

***Avaliação do Estado de Funcionamento
Geral da ETAR do Febros
(Vila Nova de Gaia)***

**Relatório de Estágio de Mestrado em Ciências e
Tecnologia do Ambiente**

Ana Cristina Marques de Oliveira

Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Águas e Parque Biológico de Gaia, EEM.

Porto, 27 de setembro de 2012

Avaliação do Estado de Funcionamento Geral da ETAR do Febros (Vila Nova de Gaia)

Relatório de Estágio de Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente

Ana Cristina Marques de Oliveira

Orientada por:

Prof. Doutora Maria Teresa Borges

Eng. Raquel Ferreira

*Relatório submetido à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto para obtenção do grau
de Mestre em Ciências e Tecnologia do Ambiente, Ramo de Riscos: Avaliação e Gestão
Ambiental*

Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Águas e Parque Biológico de Gaia, EEM.

Porto, 27 de setembro de 2012

Agradecimentos

Águas e Parque Biológico de Gaia,

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto,

Dr. José Miranda de Sousa Maciel,

Eng. Raquel Ferreira,

Eng. Fátima Meireles,

Prof. Doutora Maria Teresa Borges,

A Eloísa Vieira,

A todos os operadores da ETAR,

E aos Pais.

Resumo

A análise do funcionamento de uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) é muito importante para conhecer a interação e gestão de todas as fases do processo de tratamento existentes nas ETAR e para perceber qual o tipo de gestão adequada.

O estágio na ETAR do Febros ocorreu entre Outubro de 2011 e Julho de 2012. Os principais objetivos foram fazer uma caracterização pormenorizada da ETAR do Febros (V. N. Gaia) e o respetivo controlo analítico, em laboratório, dos parâmetros a estudar, possibilitando assim uma melhor compreensão de todo o processo de gestão da estação de tratamento. Para tal foi compilado e analisado o histórico de dados analíticos existentes no período de 2007 a 2011. O desempenho da ETAR foi avaliado relativamente aos parâmetros constantes na Licença de Rejeição de Águas Residuais Urbanas, e o funcionamento geral analisado face aos valores previstos no respetivo projeto de execução.

Durante os cinco anos analisados observou-se uma variação sazonal, associada à precipitação, na generalidade dos parâmetros estudados. No afluente verificou-se um aumento de biodegradabilidade. Nos reatores biológicos o caudal de recirculação sofreu um ligeiro aumento e o caudal de purga uma diminuição importante, revelando uma melhoria significativa no funcionamento da ETAR, pela redução dos custos associados ao tratamento de lamas. Na generalidade, a ETAR apresentou um bom desempenho, com eficiências de remoção de matéria orgânica e de sólidos acima dos valores mínimos legais exigidos. Observaram-se algumas condicionantes no tratamento biológico, atribuídas à presença de uma grande quantidade de gorduras à entrada da estação. Os parâmetros operacionais estiveram geralmente dentro dos limites de projeto de execução, à exceção do Tempo de Retenção Hidráulico nos decantadores secundários e do Índice Volumétrico de Lamas, possivelmente devido à presença de gorduras no tratamento biológico.

Com vista a melhorar o funcionamento da ETAR, foram sendo efetuados ajustes no sistema, como a adição de uma solução fúngica no processo de tratamento biológico. Globalmente, este trabalho contribuiu para reforçar a importância do conhecimento do funcionamento integrado de todos os equipamentos existentes para a correta gestão de uma ETAR.

Palavras – Chave: ETAR do Febros, Desempenho, Gorduras, Fungos

Abstract

The detailed analysis of the operation of a wastewater treatment plant (WWTP) is a very important tool to understand the interaction and management of all phases existent in the treatment process and to recognize what kind of management action should be applied.

The training in the Febros WWTP occurred between October 2011 and July 2012. The main goals of the present work were to characterize the Febros (V. N. Gaia) WWTP and to perform, in the laboratory, the analytical control of the selected parameters under study. This will allow a better understanding of the whole process of the management of the treatment plant. To achieve that, the historical analytical data collected from 2007 to 2011 were compiled and analyzed. The performance of the WWTP was evaluated for the parameters listed in the Urban Waste Water Rejection Permit, and the overall functioning of the plant was analyzed taking into consideration the values predicted in the respective project of execution.

During the analyzed five years, it was observed a seasonal variation in most of the parameters in study, associated mainly with the precipitation. In the influent, there was an increase in biodegradability. In the biological reactors the return sludge flow rate increased slightly and the waste activated-sludge flow rate suffered an important decrease, showing a significant improvement in the operation of the WWTP, by the reduction of costs associated with sludge treatment. Overall, the WWTP showed a good performance, with removal efficiencies of the organic matter and solids being above the minimum legal requirements. It was also observed some constraints in the biological treatment mainly attributed to the presence of large quantities of oils and fats in the effluents entering in the station. The operating parameters were generally within the limits of the project of execution, with the exception for the Hydraulic Retention Time values in the secondary sedimentation tank and for the Sludge Volumetric Index values, probably again due to the presence of oils and fats in the biological treatment.

In order to improve the operation of the WWTP some adjustments were made to the system namely the addition of a fungal solution to the biological treatment process. Globally, this work contributes to reinforce the importance of knowing the functioning of all WWTP equipments, how they are interconnected and how to control them.

Key words: Febros WWTP, Performance, Fats, Fungus

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Índice.....	iv
Lista de Abreviaturas	x
1.Introdução.....	12
1.1 Enquadramento do estágio curricular.....	12
1.2 A Empresa Águas e Parque Biológico de Gaia, EEM	12
1.3 Processos de Tratamento de Águas Residuais Urbanas	14
1.3.1 Caraterísticas gerais	14
1.3.2 Processos Biológicos – as Lamas Ativadas.....	15
1.3.3 Remoção de Matéria Poluente em Valas de Oxidação	16
1.3.4 Enquadramento Legal.....	18
1.4 Objetivos.....	20
2. Caraterização da ETAR do Febros	21
2.1 Tratamento da Fase Líquida	24
2.1.1 Pré-Tratamento.....	24
2.1.2 Tratamento secundário biológico	26
Funcionamento dos reatores biológicos.....	26
Decantação secundária	29
2.2 Tratamento da Fase Sólida	30
2.2.1 Espessamento de lamas.....	30
2.2.2 Homogeneização e Acondicionamento de Lamas.....	31
2.2.3 Desidratação de lamas	32
2.3 Instalações auxiliares.....	32
3. Metodologias	34

3.1 Métodos analíticos e seleção dos dados a analisar	36
3.2 Escolha dos Valores de Referência	36
4. Análise e discussão dos dados recolhidos	38
4.1 Caudais de funcionamento	38
4.1.1 Caudal de Entrada	39
4.1.2 Caudal de Recirculação	39
4.1.3 Caudal de Purga	40
4.2 Parâmetros Físico Químicos	41
4.3 Poluentes no Afluente e Efluente	42
4.3.1 Carência Bioquímica de Oxigénio	43
4.3.2 Carência Química de Oxigénio	44
4.3.3 Sólidos Suspensos Totais	46
4.3.4 Nutrientes	47
Compostos Azotados	48
Fósforo	51
4.4 Tratamento Biológico	52
4.4.1 Monitorização dos Reatores biológicos	52
MLSS/MLVSS	53
Microfauna e bactérias filamentosas	54
4.4.2 Parâmetros Operacionais	56
Carga Mássica	56
Tempo de Retenção Hidráulico	57
Índice Volumétrico de Lamas	58
Razão de Reciclo	59
Idade das Lamas	60
4.5 Tratamento de Lamas	60
4.5.1 Lama Produzida	61
4.5.2 Percentagem de Matéria Seca	62

4.6 Consumos Energéticos	63
5. Conclusões	64
Considerações e Sugestões Finais	66
6. Bibliografia	68
7. Anexos	71
Anexo I	71
Objetivos Globais do Estágio Curricular	71
Anexo II	72
Órgãos de Tratamento e Equipamentos da ETAR de Febros	72
Anexo III	75
Formulário dos Parâmetros Operacionais	75
Anexo IV	77
Quadro 1 – Médias dos dados do Afluente	78
Quadro 2 – Médias dos dados do Efluente	79
Quadro 3 – Médias dos dados do Tratamento biológico	80
Quadro 4 – Médias dos dados do Tratamento de Lamas	81
Anexo V	83
Ficha Técnica da Produto Optibiom 7450	83

Lista de Figuras

Figura 1 Zona de cobertura das ETAR no concelho de Vila Nova de Gaia (Águas e Parque Biológico de Gaia www.aguasgaia.eu/pt/home.php , acessado em 24/11/2011)	13
Figura 2 Reatores do tipo Vala de Oxidação da ETAR do Febros.....	16
Figura 3 Relações entre os microrganismos presentes nos processos de tratamento de lamas ativadas (Mota, 2001).....	17
Figura 4 ETAR do Febros, Vila Nova de Gaia (Águas e Parque Biológico de Gaia, EEM)	21
Figura 5 Diagrama de processo da ETAR do Febros (VNG).....	23
Figura 6 Gradagem de sólidos grosseiros.....	24
Figura 7 Gradagem de sólidos finos	24
Figura 8 Desarenador e desengordurador	24
Figura 9 Deposição de sólidos de desbaste.....	25
Figura 10 Deposição de areias	25
Figura 11 Tipo de reator de tratamento biológico – Vala de oxidação, na ETAR do Febros	26
Figura 12 Zona óxica do tanque de tratamento.....	27
Figura 13 Zona anóxica do tanque de tratamento.....	27
Figura 14 Decantador secundário	29
Figura 15 Espessador de lamas	31
Figura 16 Preparação do floculante	31
Figura 17 Tremonha metálica	32
Figura 18 Centrífugas de desidratação	32
Figura 19 Sistema de desodorização.....	32
Figura 20 Evolução do caudal afluente a tratar, ao longo dos cinco anos de estudo. .	39
Figura 21 Evolução do caudal de recirculação, ao longo dos cinco anos de estudo ...	40
Figura 22 Evolução do caudal de purga, ao longo dos cinco anos de estudo	41
Figura 23 Monitorização do parâmetro pH no afluente e efluente, ao longo do período de análise	42
Figura 24 Monitorização do parâmetro condutividade elétrica no afluente e efluente, ao longo do período de análise.....	42
Figura 25 Monitorização da concentração de Carência Bioquímica de Oxigénio, presente no afluente e efluente, ao longo dos cinco anos.....	44

Figura 26 Monitorização da concentração de Carência Química de Oxigénio presente no afluente e efluente, ao longo dos cinco anos	45
Figura 27 Evolução da biodegradabilidade do afluente e efluente ao longo do período de estudo.....	46
Figura 28 Monitorização do teor de Sólidos Suspensos Totais no afluente e efluente, ao longo dos cinco anos	47
Figura 29 Monitorização das concentrações dos compostos azotados presentes no afluente, ao longo dos cinco anos.....	49
Figura 30 Monitorização das concentrações dos compostos azotados presentes no efluente, ao longo dos cinco anos.....	50
Figura 31 Estudo da variação do Fósforo no afluente e efluente da ETAR do Febros e da temperatura ambiente, ao longo dos cinco anos.....	52
Figura 32 Evolução da biomassa presente no tratamento biológico com os caudais de purga e recirculação ao longo do período em estudo (os valores para a purga foram multiplicados por 3 para maior visibilidade).....	53
Figura 33 Valores da Carga Mássica observados ao longo do tempo de estudo	56
Figura 34 Variação do Tempo de Retenção Hidráulico dos reatores biológicos e decantadores secundários ao longo dos cinco anos de estudo	57
Figura 35 Evolução do Índice Volumétrico de Lamas ao longo dos cinco anos de estudo.....	58
Figura 36 Variação da razão de reciclo com a carga poluente (como CQO) a tratar... 59	
Figura 37 Valores da Idade das Lamas observados ao longo dos cinco anos de estudo	60
Figura 38 Variação da lama a espessar, lama espessada e desidratada ao longo do período de análise	61
Figura 39 Evolução da Percentagem de matéria seca da lama espessada e desidratada.....	62
Figura 40 Consumos energéticos na ETAR do Febros ao longo de cinco anos	63

Lista de Quadros

Quadro 1 Tipos principais de reatores utilizados no processo de lamas activadas	15
Quadro 2 Condições ótimas para ocorrência de nitrificação. (Bitton,1994, citado por Sousa 2011).	18
Quadro 3 Requisitos para as descargas das estações de tratamento de águas residuais urbanas sujeitas ao Decreto de Lei nº 152/97.....	19
Quadro 4 Requisitos para as descargas das estações de tratamento de águas residuais urbanas em zonas sensíveis sujeitas a eutrofização, segundo o Decreto de Lei nº 348/98.....	19
Quadro 5 Valores dos parâmetros de dimensionamento e operação da estação de tratamento de efluentes do Febros (V.N.Gaia).....	22
Quadro 6 Parâmetros típicos para o processo de lamas ativadas com reatores do tipo vala de oxidação.....	28
Quadro 7 Valores de referência para o Índice Volumétrico de Lamas.....	30
Quadro 8 Plano do controlo analítico e procedimentos.....	35
Quadro 9 Principais alterações que ocorreram no funcionamento da ETAR nos cinco anos de estudo	38
Quadro 10 Conformidade das concentrações da CBO ₅ no afluente com os valores de projeto, os limites da licença de descarga e as eficiências presentes na legislação. ..	43
Quadro 11 Conformidade das concentrações de CQO no afluente com os valores de projeto, os limites da licença de descarga e as eficiências presentes na legislação ...	45
Quadro 12 Conformidade das concentrações de SST no afluente com os valores de projeto, os limites da licença de descarga e as eficiências presentes na legislação. ..	47
Quadro 13 Conformidade das concentrações de Azoto total no afluente com os valores de projeto e as eficiências de remoção com os limites legislativos impostos.	48
Quadro 14 Conformidade das concentrações de Fósforo no afluente com os valores de projeto e as eficiências de remoção com os limites legislativos impostos.	51
Quadro 15 Tipos de microrganismos mais abundantes no licor misto dos reatores da ETAR do Febros.....	55

Lista de Abreviaturas

A/M – Razão Alimento/Microrganismos

ARH – Administração da Rede Hidrográfica

CBO – Carência Bioquímica de Oxigénio

CBO₅ – Carência Bioquímica de Oxigénio ao fim de cinco dias

CQO – Carência Química de Oxigénio

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

IVL – Índice Volumétrico de Lamas

MLSS – Mixed Liquour Suspended Solids (Sólidos Suspensos no Licor Misto)

MLVSS – Mixed Liquour Volatile Suspended Solids (Sólidos Suspensos Voláteis no Licor Misto)

NTK- Azoto Total Kjeldahl

SST – Sólidos suspensos totais

TRH – Tempo de Retenção Hidráulico

TRL – Tempo de Residência das Lamas

1.Introdução

1.1 Enquadramento do estágio curricular

O segundo ciclo de estudos do mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente define como principais objetivos o desenvolvimento de competências profissionais, o adquirir da capacidade de compreensão, de resolução de problemas e de definir soluções, quer seja no âmbito da investigação ou no âmbito empresarial. Desta forma permite uma aprendizagem autónoma ao longo da vida, contribuindo para o desenvolvimento pessoal e profissional do mestrando.

O mestrado é dividido em dois anos, estando o primeiro relacionado com a aprendizagem e alargamento de conceitos e o segundo com o estágio/dissertação. Os objetivos assentam na aquisição e desenvolvimento de competências técnicas, relacionais e organizacionais, permitindo a qualificação profissional e preparando o estagiário para o mercado de trabalho.

A Empresa Águas e Parque Biológico de Gaia, EEM, aceitou admitir um estagiário, durante um ano letivo, no âmbito da temática do tratamento de águas residuais na ETAR do Febros. O estágio teve como orientadoras a Prof. Doutora Maria Teresa Borges da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e a Eng^a Raquel Ferreira da Empresa Águas e Parque Biológico de Gaia, EEM.

1.2 A Empresa Águas e Parque Biológico de Gaia, EEM

Até 1998 os serviços municipalizados de água e saneamento de Vila Nova de Gaia garantiam o abastecimento de água no município, apesar de ocorrerem algumas perdas. Por outro lado, o serviço de saneamento era incipiente e não havia tratamento de águas residuais. Com o crescimento populacional, o nível de exigência de abastecimento e de sistemas de rejeição das águas residuais tornou-se mais rigoroso, levando ao estabelecimento de sistemas de drenagem mais complexos e com maior potencial para realizar uma gestão adequada face às novas exigências. Com vista a

melhorar os serviços e garantir o funcionamento do sistema de saneamento surge, em 1999, a empresa Águas de Gaia, que atualmente se designa por Águas e Parque Biológico de Gaia, EEM.

O sistema de saneamento do município de Vila Nova de Gaia compreende cinco ETAR (Figura 1), um exutor submarino e 85 estações elevatórias, permitindo reduzir o impacto associado à poluição dos ecossistemas e o risco para a saúde humana. É de referir que no ano 2000, a rede pública de saneamento não atingia os 324km e não servia mais do que 32% das habitações existentes. Atualmente, abrange todo o território municipal, numa extensão de 1215km e está apta a receber todas as ligações que possam surgir.

Com o arranque das ETAR do Areinho, Gaia Litoral, Febros e Crestuma, no ano de 2003, houve uma produção de 5516 milhares de m³ de efluente tratado nesse ano e 10456 milhares de m³ no ano seguinte. No ano de 2010 o volume global de águas residuais tratadas foi de 15331 milhares de m³. (Águas de Gaia, EEM, www.aguasgaia.eu/pt/home.php, acedido em 24/11/2011).



Figura 1 Zona de cobertura das ETAR no concelho de Vila Nova de Gaia (Águas e Parque Biológico de Gaia www.aguasgaia.eu/pt/home.php, acedido em 24/11/2011)

1.3 Processos de Tratamento de Águas Residuais Urbanas

As águas residuais resultam de diversas atividades ou ocorrências associadas à vida humana, tendo como origem o uso doméstico, agrícola ou industrial. Mediante estas atividades, as águas residuais apresentam diferentes características que vão influenciar o tipo de tratamento necessário para que a água possa ser lançada no meio natural sem causar impactos negativos no ecossistema. Consideram-se águas residuais urbanas, as águas residuais domésticas ou a mistura destas com águas residuais industriais e/ou águas pluviais, conforme o definido no Decreto-Lei n.º152/97. O tratamento das águas residuais só é possível através das ETAR, infraestruturas que permitem a remoção da matéria poluente presente nas mesmas.

1.3.1 Características gerais

Os sistemas de tratamento existentes para águas residuais urbanas são muito diversificados e as suas características vão depender da especificidade do afluente, dos limites legais exigidos, das características do meio recetor e ainda dos custos e disponibilidade dos terrenos para implantação.

Nestes sistemas, o tratamento de águas residuais urbanas divide-se em **fases de tratamento**:

- Pré-tratamento e Tratamento primário – Separação física da matéria sólida do efluente.
- Tratamento secundário – Remoção da maior parte da matéria orgânica e nutrientes presentes no efluente, através de processos biológicos/químicos.
- Tratamento terciário e avançado – Desinfecção e combinações de processos para remover constituintes específicos e melhorar a qualidade do afluente (Myers, 1996).

1.3.2 Processos Biológicos – as Lamas Ativadas

Geralmente, para efluentes do tipo doméstico e urbano (mistura de água residual industrial e doméstica), o tratamento realizado é feito à base de processos biológicos através de uma comunidade de microrganismos (biomassa) que se desenvolve nos tanques de tratamento (reatores biológicos). As diversas características das águas residuais levam à existência de uma ampla variedade de tanques de tratamento. Existem tratamentos de águas residuais em ambientes aeróbios, anóxicos, anaeróbios ou ambientes combinados. Além disso, nos reatores biológicos a biomassa pode encontrar-se suspensa ou fixa a suportes nos tanques de tratamento.

Na ETAR em estudo (ETAR do Febros), o tratamento realizado é feito em meio suspenso, em condições aeróbias e anóxicas, sendo utilizado o processo de lamas ativadas.

Dentro do processo de lamas ativadas existem vários tipos de reatores nomeadamente, o de mistura completa, o de escoamento tipo pistão e o de arejamento prolongado, com a variante vala de oxidação, tipo adotado em Febros. O quadro 1 refere alguns exemplos dos tipos de reatores de tratamento existentes.

Quadro 1 Tipos principais de reatores utilizados no processo de lamas activadas

Escoamento pistão	Arejamento prolongado
Alta carga	Vala de oxidação
Alimentação faseada	Orbal
Arejamento prolongado convencional	SBR (Sequencing Batch Reactor)
Estabilização por contato	Uni-tanque

Adaptado de Metcalf & Eddy 2003

A utilização de uma combinação de processos (aeróbios e anóxicos) é a solução mais adequada no caso da ETAR do Febros (Figura 2) porque, entre outras razões, permite tratar uma grande quantidade de caudal, remover de forma eficiente a matéria orgânica e eliminar a maioria dos nutrientes presentes na água residual, sem haver necessidade de realizar tratamento primário. Além disso, é um processo simples e muito eficaz, com capacidade de resistir a cargas tóxicas sem afetar a qualidade do efluente. No que respeita às lamas secundárias produzidas, estas são reduzidas e a sua estabilização é eficaz. Contudo, requer uma grande área de implementação e a capacidade de expansão é mais difícil. Além disso, podem ocorrer dificuldades no

alcance dos valores predefinidos da razão A/M, visto serem valores baixos (Metcalf & Eddy, 2003). Na seção deste trabalho referente à caracterização da ETAR do Febros é feita uma descrição mais detalhada do funcionamento do sistema de tratamento em estudo.

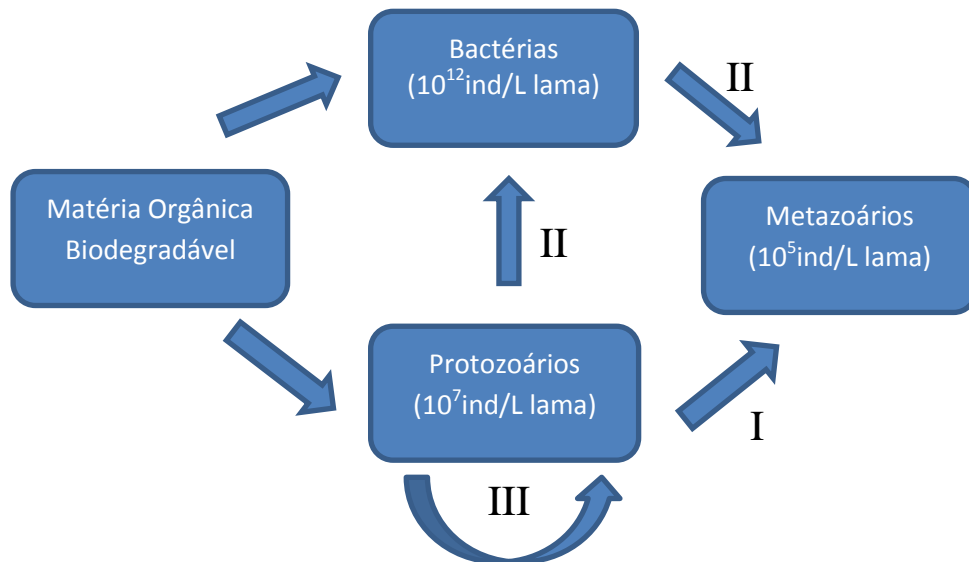


Figura 2 Reatores do tipo Vala de Oxidação da ETAR do Febros.

