriormente referenciados) com valores usualmente de 80-90 % e de 85-100 % nos casos de CQO e CBO₅, respectivamente.

Comparando com as estratégias de combate à filamentosa dominante observam-se dois pormenores relevantes, um em cada gráfico: nota-se que com a introdução dos dois pontos de arejamento no canal de recirculação de lamas (modo G) a eficiência de remoção de CQO melhorou significativamente e ainda que a eficiência de remoção de CBO₅ começou a melhorar na altura em que se iniciou a interrupção da recirculação de lamas durante a noite (modo B).

4.3.2. Análise aos valores de concentração de biomassa (SST) e sedimentabilidade das lamas (IVL)

O IVL é um parâmetro importante na avaliação da sedimentabilidade de lamas pois relaciona o volume ocupado pelos sólidos que sedimentam numa proveta com uma amostra de 1 L em 30

min (SSed) com a concentração total de sólidos suspensos na amostra testada (SST), através da equação seguinte:

$$IVL = \frac{SSed}{SST} \quad (4)$$

Sabe-se que uma boa sedimentabilidade de lamas é indicada por valores de IVL abaixo de 150 mL/g e portanto tentou-se relacionar este parâmetro ao longo do período de 6 meses com a concentração de SST nos TAMs e ainda com as estratégias adoptadas para controlar a filamentosa dominante. Estas relações encontram-se na figura 43.

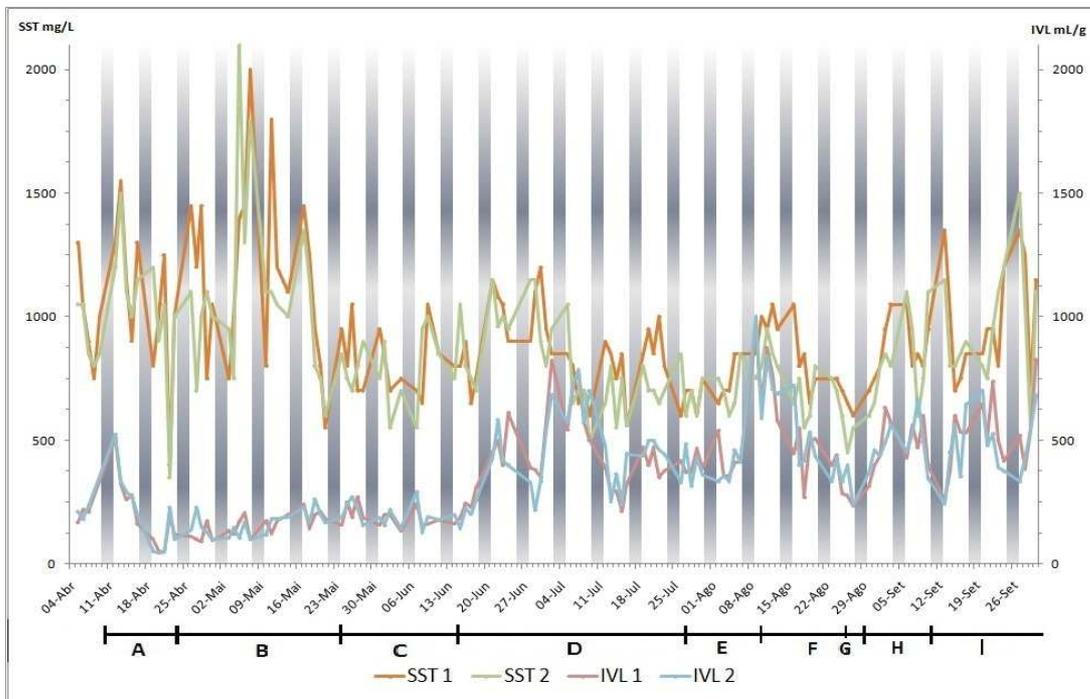


Figura 43- Comparação entre os valores de SST e de IVL nos TAMs ao longo dos 6 meses. São indicadas as fases de estratégia implementadas (A a I).

Pela análise do gráfico observa-se imediatamente que o valor de IVL é quase sempre demasiado elevado (> 150 mL/g) indicando portanto problemas de sedimentabilidade das lamas. Não se verifica uma relação muito óbvia entre os valores de SST e o de IVL, mas apesar disso nota-se um aumento de valores de IVL a partir de meio do modo D de controlo da filamentosa dominante, correspondente a um período em que a *Nocardia* voltou a dominar com grande abundância. Nota-se ainda que os valores de IVL foram inferiores aquando do modo B

e ainda razoáveis no modo C, correspondentes a períodos de paragem da recirculação nocturna por 8 e 5 horas, respectivamente. Para além disso, existe uma melhoria visível no IVL durante os tratamentos por bio-suplementação (modos F e I), piorando no período intermédio após a introdução dos pontos de arejamento no canal de recirculação de lamas (modo G).

Um estudo de Jones e Schuler (2010), mostrou que a densidade da biomassa das lamas activadas é muito maior nos meses mais quentes do que nos meses mais frios, enquanto que a sedimentabilidade das lamas é muito pior nos meses frios do que nos meses quentes [16]. O que se verificou na Mutela foi exactamente o contrário, conforme se observa na figura 43. Tal poderá também ter sido devido às alterações forçadas provocadas no sistema.

4.3.3. Análise dos valores da idade das lamas no sistema

A idade das lamas (IL) é um parâmetro importante, tanto no controlo de espécies filamentosas como ainda no de protozoários, pois influencia em ambos os casos as espécies presentes assim como a sua quantidade. É determinada pela equação 5:

$$IL = \frac{V_{tanque} \times SST_{tanque}}{Q_{lamas\ excesso} \times SST_{LRB} + Q_{saída\ ETAR} \times SST_{saída\ ETAR}} \quad (5)$$

em que: V_{tanque} corresponde ao volume total dos dois TAMs, SST_{tanque} corresponde à média dos SST nos dois TAMs, $Q_{lamas\ excesso}$ corresponde ao caudal de remoção de lamas no canal de recirculação, SST_{LRB} corresponde aos SST no canal de recirculação de lamas obtida através da matéria seca, $Q_{saída\ ETAR}$ corresponde ao caudal de saída da ETAR e $SST_{saída\ ETAR}$ corresponde aos SST no SUV, ou seja, à saída da ETAR.

Usou-se uma aproximação, considerando o caudal de saída da ETAR igual ao de entrada, sendo uma aproximação válida pois todas as lamas (primárias e secundárias) passam por tratamento da fase sólida da ETAR, sendo que o líquido extraído é devolvido à cabeça do processo.

A evolução dos valores da idade das lamas ao longo dos 6 meses está retratada na figura 44.

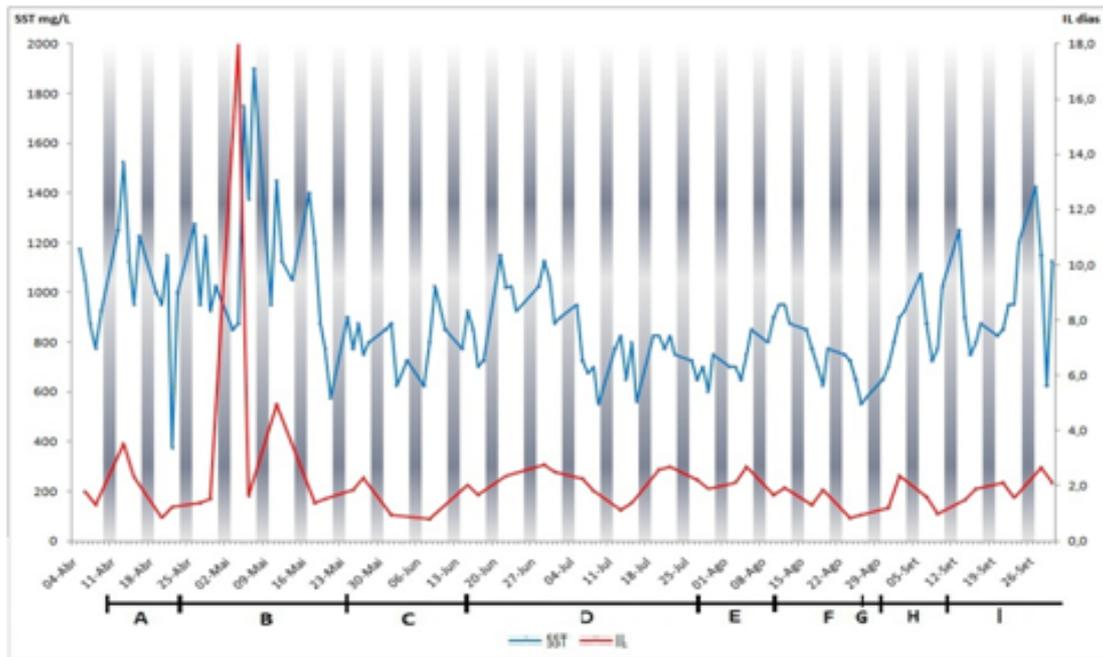


Figura 44- Comparação entre os valores de SST e IL nos TAMs ao longo dos 6 meses. São indicadas as fases de estratégia implementadas (A a I).

Observa-se que os valores da idade das lamas são bastante baixos, sempre por volta dos 2 dias, e que existe alguma relação entre a concentração de SST nos TAMs e a IL indicando que as estratégias que influenciam uma influenciam igualmente a outra.

Os valores baixos da IL estão directamente relacionados com a ausência de muitas espécies mais complexas na contagem de espécies no IBL conforme se pode ver na figura 4, do subcapítulo 1.3.

Os valores da IL são aparentemente máximos durante o modo B em que a recirculação foi parada durante a noite, apresentando nesse período um ponto máximo de 18 dias que corresponde a um dia específico em que não houve remoção de lamas em excesso.

4.3.4. Análise do tempo de residência hidráulico

O tempo de residência (t_{resid}) nos TAMs é um parâmetro importante no controlo das espécies filamentosas nomeadamente da *Nocardia* e calcula-se segundo a equação 6:

$$t_{resid} = \frac{V_{tanque}}{Q_{ETAR}} \quad (6)$$

em que: V_{tanque} corresponde ao volume total dos dois TAMs e Q_{ETAR} corresponde ao caudal diário da ETAR.

A figura 45 apresenta a evolução do tempo de residência nos TAMs ao longo dos 6 meses.

