

**U. PORTO**

**FEUP** FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

# **AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS PARA PRÉ-TRATAMENTO DE EFLUENTES DE INDÚSTRIAS AGRO-ALIMENTARES**

**PROJECTO EM AMBIENTE EMPRESARIAL**

JULHO 2009

Inês Coelho Guimarães Vale

Orientadores

FEUP – Prof. Doutor Paulo Tenreiro dos Santos Monteiro

ATMAD – Dr.<sup>a</sup> Noémia Cristina Rodrigues dos Santos

**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2008/2009**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS

Tel. +351-22 508 1960

Fax +351-225 081 448

✉ [plima@fe.up.pt](mailto:plima@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente - 2008/2009 - Departamento de Engenharia de Minas, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus orientadores, Professor Doutor Paulo Monteiro e Dr.<sup>a</sup> Noémia Santos, por todos os ensinamentos que me transmitiram, pelo encorajamento, constante disponibilidade e apoio no acompanhamento deste trabalho.

Agradeço às empresas envolvidas neste projecto e respectivos responsáveis, a sua colaboração, cedência de dados e informações necessárias para o desenvolvimento do projecto.

No que diz respeito ao trabalho experimental, agradeço à empresa ATMAD pela disponibilização das suas instalações laboratoriais para a realização das análises necessárias para a execução do projecto, bem como aos funcionários dos laboratórios de controlo operacional, pela ajuda e acompanhamento durante mesmas as análises laboratoriais.

Agradeço a todos os meus colegas pela sua disponibilidade e apoio, proporcionando um bom ambiente de trabalho.

Aos meus pais, a toda a minha família e amigos obrigada por todo o apoio que sempre me deram.



## RESUMO

O trabalho realizado aborda a problemática das emissões de águas residuais industriais, e expõe alternativas de pré-tratamento de águas de indústrias agro-alimentares na zona de Trás-os-Montes e Alto Douro.

As unidades industriais abordadas neste trabalho foram as seguintes: uma de produção de vinho, uma de produção de lacticínios, um matadouro e uma de produção de enchidos. Todas estas empresas emitem os seus efluentes, tratados ou não, para colectores concessionados pelas Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, que são assim responsáveis pelo seu tratamento até ao meio receptor. As ETAR abrangidas neste estudo são a ETAR de S. Miguel de Lobrigos, a ETAR de Cambres, a ETAR de Resende-Mirão e a ETAR de Mirandela.

Na primeira fase deste trabalho tomou-se conhecimentos sobre as empresas e sobre as ETAR receptoras das respectivas águas residuais. Realizou-se um levantamento de possíveis soluções para o tratamento de águas residuais de cada tipo de indústria estudada.

Na fase seguinte efectuaram-se visitas às unidades industriais estudadas e às respectivas ETAR receptoras dos efluentes, onde se recolheram amostras e foram realizadas as análises para a caracterização das águas residuais destas empresas e ETAR, onde se realizaram comparações dos diferentes parâmetros analisados a partir de diferentes afluências.

A fase final consistiu na apresentação de soluções para cada empresa de modo a permitir conjugar a rentabilização do investimento já efectuado e a implementação de alternativas que permitam a descarga de águas residuais em cumprimento com os valores de emissão estabelecidos no REAR-ATMAD. Tendo em conta que a empresa vitivinícola dispõe de um sistema de tratamento, optou-se por otimizar esse sistema tendo em vista melhorar as suas eficiências. Em relação à empresa de lacticínios, que também possui uma ETAR, efectuou-se uma avaliação da proposta de remodelação já desenvolvida, assinalando os aspectos positivos e apresentando soluções alternativas às apresentadas pelo projecto em causa. No matadouro estudado conclui-se que a manutenção do funcionamento do pré-tratamento já implementado assegura uma remoção eficiente das cargas orgânicas contaminantes, no entanto um aumento de produção poderá viabilizar pré-tratamentos alternativos, cuja implementação aprofundámos. Para a empresa de enchidos, visto não apresentar qualquer tipo de tratamento, dimensionou-se uma câmara de decantação e de retenção de gorduras, que melhora consideravelmente as características finais da água residual com destino ao colector municipal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indústrias agro-alimentares, águas residuais industriais, tratamento de efluentes, Gestão de redes de drenagem urbanas, pré-tratamento de efluentes industriais.