1.3.3 Remoção de Matéria Poluente em Valas de Oxidação

As águas residuais que chegam às estações de tratamento são constituídas por matéria inorgânica (sendo na maioria compostos de azoto e fósforo), matéria orgânica e microrganismos. Ocorre a remoção de poluentes por ação dos microrganismos, que vão crescer e formar flocos. São estes que vão permitir, posteriormente, uma separação física da matéria poluente do efluente final. As comunidades bióticas presentes no reatores biológicos compreendem diferentes microrganismos que estabelecem entre si relações de predação (I), competição (II) e canibalismo (III) (Figura 3). Inicialmente, a rede trófica nos processos de lamas ativadas começa pela matéria orgânica, substrato para o crescimento de bactérias, e de alguns flagelados e protozoários, nomeadamente, ciliados nadadores livres. Seguidamente desenvolvem-se outros tipos de protozoários (primeiro ciliados sésseis e depois ciliados móveis de fundo) que se alimentam das bactérias e ainda metazoários cujo alimento são bactérias e protozoários. Geralmente, 95% dos organismos presentes na cadeia trófica são bactérias (Abreu, 2004). Acrescente-se que estas têm o papel de degradar a maioria da matéria poluente presente na água residual e que os protozoários são fundamentais para o bom desempenho da ETAR,

visto reduzirem a turbidez do efluente final, estimularem o crescimento bacteriano e promoverem a floculação da biomassa. (Mota M., 2001).



(Figura 3 Relações entre os microrganismos presentes nos processos de tratamento de lamas ativadas (Mota, 2001)

processo de remoção da matéria orgânica, ocorre através de bactérias heterotróficas que convertem estes compostos em matéria inorgânica. A matéria orgânica é a fonte de crescimento e manutenção destes microrganismos.

A remoção biológica de fósforo ocorre através da ação do metabolismo microbiano e a remoção de azoto acontece por dois processos distintos, a nitrificação (conversão de amónia em nitrito e deste em nitrato) e desnitrificação (conversão de nitrato em azoto livre), sendo que cada etapa requer condições específicas de funcionamento. Os microrganismos nitrificantes apresentam características próprias que as colocam numa situação vulnerável na competição com as bactérias heterotróficas, nomeadamente uma taxa de crescimento lenta. Além disso, estas bactérias são mais sensíveis a substâncias tóxicas e a alterações nas condições ambientais, como o pH e a temperatura (Tomei et al., 1996).

A nitrificação ocorre em dois processos sequenciais, nitritação (oxidação de amónia em nitrito) e nitratção (oxidação de nitrito em nitrato). A cada processo está associada um género de bactérias, como por exemplo *Nitrosomas* e *Nitrobacter*, respetivamente. A nitrificação ocorre na presença de oxigénio e é condicionado pelos parâmetros apresentados no Quadro 2 (Sousa, 2011).

Quadro 2 Condições ótimas para ocorrência de nitrificação. (Bitton,1994, citado por Sousa 2011).

Caraterísticas	Valor/ Intervalo
pH (para 95% de nitrificação)	7.5-8.4
Temperatura admissível (para 95% de nitrificação)	15-35°C
Temperatura ótima	30°C
MLVSS(Mixed Liquour Volatite Suspended Solids)	1200-2500 mg/L

O processo de desnitrificação ocorre em condições anóxicas através da atividade de bactérias heterotróficas desnitrificantes, sendo que nestas o teor de oxigénio é um fator limitante para ocorrer este processo (Vieira, 2005). Alguns géneros de microrganismos capazes de realizar desnitrificação são as *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Acinetobacter* e *Alcaligenes*. Os principais fatores que afetam este processo são as condições respiratórias, isto é, não pode existir oxigénio livre e tem de haver uma concentração adequada de nitrato. Além disso, o processo é ainda afetado pela presença de matéria orgânica, temperatura e pH (Sousa, 2011)

1.3.4 Enquadramento Legal

A Directiva nº 91/271/CEE, definida pela Comissão Europeia, surge com a necessidade de definir novas medidas, mais exigentes, para a recolha, tratamento e descarga de águas residuais urbanas e de determinados setores industriais, devido ao crescente aumento da população.

O Decreto – Lei Nº 152/97 transpõe esta diretiva para o direito português, definindo assim os requisitos de qualidade para as descargas das estações de tratamento de águas residuais urbanas, os métodos de referência para avaliação de conformidade e os critérios para definição de zonas sensíveis e menos sensíveis. Segundo este Decreto-Lei, o rio Douro, massa de água para onde aflui o rio Febros, meio recetor da descarga da ETAR com o mesmo nome, apesar de não ser o seu recetor final, é considerado como Zona Não Sensível.

Segundo o Plano de Gestão da Rede Hidrográfica do Douro de 2011, o rio Febros apresenta boas caraterísticas em relação ao estado químico mas como, a nível ecológico o mesmo não acontece, o rio Febros é considerado como massa de água “mediocre”. Este documento também refere que as principais pressões existentes se devem à ETAR, agricultura e indústrias.

O Quadro 3 indica os limites de descarga permitidos pela presente legislação, indo de encontro à licença de rejeição de águas residuais urbanas nº230/2003, emitida pela ARH Norte, para a ETAR do Febros.

Quadro 3 Requisitos para as descargas das estações de tratamento de águas residuais urbanas sujeitas ao Decreto de Lei nº 152/97

Parâmetros	Concentração	Percentagem mínima de redução ⁽¹⁾
Carência bioquímica de oxigénio (CBO₅ a 20°C) sem nitrificação ⁽²⁾	25mg/L O ₂	70-90%
Carência química de oxigénio (CQO)	125mg/L O ₂	75%
Total de partículas sólidas em suspensão ⁽³⁾	35mg/L	90%

(1) Redução em relação à carga do afluente; (2) o parâmetro pode ser substituído por outro: carbono orgânico total (COT) ou carência total de oxigénio (CTO), se for possível estabelecer uma relação entre a CBO₅ e o parâmetro de substituição; (3) Este requisito é facultativo.

Como a ETAR do Febros não se encontra numa zona sensível não é necessário fazer o controlo dos nutrientes (azoto e fósforo total). Contudo, segundo a Lei 97/2008, a estação é obrigada a pagar uma taxa de recursos hídricos sobre a quantidade de matéria orgânica e nutrientes que envia para o meio recetor. Com o fim de avaliar a qualidade do efluente da ETAR do Febros, no que respeita aos nutrientes, é apresentado o Quadro 4 com os limites legais impostos para zonas sensíveis, segundo o Decreto – Lei Nº 348/98.

Quadro 4 Requisitos para as descargas das estações de tratamento de águas residuais urbanas em zonas sensíveis sujeitas a eutrofização, segundo o Decreto de Lei nº 348/98

Parâmetros	Concentração	Percentagem mínima de redução ⁽¹⁾
Fósforo total	2mg/L P (10000 – 100000 e.p.)	80%
	1 mg/L P (mais de 100000 e.p.)	
Azoto total ⁽²⁾	15 mg/L N (10000 – 100000 e.p.)	70-80%
	10mg/L N (mais de 100000 e.p.) ⁽³⁾	

(1) Redução em relação à carga do afluente; (2) Por azoto total entende-se a soma do total de azoto-Kjeldahl (N orgânico+NH₃), azoto de nitratos (NO₃) e azoto de nitritos (NO₂); (3) Os valores de concentração apresentados são médias anuais. Alternativamente, a média diária não poderá exceder 20 mg/l N. Este requisito refere-se a uma temperatura da água igual ou superior a 12°C durante o funcionamento do reator biológico da instalação de tratamento de águas residuais.

1.4 Objetivos

De uma forma geral, a realização deste trabalho em âmbito empresarial, além de permitir a aquisição de novos conhecimentos e experiências na área do tratamento de águas residuais, fornece a possibilidade de conhecer e aprender a lidar com situações e problemas que acontecem na empresa. Desta forma, há uma contribuição para o desenvolvimento de uma atitude dinâmica e proativa perante imprevistos que possam ocorrer e influenciar os planos de trabalho previamente definidos. Os objetivos globais do estágio curricular realizado de Outubro 2011 a Julho 2012 encontram-se especificados no Anexo I. Dentro das atividades realizadas na ETAR, aquela que constituiu o objeto de realização do presente relatório foi a **compilação e análise de um conjunto de dados analíticos entre 2007 e 2011**.

Uma das principais metas a alcançar foi fazer uma **caraterização pormenorizada da ETAR do Febros**. Observar os órgãos de tratamento em cada etapa e perceber o seu mecanismo de funcionamento são pontos fundamentais que permitem compreender a interação que existe entre todos os processos do tratamento, e a importância do controlo dos equipamentos a que estão associados.

Com este trabalho também foi possível fazer o **controlo do desempenho da ETAR através dos parâmetros analisados em laboratório e dos parâmetros operacionais**, durante o período de estágio. O uso destes indicadores é importante pois permite avaliar se o desempenho dos processos de tratamento está a ocorrer dentro dos valores esperados ou se existe alguma anormalidade no funcionamento da ETAR.

O **conhecimento das dificuldades** que existem **na gestão** de todo o **processo de tratamento de águas residuais** foi também um ponto importante a estudar, assim como entender as medidas adotadas para a melhoria do funcionamento da ETAR do Febros.

2. Caracterização da ETAR do Febros

Para se conseguir fazer uma correta avaliação do funcionamento geral da ETAR do Febros é necessário fazer uma descrição da mesma, referindo as suas principais características.

A ETAR do Febros (Figura 4) foi inaugurada em 2003 e localiza-se na freguesia de Oliveira do Douro, junto da margem esquerda do rio Febros, próximo da sua confluência com o Douro. Encontra-se na bacia Nordeste do Douro e está dimensionada para uma população de 80000 habitantes/equivalentes. Permite o tratamento de águas residuais das freguesias de Avintes, Olival, Seixezelo, Vilar de Andorinho e parte de Oliveira do Douro, estando assim enquadrada num ambiente urbanizado. Além disso, também recebe águas residuais provenientes da zona industrial localizada em Avintes, sendo considerada desta forma uma ETAR urbana (Águas e Parque Biológico de Gaia, EEM).

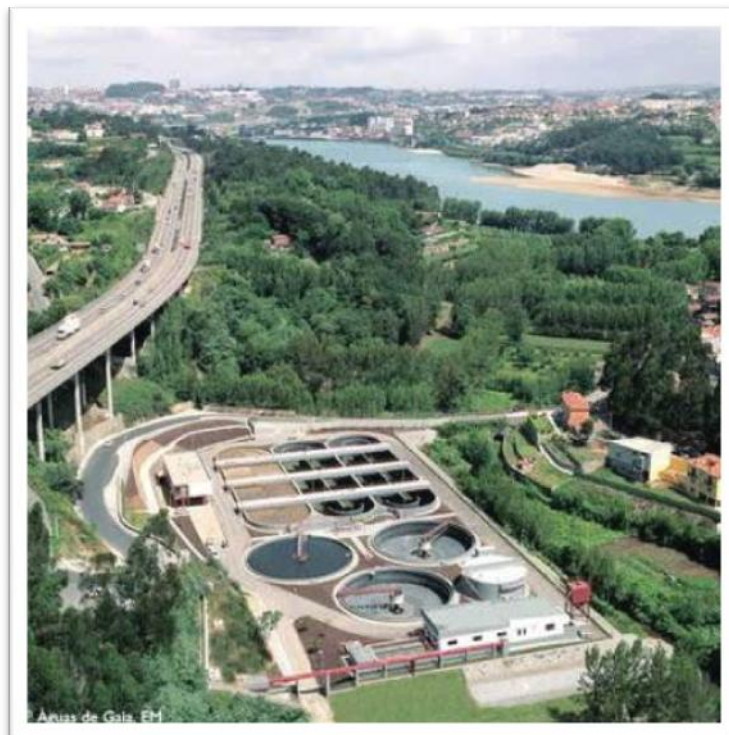


Figura 4 ETAR do Febros, Vila Nova de Gaia (Águas e Parque Biológico de Gaia, EEM)

No Quadro 5 são apresentados alguns dados relevantes para a compreensão das características e do funcionamento da ETAR.

Quadro 5 Valores dos parâmetros de dimensionamento e operação da estação de tratamento de efluentes do Febros (V.N.Gaia).

Parâmetros		Ano 2000	Ano 2020	Resultados a obter
		Valores de projeto	Valores de projeto	
Caudais	Caudal diário (m ³ /d)	7336.1	13846.9	
	Caudal máximo (m ³ /h)	999.4	1650.2	
Contaminantes	Concentração média de CBO ₅ (mg/L)	520	385	≤25
	Carga diária de CBO ₅ (kg/d)	3811	5334	
	Concentração média de CQO (mg/L)	868	639	
	Carga diária de CQO (kg/d)	6366	8848	
	Relação CBO ₅ /CQO	0.60	0.60	
	Concentração média de S.S. (mg/L)	618	455	≤35
	Carga diária de S.S. (kg/d)	4537	6298	
	Concentração média de N.T.K (mg/L)	91	66	≤20
	Carga diária de N.T.K. (kg/d)	670	913	
	Concentração média de P (mg/L)	23	17	
	Carga diária de P (kg/d)	167	228	
	Lama	Percentagem de Lama Seca (%)	-	
Redução de sólidos voláteis (%)		-		40

O tratamento realizado na ETAR de Febros é dividido em duas fases de tratamento: fase líquida (água residual) e fase sólida (lamas). Na Figura 5 apresenta-se o diagrama de processo da ETAR em estudo.

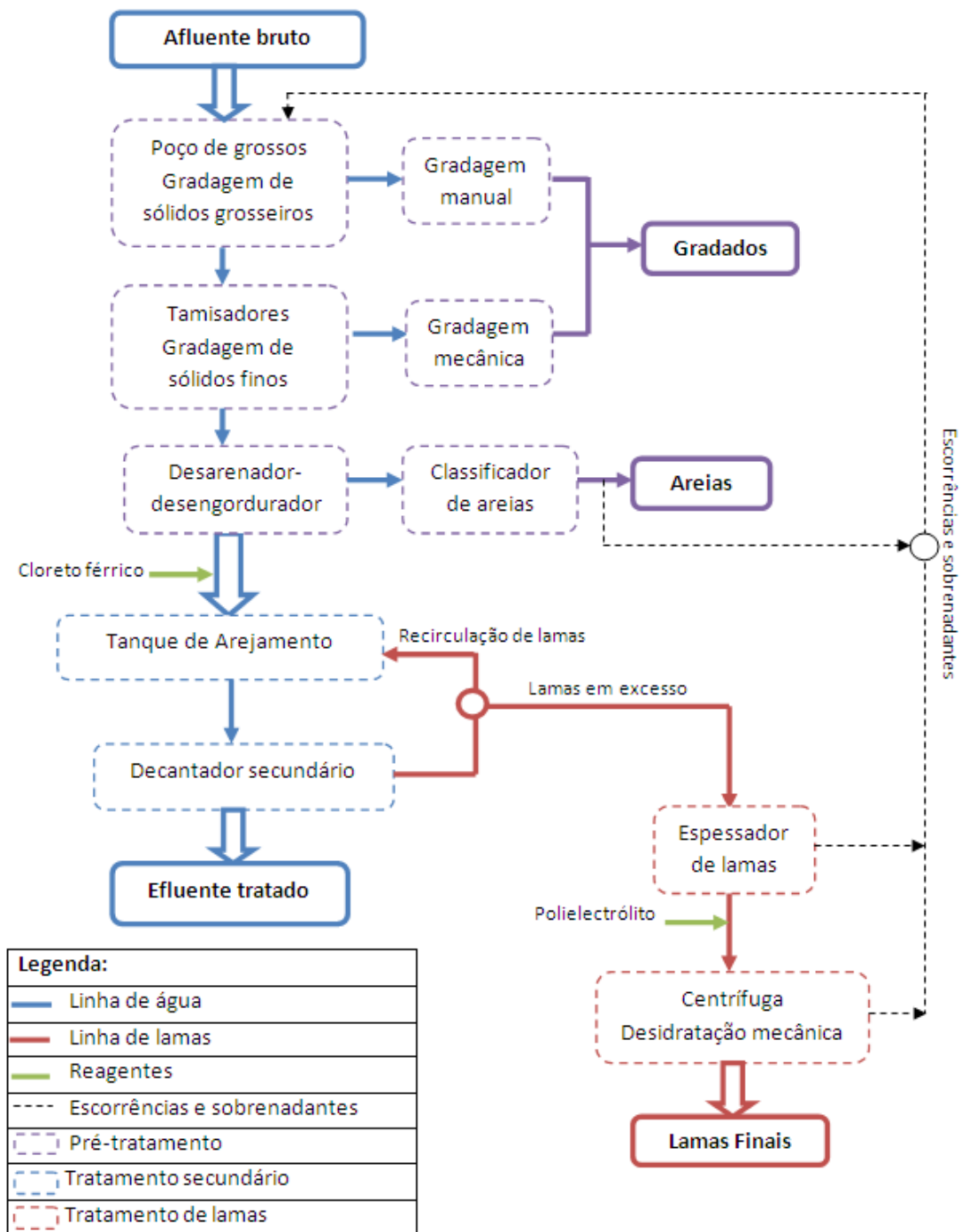


Figura 5 Diagrama de processo da ETAR do Febros (VNG)

A seguir é feita uma descrição pormenorizada do funcionamento da ETAR com referência aos principais equipamentos usados em cada etapa. No Anexo II é apresentada a informação acerca dos equipamentos mais importantes da ETAR do Febros, incluindo o número total existente e a indicação dos que estão em funcionamento.

2.1 Tratamento da Fase Líquida

A água residual chega à estação de tratamento por gravidade, sendo depois encaminhada para a fase de Pré-tratamento. Depois desta etapa segue-se a fase mais importante do tratamento de águas residuais, o tratamento secundário.

2.1.1 Pré-Tratamento

Esta fase tem como objetivo proteger o funcionamento das estruturas e equipamentos da estação de tratamento através da remoção de sólidos grosseiros, como plásticos, madeiras, tecidos, areias e gorduras.

Assim o pré-tratamento ocorre através de três processos:

- **Gradagem de sólidos grosseiros (Figura 6)**
- **Gradagem de sólidos finos (Figura 7)**
- **Desarenação-desengorduramento (Figura 8).**



Figura 6 Gradagem de sólidos grosseiros



Figura 7 Gradagem de sólidos finos



Figura 8 Desarenador e desengordurador

O afluente, quando dá entrada na estação de tratamento, é encaminhado para o poço de grossos onde são removidos os materiais de maior dimensão através de uma colher bivalve. Posteriormente, ocorre a gradagem de sólidos grosseiros, a partir de uma grelha de limpeza manual, e a gradagem de sólidos finos (sólidos de desbaste) com dois tamisadores, que funcionam de forma automática, e de uma grelha manual. De seguida, o afluente passa por duas linhas de desarenamento/desengorduramento com arejamento por meio de difusores. O arejamento faz com que as gorduras ascendam até à superfície, possibilitando a sua remoção através de pontes raspadoras. As areias que se depositam no fundo do desarenador, por ação da gravidade, são extraídas através de uma bomba que as descarrega no classificador de areias, onde aí ocorre a separação da matéria orgânica do efluente. De notar que havendo alguma avaria no desarenador, o desengordurador vai ser afetado no seu funcionamento (e vice-versa), pois ambos funcionam em simultâneo.

Os resíduos produzidos nesta fase de tratamento são os materiais grosseiros (transportados pela colher bivalve até um contentor), sólidos finos, areias e gorduras. Os sólidos finos, através de um parafuso sem-fim e de uma prensa de resíduos, são encaminhados a um contentor (Figura 9). As areias resultantes do processo de desarenamento depois de passarem pelo classificador são depositadas (Figura 10). Relativamente às gorduras, depois de serem removidas do afluente, são descarregadas numa caixa concentradora e posteriormente bombeadas a um contentor.

As escorrências resultantes do classificador e da remoção das gorduras retornam à cabeça do processo.

De notar que os resíduos grosseiros resultantes desta fase são considerados como resíduos perigosos, sendo por isso encaminhados para uma empresa especializada, que lhe atribuirá o destino final mais indicado. Já as areias e gorduras são enviadas para aterro.



Figura 10 Deposição de areias



Figura 9 Deposição de sólidos de desbaste

2.1.2 Tratamento secundário biológico

O tratamento secundário é geralmente a fase mais sensível e importante de todo o processo, uma vez que depende do desenvolvimento das comunidades microbiológicas para a remoção da matéria orgânica e nutrientes existentes no afluente.

Após o tratamento biológico em valas de oxidação, ocorre a decantação secundária, etapa onde se realiza a sedimentação de toda a matéria em suspensão que se formou nos tanques de arejamento.

Funcionamento dos reatores biológicos

Os reatores biológicos do tipo Vala de Oxidação (Figura 11) permitem que o afluente percorra duas zonas distintas, a zona óxica e anóxica, com um fluxo unidirecional e com o fim de alcançar maior rendimento na remoção de matéria orgânica e nutrientes.



Figura 11 Tipo de reator de tratamento biológico – Vala de oxidação, na ETAR do Febros

O afluente proveniente do pré-tratamento passa por um caudalímetro, onde é efetuada a medição do caudal a entrar no tratamento biológico. Seguidamente, o afluente afluí por gravidade para uma caixa repartidora de caudal, ocorrendo uma mistura uniforme do afluente e do licor misto que é recirculado dos tanques de tratamento. A partir daí, esta mistura entra nos dois tanques de arejamento em funcionamento, com um volume de 6054m^3 cada um.

O arejamento é feito de forma contínua, a partir de rotores de superfície e a regulação do teor de oxigénio na zona óxica dos reatores biológicos é realizada de forma automática. Através da informação fornecida pelas sondas de oxigénio, os cinco rotores de superfície em funcionamento são ligados ou desligados. Isto é, se o teor de oxigénio estiver abaixo do valor predefinido (geralmente 0.6 ppm), os rotores são ligados por um determinado período de tempo até os reatores atingirem a concentração de oxigénio necessária para o processo de tratamento biológico ocorrer. De referir que, por vezes, também se poderá atuar manualmente sobre o arranque ou paragem dos arejadores de superfície. Em cada reator biológico também existem dois agitadores submersíveis, que funcionam continuamente, e permitem manter os sólidos em suspensão e a recirculação interna.