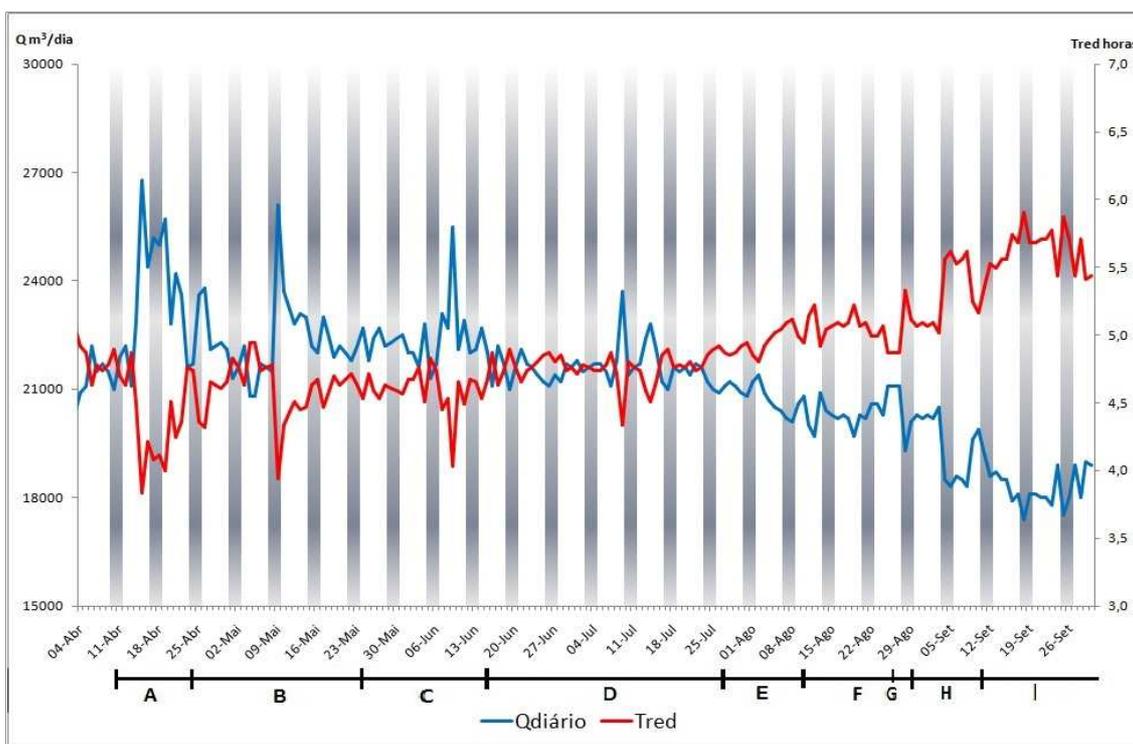


Figura 45- Variação do tempo de residência nos TAMs ao longo dos 6 meses. São indicadas as fases de estratégia implementadas (A a I).

Ao observar-se o gráfico (figura 45) verifica-se uma relação inversa entre o caudal diário da ETAR e o tempo de residência como seria previsto segundo a sua fórmula de cálculo. Nota-se claramente que no contexto global o tempo de residência aumentou ao longo do tempo (de 5 para 5,5 horas) embora tenha sido semelhante durante os meses de Abril e Maio. O caudal diário diminuiu ao longo do tempo com uma descida ligeira mas estável em Junho e mais abrupta em Julho correspondentes aos primeiros meses de férias e descidas significativas em Agosto e ainda mais em Setembro correspondentes aos meses em que a maioria da população tira férias. Relacionando com a tentativa de controlo da filamentosa *Nocardia*, significa que durante o Verão é mais complicado o controlo pois os tempos de residência e as temperaturas são mais elevadas, condições favoráveis à sua proliferação.

4.4. Análise de relações entre os valores de SST, de IVL e a população de protozoários

Conforme já foi referido, o IVL é um parâmetro importante na sedimentação de lamas. Procurou-se relacioná-lo com os resultados da observação microscópica da população de protozoários e com o tamanho dos flocos. Estas relações encontram-se esquematizadas na figura 46.

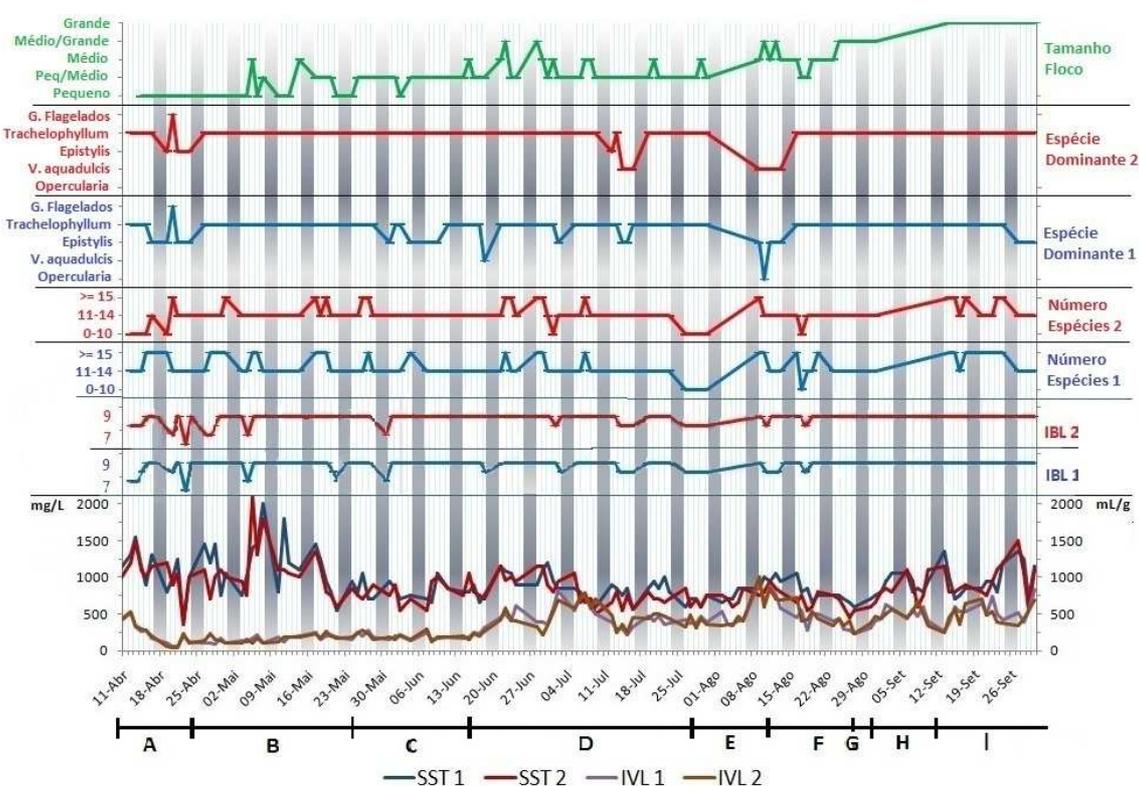


Figura 46- Relações entre os valores de SST e de IVL com as características do meio relativamente aos valores de IBL, número de espécies, espécie dominante e tamanho do floco nos TAMs ao longo dos 6 meses. São indicadas as fases de estratégia implementadas (A a I).

Ao observar-se a figura 46, não existe aparentemente nenhuma relação entre a observação de protozoários e os valores de SST e de IVL. No entanto, existe um aumento do tamanho do floco ao longo do tempo com incidência nas fases de tratamento por bio-suplementação (modos F e I), onde o tamanho do floco passou de médio a grande.

4.5. Análise de relações entre a eficiência de remoção de CQO e CBO₅ e a população de protozoários

A eficiência de remoção de CQO e CBO₅ (%Rem CQO e %Rem CBO₅) nos TAMs é um excelente indicador do grau de tratamento biológico das lamas. Caso esse valor seja elevado, com valores baixos no SUV, temos uma indicação de boa depuração biológica nos TAMs. Na figura 47 tentou-se relacionar essas eficiências de remoção de CQO e CBO₅ com a observação microscópica da população de protozoários.

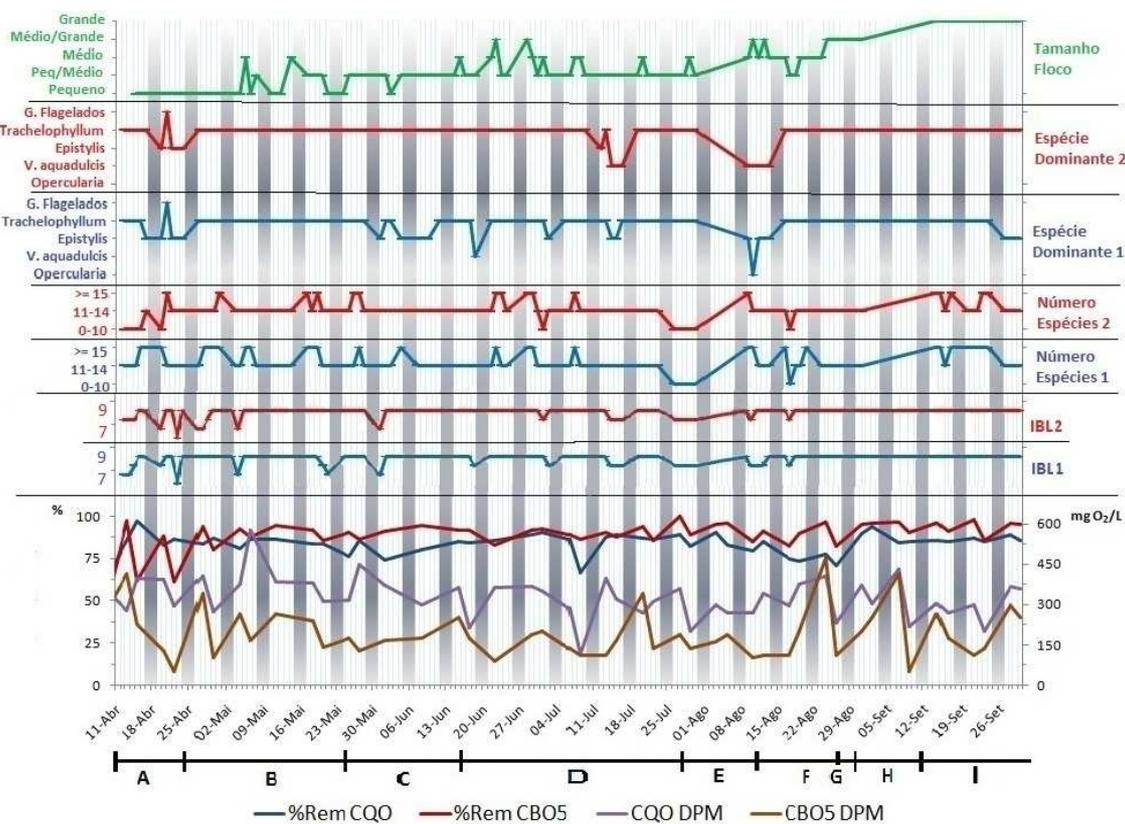


Figura 47- Relações entre os valores da eficiência de remoção de CQO e CBO₅, os valores de CQO e CBO₅ no DPM com as características do meio relativamente aos valores de IBL, número de espécies, espécie dominante e tamanho do floco nos TAMs ao longo dos 6 meses. São indicadas as fases de estratégia implementadas (A a I).