## **ABSTRACT**

This case study deals with industrial wastewaters problems and consists of the examination of alternative of pre-treatment of wastewaters of agro-food industries in the region of Trás-os-Montes and Alto Douro.

Several industrial units were covered in this study, namely a wine production unit, a dairy production unit, a slaughterhouse and a sausage production. All these companies deliver their wastewaters, treated or not, for collector's concession of Águas de Trás-os-Montes and Alto Douro, which are then responsible for their treatment. The WWTP (Wastewater Treatment Plant) covered in this study are the WWTP of S. Miguel de Lobrigos, the WWTP of Cambres, the WWTP of Resende-Mirão and the WWTP of Mirandela.

In a first phase of this work, knowledge of the industries and the WWTP receiving their wastewaters was collected. A survey of possible solutions to the wastewater treatment of each type of industry studied was carried out.

In the next step visits to industrial units studied and the WWTP receiving their wastewaters were done, where samples were collected and tests were performed in order to characterize these wastewaters of the industries and of WWTP. Comparisons were then made with different parameters from different influx.

In the final phase, solutions that allow the return of the investment were presented for each of the studied industries, as well as solutions for the implementation of alternatives that allow the discharge of wastewater in compliance with emission values set out in REAR-ATMAD.

As the wine industry has a treatment system, the optimization and improvement of the efficiencies of this system was chosen. In the case of the dairy industry, which also has a plant, an assessment of the proposed and already developed remodelling was carried out, highlighting the positive aspects and presenting alternative solutions. At the slaughterhouse study, it was concluded that maintaining the functioning of pre-treatment already in place ensures efficient removal of organic contaminants loads, however an increase in pre-production may allow alternative treatments, whose implementation was studied in more detail.

For the company of sausage, which does not make any kind of treatment, a settling and fat retention chamber was designed, which considerably improves the final characteristics of the effluent to the municipal sewer.

**KEYWORDS:** Agro-food industries, industrial wastewaters, effluent treatment, management of urban drainage networks, pre-treatment of industrial effluents.



## ÍNDICE

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	v
ÍNDICE .....	vii
LISTA DE ABREVIATURAS .....	ix
ÍNDICE DE TABELAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 DESCRIÇÃO DO PROJECTO .....	1
1.2 ÁGUAS DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO .....	3
<b>2 ENQUADRAMENTO .....</b>	<b>5</b>
2.1 EMPRESA VITIVINÍCOLA .....	7
2.2 EMPRESA DE LACTICÍNIOS .....	10
2.3 MATADOURO .....	14
2.4 PRODUÇÃO DE ENCHIDOS .....	18
<b>3 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM E TRATAMENTO .....</b>	<b>25</b>
3.1 ETAR DE S. MIGUEL DE LOBRIGOS .....	25
3.2 ETAR DE CAMBRES .....	30
3.3 ETAR DE RESENDE – MIRÃO .....	33
3.4 ETAR DE MIRANDELA .....	36
<b>4 CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES INDUSTRIAIS .....</b>	<b>39</b>
4.1 EMPRESA VITIVINÍCOLA .....	39
4.2 EMPRESA DE LACTICÍNIOS .....	42
4.3 MATADOURO .....	45
4.4 EMPRESA DE PRODUÇÃO DE ENCHIDOS .....	47