A zona óxica (Figura 12) situa-se nos locais onde estão os rotores de arejamento de superfície e a zona anóxica (Figura 13) encontra-se nas zonas onde não há arejamento.



Figura 12 Zona óxica do tanque de tratamento



Figura 13 Zona anóxica do tanque de tratamento

De notar que na fase de arranque da ETAR do Febros, os cinco rotores existentes nos tanques de tratamento estiveram sempre em funcionamento, permitindo o estabelecimento das condições ambientais necessárias para as comunidades microbiológicas se desenvolverem. Durante este período, a zona anóxica ocupava apenas um dos 8 secionamentos existentes na ETAR (cerca de 700m³). Contudo, a partir do início do ano de 2008, adotou-se uma medida (referida mais adiante e que é executada até ao fim do estudo analisado), com vista a melhorar o desempenho do

tratamento biológico, que permitiu desligar dois rotores de arejamento. Desde esse momento até ao fim do período de estudo a zona anóxica passou a existir em 3 dos 8 seccionamentos (cerca de 2200m³).

Com este tipo de sistema de tratamento de águas residuais consegue-se fazer uma alternância na dinâmica do funcionamento das comunidades bióticas existentes nos reatores biológicos, permitindo a realização em simultâneo dos processos de remoção de matéria orgânica e de nutrientes.

Estes tipos de reatores são também conhecidos por funcionarem com tempos de retenção da biomassa elevados, uma Razão A/M (Alimento/Microrganismos) baixa e tempos de retenção hidráulicos relativamente longos (Quadro 6). Isto leva a que as comunidades bióticas se encontrem na fase de desenvolvimento endógena, ocorrendo metabolização de reservas dos microrganismos, e levando à redução das lamas produzidas. Sendo sistemas de arejamento prolongado, o aumento do tempo de retenção implica, por vezes, maiores necessidades de oxigenação, o que tem como consequência um aumento dos custos energéticos associados ao funcionamento dos arejadores. Por outro lado, os custos associados ao tratamento de lamas são mais reduzidos, pois a sua produção é menor.

Quadro 6 Parâmetros típicos para o processo de lamas ativadas com reatores do tipo vala de oxidação

	MLSS, mg/L	Tempo de retenção hidráulico no R.Bio., h	Tempo de retenção hidráulico no Dec., h	A/M, kgCBO5/kgMLSSV.d	Carga mássica, kg CBO5/KgMLSS.d	Tempo de residência das lamas (Idade das Lamas), d
Valores típicos¹	3000-5000	15-30	-	0.04-0.10	-	15-30
Valores projeto²	4500	40	10	-	0.07	16

MLSS – Mixed Liquour Suspended Solids (Sólidos Suspensos no Licor Misto)

MLVSS – Mixed Liquour Volatile Suspended Solids (Sólidos Suspensos Voláteis no Licor Misto)

¹ Valores extraídos de Metcalf & Eddy, 2003

² Valores extraídos de Projecto de execução da ETAR do Febros

O significado e as fórmulas dos parâmetros referidos encontram-se no Anexo III.

Embora não esteja definida do projeto de execução, é de referir que nos reatores biológicos é adicionada, diariamente, uma solução fúngica que contribui para a melhoria do desempenho do funcionamento da ETAR, como será possível observar mais adiante, no seção 4.

O excesso de biomassa formada no processo de tratamento é portanto removido na decantação secundária.

Decantação secundária

Nesta etapa do tratamento é feita a separação de sólidos provenientes do tratamento biológico, num decantador, através do fenómeno físico de sedimentação-decantação.

A ETAR em estudo tem em funcionamento três decantadores secundários de forma cilíndrica e volume de 1951m³ cada um, como se pode observar na Figura 14. Estes decantadores permitem um fluxo vertical de elevado rendimento e são constituídos por raspadores de fundo e uma ponte de rotação radial de arrasto periférico com raspadores de superfície. O acionamento dos raspadores de fundo e de superfície é feito através da ponte giratória, que se encontra apoiada no centro e na parte superior do decantador.



Figura 14 Decantador secundário

O funcionamento da ponte raspadora é efetuado por meio de um grupo motorreductor. Assim, à medida que a ponte vai rodando, os raspadores de superfície removem sobrenadantes e os raspadores de fundo evitam possíveis obstruções de lama. Os sobrenadantes resultantes são enviados para a caixa concentradora de sobrenadantes e posteriormente para a obra de entrada. Deste processo resultam o efluente tratado e as lamas secundárias.

O efluente tratado passa pelo caudalímetro (medição do caudal de saída) e posteriormente segue para a obra de saída.

As lamas secundárias são encaminhadas para locais diferentes: linha de lamas (lama em excesso, resultando da purga do decantador) e reatores biológicos,

ocorrendo assim a recirculação de lamas. Desta forma, permite-se que haja sempre a manutenção de um nível de biomassa adequado nos reatores biológicos.

Para avaliar a sedimentabilidade das lamas produzidas calcula-se diariamente o Índice Volumétrico de Lamas (IVL – ver significado no Anexo III). A seguir é apresentado o Quadro 7 que refere os valores de referência para este parâmetro.

Quadro 7 Valores de referência para o Índice Volumétrico de Lamas.

Índice Volumétrico de Lamas (ml/g)	
Valores de referência¹	Excelente: < 80 Bom: 80-150 Fraco: >150
Valores de referência²	150

¹ (Metcalf & Eddy, 2003)

² (ETAR do Febros: Manual de instruções de funcionamento e manutenção da ETAR.)

2.2 Tratamento da Fase Sólida

O tratamento de lamas pode ser dividido em três fases: Espessamento, Homogeneização e Acondicionamento, e Desidratação. Estes processos, apesar de não estarem diretamente ligados ao tratamento do afluente, são de grande importância e o seu bom funcionamento é crucial para que a ETAR apresente um bom desempenho. É de salientar que o tratamento de lamas é um dos processos mais dispendiosos no tratamento de águas residuais, sendo essencial ter em consideração o volume de lamas resultante.

2.2.1 Espessamento de lamas

O espessamento de lamas é um processo que permite a separação dos sólidos presentes nas lamas secundárias, através do processo de sedimentação. O objetivo deste procedimento é aumentar a eficácia e economia de processos posteriores. O espessador adotado, no projeto de execução, é do tipo gravítico e, com forma circular, de eixo vertical e base cónica com o vértice para baixo, como se observa na Figura 15.

De notar que, em consequência da má sedimentabilidade das lamas secundárias, é necessário adicionar polieletrólito na lama antes de esta entrar no espessador. Esta medida não estava definida no projeto, mas teve de ser tomada para que o espessamento ocorresse de forma eficaz.

As lamas em excesso presentes nos decantadores secundários são bombeadas para o espessador e, após o espessamento, por gravidade, são purgadas pelo fundo do mesmo ou recolhidas superficialmente, através de raspadores.



Figura 15 Espessador de lamas

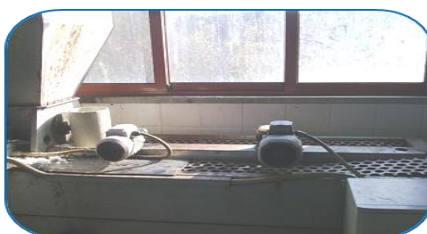
2.2.2 Homogeneização e Acondicionamento de Lamas

As lamas recolhidas do espessador são conduzidas a um depósito de homogeneização e armazenamento de lamas, para depois serem enviadas à sala de desidratação.

O tempo de retenção das lamas no depósito é, em geral, de 2,74 dias e nesse período de tempo ficam em funcionamento três agitadores submersíveis.

Antes da lama espessada ser desidratada é realizado o seu acondicionamento. Este é efetuado por adição de vários produtos orgânicos de síntese (polieletrólitos aniônicos) que permitem a aglomeração das partículas sob a forma de flocos.

A preparação do floculante realiza-se num módulo específico, apresentado na Figura 16, em que a preparação do polieletrólito (Easy 7270 em estado sólido) é feita em contínuo e o seu doseamento ocorre a partir de bombas. O acondicionamento adequado da lama é a base para um correto funcionamento do sistema de desidratação.



**Figura 16
Preparação do
floculante**

2.2.3 Desidratação de lamas

Depois de adicionada a solução de polieletrólito, a lama espessada é bombeada para as duas centrífugas existentes (Figura 17), e sujeita a desidratação. O sistema de desidratação com duas centrífugas permite a redução do volume da lama espessada, a eliminação de uma grande percentagem de mão de obra deste processo, com maiores possibilidades de automatização e com regulação automática de velocidade diferencial, em função da secagem prevista.

No final, a lama é impulsionada, através de uma bomba, para uma tremonha metálica (Figura 18) com capacidade de armazenamento de 50m³, para posterior deposição em aterro. As escorrências geradas pela desidratação da lama retornam à obra de entrada.



Figura 17 Centrífugas de desidratação



Figura 18 Tremonha metálica

2.3 Instalações auxiliares

Além do pré-tratamento e tratamento secundário existem outros processos que contribuem para um melhor desempenho da ETAR do Febros.

Desodorização

- Nos locais onde se efetua a gradagem, o espessamento e a desidratação de lamas existe um sistema de desodorização, como se verifica na Figura 19, que se baseia na extração de ar através de uma coluna de carvão ativado, permitindo assim que as condições de trabalho



Figura 19 Sistema de desodorização

sejam as mais adequadas.

Rede de ar e pressão

- A ETAR possui uma rede de pressão de ar, visto o espessador ser controlado por pressão, sendo desta forma necessária a existência de um compressor no edifício de desidratação. Esta rede também é utilizada para a limpeza das tubagens de lamas.

Água industrial

- É feito o aproveitamento da água tratada, após filtração, para uso industrial (arrefecimento de equipamentos, limpeza, rega, etc.). Está previsto que o equipamento tenha a capacidade para filtrar 40m³/h através de um filtro de auto-limpeza.

Escorrências

- Junto do poço de recirculação e excesso de lamas existe um poço de escorrências, que recebe e conduz, por gravidade, as águas pluviais e esvaziados, a água residual do edifício de controlo, as escorrências das bombas de areias, da desidratação de lamas e sobrenadantes do espessador, para um poço de bombagem, que depois encaminha as mesmas para a linha de tratamento.

Dosificação de cloreto férrico

- Para a eliminação de fósforo do afluente, existem três bombas dosificadores de cloreto férrico que enviam o reagente para a entrada dos reatores biológicos, formando uma mistura com as lamas ativadas. Contudo, é de salientar que esta aplicação não é feita, visto a remoção de fósforo ocorrer durante o tratamento biológico sem este produto.

3. Metodologias

De acordo com os objetivos definidos para este trabalho pretende-se efetuar uma análise do funcionamento geral da ETAR do Febros. Para tal foram realizadas análises físico-químicas e compilados dados existentes nos relatórios de exploração da ETAR.

A determinação dos parâmetros que caracterizam o afluente, efluente, licor misto e lamas secundárias é realizada no laboratório interno, na ETAR do Febros.

O estudo do afluente e efluente baseia-se na quantificação da carga poluente orgânica (Carência Bioquímica de Oxigénio - CBO₅ e Carência Química de Oxigénio - CQO), matéria suspensa (Sólidos Suspensos Totais - SST), nutrientes (Azoto e Fósforo) e ainda características físico químicas (pH e condutividade elétrica). No que respeita aos nutrientes é de notar que se realizam análises ao teor de azoto total e aos compostos inorgânicos, nitrato e azoto amoniacal. As determinações individuais destes compostos são importantes para o funcionamento dos reatores biológicos e para as condições ambientais do recetor do efluente final da ETAR (rio Febros). No caso do fósforo é feita a determinação do composto inorgânico fosfato (forma predominante).

O licor misto é caracterizado através do teor de biomassa suspensa (MLSS e MLVSS), V30, oxigénio dissolvido, pH e Temperatura, enquanto as lamas são avaliadas pelos sólidos totais, sólidos voláteis, percentagem de matéria seca e volume de lama produzido.

No quadro a seguir apresentado encontra-se o Plano do Controlo Analítico e Procedimentos, com o método de recolha das amostras, os parâmetros e os procedimentos laboratoriais efetuados para cada parâmetro, incluindo o número de análises realizado.

Quadro 8 Plano do controlo analítico e procedimentos

Amostra	Amostragem	Parâmetro	Procedimentos Laboratoriais	Nº de Análises
Afluente Efluente	Composta ao longo de 24 horas	pH, Temperatura e Condutividade Elétrica	Medição com medidor de pH Medição com Condutivímetro	Diariamente, excepto fim de semana
		Sólidos Suspensos Totais (SST)	Filtragem e evaporação em estufa (110°C)	
		Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO ₅)	Determinação através de Aparelho da WTC OxibP (5 dias a 20°C)	Semanal
		Carência Química de Oxigénio (CQO)	Determinação baseada em procedimentos presentes nos Kits aprovados pela ISO 15705 e USEPA	Diariamente, exceto fim de semana
		Azoto Total (N-TOT)		
		Amónia (N-NH ₄ ⁺)		
		Nitrato (N-NO ₃ ⁻)		
Fósforo (P-PO ₄ ²⁻)	Semanal			
Licor Misto Recirculação	Pontual	pH, Temperatura*	Medição com medidor de pH Medição com Condutivímetro	Duas por semana
		Sólidos Suspensos Totais (MLSS) Sólidos Suspensos Voláteis (MLSSV)	Filtragem e evaporação em estufa (115°C) e Mufla (580°C) para os MLSSV	Diariamente
		V30	Sedimentação dos MLSS ao fim de 30 minutos	Diariamente
		Oxigénio Dissolvido *	Medição com medidor de Oxigénio	Duas por semana
Lama Espessada Lama Desidratada	Pontual	Sólidos totais (ST) * ¹ Sólidos Voláteis (SV)* ¹	Evaporação em estufa (115°C) e Mufla (580°C) para os SV	Diariamente
		Matéria Seca (%MS)	Evaporação em estufa (115°C) e Mufla (580°C) para a %MV	Duas por semana
		Matéria Volátil (%MV)		Mensal

*Estas determinações não são realizadas com a Recirculação

*¹ Estas determinações não são realizadas com a Lama Desidratada

Além disso e para permitir uma melhor compreensão do funcionamento da ETAR utilizaram-se os dados dos caudais de funcionamento e foram determinados parâmetros operacionais. No Anexo III encontram-se as fórmulas de cálculo usadas na determinação destes parâmetros.

Na globalidade, foi efetuada a recolha, o tratamento e a análise de todos os dados analíticos referidos e ainda os consumos energéticos, abrangendo um espaço temporal de cinco anos de funcionamento da ETAR do Febros (Anexo IV).

3.1 Métodos analíticos e seleção dos dados a analisar

- O conjunto de dados selecionado abrange o período desde a passagem de uma linha de tratamento para duas (início de 2007) até ao fim do ano de 2011. De referir que as análises laboratoriais entre outubro e dezembro de 2011 foram realizadas com a colaboração do estagiário. As análises de 2012 não constam no relatório, porque não iria ser possível completar um ano de estudo para utilizar neste trabalho;
- Realizaram-se médias mensais desde o ano de 2007 até 2011 de cada parâmetro a estudar, perfazendo um total de 60 valores médios a analisar;
- Utilizaram-se os parâmetros que constam do controlo analítico da ETAR, desde parâmetros amostrados a parâmetros calculados, exceto nos dias onde ocorreram avarias e substituições de equipamentos;
- A temperatura ambiente foi tida em conta nesta análise, visto a temperatura medida do afluente e efluente não ser a real (a amostra é composta) e nos reatores biológicos a amostra ser recolhida à superfície do reator, não sendo representativa da temperatura média do tanque de tratamento.
- Na análise da biomassa foram considerados os MLSS e não os MLVSS como representantes da sua concentração, visto todo o projeto de execução ser baseado neste dado para efetuar todos os cálculos dos parâmetros operacionais, como por exemplo a carga mássica.
- Para efetuar a determinação dos parâmetros operacionais considerou-se que concentração de MLSS nos 2 reatores biológicos era igual e portanto o teor de MLSS apresentado na análise refere-se à média das concentrações de sólidos nos reatores biológicos.

3.2 Escolha dos Valores de Referência

Para avaliar a conformidade dos parâmetros CBO₅, CQO e SST foram usados os limites da Licença de Rejeição de Águas Residuais Urbanas N^o230/2003 para o efluente e os valores do Projeto de Execução para o afluente.

Na análise da remoção da carga poluente recorreu-se ao Decreto - Lei n^o 152/97. Referem-se também os limites legais para os nutrientes, apesar de não ser

exigido o seu cumprimento legal pela ETAR, visto a descarga se efetuar para uma zona não sensível.

Além disso é de salientar o fato de a ETAR estar sujeita ao pagamento de uma taxa de recursos hídricos pela quantidade de matéria poluente que envia para o meio recetor. Esta imposição encontra-se definida no Decreto-Lei 97/2008.

Para finalizar é de notar que sempre que foi necessário utilizaram-se informações provenientes de referências bibliográficas para complementar o estudo do desempenho da ETAR.

4. Análise e discussão dos dados recolhidos

No estudo do funcionamento da ETAR do Febros, foi feita uma compilação dos dados e posteriormente uma apresentação dos mesmos sob a forma de gráficos e quadros com médias anuais no caso das eficiências de remoção. O Quadro 9 refere as **principais alterações** que ocorreram no funcionamento da ETAR do Febros durante os cinco anos de estudo. Depois foi feita uma análise detalhada dos parâmetros que caracterizam o afluente, o efluente, a biomassa, as lamas secundárias e, para finalizar, os consumos energéticos.

Quadro 9 Principais alterações que ocorreram no funcionamento da ETAR nos cinco anos de estudo

2007		2008		2009		2010		2011	
A b r	Abertura 2 ^a linha de tratamento no reator biológico	J a n	Adição de solução fúngica	A b r	Abertura do Decantador nº3	J u n	Melhoria no processo de desidratação de lamas	F e v	Melhoria no espessamento da lama

4.1 Caudais de funcionamento

A medição dos caudais, principalmente do caudal de entrada, é fundamental para que todo o processo possa ser gerido de forma eficaz, pois todos os parâmetros analisados sofrem influência do caudal de entrada. Como não se pode controlar diretamente este parâmetro, diariamente são feitos ajustes ao processo para que o tratamento das águas residuais seja eficiente. Alguns exemplos destas operações são o aumento ou diminuição do caudal de recirculação e/ou de purga.

4.1.1 Caudal de Entrada

De uma forma geral os valores médios do caudal do afluente rondam entre 6000 e 8000m³/d, estando assim, próximos dos valores de projeto para duas linhas de tratamento (Figura 20). Verificou-se que no verão o caudal sofreu uma redução em cerca de 40% em relação ao caudal de inverno, possivelmente devido à diminuição da precipitação e à época de férias da população servida.

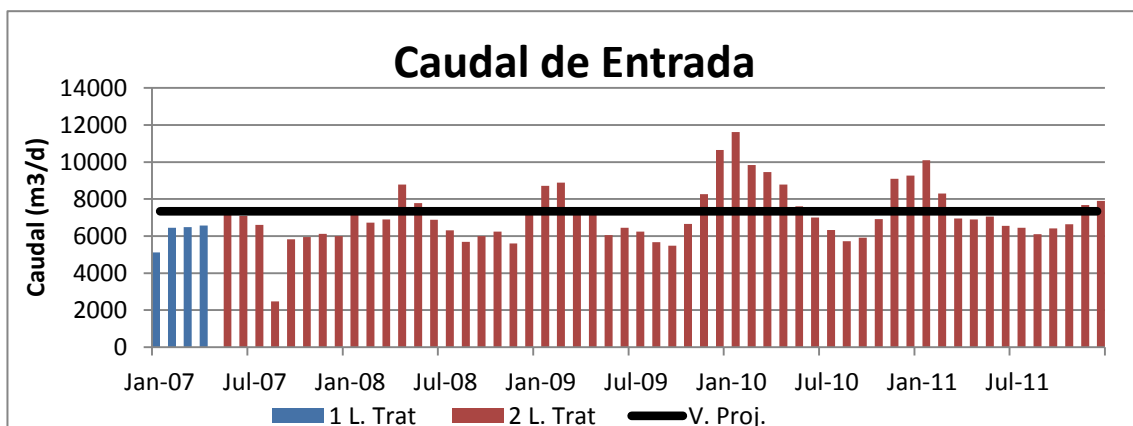


Figura 20 Evolução do caudal afluente a tratar, ao longo dos cinco anos de estudo.

(1L.Trat.- Uma linha de tratamento 2L.Trat.- Duas linhas de tratamento V.Proj.- Valores de Projeto)

É de referir que o afluente chega à ETAR do Febros com uma quantidade significativa de areias o que leva a uma sobre carga do pré-tratamento. Como o processo de desarenamento e desengorduramento ocorre ao mesmo tempo, por vezes, há interrupções nesta etapa fazendo com que as gorduras passem para as etapas de tratamento seguintes.

4.1.2 Caudal de Recirculação

Através da Figura 21, notou-se que no início de 2007, ocorreu um aumento acentuado de recirculação, que ocorreu paralelamente ao aumento do caudal do afluente. Procedeu-se então à abertura da segunda linha de tratamento, fazendo com que os valores deste parâmetro diminuíssem em cerca de 70%. De notar que a abertura da segunda linha de tratamento levou posteriormente à entrada em funcionamento do decantador secundário nº 3 (abril 2009), visto o decantador nº 2 ter entrado em funcionamento pouco tempo depois do início da exploração da ETAR. Este

facto permite verificar que a estação de tratamento do Febros apresentava já nessa altura algumas dificuldades no seu funcionamento.

Em agosto de 2007, o caudal de recirculação voltou a aumentar tendo-se decidido pela adição de uma solução fúngica (janeiro de 2008) para melhorar o tratamento. Daí em diante, os valores do caudal de recirculação voltaram a diminuir, mantendo-se entre 2000 e 5000m³/d, sendo mais elevados no inverno e mais baixos no verão.