Ao observar-se a figura 47 verifica-se, tal como já tinha referido (subcapítulo 4.3.1), que a remoção de CQO e CBO₅ nos TAMs é extremamente eficiente, encontrando-se quase sempre acima dos 80%. Nota-se também, que o processo de remoção de CQO beneficiou com a introdução dos pontos de arejamento no canal de recirculação de lamas.

Ao relacionar-se essas eficiências de remoção nos TAMs com os valores de IBL nos tanques, verifica-se uma relação óbvia já que ambos são indicadores do grau de depuração biológica. Observa-se que a fase inicial do período em estudo (sensivelmente o mês de Abril), tem piores valores de IBL, e conseqüentemente, uma menor depuração biológica, período em que os valores das eficiências de remoção de CQO e CBO₅ (principalmente deste último) são mais baixas, coerentes com as observações microscópicas. Verifica-se que este intervalo corresponde ao modo A (recirculação contínua de lamas 24 h/dia), e a uma presença dominante da filamentososa *Nocardia*.

4.6. Análise de relações entre os valores de SST, de IVL e a população de filamentosas

A importância do IVL na sedimentação de lamas, já foi referenciada por várias vezes, e com a figura 48, pretendeu-se estudar possíveis relações entre os valores desse parâmetro e a observação microscópica da população de bactérias filamentosas, nomeadamente a determinação da espécie dominante e abundância da mesma no meio. A essas relações adicionaram-se as características físicas visíveis nos TAMs.

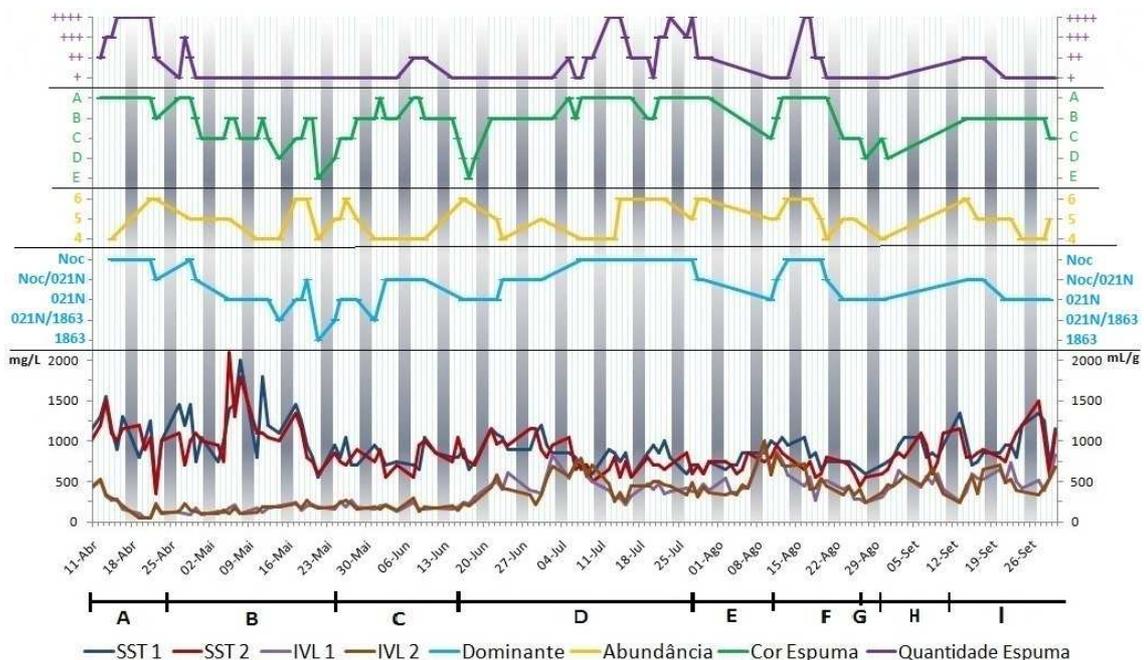


Figura 48- Relações entre os valores de SST e de IVL, as características físicas dos tanques (quantidade e cor espuma) e, a espécie filamentososa dominante e respectiva abundância ao longo dos 6 meses. São indicadas as fases de estratégia implementadas (A a I).

Observando a figura 48, parece existir uma relação entre os valores de IVL e a espécie filamentosa dominante. Verifica-se que quando a *Nocardia* é dominante ou partilha a dominância com a espécie 021N, os valores de IVL são bastante elevados (cerca de 500 mL/g), ao invés de quando são dominantes as espécies 021N e 1863 (ou uma dominância repartida por ambas), correspondentes aos modos B e C, que apresentam valores de IVL sempre \leq a 250 mL/g. Neste intervalo de tempo verificaram-se os melhores índices de sedimentação das lamas.

4.7. Análise de relações entre a tendência de flutuação de lamas, IVL no canal de recirculação de lamas e a população de filamentosas

Nas amostras de lamas recirculadas ao biológico (LRB), durante a execução do método experimental de determinação dos Sólidos Sedimentáveis (SSed), observou-se uma grande irregularidade na sedimentação das lamas, existindo dias que todas sedimentavam, outros que todas flutuavam e outros (a maioria, durante o período em estudo) que as lamas se repartiam entre sedimentadas e flutuadas. Calculou-se uma tendência de flutuação de lamas no LRB (%SFlutuados), segundo a equação 7, em que SFlutuados corresponde ao volume de sólidos que flutuaram ao final de 30 min, medidos numa proveta contendo uma amostra de 1 L, e SSed corresponde ao volume de sólidos que sedimentaram nessa mesma amostra, nas mesmas condições:

$$\%SFlutuados = \frac{SFlutuados}{SFlutuados+SSed} \times 100 \quad (7)$$

Determinaram-se ainda os valores de IVL no LRB usando apenas a fracção de lamas que sedimentava, e tentou-se na figura 49 encontrar relações entre estes parâmetros, as observações microscópicas da população de filamentosas e características físicas dos TAMs.

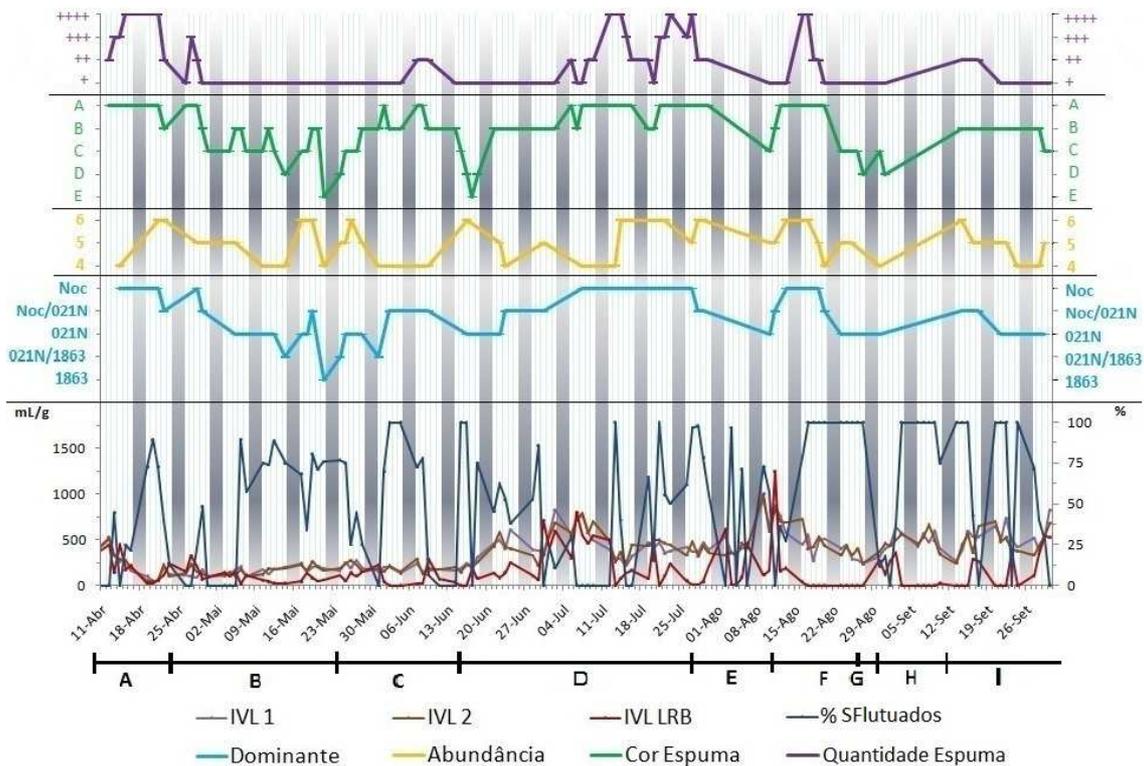


Figura 49- Relações entre os valores de %SFlutuados, os de IVL, as características físicas dos TAMs (quantidade e cor espuma) e a espécie filamentosa dominante e respectiva abundância ao longo dos 6 meses. São indicadas as fases de estratégia implementadas (A a I).