<b>5</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES E PROPOSTA DE SOLUÇÕES PARA AS UNIDADES INDUSTRIAIS .....</b>	<b>49</b>
5.1	EMPRESA VITIVINÍCOLA.....	51
5.1.1	CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES .....	51
5.1.2	PROPOSTA DE SOLUÇÕES DE PRÉ-TRATAMENTO DOS EFLUENTES DA EMPRESA VITIVINÍCOLA .....	57
5.2	EMPRESA DE LACTICÍNIOS.....	59
5.2.1	CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES .....	59
5.2.2	PROPOSTA DE SOLUÇÕES DE PRÉ-TRATAMENTO DOS EFLUENTES DA EMPRESA DE LACTICÍNIOS .....	63
5.3	MATADOURO.....	67
5.3.1	CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES .....	67
5.3.2	PROPOSTA DE SOLUÇÕES DE PRÉ-TRATAMENTO DOS EFLUENTES DO MATADOURO .....	70
5.4	EMPRESA DE PRODUÇÃO DE ENCHIDOS.....	71
5.4.1	CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES .....	71
5.4.2	PROPOSTA DE SOLUÇÕES DE PRÉ-TRATAMENTO DOS EFLUENTES DA EMPRESA DE PRODUÇÃO DE ENCHIDOS .....	74
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>79</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXO A</b>	<b>.....</b>	<b>A</b>
<b>ANEXO B</b>	<b>.....</b>	<b>B</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

- AHF – Filtro Anaeróbio híbrido (*Anaerobic Hybrid Filter*)
- ARH - N – Administrações de Região Hidrográfica - Norte
- ATMAD – Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro
- CBO<sub>5</sub> – Carência Bioquímica de Oxigénio ao fim de 5 dias
- CQO – Carência Química de Oxigénio
- DAF - Flotação por injeção de ar (*Dissolved Air Flotation*)
- ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais
- FIPA – Federação das Indústrias Portuguesas Agro-Alimentares
- IBL – Índice Biótico de Lamas
- NT – Azoto Total
- OD – Oxigénio dissolvido
- O&G – Óleos e gorduras
- PT – Fósforo Total
- PME – Pequenas e Médias Empresas
- Q – Caudal
- REAR - ATMAD – Regulamento de Exploração do Serviço Público de Saneamento de Águas Residuais do Sistema Multimunicipal das Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro
- SBR – Reactor Sequencial Descontínuo (*Sequential Batch Reactor*)
- SST – Sólidos Suspensos Totais
- SSV – Sólidos Suspensos Voláteis
- TRH – Tempo de Retenção Hidráulico
- UASB – Reactor Anaeróbio de Fluxo Ascendente (*Up-flow Anaerobic Sludge Blanket*)
- VLE – Valor Limite de Emissão



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Valores limite de emissão de acordo com o REAR - ATMAD. ....	3
Tabela 2. Percentagens mínimas de remoção de acordo com a licença de descarga da ARH-N. ....	4
Tabela 3. Resultados das análises aos diferentes tipos de processos (Frigon, J.-C. <i>et al</i> , 2009). ....	10
Tabela 4. Especificações das membranas e pressões transmembranares em cada tipo de processo e respectivas percentagens de remoção de CQO (Yorgun, M.S. <i>et al</i> , 2007). ....	11
Tabela 5. Efeito da concentração de substrato na produção de hidrogénio (Azbar, N. <i>et al</i> , 2009). ....	12
Tabela 6. Efeito do TRH na produção de hidrogénio (Azbar, N. <i>et al</i> , 2009). ....	12
Tabela 7. Resultados das eficiências de remoção de CQO e de óleos e gorduras (Bayramoglu, M. <i>et al</i> , 2006). ....	14
Tabela 8. Resultados do tratamento electroquímica de águas residuais de um matadouro. ....	16
Tabela 9. Resultados das eficiências de remoção de CQO para cada método de tratamento. ....	17
Tabela 10. Resultados experimentais de percentagens de remoção. ....	24
Tabela 11. Características de projecto da ETAR de S. Miguel de Lobrigos (Dados ATMAD). ....	26
Tabela 12. Características de projecto da ETAR de Cambres (Dados ATMAD). ....	30
Tabela 13. Características de projecto da ETAR de Resende-Mirão (Dados ATMAD). ....	33
Tabela 14. Característica de projecto da ETAR de Mirandela (Dados ATMAD). ....	36
Tabela 15. Dados relativos à produção de vinho. ....	40
Tabela 16. Dados diários relativos à produção de queijos da empresa. ....	42
Tabela 17. Resultados médios obtidos da amostragem na empresa produtora de vinho. ....	51
Tabela 18. Resultados das análises da amostragem ao reactor biológico da empresa de produção de vinhos. ....	52
Tabela 19. Valores médios à entrada e à saída da ETAR de S. Miguel de Lobrigos. ....	52
Tabela 20. Valores das concentrações de CQO e de SST médias, mínimas, máximas das aflúências e valores de projecto – ETAR de S. Miguel de Lobrigos. ....	55