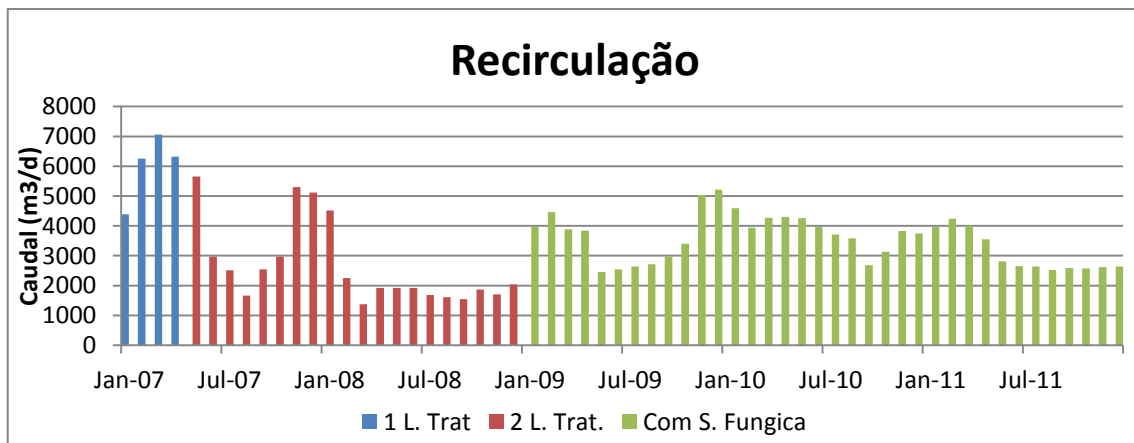


Figura 21 Evolução do caudal de recirculação, ao longo dos cinco anos de estudo

(1L.Trat.- Uma linha de tratamento 2L.Trat.- Duas linhas de tratamento Com S.Fungica.-Com Solução Fúngica)

Note-se que a solução fúngica é um composto que se designa por Optibiom 7450 L e é constituído por uma mistura de fungos provenientes do ecossistema natural com a capacidade de diminuir a CQO, os sólidos suspensos e reduzir os odores produzidos no tratamento. No Anexo V encontra-se a ficha técnica para consulta, assim como as vantagens referidas pelo fornecedor em usar este produto.

4.1.3 Caudal de Purga

Quando há excesso de lamas no processo, o caudal de purga aumenta, havendo bombagem de lamas do poço do decantador para o espessador. Assim, é de esperar que este parâmetro também apresente uma relação direta com o volume de lama espessada produzido (a verificar na secção 4.5).

Na Figura 22, observou-se que o caudal de purga apresenta um valor muito baixo comparativamente ao caudal de recirculação (quase 100 vezes inferior) e que,

ao longo dos anos, este caudal se reduziu em cerca de 50%. Este facto é muito importante para otimização do processo de tratamento da ETAR, pois havendo menos caudal de purga haverá menos lama a tratar, o que reduz os custos associados ao seu tratamento. De notar que a diminuição acentuada do caudal de purga a partir de 2008 coincidiu com a introdução da solução fúngica no processo de tratamento biológico.

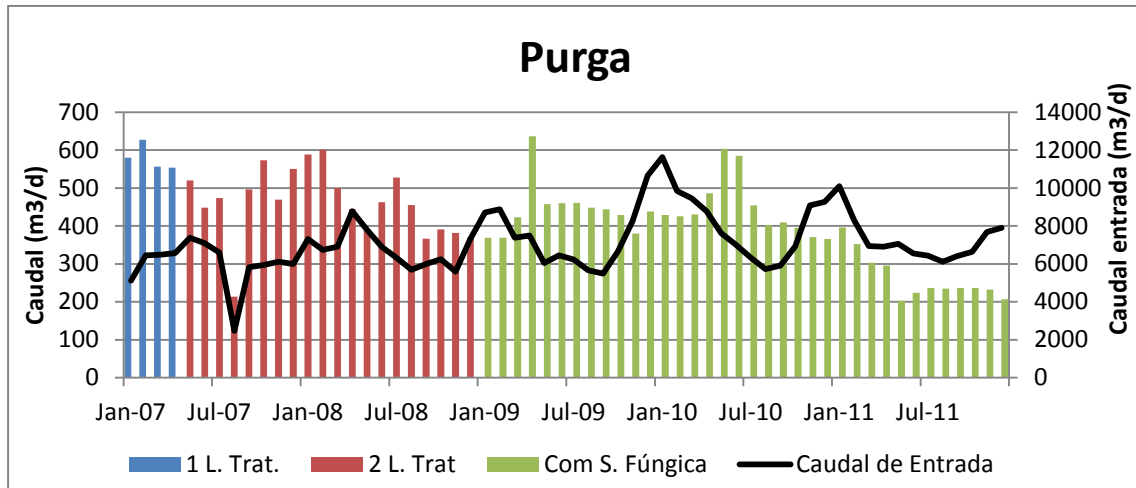


Figura 22 Evolução do caudal de purga, ao longo dos cinco anos de estudo

(1L.Trat.- Uma linha de tratamento 2L.Trat.- Duas linhas de tratamento Com Fúngica.- Com Solução Fúngica)

4.2 Parâmetros Físico Químicos

Relativamente aos parâmetros físico-químicos, na ETAR de Febros é feita a medição diária do pH e da Condutividade Elétrica. A Figura 23 mostra que o pH tendeu a diminuir ao longo dos cinco anos analisados, mas mantendo-se sempre dentro da zona neutra, com valores próximos de 7.

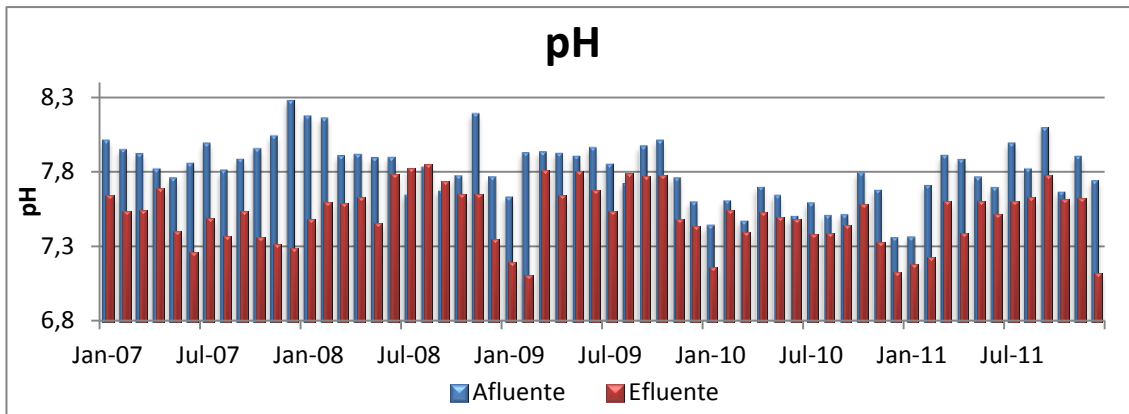


Figura 23 Monitorização do parâmetro pH no afluente e efluente, ao longo do período de análise

A Condutividade Elétrica, expressa na Figura 24, ao longo do período em estudo, variou consoante as estações do ano e permaneceu, geralmente, dentro da mesma gama de valores. No afluente houve uma variação entre 800 e 1200 μ S e o efluente rondou valores entre 600 e 800 μ S.

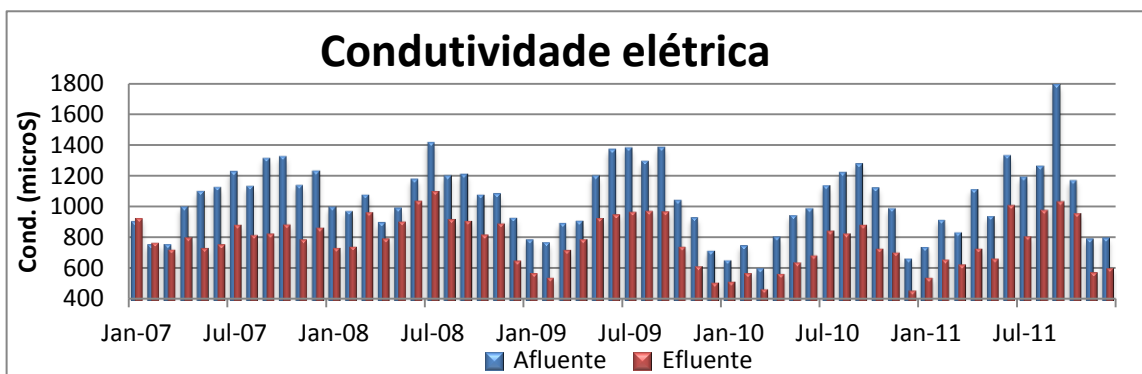


Figura 24 Monitorização do parâmetro condutividade elétrica no afluente e efluente, ao longo do período de análise

4.3 Poluentes no Afluente e Efluente

Nesta seção encontra-se um estudo mais pormenorizado do funcionamento da ETAR, onde são avaliados os parâmetros, CBO₅, CQO, SST, compostos azotados e fósforo total no afluente e efluente.

Ao longo da análise de cada parâmetro elaborou-se um Quadro com os valores médios, de cada ano, do afluente, efluente e eficiências de remoção. Também são apresentados os dados de referência (valores de projeto e limites legais) com o objetivo de compreender de forma mais detalhada a evolução dos parâmetros no período de estudo analisado.

A fim de estudar melhor os parâmetros sujeitos ao cumprimento da legislação (CBO₅, CQO e SST) efetuou-se também o cálculo das respetivas cargas poluentes.

4.3.1 Carência Bioquímica de Oxigénio

A Carência Bioquímica de Oxigénio é um parâmetro que representa a quantidade de matéria orgânica biodegradável existente na água residual. Ao longo do período em análise observou-se (Quadro 10), que a ETAR cumpriu sempre com os valores definidos no projeto e com os limites legais. Notou-se também que a concentração do afluente se reduziu em quase 20% ao longo do tempo. Este facto poderá ter efeitos na atividade microbiana, visto a matéria orgânica biodegradável ser o substrato para o desenvolvimento dos microrganismos.

De salientar que a eficiência de remoção deste parâmetro superou o intervalo de valores exigido por lei, apresentando percentagens médias muito próximas de 100%.

Quadro 10 Conformidade das concentrações da CBO₅ no afluente com os valores de projeto, os limites da licença de descarga e as eficiências presentes na legislação.

CBO ₅	Afluente (mg/L)	Efluente (mg/L)	Remoção (%)
Ano	V. Projeto: 520mg/L Valor médio	Limite Legal ^{*1} : 25mg/L Valor médio	Limite Legal*: 70-90% Valor médio
2007	506	8	98
2008	442	9	98
2009	476	8	98
2010	401	6	98
2011	417	8	98

^{*} Limite legal imposto pela Licença de Rejeição de Águas Residuais urbanas N°230/2003

^{*1} Limite legal imposto pelo Decreto - Lei n°152/97

Na figura 25 observa-se que a média dos dados do afluente (350 - 400mg/L) se encontram abaixo dos valores definidos no projeto de execução (520mg/L) mas próximos dos valores típicos para processos com alta carga (350mg/L), segundo Metcalf & Eddy. Através da análise das cargas poluentes afluentes à ETAR constatou-se que a média da carga de CBO₅ de entrada, até ao final do ano de 2007 (3,06 KgCBO₅/d) era muito próxima à média entre o início de 2009 e fim de 2011 (3,10 KgCBO₅/d), o que significa que não houve uma grande alteração na carga poluente ao longo do tempo.

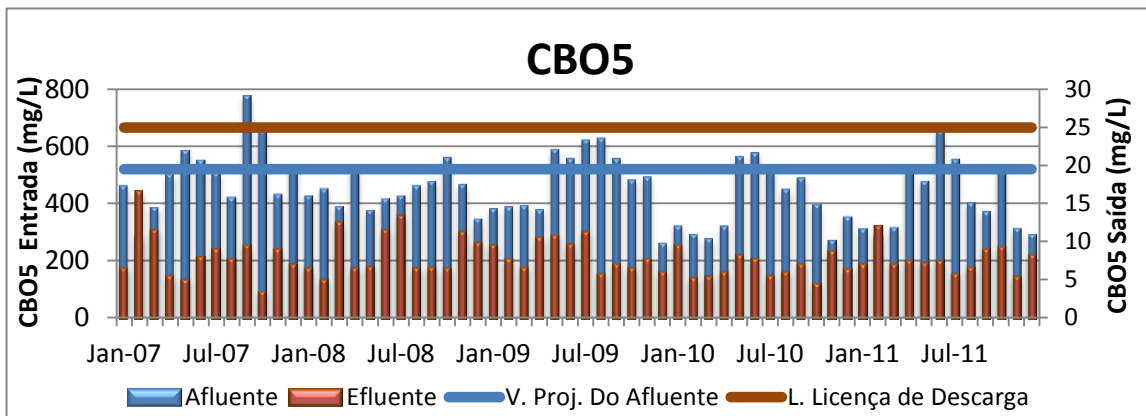


Figura 25 Monitorização da concentração de Carência Bioquímica de Oxigénio, presente no afluente e efluente, ao longo dos cinco anos

(V. Proj.- Valores de Projeto L.Licença de Descarga- Limires da Licença de Descarga)

4.3.2 Carência Química de Oxigénio

A Carência Química de Oxigénio é um parâmetro que caracteriza a água residual quanto ao teor de matéria orgânica capaz de ser degradada pela via química e biológica. Através do Quadro 11 é possível verificar a existência de uma redução em 30% da concentração do afluente (de 974 para 662mg/L) e do efluente (de 60 para 40mg/L) ao longo dos anos, afastando-se de forma positiva dos valores de referência considerados. A eficiência de remoção no período em estudo também superou os limites impostos pela legislação, tendo valores sempre acima de 75%.

Quadro 11 Conformidade das concentrações de CQO no afluente com os valores de projeto, os limites da licença de descarga e as eficiências presentes na legislação

CQO	Afluente (mg/L)	Efluente (mg/L)	Remoção (%)
Ano	V. Projeto: 868mg/L Valor médio	Limite Legal* ¹ : 125mg/L Valor médio	Limite Legal*: 75% Valor médio
2007	974	60	93
2008	959	56	94
2009	876	42	95
2010	682	34	95
2011	662	40	94

* Limite legal imposto pela Licença de Rejeição de Águas Residuais urbanas N°230/2003

¹ Limite legal imposto pelo Decreto - Lei nº152/97

A figura 26 reforça a análise dos dados do Quadro mostrando uma diminuição clara, ao longo do tempo, deste parâmetro no afluente e efluente, principalmente a partir de 2009. Através da análise das cargas poluentes afluentes não foi possível observar o mesmo comportamento, pois a média de valores até ao fim de 2007 foi de 5.88 KgCQO/d e daí até ao fim do período em estudo, foi de 5.70 KgCQO/d, revelando uma constância deste parâmetro.

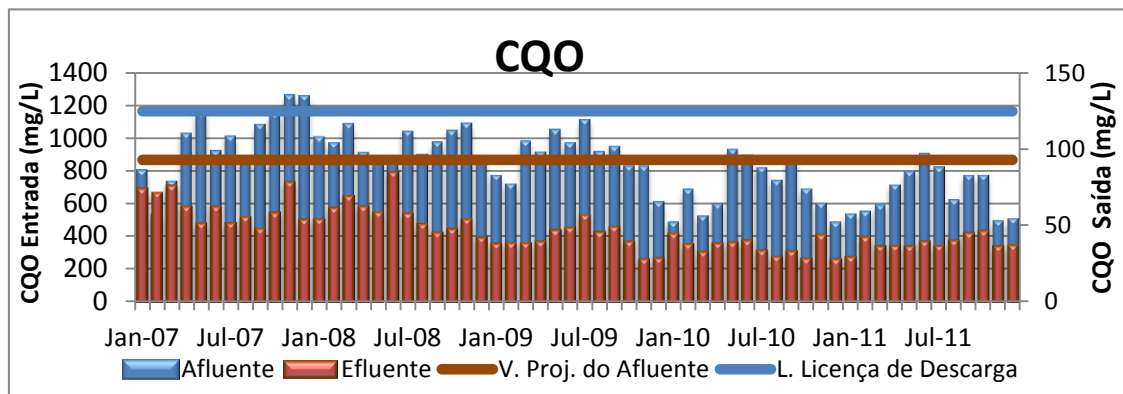


Figura 26 Monitorização da concentração de Carência Química de Oxigénio presente no afluente e efluente, ao longo dos cinco anos

Os valores do parâmetro em análise, juntamente com os da Carência Bioquímica de Oxigénio, permitiram definir a biodegradabilidade da água residual. Ao longo dos 5 anos de estudo este parâmetro aumentou cerca de 40% para o afluente, pois no início do período em análise, a biodegradabilidade era de 0.4 e em 2011 apresentava valores muito próximos de 0.7. Este facto deveu-se à diminuição da concentração de CQO no afluente. Através da figura 27 é possível ver a melhoria da biodegradabilidade referida.

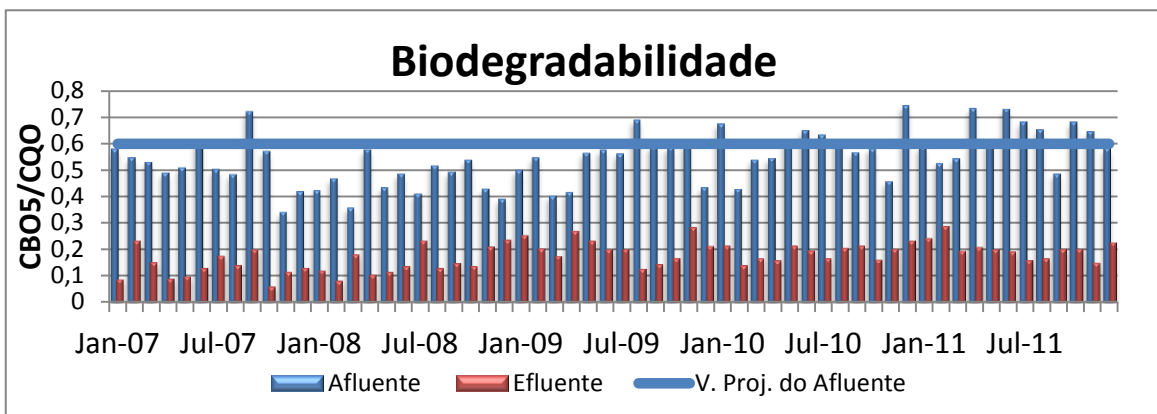


Figura 27 Evolução da biodegradabilidade do afluente e efluente ao longo do período de estudo

4.3.3 Sólidos Suspensos Totais

A análise deste parâmetro permite conhecer o teor de matéria suspensa total existente nas águas residuais. Comparando os dados analisados com os valores de projeto verificou-se que, ao longo do histórico de dados, o teor de sólidos suspensos totais foi cerca de metade dos valores previstos, o que contribuiu para que houvesse um tratamento adequado das águas residuais. As médias anuais destes valores estão apresentadas no Quadro 12, assim como as concentrações de sólidos à saída (bastante inferiores ao exigido) e as eficiências de remoção (quase 100%).

Quadro 12 Conformidade das concentrações de SST no afluente com os valores de projeto, os limites da licença de descarga e as eficiências presentes na legislação.

SST	Afluente (mg/L)	Efluente (mg/L)	Remoção (%)
Ano	V. Projeto: 618mg/L Valor médio	Limite Legal* ¹ : 35mg/L Valor médio	Limite Legal*: 90% Valor médio
2007	378	14	96
2008	395	14	96
2009	395	15	96
2010	317	13	95
2011	327	10	97

* Limite legal imposto pela Licença de Rejeição de Águas Residuais urbanas N°230/2003

¹ Limite legal imposto pelo Decreto - Lei nº152/97

Através da Figura 29 pode observar-se que tanto o afluente como o efluente tenderam a apresentar valores de SST sem grandes oscilações e sempre dentro dos limites de referência estabelecidos. Tal como no CBO₅, os SST no efluente apresentaram valores bastante inferiores (variando em média 10-15 mg/L) aos exigidos na descarga (35mg/L).

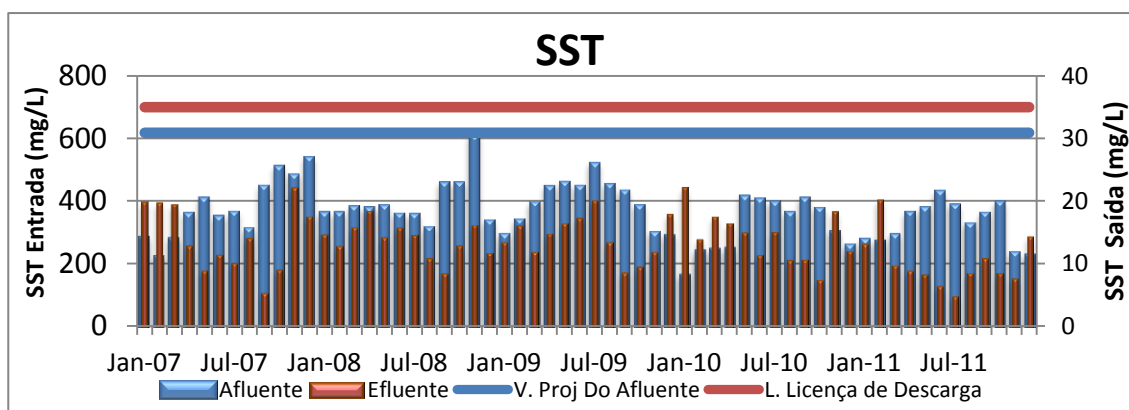


Figura 28 Monitorização do teor de Sólidos Suspensos Totais no afluente e efluente, ao longo dos cinco anos

4.3.4 Nutrientes

Para analisar os nutrientes presentes no afluente foram usados os dados de projeto. No estudo do efluente foram considerados os limites definidos no Decreto - Lei 152/97, apesar destes não se aplicarem a zonas não sensíveis. Contudo, o uso destes limites permitiu ter uma noção das concentrações dos nutrientes que são descarregadas no meio recetor.

Compostos Azotados

Relativamente à concentração de azoto total no afluente verificou-se (Quadro 13) que os valores rondavam os 95 mg/L. Observou-se também que a remoção de Azoto total foi eficaz, apesar do valor no efluente se encontrar acima do limite considerado para zonas sensíveis em todos os anos analisados, exceto 2010, ano em que houve uma boa remoção deste parâmetro.

Quadro 13 Conformidade das concentrações de Azoto total no afluente com os valores de projeto e as eficiências de remoção com os limites legislativos impostos.

N-TOT	Afluente (mg/L)	Efluente (mg/L)	Remoção (%)
Ano	V. Projeto: - Valor médio	Limite Legal ¹ : 15mg/L Valor médio	Limite Legal ¹ : 70-80% Valor médio
2007	97	18	76
2008	98	26	73
2009	90	22	75
2010	81	14	82
2011	90	23	75

* Não apresenta valor porque o dado do projeto é para N T Kjeldhal

¹ Limite legal imposto pelo Decreto - Lei nº152/97

A Figura 29 apresenta a evolução dos valores das diferentes formas de azoto presentes no afluente da ETAR Febros no período estudado, a par da evolução da temperatura ambiente.