Na figura 49, observa-se que os valores de IVL no LRB são quase sempre baixos (< 200 mL/g), indicativos de boa sedimentação das lammas, verificando-se valores elevados quando a *Nocardia* é dominante, ou seja, no início do modo A, a meio do modo D e no início do modo F. No entanto, esses valores são enganadores, verificando-se nos períodos correspondentes a valores de IVL no LRB mais baixos, valores de tendência de flutuação de lammas muito elevada, inclusive nos 100%.

Após a criação dos pontos de arejamento no canal de recirculação (modo G), seria previsto uma melhoria na sedimentabilidade nas lammas no canal de recirculação, e tal verificou-se durante a 1ª semana após essa alteração, com tendências de flutuações de lammas com valores baixos, mas verifica-se que rapidamente as lammas voltaram a flutuar.

4.8. Análise de relações entre a razão CQO/CBO₅ e a população de microrganismos filamentosos

A razão CQO/CBO₅ mostra o carácter mais ou menos biodegradável da carga orgânica. Tentou procurar-se relações entre essa razão e a população de filamentosas, esquematizadas na figura 50.

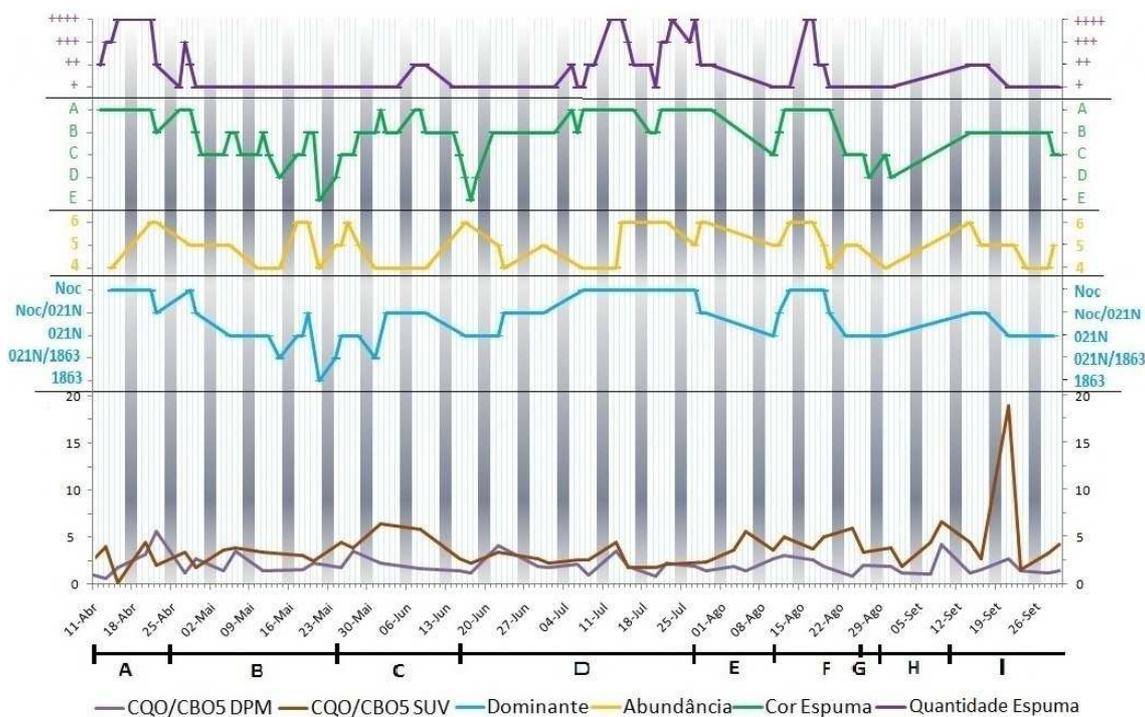


Figura 50- Relações entre os valores da razão CQO/CBO₅, as características físicas dos tanques (quantidade e cor espuma) e a espécie filamentosa dominante e respectiva abundância ao longo dos 6 meses. São indicadas as fases de estratégia implementadas (A a I).

Ao analisarmos a relação entre os valores de CQO e os de CBO₅ (ver subcapítulo 4.2.2), os resultados não foram os esperados, e ao observar-se a figura 50, verifica-se que também não foi possível extrair conclusões úteis desta análise.

4.9. Apresentação dos espectros UV-Visível obtidos

Obtiveram-se espectros UV-Visível com o intuito de serem trabalhados por Análise de Componentes Principais (PCA) para estudo do comportamento do sistema da ETAR, assim como o desenvolvimento de modelos de Mínimos Quadrados Parciais (PLS), de forma a avaliar-se a possibilidade de estimativa de parâmetros em tempo real, nomeadamente de SST, CQO e CBO₅. No entanto, não foi possível realizar estes procedimentos quimiométricos em tempo útil, pelo que se criou uma base de dados com todos os espectros UV-Visível, obtidos

nos vários pontos de recolha da fase líquida da ETAR durante o período em estudo. O modo de consultar e usar esta base de dados encontra-se em anexo na parte 7.4. A título informativo, apresentam-se sob forma de gráficos (figuras 51 à 53), os espectros obtidos a partir de amostras tal qual nos pontos CEM, DPM e SUV da fase líquida da ETAR.

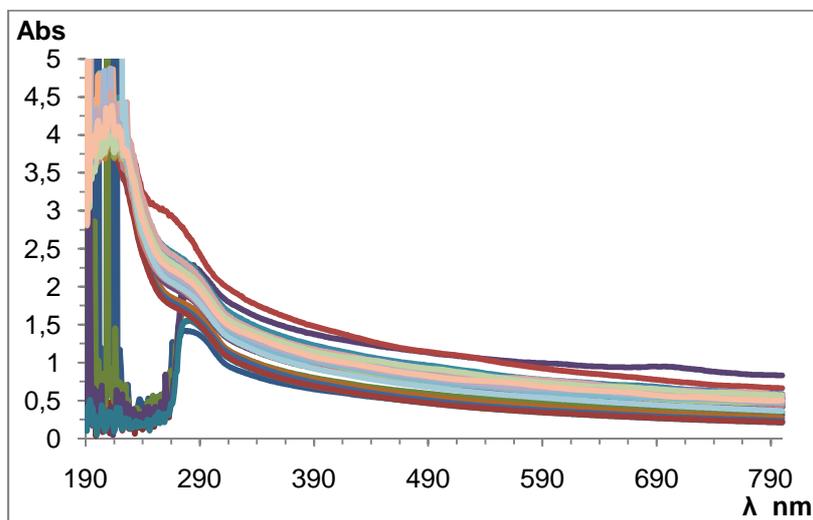


Figura 51- Espectros obtidos bissemanalmente com a amostra do CEM ao longo dos 6 meses.

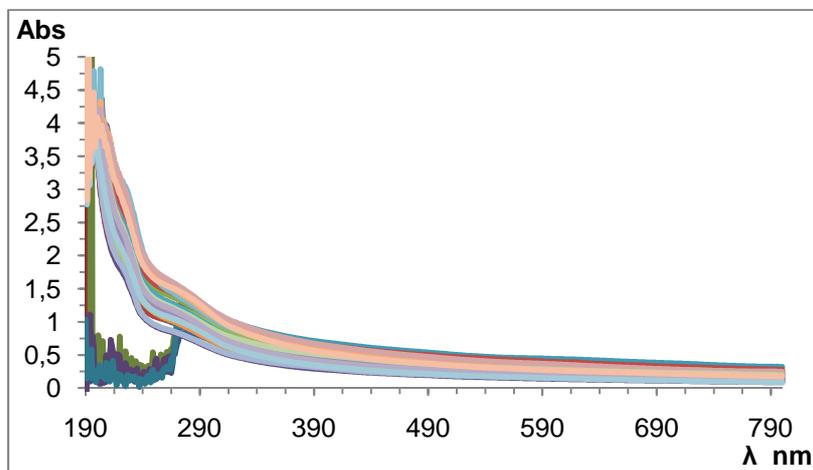


Figura 52- Espectros obtidos bissemanalmente com a amostra do DPM ao longo dos 6 meses.

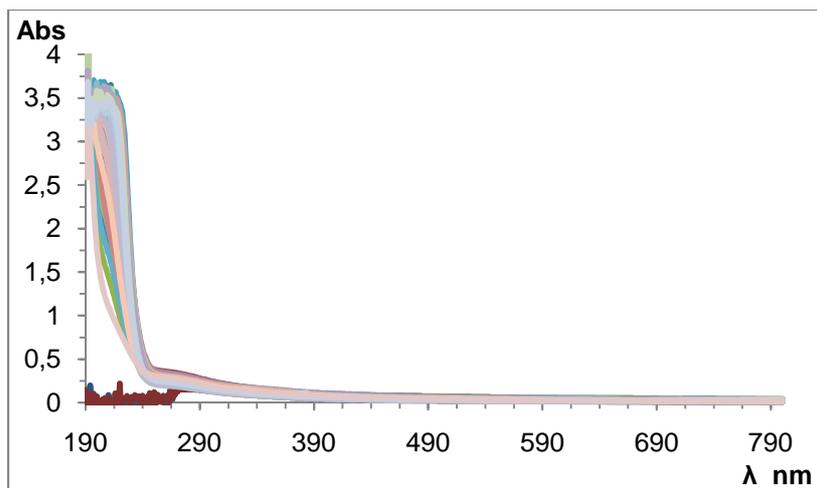


Figura 53- Espectros obtidos quatro vezes por semana com a amostra do SUV ao longo dos 6 meses.

Nota-se nas figuras 51, 52 e 53, alguns espectros, cuja informação contida na região UV (~ 190-280 nm), foi perdida (absorvâncias muito baixas no intervalo de comprimentos de onda referido), devido a ter-se usado células de leitura de vidro durante o período inicial do estudo.

Foram ainda obtidos espectros dos TAMs, presentes na base de dados, mas devido à concentração elevada de SST em suspensão, os espectros foram adquiridos através de amostras tal qual e de amostras filtradas. A apresentação destes resultados encontram-se nas figuras 54 a 57.