Tabela 21. Resultados médios obtidos das amostras na empresa de lacticínios. ....	59
Tabela 22. Resultados das análises no reactor biológico da ETAR da empresa de produtos lacticínios. ....	60
Tabela 23. Valores médios à entrada e à saída da ETAR de Cambres. ....	60
Tabela 24. Valores das concentrações de CQO e de SST médias, mínimas, máximas das afluições e valores de projecto – ETAR de Cambres. ....	62
Tabela 25. Resultados obtidos na amostragem do Matadouro.....	67
Tabela 26. Valores das concentrações de CQO e de SST médias, mínimas, máximas das afluições e valores de projecto – ETAR de Resende-Mirão.....	69
Tabela 27. Resultados obtidos na amostragem na empresa de produção de enchidos. ....	71
Tabela 28. Valores das concentrações de CQO e de SST médias, mínimas, máximas das afluições e valores de projecto – ETAR de Mirandela. ....	73
Tabela 29. Resultados da análise de amostra bruta e das três camadas após 1 hora num cone de Imhoff. ....	75
Tabela 30. Valores obtidos a partir da análise laboratorial. ....	75
Tabela 31. Dados de dimensionamento do pré-tratamento da empresa de enchidos. ....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa dos agrupamentos da ATMAD. ....	3
Figura 2. Localização da ETAR de S. Miguel de Lobrigos – escala de 1:25000. ....	26
Figura 3. Fluxograma da ETAR de S. Miguel de Lobrigos. ....	26
Figura 4. Vala de oxidação da ETAR de S. Miguel de Lobrigos.....	27
Figura 5. Decantador da ETAR de S. Miguel de Lobrigos.....	28
Figura 6. Localização da ETAR de Cambres – escala 1:25000. ....	30
Figura 7. Fluxograma da ETAR de Cambres. ....	31
Figura 8. Decantador da ETAR de Cambres.....	31
Figura 9. Localização da ETAR de Resende – Mirão – escala 1:25000. ....	33
Figura 10. Fluxograma da ETAR de Resende - Mirão. ....	34
Figura 11. Sistema de gradagem. ....	35
Figura 12. Localização da ETAR de Mirandela – escala 1:25000. ....	36
Figura 13. Diagrama da ETAR de Mirandela.....	37
Figura 14. Obra de entrada da ETAR de Mirandela. ....	37
Figura 15. Tanques de arejamento da ETAR de Mirandela. ....	38
Figura 16. Fluxograma da ETAR da Empresa Vitivinícola. ....	40
Figura 17. Fluxograma do processo de produção de soro concentrado. ....	43
Figura 18. Diagrama do processo de tratamento efluentes da empresa de produtos lácteos.....	44
Figura 19. Processo de tratamento de efluentes do matadouro.....	46
Figura 20. Evolução do teor de pH de afluentes à ETAR de S. Miguel de Lobrigos. ....	53
Figura 21. Evolução da concentração de CQO de afluentes à ETAR de S. Miguel de Lobrigos.....	54
Figura 22. Evolução da concentração de SST de afluentes à ETAR de S. Miguel de Lobrigos.....	55
Figura 23. Evolução da concentração de CQO de afluentes à ETAR de Cambres. ....	61
Figura 24. Evolução da concentração de SST de afluentes à ETAR de Cambres. ....	61
Figura 25. Fluxograma do processo de tratamento do projecto de execução para a nova ETAR da empresa de lacticínios. ....	64
Figura 26. Fluxograma das alterações propostas. ....	65