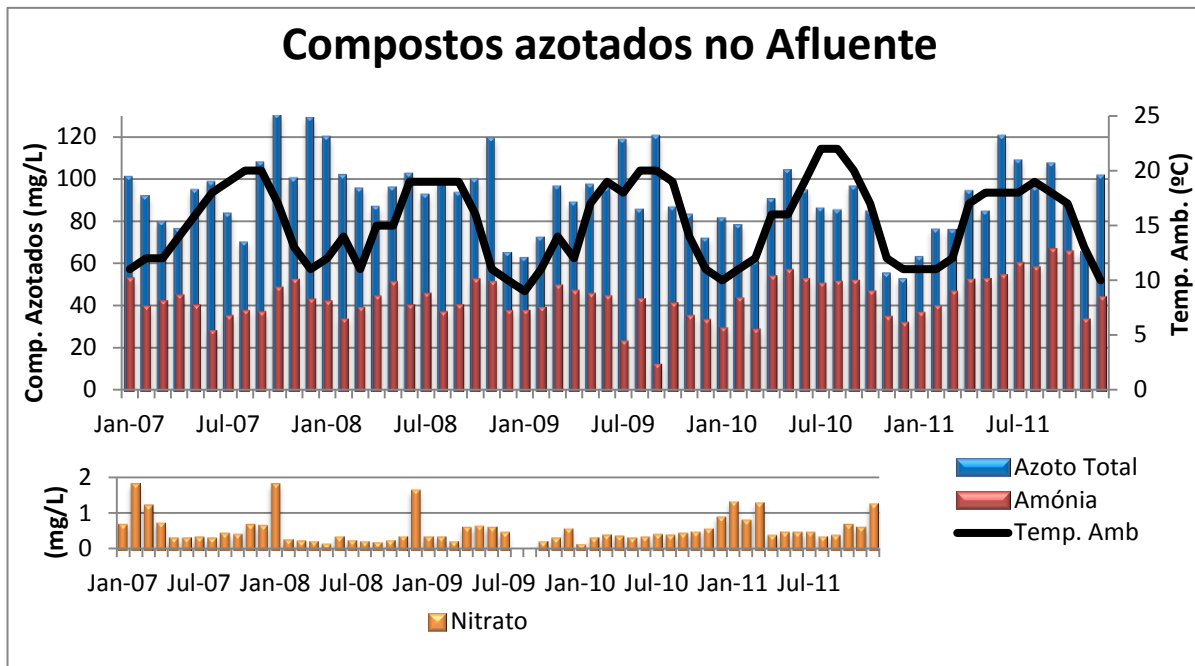


Figura 29 Monitorização das concentrações dos compostos azotados presentes no aflente, ao longo dos cinco anos

(Temp. Amb.- Temperatura Ambiente)

Dentro das várias formas de azoto presentes no aflente aquela que existe em maior concentração é a Amónia. Consta-se também que parece haver uma maior concentração de Azoto Total no aflente, na época quente.

A mesma figura mostra que o Azoto total tende a apresentar valores entre 80-100mg/L e que a Amónia não sofre uma grande influência da temperatura ambiente no seu comportamento. Este facto permite colocar a hipótese de que a ETAR não recebe descargas industriais destes compostos. Caso contrário este parâmetro deveria diminuir significativamente no verão (geralmente época de férias). Além disso também se verificou, a partir do ano de 2009, uma relação mais evidente entre a temperatura e o Azoto total e um aumento gradual da concentração de amónia (cerca de 30%). Relativamente à concentração de Nitrato verificou-se que a sua presença é mais acentuada na época fria, sendo que a partir de 2010 tende a apresentar valores médios superiores aos outros anos (subida da concentração de 0.4 para 0.7mg/L), exceto no ano 2007. O facto de haver maior concentração de nitrato no Inverno poderá dever-se à lixiviação dos produtos adicionados nos campos agrícolas a montante da ETAR.

Na figura 30, relativa à evolução dos compostos azotados no efluente, observou-se uma tendência para a diminuição da concentração de amónia e aumento

da formação de nitrato nos meses mais frios (o que está de acordo com o processo de nitrificação), verificando-se que há uma maior dificuldade em remover a amónia do afluente no verão que no inverno. Tal pode dever-se ao maior crescimento da biomassa nas épocas mais quentes, levando a uma maior competição entre os microrganismos, ficando os autotróficos em desvantagem, tendo em conta que os caudais de entrada e saída são muito próximos (Mota, 2001). Contudo, notou-se que houve um aumento da remoção da amónia em 2011, o que revelou uma melhoria no processo de tratamento. Apesar dos valores à saída serem na maioria superiores aos definidos para um efluente descarregado para uma zona sensível, a partir de julho de 2009 e até meio de 2011, as concentrações tenderam a diminuir, encontrando – se, na maioria deste período, dentro dos requisitos legais aqui considerados.

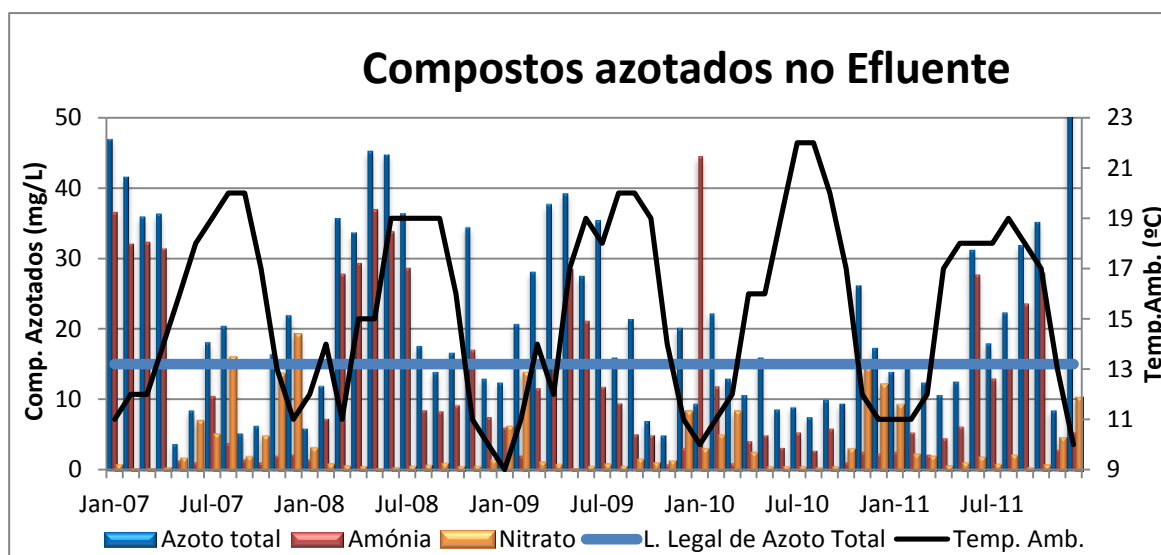


Figura 30 Monitorização das concentrações dos compostos azotados presentes no efluente, ao longo dos cinco anos

(L. Legal – Limite Legal)

Relativamente à formação de nitrato, através dos dados analíticos existentes, podem-se considerar duas situações:

1. O processo de nitrificação pode apresentar algumas condicionantes, pois as concentrações de nitrato no efluente são baixas (5-10mg/L) e os teores de amónia, apesar de serem inferiores à concentração no afluente, representam a maioria do azoto total presente no mesmo. O facto de ocorrer maior nitrificação no inverno pode dever-se às condições ambientais, como pH, temperatura e oxigénio dissolvido, e às condições tróficas, que favorecem a atividade das bactérias

nitrificantes (Vieira, 2005). O mesmo raciocínio aplica-se ao processo de desnitrificação, com a agravante de que só ocorre desnitrificação se houver nitrificação.

2. Por outro lado, se tomarmos atenção ao teor de azoto total, que diminuiu, e à formação de amónia e nitrato, verifica-se que devem existir outras transformações do azoto total, pois a soma dos compostos inorgânicos analisados não é igual ao teor de azoto total no efluente.

Fósforo

A forma mais estável e abundante que existe do Fósforo é o ião Fosfato, sendo com base neste que é feita a análise deste parâmetro na ETAR do Febros.

Através do Quadro 14 pode constatar-se que ao longo dos anos o teor de Fósforo se manteve constante, apresentando valores médios à entrada de 12mg/L e à saída de 4mg/L. De notar que os valores à entrada são quase metade do valor definido no projeto. Ainda assim, a ETAR, caso se encontrasse numa zona sensível, estaria em incumprimento no que respeita aos limites impostos, tanto nas concentrações do efluente, como na percentagem de remoção. Contudo, a estação de tratamento facilmente conseguiria cumprir os requisitos legais, pois além dos valores à saída serem próximos dos exigidos pela legislação, a ETAR apresenta equipamentos, definidos no projeto de execução, para a remoção de fósforo pela adição de Cloreto Férrico.

Quadro 14 Conformidade das concentrações de Fósforo no afluente com os valores de projeto e as eficiências de remoção com os limites legislativos impostos.

P-TOT	Afluente (mg/L)	Efluente (mg/L)	Remoção (%)
Ano	V. Projeto: 23mg/L Valor médio	Limite Legal* ¹ : 2 mg/L Valor Médio	Limite Legal*: 80% Valor médio
2007	12	4	66
2008	12	4	63
2009	12	5	67
2010	12	4	55
2011	10	3	69

¹ Limite legal imposto pelo Decreto - Lei nº152/97

Apesar do Fósforo apresentar valores médios anuais dentro da mesma gama, o gráfico 31 permite observar a existência de um efeito da temperatura, mais notório a partir de 2009, apresentando o Fósforo, valores no verão superiores (aproximadamente 15 mg/L) aos de inverno (cerca de 5 mg/L).

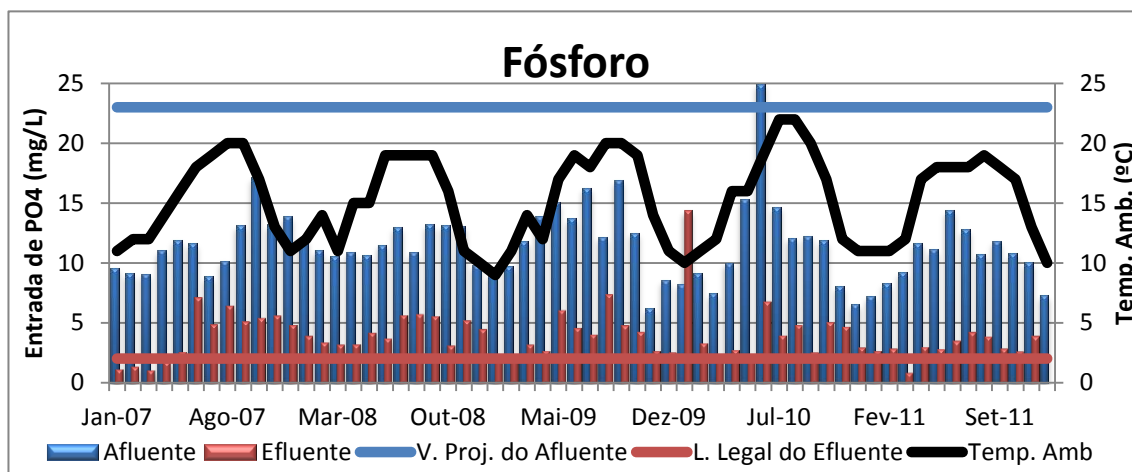


Figura 31 Estudo da variação do Fósforo no afluente e efluente da ETAR do Febros e da temperatura ambiente, ao longo dos cinco anos

4.4 Tratamento Biológico

Para ocorrer uma boa remoção da matéria poluente existente no afluente, as condições ambientais nos tanques de tratamento têm de estar próximas das características ideais para o desenvolvimento dos microrganismos. Além das propriedades do afluente, que já foram abordadas, a correta remoção da matéria poluente advém também da gestão dos caudais existentes nos reatores biológicos e dos parâmetros operacionais.

4.4.1 Monitorização dos Reatores biológicos

Para estudar o funcionamento dos reatores biológicos é fundamental ter em conta o teor de biomassa suspensa no licor misto, a microfauna e as bactérias filamentosas presentes nos tanques de tratamento. Na análise destes parâmetros também se considerou o caudal de recirculação e purga, elementos importantes no controlo do tratamento biológico.

MLSS/MLVSS

Relativamente aos Sólidos do Licor Misto, verificou-se que, em média, 83% dos sólidos suspensos presentes nos reatores biológicos (MLSS) são biomassa (MLVSS), estando assim dentro dos valores projetados e de acordo com as referências bibliográficas estudadas (Metcalf & Eddy 2003).

Através da análise do histórico de dados observou-se que, geralmente, o teor de MLSS no reator biológico 1 é inferior ao reator biológico 2 (cerca de 500mg/L de diferença). Além disso, também se verificou que a concentração de sólidos suspensos na recirculação tende a apresentar valores entre os 5500 e 7500mg/L, estando estes relacionados com a necessidade de manter um valor de biomassa constante nos reatores.

Na Figura 32 é apresentada a variação anual dos valores médios dos sólidos suspensos totais do licor misto e dos caudais de recirculação e purga, visto estarem inter-relacionados. Também são apresentados, para comparação, os valores de projeto e os valores mínimos a manter após o ajuste realizado, a seguir referido. Para que pudesse ser mais fácil a interpretação da figura, os valores de sólidos na purga foram multiplicados por três, de modo a conseguir ser visível a sua variação.

Pela análise do gráfico, verificou-se que as concentrações de sólidos (MLSS) nos reatores biológicos não estão dentro dos valores projetados, sendo inferiores a estes. Este facto pode explicar-se pela necessidade que houve de estes serem ajustados para valores entre 2500-2750 mg/l devido à má sedimentabilidade das lamas.

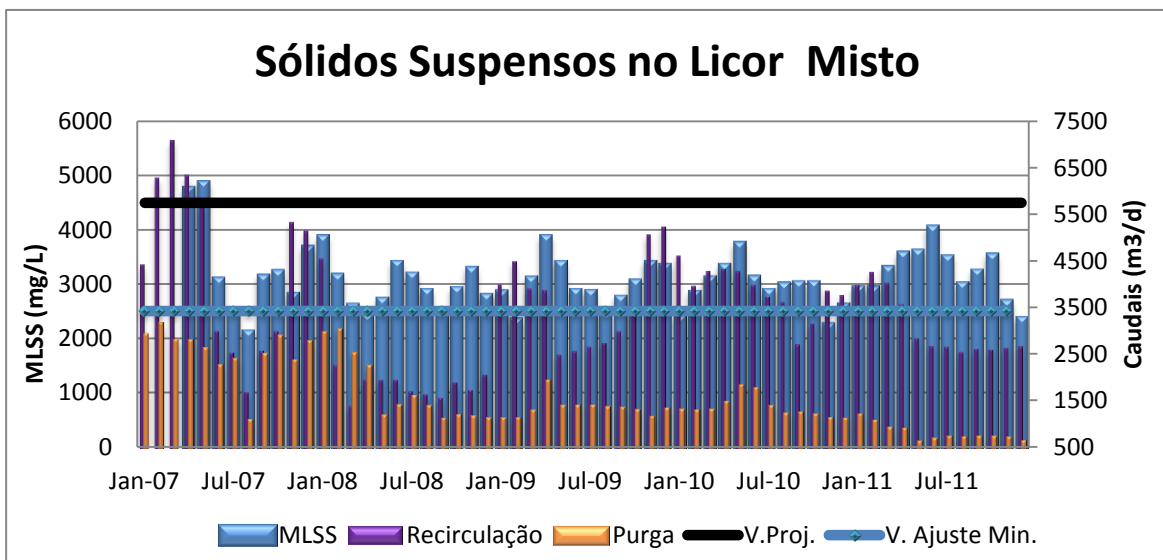


Figura 32 Evolução da biomassa presente no tratamento biológico com os caudais de purga e recirculação ao longo do período em estudo (os valores para a purga foram multiplicados por 3 para maior visibilidade).

No início do ano de 2007 verificou-se um valor de recirculação acentuado devido ao aumento do caudal afluyente que se vinha a sentir desde o início do inverno. Assim, em abril de 2007 procedeu-se à abertura da linha de tratamento número dois. Com este acontecimento, houve uma atenuação da carga de matéria orgânica que chegava aos reatores biológicos, permitindo, desta forma, melhorar as características de sedimentabilidade dos flocos. De notar que a partir desta medida, o teor de MLSS no reator biológico nº 1 passou a estar entre 2000 e 3000mg/L, diminuindo assim em cerca de 1000mg/L, como se pode observar na tabela 4 do Anexo IV. O reator biológico nº 2 tendeu a apresentar valores entre 3000 e 4000mg/L, verificando-se assim um ligeiro desequilíbrio.

No início de 2008 houve uma diminuição da biomassa nos reatores biológicos e sucessivamente dos caudais de recirculação e de purga. Nessa altura começou-se a adicionar a solução fúngica, o que ajudou na remoção da matéria poluente e na formação de uma lama mais bem desenvolvida e com melhores características para sedimentar nas fases de tratamento posteriores.

Numa análise global verificou-se que a variação de MLSS tem um comportamento mais próximo com a variação do caudal de purga do que do caudal de recirculação, o que faz sentido, pois se os sólidos aumentam, obrigatoriamente terá de sair mais lama do processo, havendo assim uma relação mais direta. Contudo é com base no caudal de recirculação que é feita a gestão do teor de biomassa presente nos reatores biológicos, mas como se observou no gráfico 32, esta relação não se torna tão evidente. A gestão dos caudais de purga e recirculação é baseada na quantidade de lama que vai sendo produzida no processo biológico, de modo a que se mantenham os valores dos parâmetros operacionais nos reatores biológicos ajustados aos valores de projeto.

Microfauna e bactérias filamentosas

Com os resultados das análises realizadas ao microscópio do licor misto de outubro a dezembro de 2011 e com os dados dos boletins de análises microbiológicas fornecidas pelo Centro de Engenharia Biológica (Universidade do Minho), referentes ao período de um ano, com amostragens em novembro de 2009, junho e setembro de 2010, elaborou-se o Quadro 15 que apresenta os principais grupos de microrganismos

existentes na ETAR do Febros. Refere também as bactérias filamentosas, conhecidas por causarem graves problemas, quando em excesso, na formação dos flocos e posteriormente na sedimentação das lamas.

Quadro 15 Tipos de microrganismos mais abundantes no licor misto dos reatores da ETAR do Febros.

Microrganismos	Grupos Funcionais	Microrganismos mais abundantes
Protozoários	Móveis de fundo	<i>Aspidisca cicada</i>
		<i>Acineria uncinata</i>
	Sésseis	<i>Vorticella aquadulcis</i>
		<i>Vorticella convallaria</i>
		<i>Epistylis sp.</i>
		<i>Opercularia sp.</i>
	Amibas com teca	<i>Arcella</i>
		<i>Centropyxis sp.</i>
	Nadadores	<i>Spirostomon teres</i>
	Flagelados	<i>Peranema</i>
Carnívoros	<i>Tokophyra sp.</i>	
	<i>Litonotus sp.</i>	
Metazoários		Nemátodes
		Rotíferos
Bactérias (filamentosas)		Nocardioformes
		Tipo 0092
		Tipo 0194
		Tipo 0041/0675
		Tipo 1851

As bactérias do tipo 0092, 0041 e 0675 desenvolvem-se em ambientes com cargas mássicas baixas e idade das lamas elevadas. Acrescenta-se ainda que os Nocardioformes estão associados a afluentes com uma grande quantidade de óleos e gorduras (Abreu, 2004), o que vai de encontro às características, já referidas em 4.1.1

Através dos boletins de análise e da comparação com os dados analíticos nesses períodos, verificou-se que o valor do Índice Biótico de Lamas era melhor quando os sólidos do licor misto apresentavam teores que rondassem os 3000 mg/l. Nessas alturas o IVL também se caracterizava por ser melhor (IVL = 260 ml/g, num intervalo de variação de 175-420 ml/g).

Pelas análises ao microscópio observou-se que, na maioria das vezes, os flocos se apresentavam consistentes, tinham dimensões variáveis e as bactérias filamentosas eram a base da estrutura do floco.

4.4.2 Parâmetros Operacionais

Nesta parte do trabalho vai ser feita uma descrição e análise dos parâmetros operacionais considerados para avaliar o funcionamento da ETAR, ao longo do período de estudo.

Os parâmetros operacionais analisados foram:

- Carga Mássica,
- Tempo de Retenção hidráulico,
- Razão de Reciclo,
- Índice Volumétrico de Lamas,
- Idade das Lamas

Conforme referido anteriormente, as definições e as fórmulas de cálculo usadas para estes parâmetros encontram-se no Anexo III.

Seguidamente são apresentados os gráficos que permitiram avaliar o comportamento dos parâmetros operacionais.

Carga Mássica

Pode ver-se na Figura 33, que o parâmetro em estudo apresentou valores entre 0.08-0.13 Kg CBO₅/KgMLSS.d, dia que são superiores aos dados do projeto. Além disso, também se observou uma diminuição das amplitudes de variação deste parâmetro de 0.6 para 0.1 kgCBO₅/kgMLSS.d, o que pode significar ter havido um esforço para tentar controlar e aproximar este parâmetro dos valores definidos no projeto de execução, visto que os teores de sólidos, de CBO₅ e nutrientes apresentam tendências constantes ao longo do histórico.

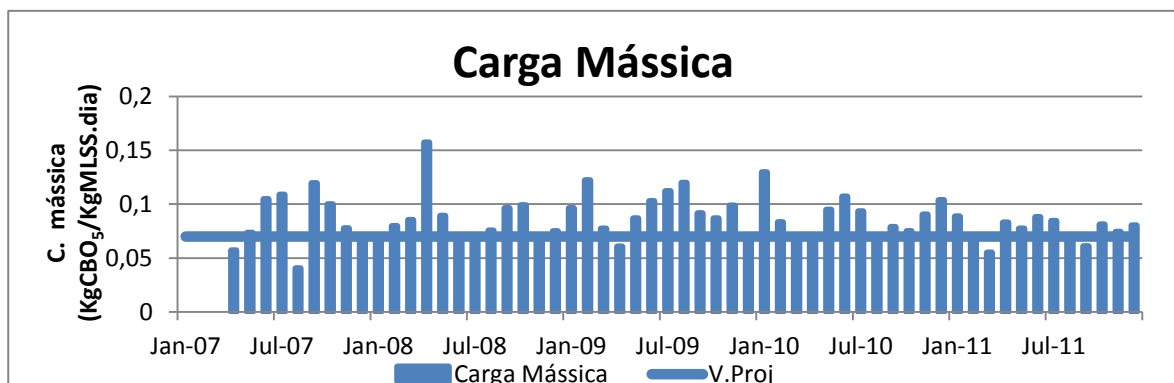


Figura 33 Valores da Carga Mássica observados ao longo do tempo de estudo

É ainda de relembrar o facto de que, se os valores da carga mássica forem baixos, proporcionam o desenvolvimento de bactérias filamentosas que impedem o bom desenvolvimento dos microrganismos que atuam na remoção da matéria orgânica (Abreu, 2004).