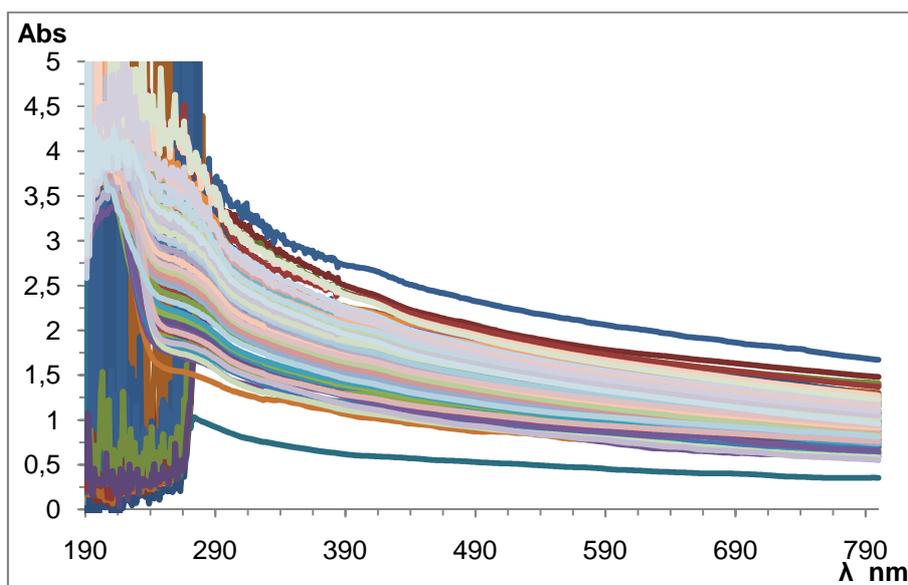


Figura 54- Espectros obtidos diariamente com a amostra tal qual do TAM 1 ao longo dos 6 meses.

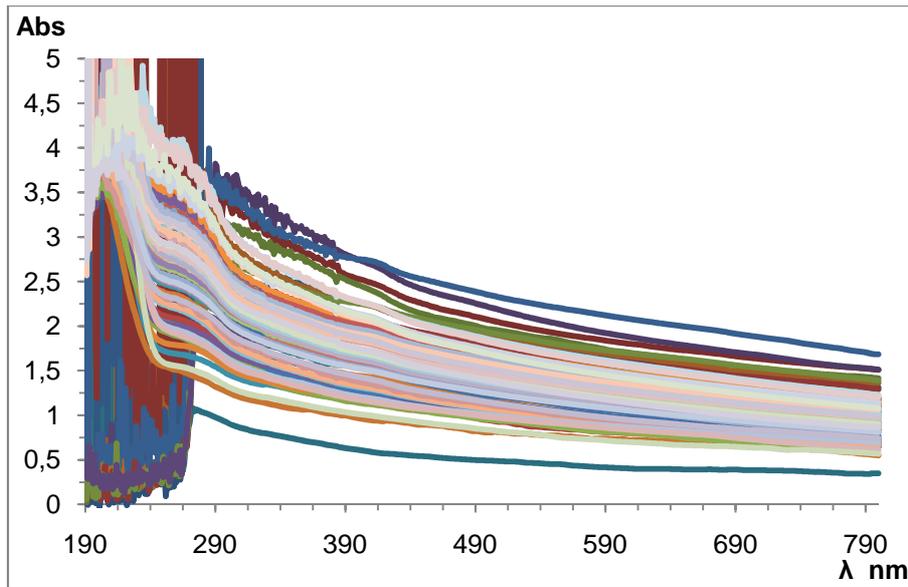


Figura 55- Espectros obtidos diariamente com a amostra tal qual do TAM 2 ao longo dos 6 meses.

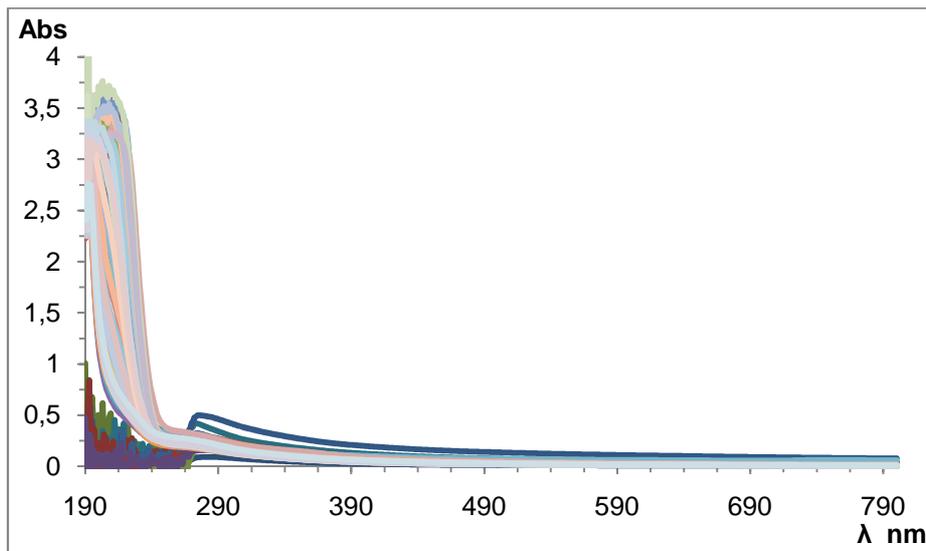


Figura 56- Espectros obtidos diariamente após amostra filtrada do TAM 1 ao longo dos 6 meses.

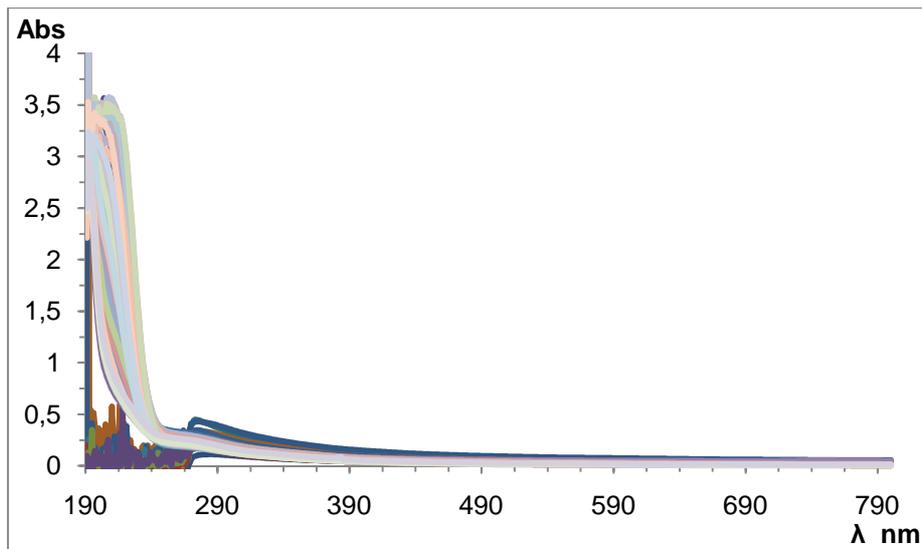


Figura 57- Espectros obtidos diariamente após amostra filtrada do TAM 2 ao longo dos 6 meses.

Tal como nas amostras anteriores, também nestas amostras começou-se por usar células de leitura de vidro, tendo-se perdido nesse intervalo de tempo, a informação contida na região UV.

5. Discussão final e conclusões

Durante o período em estudo, Abril a Setembro de 2010, realizaram-se diariamente análises microscópicas detalhadas das amostras retiradas dos tanques de arejamento da ETAR da Mutela (TAM 1 e 2), observando-se protozoários com determinação dos valores de IBL e observando-se filamentosas usando colorações de Gram e Neisser para identificação e quantificação das espécies presentes. Nesse mesmo intervalo de tempo, foram obtidos e arquivados diariamente, os espectros UV-Visível (190-800 nm) das amostras colhidas nos vários pontos da fase líquida da ETAR, lendo-se as mesmas tal qual, em todas as amostras, e filtradas, nos TAMs. Foram ainda compilados os resultados das análises laboratoriais realizadas pelo LABAR, nomeadamente CQO, CBO₅ e SST, para os pontos de recolha da fase líquida. No final pretendia-se encontrar correlações entre as observações microscópicas (a nível de protozoários e de filamentosas), as estratégias de controlo usadas, os valores dos parâmetros obtidos analiticamente e os espectros UV-Visível (através de análises PCA e modelos PLS).

As observações microscópicas à população de protozoários, revelaram uma microfauna bastante diversa (número de espécies usualmente entre 11-14), com poucos pequenos flagelados (normalmente abaixo de 9), com uma predominância de sésseis e móveis de fundo (a espécie *Trachelophyllum* existia em grande quantidade comparativamente às restantes), e uma baixa contagem nos números de cada espécie presente (com a excepção referida). Esta combinação de factores originou valores de IBL bastante altos (8-9) durante do período em estudo. As espécies de protozoários presentes, e a baixa contagem nos números de cada espécie, são coerentes com o valor bastante baixo da idade das lamas, cerca de 2 dias.

As observações microscópicas à população de filamentosas efectuaram-se usando colorações de Gram e Neisser, e detectaram-se e identificaram-se 6 espécies distintas, sendo que 3 delas foram dominantes (*Nocardia spp.*, 021N e 1863). Destas, a espécie *Nocardia spp.* era a que existia em maior quantidade inicialmente, e a mais problemática a nível de “bulking” e “foaming” pelo que se delinearão estratégias de controlo à mesma.

Verificou-se que existia uma relação directa entre a espécie filamentosa dominante e a cor e quantidade de espuma nos TAMs. Para *Nocardia*, observou-se uma espuma de cor castanha em grandes quantidades, para a espécie 021N, observou-se pouca quantidade de uma espuma de cor branca e aspecto sujo (sujidade que poderá ser devida a espécies secundárias), e para a espécie 1863, observou-se pouca espuma de cor branca e aspecto fofo e espesso.

Os resultados obtidos pelas análises físico-químico-biológicas de rotina mostram que a ETAR está a operar correctamente, obtendo-se valores no efluente final cumprindo os objectivos de qualidade estabelecidos.

As eficiências de remoção de CQO e CBO₅ obtidas, permitem concluir que existe uma boa depuração biológica nos TAMs, em relação directa com os valores de IBL obtidos.

Observou-se que os valores de IVL, evidenciavam problemas graves na sedimentabilidade das lamas durante quase todo o período em estudo, tendo-se verificado apenas valores aceitáveis, indicativos de uma melhor sedimentabilidade, no período correspondente aos modos B e C, de controlo da filamentosa dominante. Conclui-se que a estratégia de controlo em que os efeitos da filamentosa *Nocardia* foram neutralizados em maior grau, corresponde ao modo B, em que a recirculação de lamas foi parada das 23 às 7 h. Neste período, os valores de IVL foram mais baixos, os decantadores primários e secundários encontravam-se mais limpos à superfície, existia pouca quantidade de espuma nos TAMs, e observou-se um domínio da espécie 021N, entre as filamentosas.