Figura 27. Evolução da concentração de CQO de afluentes à ETAR de Resende-Mirão.....	68
Figura 28. Evolução da concentração de SST de afluentes à ETAR de Resende-Mirão.....	68
Figura 29. Evolução da concentração de CQO de afluentes à ETAR de Mirandela.....	72
Figura 30. Evolução da concentração de SST de afluentes à ETAR de Mirandela.....	72
Figura 31. Experiência laboratorial a partir do cone de Imhoff, com processo de decantação de 1 hora.....	74
Figura 32. Corte e planta da câmara de decantação e retenção de gorduras.....	76
Figura 33. Balanço de massa da câmara de decantação e retenção de gorduras... ..	77
Figura A 1. Decantador ETAR de Cambres.....	A
Figura A 2. Tanque de arejamento ETAR de Cambres.....	A
Figura B 1. Decantador primário após a limpeza do emissário (29 de Junho de 2007). .....	B
Figura B 2. Decantador secundário (8 de Janeiro de 2007). .....	B

# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 DESCRIÇÃO DO PROJECTO

O trabalho realizado foi proposto no âmbito da unidade curricular Projecto em Ambiente Empresarial do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, no ano lectivo de 2008/09 e foi realizado em parceria com as Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro (ATMAD), e refere-se à avaliação de alternativas de pré-tratamento de águas residuais de indústrias agro-alimentares localizadas na região de Trás-os-Montes.

Neste trabalho foram estudadas algumas unidades industriais que apresentavam uma maior problemática no tratamento dos seus efluentes: uma vitivinícola, uma de lacticínios, um matadouro e uma de produção de enchidos. Em todas as unidades industriais foi realizado o cadastro e uma caracterização dos efluentes industriais, são ainda apresentadas algumas propostas de melhoria e soluções para pré-tratamentos destes tipos de efluentes.

As águas residuais industriais são resíduos líquidos que resultam dos processos de produção industrial. Estas águas transportam uma quantidade considerável de matérias poluentes que, se não forem retiradas, podem degradar a qualidade das águas dos rios, pondo em risco não só toda a fauna e flora características destes meios, mas também todas as utilizações que são dadas a estes meios. A pouca eficiência de pré-tratamento dos efluentes de algumas indústrias prejudica consideravelmente este panorama.

As águas residuais originárias de indústrias agro-alimentares são principalmente constituídas por proteínas, açúcares, óleos e gorduras. Os efluentes destas indústrias são predominantemente carregados com resíduos orgânicos e ricos em compostos orgânicos. As concentrações poderão ser muito baixas ou muito elevadas de parâmetros como o CBO<sub>5</sub>, CQO, SST, microrganismos

patogênicos, o pH é variável e os compostos inorgânicos (fósforo e azoto) poderão estar presentes em elevadas quantidades (Drogui, P. *et al*, 2007).

Uma larga importância é dada a parâmetros como o fósforo e o azoto. Considera-se que controlar entradas de fósforo é a chave para reduzir a eutrofização e gerir a qualidade ecológica. Pouca atenção tem sido dada em avaliar transferências através de águas subterrâneas pois tem-se ideia de que a adsorção e a formação de complexos metálicos retêm a maioria do fósforo livre.

As contribuições de potenciais fontes para estas concentrações elevadas são actualmente pouco claras, mas há evidências que as maiores contribuições são de origem antropogénica. A eutrofização, é uma das causas mais comuns de degradação ecológica nos rios, lagos e zonas húmidas, sendo o fósforo amplamente considerado como o principal nutriente limitante nestes sistemas. (Holman, I. P., *et al*, 2008).

Todas as instalações industriais têm que respeitar os decretos legais em vigor relacionados com limitações e condicionalismos de descarga nos meios aquáticos de substâncias (tóxicas e de elevado potencial de persistência e de bioacumulação) em que é necessário um controlo rigoroso das suas emissões, de igual forma há necessidade de adequar e aplicar os mesmos pressupostos limitativos à descarga nos colectores públicos (Justino, M., 2006).