Tempo de Retenção Hidráulico

Com a análise efetuada constatou-se que os tempos de retenção hidráulicos apresentavam comportamentos muito próximos e que, em média, o tempo de retenção hidráulico (TRH) nos reatores biológicos está dentro do valor projetado (40 horas), mas ligeiramente acima do intervalo definido para valas de oxidação (15-30 horas). Nos decantadores, os dados analisados correspondem ao dobro do tempo definido no projeto de execução. Este fato leva a considerar que as lamas secundárias podem não apresentar características propícias para decantar, necessitando de mais tempo para sedimentarem e levando a que, conseqüentemente, o TRH seja superior ao projetado. De notar que o pico observado em julho de 2007 coincide com a diminuição do caudal de entrada que também ocorreu nessa altura.

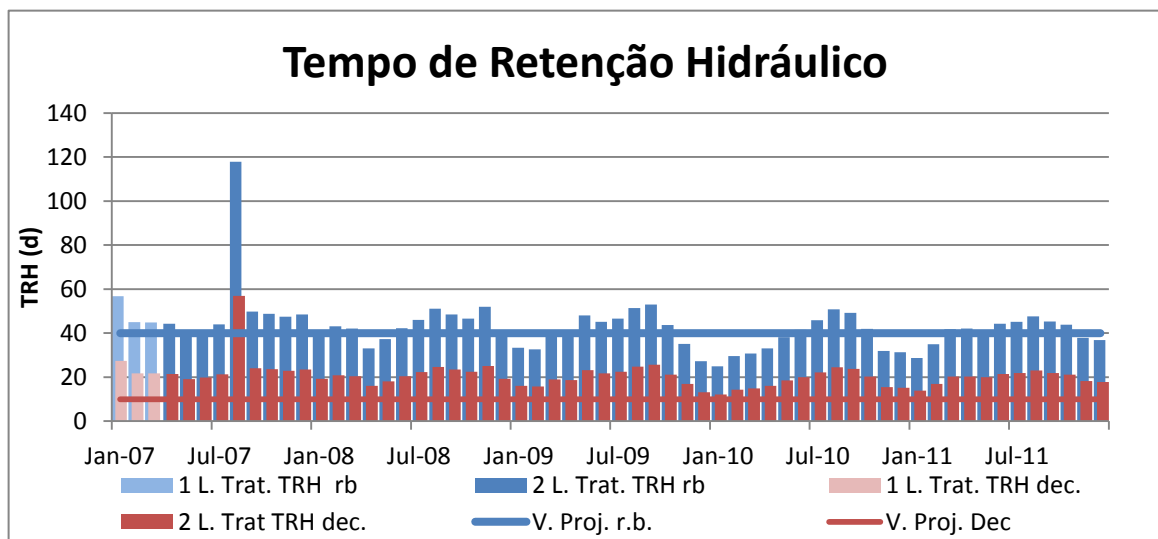


Figura 34 Variação do Tempo de Retenção Hidráulico dos reatores biológicos e decantadores secundários ao longo dos cinco anos de estudo

(rb.- reator biológico dec.-decandator)

Índice Volumétrico de Lamas

Para tentar esclarecer e verificar se de facto existe algum problema na decantação secundária, a seguir é apresentada a Figura 35, que mostra a média do Índice Volumétrico de Lamas (IVL) nos dois reatores biológicos ao longo do período estudado.

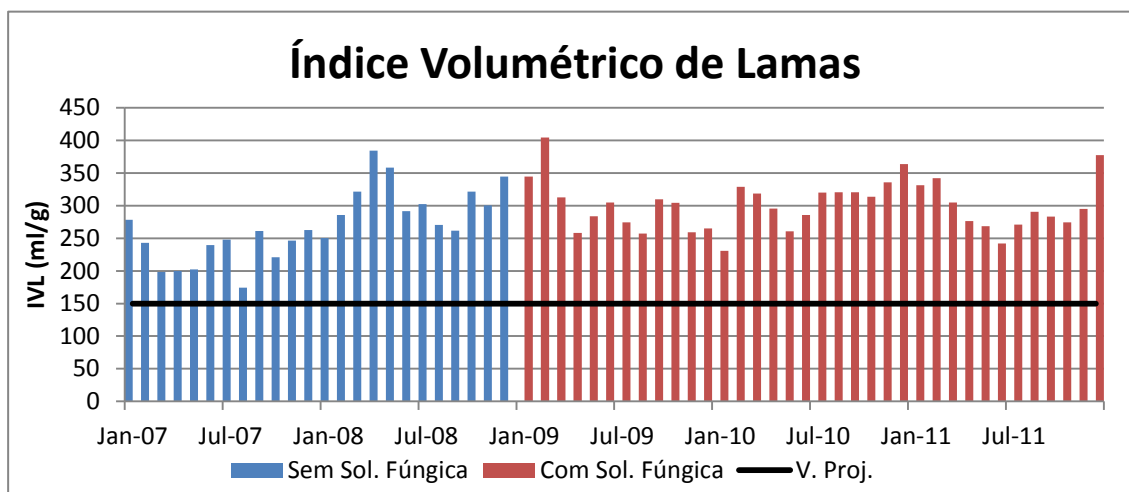


Figura 35 Evolução do Índice Volumétrico de Lamas ao longo dos cinco anos de estudo

Tal como se tinha previsto, de facto a sedimentação de sólidos é uma dificuldade que a ETAR apresenta, pois o valor médio de IVL encontra-se afastado dos dados definidos no projeto de execução, que coincidem com o intervalo definido por Metcalf & Eddy considerado como “fraco”.

Esta má decantabilidade poderá estar associada às condições ambientais estabelecidas nos reatores biológicos, como o pH, temperatura e teor de oxigénio dissolvido. Estes fatores têm influência no desenvolvimento das comunidades de microrganismos, podendo dificultar uma correta formação dos flocos biológicos.

Também é possível observar que até ao fim do ano de 2008 o IVL tendeu sempre a aumentar (desde 150 até 350ml/g). Contudo, um mês após a adição da solução fúngica (fevereiro de 2009) o IVL diminuiu e tendeu a estabilizar para valores de 275ml/g.

Em laboratório, observou-se que durante os primeiros 30 minutos de decantação (período em que é determinado o V30) a lama não decantava como era suposto, mas depois desse período sedimentava de uma forma mais rápida e estável. Na realidade, o que aconteceu no sistema foi que depois da adição da solução

fúngica, apesar de o IVL não ter melhorado de forma muito evidente, as lamas decantadas tornaram-se mais estáveis. Deste modo foi possível regular a recirculação de lamas secundárias com base na concentração de MLSS a fixar nos reatores biológicos. Anteriormente tinha que se recircular mais para que a lama fosse retirada dos decantadores o mais rapidamente possível, pois tinha muita tendência para flotar.

Razão de Reciclo

Este parâmetro é calculado com base na relação entre o caudal de entrada e o caudal de recirculação. Quando esta relação é muito elevada, pode significar que a estação está sob *stress* e não permite um tratamento eficaz do afluente, ou que as comunidades microbiológicas sofreram alguma alteração, sendo necessário repor o seu número (Metcalf & Eddy 2003).

Pelos dados analisados na Figura 36 verifica-se que a ETAR está a funcionar abaixo da carga poluente prevista, pois os valores médios são inferiores aos dados do projecto. Verificou-se também que os valores da razão de reciclo estão abaixo dos dados do Projeto de Execução, e que tem um comportamento muito próximo do teor de MLSS (Figura 32).

Quando este parâmetro apresenta valores demasiado baixos pode significar que a ETAR está a funcionar abaixo da carga poluente prevista (Metcalf & Eddy, 2003), o que se confirma pelos dados analisados na Figura 37. Além disso, observou-se que, de uma forma geral, à medida que a carga poluente, na forma de CQO, diminui, a razão de reciclo decresce. Este facto leva a considerar que efetivamente a ETAR está a funcionar abaixo da carga poluente prevista.

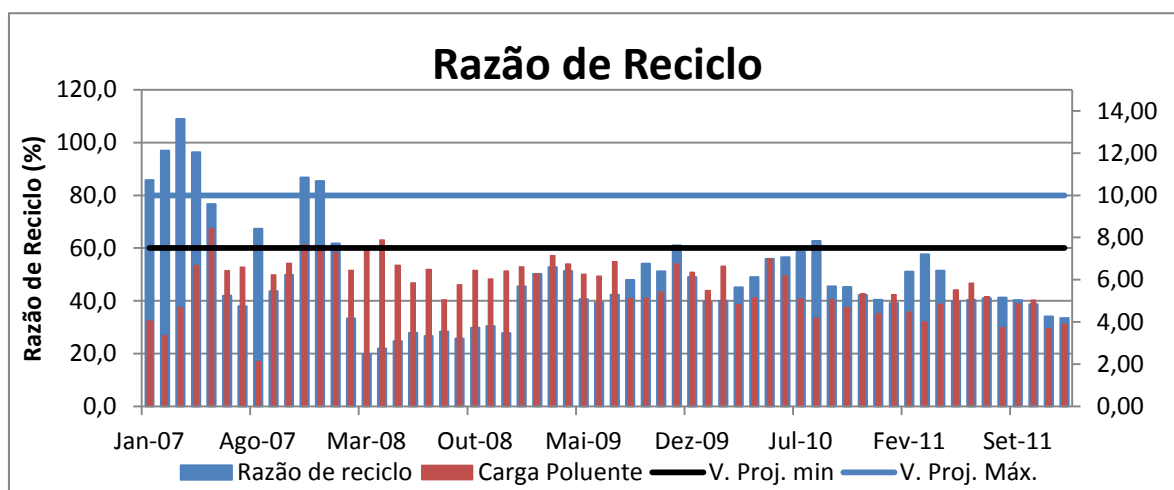


Figura 36 Variação da razão de reciclo com a carga poluente (como CQO) a tratar.

Idade das Lamas

A partir da Figura 37 é possível observar que na maioria do período analisado, a Idade das Lamas esteve próxima dos dados definidos no projeto de execução e dentro do intervalo de valores estabelecido para valas de oxidação (15-30dias) (Metcalf & Eddy, 2003). No entanto, verificou-se um aumento, deste parâmetro, desde junho de 2010 até maio de 2011, permanecendo acima do previsto (mais de 25 dias) até ao fim do período em estudo. Também é de salientar a ocorrência de uma anomalia em agosto de 2007, possivelmente derivado ao aumento do caudal de entrada.

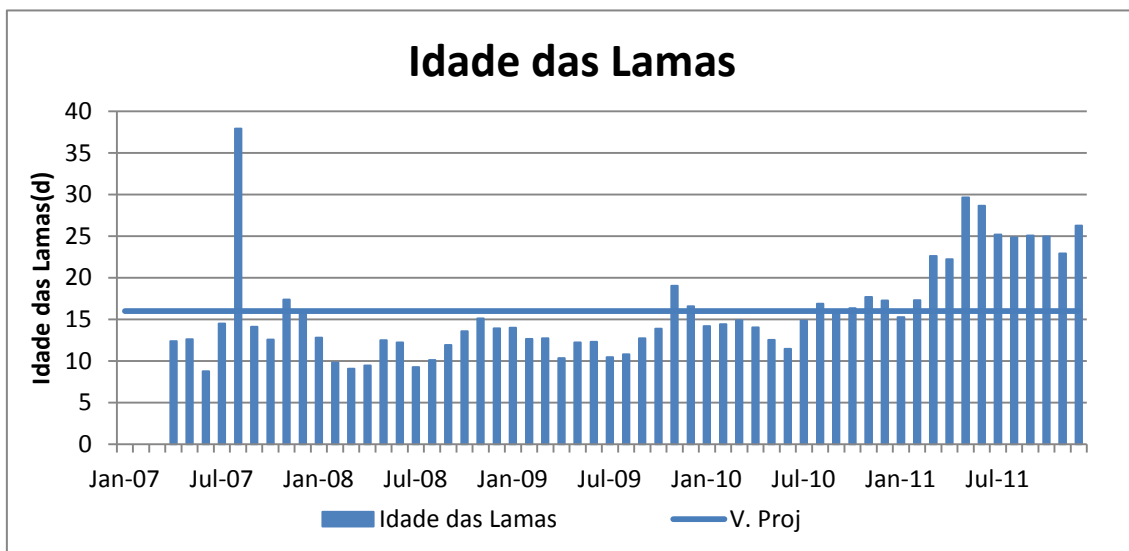


Figura 37 Valores da Idade das Lamas observados ao longo dos cinco anos de estudo

4.5 Tratamento de Lamas

Na sequência desta análise é fundamental avaliar a quantidade e qualidade da lama espessada e desidratada produzida na ETAR. Esta fase também é de grande importância, pois acarreta elevados custos, e se o desempenho da ETAR estiver com algumas condicionantes, o tratamento das lamas secundárias produzidas vai ser negativamente influenciado.

4.5.1 Lama Produzida

Para elaborar a Figura 38 considerou-se que a densidade da lama desidratada era 1 kg/m³, possibilitando a comparação da lama na fase líquida (lama a espessar e a lama espessada) com a lama produzida na fase sólida (lama desidratada).

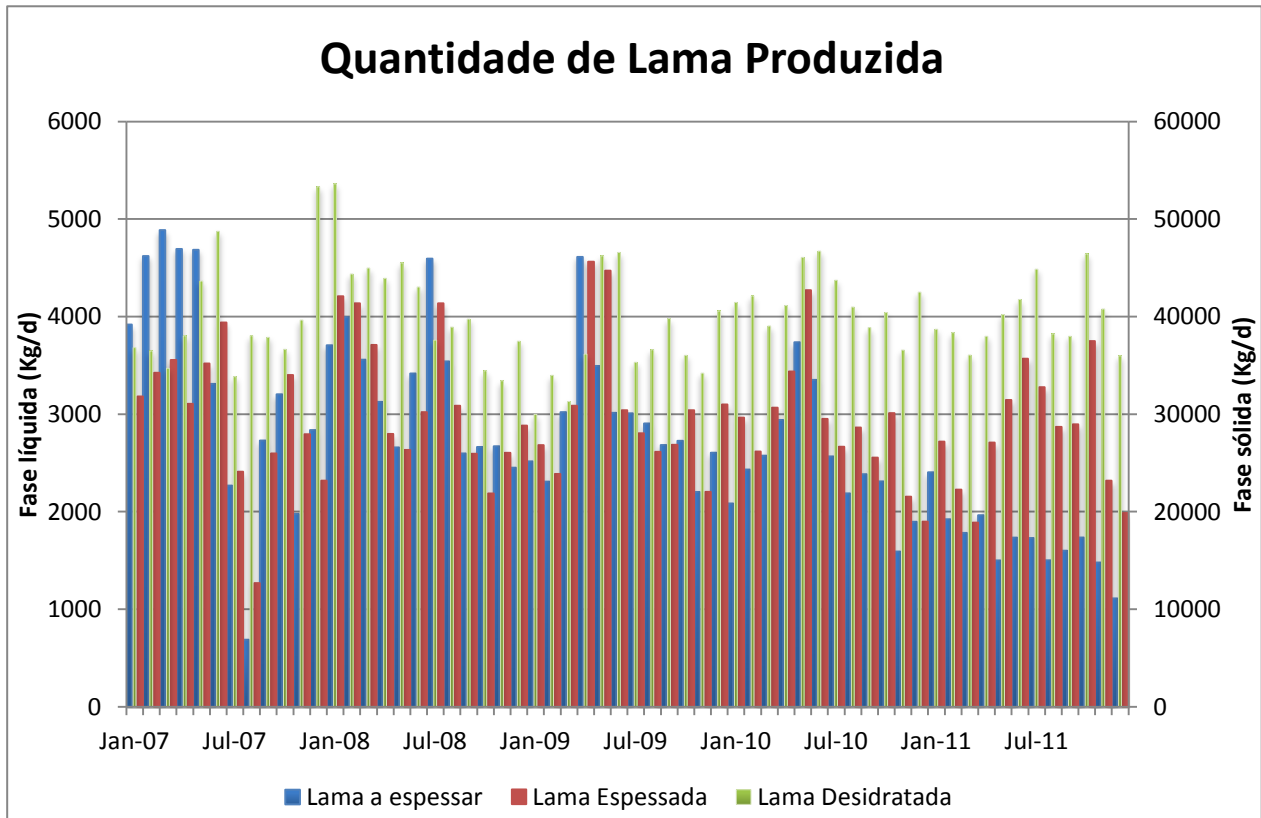


Figura 38 Variação da lama a espessar, lama espessada e desidratada ao longo do período de análise

Tal como era de esperar, a quantidade de lama espessada mostrou-se diretamente relacionada com a lama a espessar (proveniente da purga), exceto em 2011. Nesse ano, a carga de lama espessada e a carga de lama a espessar passaram a apresentar um comportamento inverso. Na realidade, conseguiu-se uma melhoria na eficiência do espessamento da lama pois, com uma quantidade menor de sólidos a entrar no espessador, obteve-se um aumento de sólidos na lama espessada. Este facto também se deveu ao aumento da adição de polieletrólito e ao aumento do tempo de espessamento.

De notar que há um aumento da carga de lama espessada no segundo trimestre de todos os anos. É nessa altura que chega o verão e que aumenta a atividade microbiana, produzindo-se mais lama.

Por outro lado, a lama desidratada tendeu a apresentar cargas relativamente constantes (3500-4500kg/d). Também se verificou que a partir do ano de 2009 até ao fim do período em estudo, a carga das lamas espessadas e desidratadas produzidas tenderam a apresentar uma relação direta, isto é, quando a carga de lama espessada diminuía, a carga de lama desidratada também diminuía.

4.5.2 Percentagem de Matéria Seca

De uma forma geral, verificou-se (Figura 39) que o parâmetro percentagem de matéria seca da lama variou da mesma forma, tanto na lama espessada como na desidratada. No que respeita aos limites de projeto, a percentagem de matéria seca na lama desidratada encontrou-se aquém do previsto, apresentado valores entre 13-17% de matéria seca. Contudo, é de lembrar que, com objetivo de melhorar a qualidade de lama, houve a necessidade de efetuar um ajuste nos teores de sólidos produzidos nos reatores biológicos e adição de polieletrólito na lama a espessar, medida que não estava prevista no projeto de execução e que pode levar ao desfasamento dos valores de projeto.

De notar que entre julho de 2008 e janeiro de 2010 o comportamento das lamas foi inverso, ou seja, nesse intervalo de tempo a lama espessada melhorou de qualidade enquanto a lama desidratada piorou, o que revela algumas dificuldades na desidratação relacionadas com um dado limite de sólidos, a partir do qual as centrífugas não melhoram a sicidade das lamas.

Pela análise da figura referida pode verificar-se, mais uma vez, uma melhoria na qualidade de lama espessada em 2011, através do aumento de matéria seca em quase 1%.

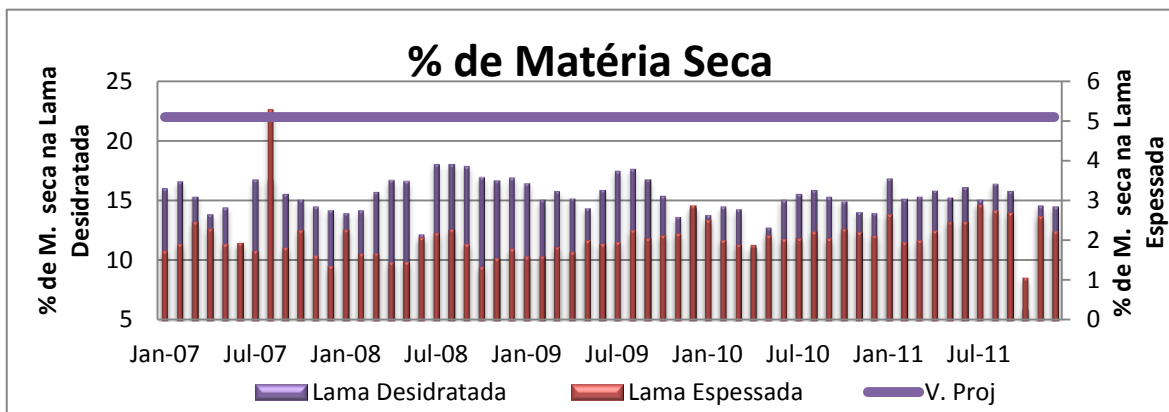


Figura 39 Evolução da Percentagem de matéria seca da lama espessada e desidratada

4.6 Consumos Energéticos

Após a análise de todos os parâmetros estudados é de todo o interesse avaliar como variaram os consumos energéticos da ETAR ao longo do tempo. É de salientar que os equipamentos com maiores gastos energéticos na estação de tratamento são os reatores biológicos e as centrífugas.

Através da figura 40 é possível observar que houve cinco momentos que marcaram os consumos energéticos nos cinco anos de estudo. O ano de 2007 caracterizou-se por ser aquele em que se consumiu mais energia, sendo que o pico em maio de 2007 foi devido à abertura do reator biológico 2. A partir daí e até ao início de janeiro de 2008, houve uma diminuição em cerca de 8% dos consumos mas, ainda assim, os gastos no tratamento continuaram muito elevados.

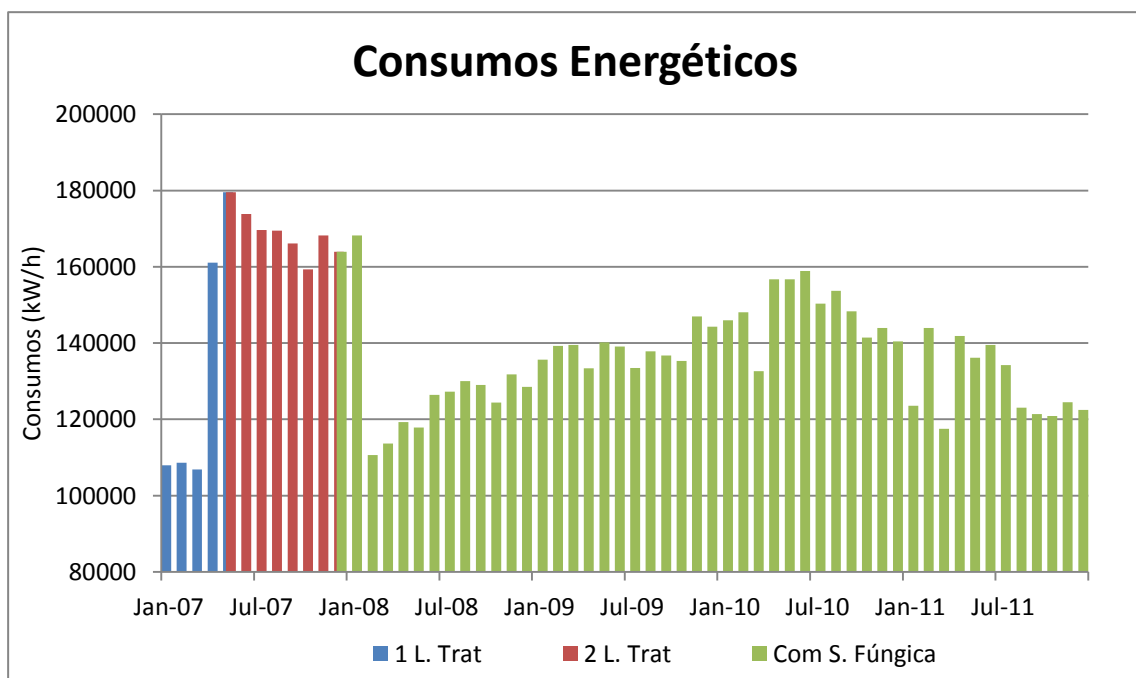


Figura 40 Consumos energéticos na ETAR do Febros ao longo de cinco anos

Na tentativa de melhorar a eficiência do processo, em 2008 iniciou-se a adição de uma solução fúngica que permitiu uma rápida redução dos consumos energéticos (cerca de 30%). Desse momento até ao início de 2010, os consumos aumentaram em 20% devido ao tempo de funcionamento das centrífugas. No entanto, a partir de junho de 2010, conseguiu-se uma melhoria no processo de desidratação que permitiu uma redução dos custos energéticos em cerca de 15%.