Uma estratégia utilizada em dois momentos distintos (modos F e I), que consistia num tratamento por bio-suplementação com produtos comerciais, revelou-se insuficiente apesar de ter produzido bons resultados durante um curto período, controlando a população de *Nocardia*, diminuindo a quantidade de espuma nos TAMs, aumentando o tamanho dos flocos e estabilizado os valores das concentrações de O₂ dissolvido nos TAMs.

Outra conclusão importante que se tira deste trabalho é a robustez do tratamento na ETAR da Mutela, pois apesar das variações observadas nas espécies filamentosas dominantes, da presença regular em grandes quantidades da filamentosa *Nocardia*, e ainda da alteração sucessiva das estratégias de controlo adoptadas, os resultados obtidos para a remoção de carga orgânica mantiveram-se estáveis, produzindo efluentes finais de boa qualidade durante a totalidade do período em estudo. Dessa forma, podemos concluir que a presença de *Nocardia* no processo, em grandes quantidades, pode ser vista em parte como uma vantagem, pois ajuda à filtração da matéria orgânica dispersa em suspensão. Apesar da sua presença causar flutuação das lamas, o facto de as descargas dos decantadores secundários se situarem a 1 m da superfície, faz com que o efluente final seja pouco afectado por sólidos suspensos.

Neste trabalho criou-se uma base de dados de espectros UV-Visível com todos os espectros recolhidos durante o período em estudo, nos vários pontos da fase líquida da ETAR. Pretendia-se usar esses espectros, para realizar procedimentos quimométricos, nomeadamente análises PCA para estudo do comportamento do sistema da ETAR e modelos PLS, para estimativa em tempo real de parâmetros analíticos (por exemplo, SST, CQO e CBO₅). Tal não foi possível, devido a restrições de tempo, sendo contudo um estudo possível de ser efectuado de imediato, com os dados compilados.

Um outro estudo possivelmente interessante, passaria pela aquisição de espectros de reflectância na gama UV-Visível-NIR (NIR, Infravermelho Próximo), de modo a pesquisar correlações para além das acima referidas, nomeadamente na utilização da gama NIR para caracterização do floco microbiano.

De modo a poderem tirar-se conclusões mais abrangentes, uma sugestão de uma perspectiva futura de trabalho seria realizar um estudo de maior duração (por exemplo de 1 ano), de modo a verificar-se o processo de operação da ETAR com variação de outros factores, nomeadamente a influência da temperatura e da pluviosidade. Verificou-se, nas visitas mais recentes à ETAR, uma alteração significativa na concentração de biomassa nos TAMs, devido à diluição pela chuva. Seria ainda interessante acompanhar a evolução do processo com a introdução definitiva do processo de arejamento no canal de recirculação, verificando se realmente melhoram a sedimentabilidade de lamas, conforme se espera.

6. Referências Bibliográficas

1. Bitton, Gabriel , “Wasterwater Microbiology”, Wiley-Liss, USA, 1994;
2. “ETAR”, Artigo in: INETI, www.ineti.pt/download.aspx?id=CD033DD40CB11EB111AA7B61D9F3B8C8 , (consultado em Novembro 2010);
3. Santos, Maria de Fátima, “Monitorização Analítica das ETARs do Concelho de Almada – Técnicas Espectrofotométricas e Tratamento Quimiométrico”, Dez 2005;
4. “Avaliação do desempenho das ETAR’s através da observação das comunidades de protozoários das lamas activadas”, biotempo (consultoria em biotecnologia), Jun 2006;
5. Paulo, Lara, “Desenvolvimento de testes rápidos para a avaliação da susceptibilidade de corantes sintéticos á descoloração biológica por via redutiva – Operação e monitorização espectroscópica e quimiométrica de biorreactores descontínuos sequenciais”, Set 2008;
6. Abreu, Ângela, “Identificação de bactérias Filamentosas em processos de lamas activadas através da técnica de Hibridação *in-situ* de Fluorescência (FISH)”, 2004;
7. Nicolau, Ana, Lima, Nelson, Mota, Manuel, Madoni, Paolo, “Os protozoários como Indicadores da Qualidade Biológica das Lamas activadas”, Boletim de Biotecnologia Ambiental, Set 1997, pp. 14-19;
8. Madoni, Paolo, “Depurazione Biologica Nei Fanghi Attivi”, Enìa, 2005;
9. “Processo de identificação e controlo de microrganismos filamentosos nas lamas activadas”, biotempo (consultoria em biotecnologia), Out 2004;
10. Folhetos dos SMAS de Almada, edição 2005;
11. Página dos SMAS de Almada, www.smasalmada.pt
12. Lourenço, N.D, Pinheiro, H.M, e tal. “Espectroscopia Ultravioleta-Visível: a espectroscopia Ultravioleta-Visível na prevenção de descargas não conformes de águas residuais industriais”, Engenharia Química 4, 2006, pp. 56-62;
13. “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st Edition”, American Public Health Association, USA, Oct 2005;
14. Eikelboom, Dick H., “Process Control of Activated Sludge Plants by Microscopic Investigation”, ASIS, UK, 2000;
15. “Microorganismos Filamentosos en el Fango Activo”, Empresa Municipal de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A. (EMASESA), España, Out 1997;
16. Jones, Patricia A., Schuler, Andrew J., “Seasonal variability of biomass density and activated sludge settleability in full-scale wastewater treatment systems”, Chemical Engineering Journal 164, 2010, pp. 16-22:

7. Anexos

7.1. Folheto dos SMAS de Almada sobre a ETAR da Mutela



Dados Gerais		Dados de Base	
Localização	Mutela	Capacidade Nominal	147 900 hab. eq
Área Ocupada	3 ha	Caudal Médio Anual	25 992 m ³ /dia
Freguesias Servidas	Almada, Pragal, Cova da Piedade, Cacilhas, Laranjeiro (parte) e Feijó (parte)	Caudal de Dimensionamento Hidráulico	51 480 m ³ /dia
		Carga Orgânica Afluente	8 874 kg O ₂ /dia
Fase Líquida		Objectivos de Qualidade	
Elevação de Águas Residuais	<ul style="list-style-type: none"> • 3+1 bombas submersíveis (900 m³/h a 11,5 m.c.a.) 	CBO5 a 20°C	25 mg O ₂ /L
Pré-Tratamento	<ul style="list-style-type: none"> • 2 grades mecânicas (malha 3mm) • 2 unidades de desarenação/desengorduramento • 1 classificador/lavador de areias • 1 separador de gorduras 	COO	125 mg O ₂ /L
Tratamento Físico-Químico	<ul style="list-style-type: none"> • 2 câmaras de mistura rápida • 2 câmaras de floculação • 4 decantadores primários rectangulares 	SST	35 mg/L
Tratamento Biológico/Lamas Activadas (arejamento por bolha fina)	<ul style="list-style-type: none"> • 2 tanques de arejamento (2142 m³) • 2+1 compressores (3375 Nm³/h) • 1 cisterna de água tratada 	Coliformes fecais	200 NV/100 ml
Decantação Secundária	<ul style="list-style-type: none"> • 4 decantadores secundários rectangulares • 2+1 bombas submersíveis de recirculação de lamas (583 m³/h) 	Odor Desagradável	Não detectável
Desinfeção	<ul style="list-style-type: none"> • 1 canal com 2 módulos de lâmpadas U.V. (17,3 kW) 		
Destino Final das Águas Residuais	<ul style="list-style-type: none"> • Lançamento em emissário de superfície no estuário do Tejo 		
Fase Sólida			
Elevação de Lamas Primárias	<ul style="list-style-type: none"> • 2+1 bombas submersíveis (60 m³/h) 		
Espessamento de Lamas Primárias	<ul style="list-style-type: none"> • 2 espessadores gravíticos (350 m³) 		
Elevação de Lamas Secun. em Excesso	<ul style="list-style-type: none"> • 2+1 grupos electrobomba submersíveis (23 m³/h) 		
Flotação de Lamas Secun. em Excesso	<ul style="list-style-type: none"> • 2 flotadores (83,2 m³) 		

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS



www.smasalmada.pt



SMAS
MUNICÍPIO
DE ALMADA

A água no bom caminho

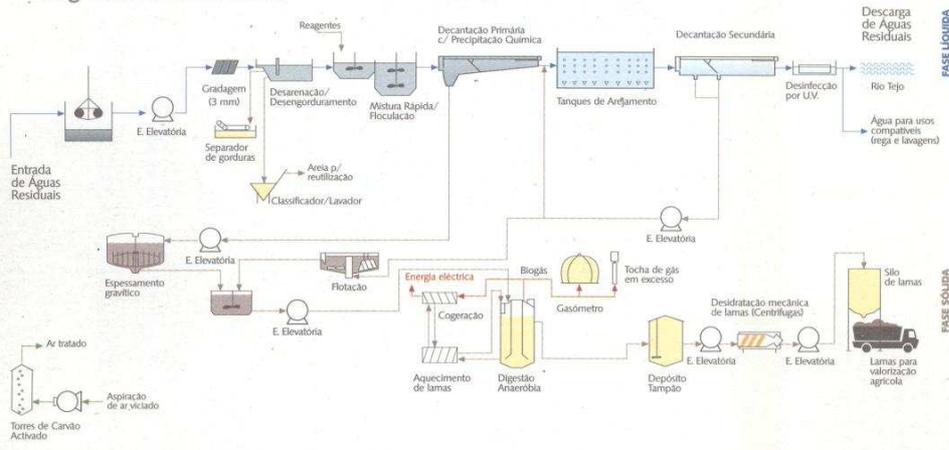
Figura 58- Folheto dos SMAS de Almada sobre a ETAR da Mutela.