Os impactos que este tipo de águas residuais podem provocar são as contaminações de solos e de águas superficiais e subterrâneas. Para além destes impactos, pelas características deste tipo de efluentes, a ausência de oxigénio dissolvido é causa de odores indesejáveis.

## 1.2 ÁGUAS DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

O Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento de Trás-os-Montes e Alto Douro foi criado pelo Decreto-Lei n.º 270-A/2001 de 6 de Outubro. Este decreto-lei constituiu a sociedade Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, S.A. e aprovou os respectivos Estatutos. Para além disso, este Decreto-Lei adjudica também o exclusivo de exploração e gestão do sistema, em regime da concessão, por um prazo de 30 anos.

A ATMAD faz parte do grupo das Águas de Portugal e tem em funcionamento 51 ETAR e 21 ETA com 216 pontos de entrega e 81 reservatórios. Neste momento emprega 185 trabalhadores dispersos pela totalidade da área de abrangência da empresa. A ATMAD está dividida em 6 agrupamentos (Figura 1., Alto Tâmega, Terra Fria, Terra Quente, Vale Douro Norte, Vale Douro Superior e Vale Douro Sul).

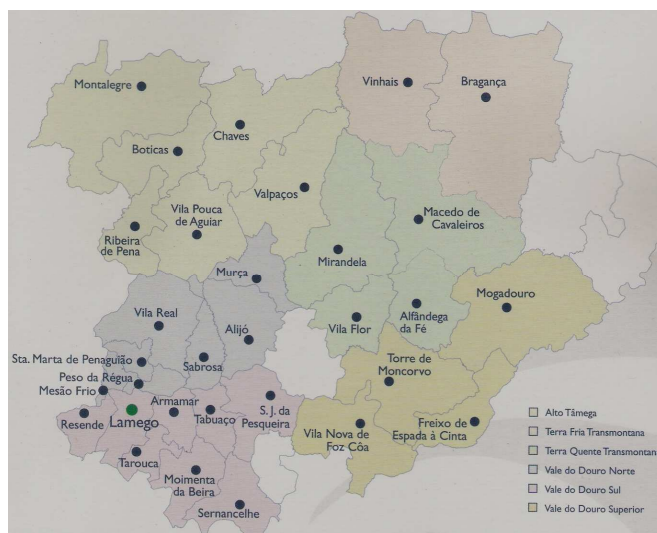


Figura 1. Mapa dos agrupamentos da ATMAD.

As ETAR da ATMAD foram concebidas para assegurar tratamentos de efluentes com características descritas no Regulamento de Exploração do Serviço Público de Saneamento de Águas Residuais do Sistema Multimunicipal das Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro (REAR- ATMD), de onde são mencionados, no Apêndice 3, os valores limite de emissão para o colector, expostos na Tabela 1.

Tabela 1. Valores limite de emissão de acordo com o REAR - ATMAD.

Parâmetros	Unidades	VLE
pH	Escala Sörensen	5,5 - 9,5
Temperatura	°C	< 30
CBO <sub>5</sub>	mg O <sub>2</sub> /l	500
CQO	mg O <sub>2</sub> /l	1000
Sólidos Suspensos Totais	mg SST/l	1000
Azoto Total	mg N/l	90
Fósforo Total	mg P/l	20
Óleos e Gorduras	mg/l	100

A concepção dos sistemas de tratamento foi efectuada de modo a assegurar que o efluente descarregado assuma características compatíveis com os padrões de qualidade exigidos pela Lei Portuguesa e Comunitária. A ATMAD tem como objectivo principal o cumprimento da legislação em matéria de descargas de águas residuais, nomeadamente o decreto-lei n.º 152/97 de 19 de Junho e o decreto-lei n.º 172/2001 de 26 de Maio, sendo, por isso, necessário reportar-se a um nível de tratamento secundário e por vezes terciário, dependendo do tipo de zona (sensível/menos sensível) do meio receptor (ATMAD).

As águas residuais descarregadas pelas ETAR da ATMAD também têm que obedecer às exigências das licenças de descargas de águas residuais urbanas emitidas pela ARH-N, cujas condições devem respeitar o descrito na Tabela 2.