5. Conclusões

Com a compilação e análise do histórico de dados analíticos (2007-2011) foi possível conhecer o funcionamento da ETAR do Febros, estudar e relacionar os dados analisados, nomeadamente os caudais de funcionamento e os parâmetros operacionais. Um bom funcionamento de uma ETAR depende muito destes fatores, sendo crucial a sua análise para a gestão correta do processo de tratamento de águas residuais.

De uma forma geral, pode dizer-se que ao longo dos cinco anos de estudo se verificou que a maioria dos parâmetros analisados apresentou uma variação sazonal, com forte influência da precipitação. Apesar da sazonalidade, as cargas orgânicas de entrada tenderam a apresentar valores constantes. Nos reatores biológicos, o caudal de recirculação sofreu um ligeiro aumento e o caudal de purga uma diminuição significativa. Esta diminuição, por si só, já revela uma melhoria significativa no funcionamento da ETAR, pois indica que os custos associados ao tratamento de lamas foram menores.

No que diz respeito aos parâmetros que caracterizam o afluente verificou-se que as condições físico-químicas variaram de forma sazonal e que as eficiências de remoção de CBO₅, CQO e SST superaram os limites estipulados pela legislação. Além disso, houve ao longo do tempo uma redução de 30% da matéria orgânica (CQO), resultando num aumento da facilidade de degradação biológica das águas residuais em cerca de 40%, permanecendo dentro do intervalo teórico aceitável. De notar que seria de esperar que, ao longo dos anos, a carga poluente fosse aumentar devido ao crescimento da população, o que não aconteceu. Relativamente aos nutrientes (compostos azotados e fósforo) é de referir que as eficiências de remoção ficaram abaixo dos limites definidos para zonas sensíveis e que o processo de nitrificação/desnitrificação ocorreu com algumas dificuldades. Contudo, a ETAR encontra-se numa zona não sensível e não está sujeita ao cumprimento dos requisitos legais de descarga para nutrientes. Independentemente disso, os valores à saída da ETAR do Febros não se encontraram muito distantes dos limites para zonas sensíveis, o que é benéfico para o ambiente na envolvente da zona de descarga e vantajoso para a ETAR, pois, no caso de haver mais tarde obrigatoriedade de cumprimento dos

requisitos para zona sensíveis, facilmente a ETAR conseguirá reduzir as descargas destes compostos mediante medidas apropriadas.

Quanto às características do licor misto verificou-se que os valores analisados não estavam de acordo com os dados do projeto, visto ter sido necessário fazer um ajuste nestes parâmetros para valores inferiores ao previsto, devido a algumas dificuldades da sedimentabilidade das lamas. Também se verificou uma forte proximidade na variação dos sólidos dos reatores biológicos com o caudal de purga. Constatou-se que a microfauna presente era diversificada, apresentando organismos de vários grupos funcionais, como ciliados móveis de fundo, sésseis e metazoários. Além disso, também se verificou a presença de bactérias filamentosas, provavelmente associadas a cargas mássicas baixas e a efluentes com grande quantidade de óleos e gorduras.

Relativamente aos parâmetros operacionais, observou-se que a carga mássica e o tempo de retenção nos reatores biológicos se mantiveram constantes e dentro dos valores definidos no projeto de execução. Os dados referentes à razão de reciclo tenderam a ser inferiores aos valores de projeto, revelando assim que a ETAR está a funcionar abaixo da carga prevista e indo de encontro às características necessárias para o desenvolvimento das bactérias filamentosas identificadas no licor misto. A Idade das Lamas tendeu a aproximar-se dos valores mínimos definidos para valas de oxidação. Por outro lado, o Tempo de Retenção Hidráulico nos decantadores secundários foi superior ao definido no projeto de execução, assim como o Índice Volumétrico de Lamas. Estes dois parâmetros levam a crer que existem algumas condicionantes na capacidade das lamas biológicas sedimentarem de forma correta. Contudo, é de referir que nos cinco anos estudados, houve uma tendência para diminuição da carga de lama espessada e um aumento do seu teor em matéria seca. A carga de lama desidratada tendeu a apresentar um comportamento uniforme mas afastado dos valores definidos no projeto de execução. Em termos de consumos energéticos verificou-se uma melhoria bastante significativa a partir do momento em que se iniciou a adição da solução fúngica.

De notar que, desde o pré-tratamento, existem algumas dificuldades na eliminação de gorduras no desengordurador, fazendo com que estas passem para as fases seguintes de tratamento. Estas informações obtiveram-se pela visualização de partículas de gordura nos decantadores secundários e pela existência de bactérias

filamentosas nos reatores biológicos típicas de ambientes com este tipo de substâncias. Desta forma, as gorduras podem interferir na correta formação dos flocos nos reatores biológicos e na sedimentação das lamas biológicas nos decantadores secundários.

Com estas dificuldades houve a necessidade de tomar medidas que permitissem melhorar o funcionamento da ETAR, nomeadamente, o aumento do teor de oxigénio nos reatores biológicos e a adição da solução fúngica. Foi a solução fúngica que permitiu melhorar de uma forma mais importante o funcionamento da ETAR, pois além de contribuir para a diminuição das gorduras presentes no processo, permitiu melhorar a sedimentabilidade das lamas secundárias e diminuir os consumos energéticos.

Considerações e Sugestões Finais

Com a elaboração deste trabalho foi possível adquirir conhecimentos e experiências fundamentais sobre o funcionamento das estações de tratamento de águas residuais.

O facto de estagiar dentro da empresa ajudou a perceber as dificuldades que existem diariamente no controlo do processo. As competências desenvolvidas na monitorização do controlo analítico da ETAR do Febros contribuíram também para o alcance de aptidões que irão permitir, no futuro, trabalhar com mais segurança e conhecimento nestas áreas. Com este trabalho foi possível verificar também que, apesar de a ETAR ser do tipo vala de oxidação e existirem alguns parâmetros que não se encontram nos intervalos definidos para este tipo de sistema, a estação apresenta um bom funcionamento. Contudo, acredita-se que, se fosse possível atuar na eliminação das gorduras, o processo de remoção de azoto pela atividade dos microrganismos seria mais eficaz, haveria uma produção de lamas inferior e os consumos energéticos baixariam consideravelmente. Desta forma, deveriam ser tomadas medidas adequadas no Pré-tratamento, nomeadamente na remoção de areias, uma vez que os processos de desarenamento e desengorduramento funcionam ao mesmo tempo e que existem várias interrupções nesta fase devido à remoção de sólidos finos.

Uma das formas de realizar uma eliminação de gorduras mais eficaz seria melhorar a remoção de sólidos finos, antes ou durante o processo de desarenamento. O desenvolvimento de comportas no poço de grossos, que seriam abertas aquando do alcance de uma determinada altura de sólidos, e a colocação de peneiras rotativas ou estáticas, desenhadas para remover as areias à medida que o afluente passa nestes equipamentos, iriam contribuir para que a quantidade de areias que seguiria para o desarenador fosse menor. Desta forma, os raspadores de fundo funcionariam de forma mais adequada e, em consequência, a remoção de gorduras seria mais eficaz. Além disso, poder-se-ia analisar a composição das gorduras com vista a determinar a sua origem e alterar o tipo de raspadores de superfície, de modo a conseguir realizar uma remoção mais eficiente destas substâncias.

Em suma, é de referir que este estágio foi muito importante não só para a formação académica da estagiária, mas também foi relevante a nível pessoal, pois além da experiência de trabalho em equipa, permitiu aprofundar o desenvolvimento da capacidade de contornar as dificuldades e encontrar soluções alternativas para problemas que possam surgir numa atividade profissional.

6. Bibliografia

Abrantina (2001). *Construção da ETAR de Febros, do sistema de drenagem e tratamento de águas residuais das bacias do Douro Nordeste – Bacias do Rio Febros, Projeto de Execução – Peças Escritas.*

Abreu, A. (2004). Identificação de bactérias filamentosas em processos de lamas ativadas através da Técnica de Hibridização *In-situ* de Fluorescência (FISH), Dissertação para mestrado em Tecnologia do Ambiente na Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Biológica, Universidade do Minho.

Águas de Gaia, EM, Construtora Abrantina, S.A., Cabral & Filhos, S.A., ETAMAP (2000), *Manual de Instruções de Funcionamento e Manutenção da ETAR – ETAR do Febros.*

Águas e Parque Biológico de Gaia, Empresa – Antecedentes, acedido em 28 de dezembro de 2011, no Web site <http://www.aguasgaia.eu/pt/home.php>

Anónimo, CEB - Centro de Engenharia Biológica (2009/2010). *Botetim de análises. Projeto PROTOFILMWW*, Universidade do Minho

ARH Norte (2011). Relatório Técnico, Anexo II – Informação adicional, versão para consulta pública. In *Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Douro* : http://www.arhnorte.pt/ficheiros/download/PGRHN_VFINAL/PGRH3/PGRH3_RT_CE-Anexo_II.pdf

Conselho das Comunidades Europeias. *Diretiva nº 91/271/CEE, de 21 de maio de 1991.* Jornal Oficial das Comunidades Europeias nº L 135/40. Bruxelas.

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (2011). Regulamento do 2º Ciclo de Estudos em Ciências e Tecnologia do Ambiente da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Acedido em 29 de novembro de 2011, no Web site da

Universidade do Porto, Faculdade de Ciências:
http://sigarra.up.pt/fcup/web_gessi_docs.download_file?p_name=F328051165/img-718170158-0001.pdf.

Metcalf & Eddy. (2003) *Wastewater engineering - Treatment and reuse*, Fourth edition, MacGraw-Hill. International Edition.

Ministério do Ambiente (1997). *Decreto – Lei nº152/97, de 19 de junho*. Diário da República – I Série A. Lisboa.

Ministério do Ambiente (1998). *Decreto – Lei nº236/98, de 1 de agosto*. Diário da República – I Série A. Lisboa.

Ministério do Ambiente (1998). *Decreto – Lei nº348/98, de 9 de novembro*. Diário da República – I Série A. Lisboa.

Ministério do Ambiente (2008). *Decreto – Lei nº97/08, de 11 de junho*. Diário da República – I Série A. Lisboa.

Myers, Stephen D. (1998). *Sistemas de Águas Residuais Urbanas – Um Guia para não Especialistas*, Agência Europeia do Ambiente.

Mota, M. (2001). *Estudo por análise de imagem do comportamento de uma estação de tratamento de efluentes sob condições transientes*, Laboratoire des Sciences du Génie Chimique, Nancy cedex. ASADES.

Naturatech (2009). *Ficha técnica do produto Optibiom 7450 L*. Levallois, Paris.

Silva, Raquel (2008). *Relatório de Ensaio de Bioaugmentação Fúngica realizado na ETAR do Febros* (documento não publicado).

Sousa, J. (2011). *Caraterização da decantabilidade das lamas ativadas da ETAR de Sobreiras, Porto, via determinação fisiológica global através da monitorização de SOUR*, Dissertação para mestrado em Engenharia do Ambiente, Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Porto.

Vieira, M. (2005). Estudo da cinética de acumulação e consumo de polímeros de reserva num reator de biofilmes para a remoção do azoto, Tese de mestrado de Tecnologia do Ambiente, Universidade do Minho, Braga.

7. Anexos

Anexo I

Objetivos Globais do Estágio Curricular

O estágio curricular desenvolvido na ETAR do Febros no período de outubro de 2011 a julho de 2012 teve como principais atividades:

- Colaboração na realização das determinações laboratoriais previstas no plano de monitorização do controlo analítico interno das quatro ETAR da bacia de Gaia Interior. Esta atividade tem como grande contribuição para o estágio efetuado, a experiência e a capacidade de contornar dificuldades que possam ocorrer em laboratório;
- Colaboração na atualização da Base de dados ETAR-GEST, permitindo o conhecimento da estrutura e organização de uma base de dados;
- Contribuição para a elaboração de um ficheiro com o histórico de avarias verificadas na ETAR do Febros, com vista à identificação de potenciais melhorias a implementar no âmbito da gestão de equipamentos. A organização e a definição de tarefas a executar para alcançar este objetivo é fundamental para que o resultado final seja o ideal;
- Compilação e análise do histórico de dados analíticos (2007-2011) relativos à monitorização do afluente, tratamento biológico, decantação secundária, e tratamento de lamas secundárias. Para executar corretamente esta atividade é necessário realizar uma recolha e seleção da informação mais relevante para os parâmetros que têm maior influência no tratamento. Foi com base nesta atividade que foi possível conseguir realizar um estudo detalhado do desempenho da ETAR do Febros durante cinco anos de funcionamento. Como este estágio decorreu de outubro de 2011 a julho de 2012, foram incluídos no histórico de 2011 os dados das análises laboratoriais entre outubro e dezembro realizadas com a colaboração do estagiário. É de referir que as análises de 2012 não constam no relatório, porque não iria ser possível completar um ano de estudo para utilizar neste trabalho.

Anexo II

Órgãos de Tratamento e Equipamentos da ETAR de Febros¹

Pré tratamento

Quadro 1 Órgãos de tratamento e principais Equipamentos no pré-tratamento

Órgãos de tratamento	Nº Total	Nº em Funcionamento	Função
Desarenador-desengordurador	2	2	Retirada de areias e gorduras
Equipamento	Nº Total	Nº em Funcionamento	Função
Colher Bivalve	1	1	Retirar os sólidos grosseiros
Tamisador – Peneira de auto limpeza*	2	2	Retirar os sólidos finos
Prensa de resíduos sólidos	1	1	Recolha dos sólidos provenientes dos tamisadores
Compressores	3	2	Fornecimento de ar para os desarenadores
Número de Difusores	36	36	Injeção de ar na água
Classificador de areias	1	1	Separação das areias retiradas do desarenador

- Além dos 2 tamisadores existe em funcionamento, paralelamente, uma grelha manual, que assegura sempre a gradagem nos momentos em que ocorrem anomalias.

Medição e regulação de caudal

Quadro 2 Equipamentos principais para a medição e regulação de caudal

Equipamentos	Nº Total	Nº em Funcionamento	Função
Caudalímetro de água ou lama	6	4	Medição de caudal de água ou lama
Válvula motorizada	1	1	Controlo do afluente ao tratamento biológico

¹ ETAR do Febros: Manual de instruções de funcionamento e manutenção da E.T.A.R., Águas de Gaia, EM

Tratamento secundário

Quadro 3 Órgãos de tratamento e principais Equipamentos no tratamento secundário

Órgão de Tratamento	Nº Total	Nº em Funcionamento	Função
Reatores biológicos	3	2	Local onde se realiza o tratamento biológico
Decantadores secundários	3	3	Promoção da decantação – Remoção da matéria em suspensão presente no licor misto
Equipamento	Nº Total	Nº em Funcionamento	Função
Rotores de arejamento, por linha de tratamento	5	5	Arejamento do licor misto
Agitadores submersíveis, por linha de tratamento	2	2	Manter a agitação e o movimento do licor misto circulante nos tanques
Sondas de oxigénio	2	2	Medição de oxigénio dissolvido
Motorreductor no decantador	4	3	Controlo do funcionamento da ponte giratória

Tratamento de lamas

Quadro 4 Órgãos de tratamento e principais Equipamentos do tratamento de lamas

Órgão de Tratamento	Nº Total	Nº em Funcionamento	Função
Espressor por gravidade	1	1	Redução de volume das lamas a partir do espressor
Tremonha	1	1	Armazenamento da lama desidratada
Equipamento	Nº Total	Nº em Funcionamento	Função
Módulos de preparação de polieletrólito	2	1	Preparação de polieletrólito
Centrífugas	2	2	Desidratação da lama
Transportador de lamas desidratadas	2	1	Recolha das lamas das centrífugas
Motorreductor da comporta da tremonha	2	1	Controlo da abertura da comporta

Bombagem

Quadro 5 Bombas presentes na estação de tratamento

Bombas	Nº Total	Nº em Funcionamento	Função
Bomba de areias	2	2	Retirar as areias do sistema
Bombas de escorrências	2	2	Bombagem de todas as escorrências da estação de tratamento
Bombas de Recirculação	3	2	Bombagem de lamas dos decantadores para o tratamento biológico
Bombas das lamas em excesso	2	1	Bombagem de lamas em excesso para o espessador
Bombas de eletrólito	3	2	Doseamento de polieletrólito a adicionar às lamas a centrifugar
Bombas de lamas a desidratar	4	2	Bombagem de lamas para as centrífugas
Bomba de lamas desidratadas	1	1	Bombagem de lamas desidratadas para a tremonha de lamas

Instalações auxiliares

Quadro 6 Órgãos de tratamento e principais Equipamentos das instalações auxiliares

Órgãos de Tratamento	Nº Total	Nº em Funcionamento	Função
Desodorizador	1	1	Tratamento do ar da sala de desidratação e pré-tratamento
Equipamento	Nº Total	Nº em Funcionamento	Função
Compressor de ar	3	1	Fornecimento de ar a introduzir na tubagem das lamas à tremonha
Ventilador	2	2	Sução do ar contaminado para posterior tratamento
Filtro Auto-lavagem	1	1	Filtração do efluente final

Anexo III

Formulário dos Parâmetros Operacionais

Biodegradabilidade: Permite compreender a capacidade de biodegradação da água residual.

Fórmula de cálculo:
$$Biod = \frac{CBO}{CQO}$$

Carga mássica: Define a quantidade de CBO₅ aplicada ao tanque biológico por cada kg de sólidos presentes no licor misto (MLSS), por dia.¹

Fórmula de cálculo:
$$C_m = \frac{Q \times CBO_5}{X_{MLSS} \times V}$$
, kgCBO₅/kgMLSS.d

Onde, Q = Caudal, m³/d

CBO₅ = Concentração de CBO₅ no afluente, mg/L

X_{MLSS} = Concentração de sólidos suspensos totais no reator, mg/L

V = Volume do reator, m³

Eficiências de remoção: Permitem avaliar o rendimento do tratamento da ETAR, a partir do valor inicial e final dos parâmetros a analisar.²

Fórmula de cálculo:
$$E = \frac{P_0 - P}{P_0} \times 100, \%$$

Onde, P₀ = Valor inicial do Parâmetro

P = Valor final do Parâmetro

Índice Volumétrico de Lamas: Permite avaliar as características da sedimentabilidade da biomassa, através do volume das lamas biológicas sedimentadas em um litro, ao fim de 30 minutos (V₃₀) e do peso dos sólidos suspensos totais do licor misto.¹

Fórmula de cálculo:
$$IVL = \frac{V_{30} \times 1000}{X_{MLSS}}$$
, ml/g

Onde, V₃₀ = Volume de sólidos sedimentados, ml/L

X_{MLSS} = Concentração de sólidos suspensos totais do licor misto, mg/L

Razão A/M: Define a razão entre a carga do substrato (CBO₅ ou CQO) aplicada ao tanque e o teor de biomassa presente nos reatores biológicos.¹

Fórmula de cálculo:
$$\frac{A}{M} = \frac{Q \times CBO_5}{V \times X_{MLVSS}} = \frac{CBO_5}{TRH \times X_{MLVSS}}$$
, kgCBO₅/kgMLVSS.d

Onde, Q = Caudal afluente, m³/d

CBO₅ = Concentração de CBO₅ no afluente, mg/L

X_{MLVSS} = Concentração da biomassa no reator (ou MLVSS), mg/L

V = Volume do reator, m³

TRH, = Tempo de Retenção Hidráulico, d

¹ Mapas de Controlo Analítico Interno da ETAR de Febros

² Metcalf & Eddy (2003)

Razão de Reciclo: Estabelece a relação entre os caudais de alimentação ao reator e o caudal recirculado.²

Fórmula de cálculo: $rR = \frac{Q_R}{Q} \times 100$, %

Onde, Q_R = Caudal de Recirculação, m³/d
 Q = Caudal de entrada, m³/d

Tempo de residência de lamas/ Idade das lamas (TRL ou IL): Representa o período de tempo em que os sólidos biológicos (lamas) estão no sistema. Estes são determinados através da razão entre os sólidos existentes no tanque de tratamento biológico e os sólidos removidos durante o dia.¹

Fórmula de cálculo: $TRL = \frac{V \times X_{MLVSS}}{X_{RMLVSS} \times Q_P}$, dias

Onde, V = Volume do reator, m³
 X_{MLVSS} = Concentração da biomassa no reator (ou MLVSS), mg/L
 X_{RMLVSS} = Concentração de biomassa na recirculação, mg/L
 Q_P = Caudal de Purga, m³/d

Tempo de retenção hidráulico: Representa o período de tempo durante o qual um fluído (por exemplo o licor misto) permanece nos reatores biológicos ou no decantador secundário.²

Fórmula de cálculo: $TRH = \frac{V}{Q} \times 24$, dias

Onde, V = Volume do reator (ou decantador), m³
 Q = Caudal, m³/d

¹ Mapas de Controlo Analítico Interno da ETAR de Febros

² Metcalf & Eddy (2003)