Homogeneização de Lamas Espessadas	• 1 câmara de homogeneização (30 m ³)
Elevação de Lamas à Digestão	• 2+1 bombas parafuso excêntrico (5-10 m ³ /h)
Digestão Anaeróbia	• 2 digestores anaeróbios mesófilos (2500 m ³) • 2 caldeiras (400 kW) • 2 permutadores de calor
Depósito Tampão	• 1 Depósito (850 m ³)
Elevação de Lamas à Desidratação	• 2+1 bombas parafuso excêntrico (5-18 m ³ /h)
Armazenamento de Biogás	• 1 gasómetro insuflável (1720 m ³) • 2+1 compressores de biogás • 1 tocha para queima de gás em excesso
Desidratação de Lamas	• 2 centrífugas (20 m ³ /h)
Elevação de Lamas ao Silo	• 1 bomba parafuso excêntrico (2-8 m ³ /h)
Armazenamento de Lamas Desidratadas	• 1 silo de lamas (150 m ³)
Destino Final das Lamas	• Valorização agrícola

Serviços

Produção de Energia	• 2 unidades de cogeração (314 kW Pe)
Tratamento de Odores	• 2 torres de desodorização por carvão activado
Água de Serviços	• 1 hidropressor (20 m ³ /h) • 1 filtro metálico

Diagrama de Processo



etar da **mutela** mais vida no tejo



SMAS
MUNICÍPIO
DE ALMADA

A água no bom caminho

www.smasalmada.pt

Figura 59- Folheto dos SMAS de Almada sobre a ETAR da Mutela (continuação).

7.2. Folha de registos diários das etapas da fase liquida

Tabela 14- Folha de registos diários, que contempla observações do processo na fase liquida bem a obtenção dos dados importantes relativos ao processo, existindo ainda uma coluna para a observação das condições atmosféricas e uma outra para acontecimentos anormais.

Folha de registos - ETAR da Mutela																			
Data	Q ent	Espessadores		Decantação Primária				Tanque arejador				Decantação sec		Ocorrências					
		Nº	Observações	Nº	[Cal]	[Poli]	[Cloro]	Observações	[O2]1	[O2]2	% rec 1	% rec 2	Q rec 1	Q rec 2	Observações	Nº	Observações	Atmosféricas	Anormais
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			

7.3. Valores determinados por métodos analíticos

7.3.1. CEM

7.3.2. DPM

7.3.3. SUV

7.3.4. TAMs e LRB

7.4. Base de datos de espectros UV-Visível

7.5. Folhas de observações microscópicas

7.5.1. Contagem de espécies para determinação do IBL



Observação microscópica de lama activada

Data _____ Hora _____ Observações _____

DARM - ETAR da MUTELA

Análise de protozoários (amostra fresca)		TAI				TAI			
Contagem:		1ª contagem	2ª contagem	Total	%	1ª contagem	2ª contagem	Total	%
Ciliados móveis de fundo:	Drepanomonas								
	Trochilla								
	Aspidisca cicada								
	Aspidisca lynceus								
	Euplotes								
	Chilodonella								
	Trithigmotoma								
	Stylonychia								
Ciliados sésseis	Vaginicola								
	Vorticella convallaria								
	Vorticella microstoma								
	Vorticella aquadulcis								
	Carchesium								
	Zoothamnium								
	Opercularia								
	Epistylis								
	Stentor								
Amibas com teca	Euglypha								
	Arcella								
	Diffugia								
Ciliados nadadores	Trachelophyllum								
	Cinetochilum margaritaceum								
	Paramecium caudatum								
	Colpidium								
	Tetrahymena								
	Glaucoma								
	Uronema								
	Sathrophilus								
	Pseudocohnilembus								
	Cyclidium								
	Spirostomum								
	Grandes flagelados	Euglena							
Peranema									
Carnívoros	Litonotus								
	Prorodon								
	Coleps hirtus								
	Spathidium								
	Amphileptus								
	Acineta								
	Podophrya								
	Tokophrya								
Metazoários	Rotíferos								
	Nemátodos								
	Gastrotrichi								
Resultados:	Sésseis (>80%)								
	Móveis fundo + Sésseis + Amibas teca								
	Opercularia spp								
	Vorticella microstoma								
	Nadadores								
Pequenos flagelados									
Densidade total (nº indivíduos/l)									
Nº grupos funcionais									
Diversidade (nº espécies)									
Índice biótico das lamas									
Classe de avaliação									

Figura 60- Folha de observações microscópica de contagem de espécies para determinação do IBL.

7.5.2. Observação do floco e de filamentosas

Observação microscópica de lama activada

DARM - ETAR da MUTELA



Data _____ Hora _____ Observações _____

Parâmetros Físico-Químicos:			TA1	TA2
T(°C) da água				
pH				
O ₂ (mg/l)				
MLSS (mg/l)				
MLVSS (mg/l)				
V30 (ml/l)				
IVL (ml/g)				

Observação da amostra fresca:		TA1	TA2
Presença de espumas	Sim, cor Não		
Aspecto	Bem floculado Pouco floculado		
Cor	Normal, outra		
Odor	Normal, outro		
Clarificado	Presença de sobrenadante Limp		

Caracterização do floco:		TA1	TA2
Forma	Regular Irregular		
Consistência	Alta Compacta		
Tamanho	Grande Médio Pequeno (<150µ)		
Diversidade bacteriana	1 - 6		
Crescimento disperso	Sim/Não		
Partículas inorgânicas	Presença Ausência		
Bactérias helicoidais	Spiriquetas Spirilos		
Colónias <i>Zooglea</i>	Presença (+)		
Partículas inorgânicas	Presença (+)		
Fibras orgânicas	Presença Ausência		
Abundância	1- Nenhum 2- Alguns 3- Pouco 4- Muito 5- Abundante 6- Excessivo		
Colónias nitrificantes	Nº		
Observações			

Microorganismos filamentosos (amostra calcada):				
		TA1	TA2	
Descrição				
Critério de abundância				
Nº abundância em 6				
Quantidade por floco				
Pontes floculares	Nenhumas Algumas Abundantes			
Filamentosa dominante:		Gram	Neisser	Gram Neisser
Localização do filamento				
Forma célula				
Bainha				
Bactérias sésseis				
Inclusões enxofre				
Endentação do septo				
Ramificações				
Mobilidade				
Filamentosa secundária:		Gram	Neisser	Gram Neisser
Localização do filamento				
Forma célula				
Bainha				
Bactérias sésseis				
Inclusões enxofre				
Endentação do septo				
Ramificações				
Mobilidade				
Outras Filamentosas:		Gram	Neisser	Gram Neisser
Localização do filamento				
Forma célula				
Bainha				
Bactérias sésseis				
Inclusões enxofre				
Endentação do septo				
Ramificações				
Mobilidade				

Figura 61- Folha de observações microscópicas para caracterização da amostra fresca, floco e microorganismos filamentosos.

7.6. Tabelas de identificação de espécies filamentosas

Tabela 15- Tabela resumida das principais características dos microrganismos filamentosos [9].

Espécies	Dimensões filamento		Forma do filamento	Forma da célula	Localização do filamento	Bainha	Crescimento de bactérias sésseis	Inclusões de enxofre	Outras inclusões (*)	Coloração de Gram	Coloração de Neisser		Indentação do septo	Ramificações	Mobilidade
	Diâmetro (µm)	Comprimento (µm)									Filam.	Grânulo			
<i>Sphaerotilus natans</i>	1.2 - 2.5	200 - 1000	direito/levemente curvo	bastonete de extremidade arredondada	externa	sim	não / sim	não	sim	-	-	-	sim/não não/não	sim (falsa)	não
Tipo 1701	0.6 - 1.0	20 - 200	dobrado / levemente curvo	bastonete de extremidade arredondada	externa / interna	sim, pouco visível	sim	não	sim	-	-	-	não (sim, no fim dos filamentos)	não	não
Tipo 0041	1.2 - 1.9	100 - 500	direito/dobrado / lev. curvo	quadrada/rectangular	externa / interna	sim	sim	não	sim	+, + / -	-, +	-, +	não	não	não
Tipo 0675	0.7 - 1.0	30 - 150	direito / lev. curvo	quadrada/rectangular	externa / interna	sim	sim	não	sim	+, + / -	-, +	-, +	não	não	não
Tipo 021N	0.8 - 2.2	100 - >1000	direito / lev. curvo / enrolado	discoide / quadrada / rectangular / em barril	externa	não	não	sim (esférica)	sim	-, + / - (associada a enxofre)	-	+, -	sim	não	vibrante
<i>Thiotrix I</i>	1.4 - 2.5	100 - 500	direito / lev. curvo	rectangular	externa	sim	não / sim	sim (esférica)	sim	-, +	-	+, -	não	não	vibrante
<i>Thiotrix II</i>	0.7 - 1.4	50 - 200	direito / lev. curvo	rectangular	externa	sim	não / sim	sim (esférica)	sim	-, +	-	+, -	não	não	vibrante
Tipo 0914	0.7 - 1.0	50 - 200	direito / lev. curvo	quadrada	externa / livre	não	não	sim (irregular)	sim	-, +	-	+, -	não	não	não
<i>Beggiatoa piccola</i>	0.6 - 1.0	50 - 100	direito / lev. curvo	rectangular / célula não visível	externa / livre	não	não	não	sim	-	-	+, -	não	não	sim
<i>Beggiatoa spp.</i>	1.0 - 3.0	100 - 500	direito / lev. curvo	rectangular / célula não visível	externa / livre	não	não	sim (esférica)	sim	-, + mo caso de polímeros granulosos S	-	+, -	não	não	sim
<i>Micothrix parvicella</i>	0.6 - 1.0	100 - 400	enrolado / irregular	célula não visível	interna / livre	não	não	não	sim	+	-	+, -	não	não	não
Tipo 0581	0.4 - 0.7	100 - 200	enrolado	célula não visível	interna / livre	não	não	não	não	-	-	-	não	não	não
<i>Nocardia spp.</i> e semelhantes	1.0	10 - 20	ramalhete	célula não visível	interna / livre	não	não	não	sim	+	-	+, -	não	sim (verdadeira)	não
Tipo 1863	0.8	20 - 50	irregular	bastonete oval	externa / interna / livre	não	não	não	sim	-	-	+, -	sim	não	não

Tabela 19- Tabela resumida das principais características dos microrganismos filamentosos (continuação) [9].