**Tabela 2. Percentagens mínimas de remoção de acordo com a licença de descarga da ARH-N.**

<b>Parâmetros</b>	<b>Percentagem Mínima de Remoção (%)</b>	<b>Método de referência de medição</b>
Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO <sub>5</sub> a 20°C) sem nitrificação	70 -90	Amostra homogeneizada, não filtrada e não decantada. Determinação do oxigénio dissolvido antes e depois da incubação de 5 dias a 20°C 1°C, na total ausência de luz. Adição de um inibidor de nitrificação.
Carência Química de Oxigénio (CQO)	75	Amostra homogeneizada, não filtrada e não decantada. Dicromato de potássio.
Total de partículas Sólidas em Suspensão (SST)	90	Filtração de uma amostra representativa através de um filtro de membrana de 0,45 mm. Secagem a 105°C e pesagem.

A licença de descarga tem como base o Decreto-Lei n.º. 152/97. Este decreto define também a classificação dos meios receptores.

As ETAR abordadas neste estudo são as seguintes: ETAR de S. Miguel de Lobrigos, a ETAR de Cambres, a ETAR de Resende-Mirão e a ETAR de Mirandela. Todos os meios receptores dos efluentes tratados nestas ETAR estão classificados como zonas não sensíveis., com a excepção da ETAR de S. Miguel de Lobrigos, que pertence a uma zona sensível. O meio receptor da ETAR de Resende também apresenta uma classificação como zona sensível, mas como o equivalente populacional de dimensionamento é inferior a 10.000, a ETAR não é obrigada a cumprir com as percentagens de remoção de azoto e fósforo.

# 2

## ENQUADRAMENTO

O sector agro-alimentar continua a ser o primeiro a nível europeu, quando se considera o volume de negócios, o valor acrescentado ou o número de trabalhadores. Neste sector estão incluídas cerca 309.700 empresas, das quais 99,1% são pequenas e médias empresas (PME), que geram aproximadamente 48,1% da riqueza do sector e empregam 61,6% dos trabalhadores. Por outro lado, existem as chamadas grandes empresas que, apesar de serem apenas 0,9% do universo das indústrias do sector, representam 51,6% do volume de negócios.

A indústria agro-alimentar é, actualmente, o maior ramo industrial do país e, de acordo com as previsões da FIPA (Federação das Indústrias Portuguesas Agro-Alimentares), no final de 2007 representava 7,6% do produto interno bruto (PIB). Em Portugal, à semelhança do que se passa na Europa, o ramo agro-alimentar é o maior sector industrial em volume de negócios e está vocacionado essencialmente para o mercado nacional.

Trata-se de uma indústria com grande dispersão e pulverização das suas empresas, mas onde a maioria da sua produção está concentrada num reduzido número de unidades. As empresas com menos de 10 trabalhadores, representam cerca de 80% do total, mas possuem apenas 7% do volume total de negócio. Só as dez maiores empresas produzem quase 25% do total da produção agro-alimentar portuguesa.

Actualmente, a produção da indústria agro-alimentar portuguesa não cobre as necessidades alimentares da população. A taxa de cobertura das exportações estima-se que se situe nos 50% e a taxa de auto-abastecimento nos 92% (Segurança alimentar, 2008).

As classificações das actividades económicas estudadas estão apresentadas no Decreto-Lei nº.381/2007 de 14 de Novembro, que estabelece a Classificação Portuguesa das Actividades Económicas (CAE).

As indústrias de produção de vinho e espumantes encontram-se na indústria transformadora das bebidas na secção C, com sendo as subclasses registadas com as referências 11021 e 11022, respectivamente. A indústria de lacticínios apresenta-se na mesma secção e apresenta a referência 10510, enquanto que os matadouros estão incorporados na mesma secção mas com a referência C10110, correspondente ao abate animal.

A empresa de produção de alheiras encontra-se enquadrada, a partir da CAE nas indústrias transformadoras – secção C, sendo uma indústria transformadora alimentar de fabricação de produtos à base de carne (C-10130).