Anexo IV

Quadro 1 – Médias dos dados do Afluente

Quadro 2 – Médias dos dados do Efluente

Quadro 3 – Médias dos dados do Tratamento biológico

Quadro 4 – Médias dos dados do Tratamento de Lamas

Quadro 5 – Médias dos dados dos Caudais

Quadro 1 – Médias dos dados do Afluente

Data	Parâmetros físicos		Sólidos	Matéria Poluente		Nutrientes (mg/L)			
	Mês/Ano	pH	Cond. (microS)	SST (mg/L)	CBO5 (mg/L)	CQO (mg/L)	NT	NH4	NO3
Jan-07	8,01	901	281	460	792	101,0	52,8	0,68	9,6
Fev-07	7,95	751	221	285	520	91,7	39,5	1,80	9,1
Mar-07	7,91	751	278	385	724	79,5	42,0	1,20	9,1
Abr-07	7,82	996	358	500	1019	76,4	44,7	0,72	11,0
Mai-07	7,75	1099	407	584	1145	94,8	40,0	0,30	11,9
Jun-07	7,85	1123	348	550	909	98,5	28,0	0,30	11,7
Jul-07	7,99	1227	362	505	1000	83,4	34,9	0,32	8,9
Ago-07	7,80	1129	310	420	866	70,0	37,4	0,30	10,2
Set-07	7,88	1312	445	773	1071	107,8	36,8	0,43	13,1
Out-07	7,95	1323	507	652	1139	130,2	48,4	0,40	17,1
Nov-07	8,03	1137	481	430	1252	100,3	52,1	0,68	13,2
Dez-07	8,27	1230	536	525	1247	128,8	42,8	0,65	13,9
Jan-08	8,17	994	361	424	997	119,8	41,8	1,80	12,0
Fev-08	8,16	968	360	450	958	101,8	33,5	0,25	11,0
Mar-08	7,90	1074	380	388	1076	95,4	38,9	0,22	10,5
Abr-08	7,91	894	376	520	899	86,8	44,3	0,20	10,9
Mai-08	7,89	989	383	375	861	96,0	51,0	0,13	10,7
Jun-08	7,89	1176	357	415	852	102,4	40,0	0,34	11,5
Jul-08	7,64	1416	355	425	1029	92,5	45,5	0,23	13,0
Ago-08	7,83	1198	314	460	888	98,3	36,8	0,20	10,9
Set-08	7,67	1206	455	476	962	93,4	40,2	0,18	13,2
Out-08	7,77	1075	457	558	1033	99,8	52,4	0,23	13,1
Nov-08	8,18	1082	606	465	1079	119,3	51,1	0,33	13,0
Dez-08	7,76	923	335	344	878	65,0	37,5	1,63	9,8
Jan-09	7,63	781	291	380	759	62,5	37,5	0,3	9,1
Fev-09	7,92	764	338	388	707	72,25	38,9	0,3	9,7
Mar-09	7,93	890	393	392	969	96,4	49,5	0,2	11,8
Abr-09	7,92	904	444	378	902	88,75	46,9	0,6	13,9
Mai-09	7,90	1199	458	588	1038	97,25	45,5	0,6	15,1
Jun-09	7,96	1370	445	554	959	95,6	44,4	0,6	13,7
Jul-09	7,85	1380	518	620	1101	118,5	23,1	0,5	16,3
Ago-09	7,71	1292	450	625	906	85,5	43,0	<0,5	12,2
Set-09	7,97	1383	430	554	936	120,3	12,3	<0,5	16,9
Out-09	8,00	1038	383	480	817	86,5	40,9	0,2	12,5
Nov-09	7,75	925	298	490	817	83	35,1	0,3	6,2
Dez-09	7,59	711	287	260	598	71,8	33,2	0,6	8,6
Jan-10	7,44	648	161	320	473	81,25	29,3	0,1	8,3
Fev-10	7,60	744	239	290	677	78	43,3	0,3	9,1
Mar-10	7,47	596	244	276	511	60,8	28,6	0,4	7,5
Abr-10	7,69	801	247	320	586	90,25	53,7	0,4	10,0
Mai-10	7,64	941	412	563	919	104,2	56,8	0,3	15,3
Jun-10	7,50	985	404	575	884	94,5	52,4	0,3	25,0
Jul-10	7,59	1133	394	513	807	86	50,3	0,4	14,7
Ago-10	7,51	1220	361	448	730	85,2	51,2	0,4	12,1
Set-10	7,51	1277	406	488	859	96,25	51,7	0,4	12,3
Out-10	7,79	1119	375	395	678	84,75	46,7	0,5	11,9
Nov-10	7,67	986	300	270	589	55,25	34,7	0,6	8,0
Dez-10	7,36	658	258	353	473	52,4	31,9	0,9	6,6
Jan-11	7,36	735	275	310	525	63	36,6	1,3	7,2
Fev-11	7,70	910	270	285	540	76	39,8	0,8	8,3
Mar-11	7,91	830	290	315	579	75,75	46,6	1,3	9,2
Abr-11	7,88	1110	361	515	702	94,25	52,1	0,4	11,7
Mai-11	7,76	933	376	476	785	84,6	52,4	0,5	11,1
Jun-11	7,69	1329	429	653	891	120,3	54,3	0,5	14,4
Jul-11	7,98	1190	385	553	809	108,8	59,9	0,5	12,8
Ago-11	7,82	1261	326	400	611	95,8	57,9	0,3	10,8
Set-11	8,09	1791	359	370	760	107,3	66,5	0,4	11,8
Out-11	7,66	1168	394	520	761	87,25	65,4	0,7	10,8
Nov-11	7,90	787	233	312	482	65,5	33,5	0,6	10,1
Dez-11	7,74	795	225,0	290	496	101,5	44,0	1,3	7,3

Quadro 2 – Médias dos dados do Efluente

Data	Parâmetros físicos		Sólidos	Matéria poluente		Nutrientes (mg/L)			
	pH	Cond. (microS)		CBO5 (mg/L)	CQO (mg/L)	NT	NH4	NO3	PO4
Jan-07	7,63	921	20	7	73,6	47,0	36,6	0,76	1,2
Fev-07	7,53	760	20	17	71,0	41,7	32,1	0,17	1,4
Mar-07	7,53	716	19	12	75,5	36,0	32,4	0,15	1,1
Abr-07	7,68	795	13	6	61,8	36,4	31,5	0,30	1,8
Mai-07	7,39	726	9	5	50,8	3,8	1,4	1,68	2,7
Jun-07	7,25	751	11	8	61,8	8,5	1,1	6,93	7,2
Jul-07	7,48	878	10	9	51,2	18,2	10,6	5,08	4,9
Ago-07	7,35	810	14	8	55,1	20,5	3,9	15,95	6,5
Set-07	7,53	819	5	10	47,5	5,3	1,6	1,88	5,2
Out-07	7,35	880	9	4	57,8	6,4	1,2	4,78	5,4
Nov-07	7,30	782	22	9	77,9	16,5	2,2	13,63	5,6
Dez-07	7,28	859	17	7	53,5	22,0	2,4	19,15	4,9
Jan-08	7,47	727	14	7	53,7	6,0	1,6	3,10	3,9
Fev-08	7,58	736	13	5	61,0	12,0	7,4	0,83	3,4
Mar-08	7,58	958	16	13	68,8	35,8	27,8	0,54	3,2
Abr-08	7,62	788	18	7	62,1	33,8	29,4	0,48	3,3
Mai-08	7,44	899	14	7	58,2	45,3	37,0	0,20	4,2
Jun-08	7,77	1032	16	12	84,3	44,8	33,8	0,27	3,8
Jul-08	7,81	1095	14	13	57,4	36,5	28,7	0,53	5,7
Ago-08	7,84	913	11	7	50,5	17,7	8,5	0,65	5,8
Set-08	7,73	903	8	7	44,9	14,0	8,4	0,92	5,6
Out-08	7,64	813	13	7	47,2	16,8	9,3	0,48	3,2
Nov-08	7,64	886	16	11	53,6	34,5	17,1	0,50	5,2
Dez-08	7,34	644	12	10	41,8	13,0	7,6	1,43	4,5
Jan-09	7,18	565	13	10	37,8	12,5	6,1	6,15	2,4
Fev-09	7,09	535	16	8	38,2	20,8	2,2	13,80	2,4
Mar-09	7,80	712	12	7	38,0	28,2	11,7	1,12	3,2
Abr-09	7,63	784	15	11	39,0	37,8	15,6	0,77	2,7
Mai-09	7,79	921	16	11	46,5	39,3	28,6	0,13	6,1
Jun-09	7,67	944	17	10	48,2	27,6	21,2	0,50	4,6
Jul-09	7,52	961	20	11	56,5	35,5	11,9	0,85	4,1
Ago-09	7,78	968	13	6	45,2	16,0	9,6	0,50	7,4
Set-09	7,76	963	8	7	48,8	21,5	5,1	1,50	4,8
Out-09	7,77	735	9	7	39,1	7,0	5,0	1,00	4,3
Nov-09	7,47	609	12	8	27,5	5,0	0,9	1,30	2,7
Dez-09	7,42	502	18	6	28,3	20,2	3,3	8,28	2,6
Jan-10	7,15	508	22	10	44,5	9,5	44,5	2,97	14,4
Fev-10	7,53	566	14	5	37,5	22,3	12,0	4,90	3,4
Mar-10	7,38	460	17	5	32,3	13,0	1,1	8,28	2,1
Abr-10	7,52	562	16	6	37,9	10,8	4,2	2,45	2,8
Mai-10	7,48	634	15	8	38,4	16,0	5,1	0,40	2,4
Jun-10	7,47	679	11	8	39,8	8,7	3,3	0,45	6,8
Jul-10	7,37	838	15	6	33,3	9,0	5,4	0,40	4,0
Ago-10	7,37	822	10	6	29,3	7,6	2,9	0,30	4,9
Set-10	7,43	878	10	7	32,9	10,0	6,0	0,43	2,6
Out-10	7,57	723	7	5	28,0	9,5	1,2	2,98	5,1
Nov-10	7,31	697	18	9	43,6	26,3	2,7	14,38	4,7
Dez-10	7,11	451	12	6	27,6	17,4	2,4	12,08	3,0
Jan-11	7,17	535	13	7	29,0	14,0	2,6	9,20	2,7
Fev-11	7,22	652	20	12	42,0	15,0	5,5	2,20	2,9
Mar-11	7,59	619	10	7	36,0	12,5	2,2	1,93	0,9
Abr-11	7,38	724	9	8	36,1	10,8	4,6	0,55	3,1
Mai-11	7,59	658	8	7	36,0	12,6	6,3	1,00	2,9
Jun-11	7,51	1005	6	8	39,2	31,3	27,8	1,78	3,6
Jul-11	7,59	804	5	6	36,3	18,0	13,0	0,78	4,3
Ago-11	7,62	974	8	7	39,8	22,4	15,8	2,12	3,9
Set-11	7,77	1029	11	9	44,7	32,0	23,7	0,35	2,9
Out-11	7,60	953	8	9	46,0	35,3	28,0	0,68	2,7
Nov-11	7,61	568	7	5	36,0	8,5	3,0	4,50	4,0
Dez-11	7,11	595	14	8	36,6	62,0	5,4	10,23	3,9

Quadro 3 – Médias dos dados do Tratamento biológico

Data	Valores médios					Reactores biológicos		Dec.secund.	
	Mês/Ano	pH	T(°C)	MLSS bio (mg/L)	MLVSS bio(mg/L)	IVL	TRH (reator bio.) (h)		Carga mássica (KgCBO5/KgSST.d)
Jan-07							56,7		27,4
Fev-07							45,0		21,8
Mar-07							44,8		21,7
Abr-07	7,51	17,4	4741	3758	302		44,3	0,06	21,4
Mai-07	7,14	20,1	4841	3754	308		39,4	0,07	19,1
Jun-07	7,03	21,2	3079	2398	363		41,0	0,10	19,8
Jul-07	7,19	22,5	2534	2008	375		44,0	0,11	21,3
Ago-07	7,00	22,8	2111	1747	257		117,8	0,04	57,0
Set-07	7,27	22,3	3123	2514	395		49,8	0,12	24,1
Out-07	7,16	21,4	3216	2589	333		48,8	0,10	23,6
Nov-07	7,03	18,0	2800	2260	369		47,5	0,08	23,0
Dez-07	6,92	16,3	3659	2971	395		48,5	0,07	23,4
Jan-08	6,98	15,4	3852	3105	384		39,7	0,07	19,2
Fev-08	7,29	16,2	3140	2572	432		43,2	0,08	20,9
Mar-08	7,47	16,7	2592	2159	483		42,1	0,09	20,4
Abr-08	7,50	17,2	2400	1950	582		33,1	0,16	16,0
Mai-08	7,51	19,1	2706	2190	546		37,4	0,09	18,1
Jun-08	7,56	21,7	3385	2722	446		42,2	0,07	20,4
Jul-08	7,59	23,1	3173	2876	459		46,0	0,07	22,3
Ago-08	7,38	22,7	2869	2318	403		51,1	0,08	24,7
Set-08	7,44	22,1	2454	1994	375		48,4	0,10	23,4
Out-08	7,49	20,3	2905	2332	494		46,5	0,10	22,5
Nov-08	7,47	16,9	3274	2656	461		51,9	0,07	25,1
Dez-08	7,01	14,6	2778	2266	538		39,7	0,07	19,2
Jan-09	7,03	14,0	2840	2366	527		33,3	0,10	16,1
Fev-09	6,82	14,1	2328	1931	613		32,7	0,12	15,8
Mar-09	7,45	16,6	3098	2591	487		39,4	0,08	19,0
Abr-09	7,39	17,0	3858	3218	406		38,8	0,06	18,7
Mai-09	7,55	19,8	3385	2931	440		48,1	0,09	23,2
Jun-09	7,46	21,9	2870	2522	465		45,1	0,10	21,8
Jul-09	7,54	23,4	2855	2489	408		46,6	0,11	22,5
Ago-09	7,34	23,6	2441	2123	367		51,3	0,12	24,8
Set-09	7,42	23,2	2747	2299	476		53,0	0,09	25,6
Out-09	7,28	21,5	3044	2518	463		43,7	0,09	21,1
Nov-09	7,12	19,1	3387	2769	391		35,2	0,10	17,0
Dez-09	6,91	16,5	3329	3052	401		27,3	0,07	13,2
Jan-10	6,74	15,0	2374	1998	347		25,0	0,13	12,1
Fev-10	7,17	15,7	2835	2390	499		29,5	0,08	14,3
Mar-10	6,97	16,1	3103	2561	489		30,7	0,07	14,9
Abr-10	7,02	19,1	3331	2762	452		33,1	0,07	16,0
Mai-10	7,05	20,5	3727	3116	395		38,2	0,09	18,5
Jun-10	7,12	22,6	3110	2541	428		41,5	0,11	20,1
Jul-10	7,19	24,7	2870	2510	487		45,9	0,09	22,2
Ago-10	7,15	25,0	2985	2460	492		50,8	0,07	24,6
Set-10	7,16	24,1	3016	2476	490		49,2	0,08	23,8
Out-10	7,22	20,9	3014	2449	477		42,0	0,07	20,3
Nov-10	6,97	17,6	2243	1931	506		32,0	0,09	15,5
Dez-10	6,71	16,1	2605	2125	553		31,3	0,10	15,1
Jan-11	6,98	15,4	2918	2114	505		28,8	0,09	13,9
Fev-11	7,05	15,3	2914	2320	523		35,0	0,07	16,9
Mar-11	7,40	17,0	3282	2674	466		41,8	0,06	20,2
Abr-11	7,22	19,9	3550	2865	417		42,1	0,08	20,3
Mai-11	7,37	21,4	3594	2940	400		41,2	0,08	19,9
Jun-11	7,40	22,8	4026	3291	361		44,3	0,09	21,4
Jul-11	7,33	23,5	3484	2829	415		45,1	0,08	21,8
Ago-11	7,31	23,1	2992	2485	439		47,6	0,07	23,0
Set-11	7,51	23,0	3226	2677	428		45,3	0,06	21,9
Out-11	7,29	21,8	3516	2895	418		43,8	0,08	21,2
Nov-11	7,31	17,8	2667	2188	443		37,9	0,07	18,3
Dez-11	6,86	15,7	2356	2028	576		36,8	0,08	17,8

Quadro 4 – Médias dos dados do Tratamento de Lamas

Data Mês/Ano	Lama Espessada		Lama Desidratada		
	% Matéria Seca	Volume (m3)	% Matéria seca	Peso (ton)	Idade das lamas (d)
Jan-07	1,7	177,5	16,0	36,8	
Fev-07	1,9	171,6	16,6	36,5	
Mar-07	2,5	145,5	15,4	34,7	
Abr-07	2,3	134,5	13,9	38,1	12,4
Mai-07	1,9	178,3	14,5	43,7	12,6
Jun-07	1,9	207,3	11,5	48,8	8,8
Jul-07	1,8	136,9	16,8	33,9	14,5
Ago-07	5,3	108,5	16,8	38,1	37,9
Set-07	1,8	140,1	15,6	37,9	14,1
Out-07	2,3	149,7	15,1	36,7	12,6
Nov-07	1,6	175,2	14,6	39,7	17,4
Dez-07	1,4	163,4	14,2	53,3	15,9
Jan-08	2,3	231,0	14,0	53,6	12,8
Fev-08	1,7	244,0	14,2	44,4	9,8
Mar-08	1,7	247,4	15,8	45,0	9,1
Abr-08	1,5	192,2	16,7	43,9	9,4
Mai-08	1,5	178,9	16,7	45,5	12,5
Jun-08	2,1	183,9	12,2	43,1	12,2
Jul-08	2,2	191,4	18,1	37,6	9,3
Ago-08	2,3	140,5	18,1	38,9	10,1
Set-08	1,9	146,2	17,9	39,8	11,9
Out-08	1,4	146,2	17,0	34,5	13,6
Nov-08	1,6	162,3	16,7	33,4	15,1
Dez-08	1,8	165,3	16,9	37,5	13,9
Jan-09	1,6	171,4	16,5	30,0	14,0
Fev-09	1,6	149,1	15,1	34,0	12,6
Mar-09	1,8	169,5	15,8	31,3	12,7
Abr-09	1,7	262,6	15,2	36,2	10,3
Mai-09	2,0	221,7	14,4	46,3	12,2
Jun-09	1,9	159,6	15,9	46,6	12,3
Jul-09	2,0	146,0	17,5	35,3	10,4
Ago-09	2,3	119,2	17,7	36,6	10,8
Set-09	2,1	127,7	16,8	39,8	12,7
Out-09	2,1	140,0	15,4	36,0	13,9
Nov-09	2,2	103,9	13,7	34,2	19,0
Dez-09	2,9	117,2	14,4	40,6	16,6
Jan-10	2,5	114,6	13,8	41,5	14,2
Fev-10	2,0	133,2	14,5	42,1	14,4
Mar-10	1,9	150,0	14,3	39,1	14,9
Abr-10	1,9	187,3	11,1	41,2	14,0
Mai-10	2,1	218,9	12,8	46,1	12,5
Jun-10	2,0	150,0	15,1	46,7	11,5
Jul-10	2,1	132,5	15,5	43,8	14,9
Ago-10	2,2	132,9	15,9	41,0	16,9
Set-10	2,1	134,6	15,3	38,9	15,7
Out-10	2,3	122,2	15,0	40,4	16,3
Nov-10	2,2	105,7	14,1	36,6	17,7
Dez-10	2,1	93,6	14,0	42,5	17,3
Jan-11	2,7	106,4	16,9	38,7	15,3
Fev-11	2,0	118,7	15,1	38,4	17,3
Mar-11	2,0	98,3	15,4	36,1	22,6
Abr-11	2,3	126,7	15,9	38,0	22,2
Mai-11	2,5	129,3	15,3	40,2	29,6
Jun-11	2,5	145,6	16,1	41,8	28,7
Jul-11	2,9	116,3	15,1	44,9	25,2
Ago-11	2,8	108,8	16,4	38,3	24,9
Set-11	2,7	109,4	15,8	38,0	25,1
Out-11	1,1	122,6	6,0	46,4	24,9
Nov-11	2,6	92	14,6	40,8	22,9
Dez-11	2,2	83,3	14,5	36,0	26,3

Quadro 5 – Médias dos dados dos Caudais

Data	Entrada (m3/d)	Recirculação (m3/d)	Purga (m3/d)	Razão de reciclo
Jan-07	5121	4391	580	85,7
Fev-07	6454	6257	627	97,0
Mar-07	6484	7059	556	108,9
Abr-07	6562	6318	553	96,3
Mai-07	7371	5652	520	76,7
Jun-07	7083	2970	448	41,9
Jul-07	6605	2508	474	38,0
Ago-07	2466	1662	214	67,4
Set-07	5833	2548	496	43,7
Out-07	5951	2968	573	49,9
Nov-07	6119	5306	469	86,7
Dez-07	5993	5117	550	85,4
Jan-08	7316	4521	589	61,8
Fev-08	6730	2249	601	33,4
Mar-08	6900	1369	500	19,8
Abr-08	8777	1925	445	21,9
Mai-08	7778	1924	388	24,7
Jun-08	6880	1921	462	27,9
Jul-08	6313	1684	527	26,7
Ago-08	5688	1615	455	28,4
Set-08	6000	1541	367	25,7
Out-08	6245	1867	391	29,9
Nov-08	5597	1708	382	30,5
Dez-08	7319	2036	369	27,8
Jan-09	8718	3971	369	45,6
Fev-09	8884	4468	369	50,3
Mar-09	7377	3890	423	52,7
Abr-09	7492	3843	636	51,3
Mai-09	6045	2458	458	40,7
Jun-09	6445	2540	460	39,4
Jul-09	6239	2638	461	42,3
Ago-09	5661	2715	448	48,0
Set-09	5485	2969	444	54,1
Out-09	6649	3402	429	51,2
Nov-09	8260	5037	380	61,0
Dez-09	10647	5214	438	49,0
Jan-10	11622	4593	429	39,5
Fev-10	9837	3941	425	40,1
Mar-10	9455	4267	431	45,1
Abr-10	8781	4308	486	49,1
Mai-10	7606	4257	604	56,0
Jun-10	7004	3957	584	56,5
Jul-10	6329	3709	454	58,6
Ago-10	5719	3589	402	62,8
Set-10	5905	2686	410	45,5
Out-10	6922	3132	395	45,2
Nov-10	9087	3833	371	42,2
Dez-10	9274	3746	366	40,4
Jan-11	10096	3960	396	39,2
Fev-11	8304	4242	352	51,1
Mar-11	6945	4004	303	57,7
Abr-11	6905	3549	295	51,4
Mai-11	7051	2814	203	39,9
Jun-11	6558	2651	224	40,4
Jul-11	6440	2639	236	41,0
Ago-11	6109	2522	235	41,3
Set-11	6421	2584	236	40,3
Out-11	6633	2572	236	38,8
Nov-11	7674	2617	233	34,1
Dez-11	7895	2644	207	33,5

Anexo V

Ficha Técnica da Produto Optibiom 7450²

Definição

Mistura de fungos provenientes do ecossistema natural e selecionada pela sua capacidade para reduzir em simultâneo “CQO duro” e sólidos suspensos nas águas residuais da indústria em geral, e na indústria agroalimentar em particular.

Descrição do Produto

Aspetto	Líquido	
Cor	Branco a cinza	
Odor	Fraco	
Especificações garantidas	Normas	Métodos
Totais/ml	>5x10 ³	M75011
pH	5.25±0.25	

Principal Aplicação

O Optibiom 7450L é utilizado para reduzir em 30% o CQO de águas residuais. Como os fungos naturais exibem uma biodiversidade enzimática mais elevada que as bactérias, são mais eficientes na remoção de CQO. Também têm ação favorável na redução dos odores.

Utilização

O Optibiom 7450L é diretamente incorporado no reator biológico ou lagoa.

²Fonte: Naturatech (2009)