Espécies	Dimensões filamento		Forma do filamento	Forma da célula	Localização do filamento	Bainha	Crescimento de bactérias sésseis	Inclusões de enxofre	Outras inclusões (*)	Coloração de Gram	Coloração de Neisser		Endentação do septo	Ramificações	Mobilidade
	Diâmetro (µm)	Comprimento (µm)									Filam.	Grânulo			
<i>Nostocoida limicola</i> I	0.6 - 0.8	100 - 200	enrolado / irregular	esférica / discoide	externa / interna / livre	não	não	não	não	+	+	-	não	não	não
<i>Nostocoida limicola</i> II	1.2 - 1.4	100 - 200	enrolado / irregular	bastonete oval/esférica / discoide	externa / interna / livre	não	não	não	sim	+, -, +/-	+, -	-	sim	não	não
<i>Nostocoida limicola</i> III	1.6 - 2.0	200 - 300	enrolado / irregular	bastonete oval/esférica / discoide	externa / interna	não	não	não	sim	+, -, +/-	+, -	-	sim	não	não
Tipo 1851	0.8	100 - 300	direito / lev. curvo	rectangular	externa	sim	sim	não	não	+ débil	-	-	não	não	não
Tipo 0961	0.8 - 1.4	> 500	direito	rectangular	externa	não	não	não	não	-	-	-	não	não	não
Tipo 0092	0.8 - 1.0	10 - 60	direito/dobrado	rectangular	interna	não	não	não	sim	-	-	-	não	não	não
Tipo 0803	0.8	50 - 150	direito / lev. curvo	rectangular	externa / livre	não	não	não	não	-	-	-	não	não	não
<i>H. hydrossis</i>	0.5	20 - 100	direito/dobrado	célula não visível	externa / livre	sim	sim	não	não	-	-	-	não	não	não
Tipo 0411	0.8	50 - 150	dobrado / lev. curvo/irregular	bastonete oval	externa	não	não	não	não	-	-	-	sim	não	não
Tipo 1702	0.6 - 0.7	20 - 80	direito/dobrado	célula não visível	externa / interna	sim	sim	não	não	-	-	-	não	não	não
Tipo 1852	0.6 - 0.8	20 - 80	direito / lev. curvo	rectangular	externa	não	não	não	não	-	-	-	não	não	não
Tipo 0211	0.3 - 0.5	20 - 100	dobrado / lev. curvo/irregular	esférica	externa	não	não	não	não	-	-	-	sim	não	não
Fungos	> 2.0	300 - 1000	irregular	bast. oval / rectangular	externa / interna	não	não	não	sim	-	-	-	sim	sim (verdadeira)	não
<i>Flexibacter</i>	1.0	20 - 40	direito / lev. curvo	bast. extrem arredondada / células não visíveis	livre	não	não	não	sim	-	-	-	não	não	sim
<i>Streptococco</i>	0.6 - 1.0	20 - 50	irregular	bast. oval / esférica	livre	não	não	não	não	+	-	-	sim	não	não
Cianofíceas	2.0 - 5.0	100 - 500	direito / lev. curvo	quadrada / rectangular	livre	não	não	não	sim	-, +	-	-	não	não	sim

(*) consideram-se os grânulos de poli-P (resposta positiva na coloração de Neisser) e grânulos de PHB (não adquirem coloração)

7.7. Protocolo tratamento com tecnologia de Bio-Suplementação Atlas Seis

	ETAR MUTELA	
	PROPOSTA DE TRATAMENTO ÁGUAS RESIDUAIS	DATA: 19/07/2010 PÁGINA: 3 de 5

A proposta apresentada refere-se aos produtos microbiológicos – **BioDigestor** e **Anti-Espuma**, os quais se apresentam sob a forma líquida.

O produto **BioDigestor**, é composto por estirpes de Bactérias especialmente seleccionadas para liquefazer e consumir resíduos orgânicos, promovendo a estabilidades nas Estações de Tratamento.

O produto **Anti-Espuma**, contém variadas estirpes de bactérias, enzimas e nutrientes específicos para eliminação de espumas originadas por bactérias filamentosas. Tratando-se de um produto de acção rápida.

2.1 DOSEAMENTO

O doseamento apresentado foi efectuado tendo em conta os parâmetros já referidos, com principal intenção de redução das espumas existentes.

Produto	Quantidade a aplicar	Periodicidade aplicação	
		1ª Semana	2ª Semana e seguintes
Biodigestor	2 Litros	Todos os dias	1 x semana
Anti-Espuma	2,5 Litros	Todos os dias	1 x semana

Tabela 1- Doseamento para o 1º mês de tratamento

Devido ao facto de se tratar de um tratamento biológico, o doseamento proposto poderá ter de ser aferido conforme a reacção do sistema.

Consideramos que a **aplicação do Anti-Espuma**, será feita **só durante um mês**, salvo alguma excepção que possa acontecer ao próprio efluente que origine que se faça alguma outra aplicação pontual.

No que diz respeito ao **BioDigestor**, consideramos que se deve manter uma aplicação semanal, considerada de manutenção, para equilíbrio da biomassa e consequente processo de tratamento biológico.

3.2 VERIFICAÇÃO DA REACÇÃO SISTEMA AO TRATAMENTO

Para verificação da reacção do sistema ao tratamento por Bio-Augmentação, no que se refere ao problema das espumas, esta poderá ser feita ao fim da 1ª semana de aplicações, constatando-se se está a existir a redução da existência das referidas espumas.

Atlas Seis LDA.
Rua São Sebastião Lote 18- Arm. C
Cabra Figa- 2635-448 Rio de Mouro
Portugal

Energia | Ambiente

tel: 219 258 292
fax: 219 258 297
www.atlasseis.com

Figura 62- Proposta da Atlas Seis para tratamento por bio-suplementação.

7.8. Gráficos de arejamento dos TAMs

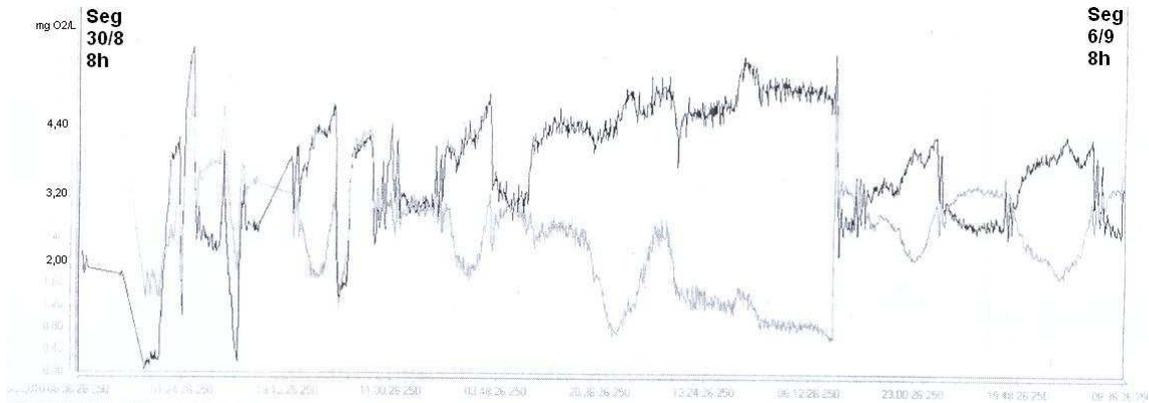


Figura 63- Variação da concentração do O₂ dissolvido nos TAMs (TAM1 linha mais escura, TAM2 mais clara), durante a semana de 30 de Agosto a 6 de Setembro, com leituras contínuas.

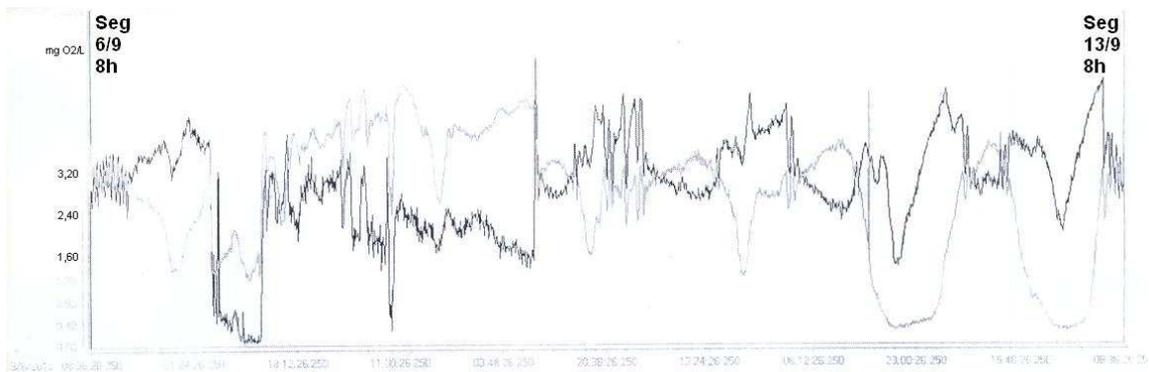


Figura 64- Variação da concentração do O₂ dissolvido nos TAMs (TAM1 linha mais escura, TAM2 mais clara), durante a semana de 6 a 13 de Setembro, com leituras contínuas.

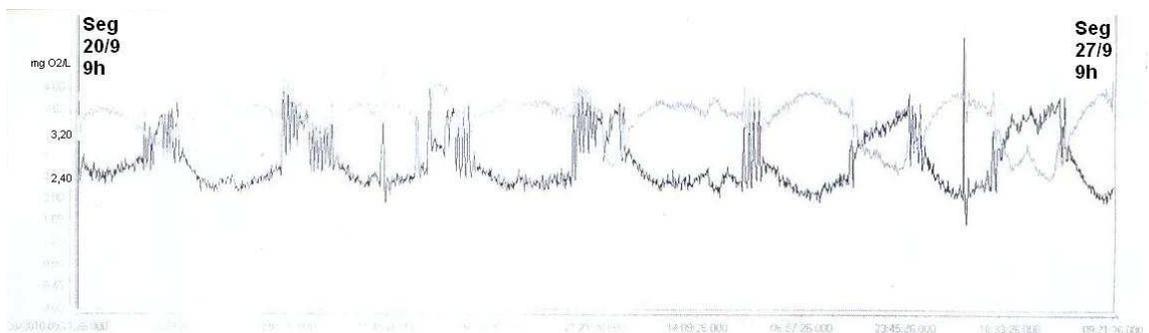


Figura 65- Variação da concentração do O₂ dissolvido nos TAMs (TAM1 linha mais escura, TAM2 mais clara), durante a semana de 20 a 27 de Setembro, com leituras contínuas.