A unidades industriais que emitem as suas águas residuais para os sistemas de drenagem e para as estações de tratamento de águas residuais urbanas, de acordo com o Decreto-Lei nº152/97, serão sujeitas a um pré-tratamento, caso seja necessário, para:

- Proteger a saúde do pessoal que trabalha nos sistemas colectores e nas estações de tratamento;
- Garantir que os sistemas de drenagem, as estações de tratamento de águas residuais e o equipamento conexo não sejam danificados;
- Garantir que o funcionamento das estações de tratamento das águas residuais e o tratamento das lamas não sejam entravados;
- Garantir que as descargas das estações de tratamento não deterioreem o ambiente ou não impeçam as águas receptoras de cumprir o disposto noutras directivas comunitárias;
- Garantir que as lamas possam ser eliminadas em segurança e de um modo ecologicamente aceitável.

O tratamento das águas residuais de indústrias agro-alimentares tem sido extensivamente estudado para entender o mecanismo do processo e melhorar a eficiência atingida na biodegradação dos poluentes. Na maioria dos casos os substratos não são facilmente biodegradados e apresentam elevadas concentrações de biomassa e elevados tempos de retenção hidráulicos necessários para a sua degradação. Contudo estes inconvenientes podem ser minimizados se a biodegradabilidade das águas residuais aumentar pela transformação dos substratos em espécies que se biodegradem mais facilmente. Trata-se de um ponto importante, pois a biodegradação é normalmente o processo mais importante que contribui para o processo natural de atenuação dos contaminantes em águas residuais (Lucas, A., *et al*, 2007).

Neste ponto do trabalho estão abordados alguns estudos mais recentes de processos de tratamento de águas residuais de unidades industriais em estudo.

## 2.1 EMPRESA VITIVINÍCOLA

Em relação aos efluentes de produção de vinhos, existem algumas técnicas de tratamento de efluentes mais frequentemente utilizadas, que apresentam elevadas eficiências de remoção de compostos orgânicos.

A partir do trabalho elaborado por Arvanitoyannis, Ioannis S. *et al* (2006), sugerem-se os tratamentos que estão expostos nos pontos seguintes, onde estão apresentados os diferentes tipos de tratamento, assim como respectivas as vantagens e as desvantagens.

### •Biodegradação aeróbia

A biodegradação aeróbia é um tratamento contínuo, que neste estudo, consiste num sistema de lamas activadas, ligado a um reactor arejado e um decantador.

Vantagens: Flexibilidade, fácil operação, recuperação de propriedades fertilizantes presente nas lamas, baixos odores, produto final biologicamente estável, elevada produção de biomassa.

Desvantagens: Existe dificuldades operativas das lamas, e há incapacidade do sistema para tratar cargas elevadas de CQO e CBO, e apresenta uma velocidade baixa.

Sistema de tratamento com elevada eficiência, com remoção de 31-85% de CQO, mas apresenta alguns custos associados ao consumo de energia.

### •Digestão anaeróbia

A biodegradação anaeróbia é um tratamento contínuo, e neste artigo são apresentados dois tratamentos distintos, um que consiste na fluidização a contra-corrente do efluente, em que as partículas com densidade específica mais baixa que o líquido é fluidizado em sentido descendente pelo fluxo de corrente do líquido, e o outro tratamento é um filtro anaeróbio híbrido (AHF) para a digestão anaeróbia das águas residuais do vinho.

Vantagens: Baixo consumo de energia, requer baixas quantidades de nutrientes, pouca produção de lamas estáveis, elevada capacidade de degradação de concentrados e substratos complexos, recuperar energia usando a combustão do metano, tempos hidráulicos baixos.

Desvantagens: Variações instáveis de condições de operação, complexo, alta variabilidade da carga de entrada, natureza não linear do processo, aquisição de sensores apropriados para monitorizar as variáveis.

O resultado deste sistema de tratamento é uma percentagem de remoção entre 65 – 90% de CQO com baixos tempos de retenção hidráulicos (2-3 dias).

#### **•Digestão anaeróbia termofílica**

A digestão anaeróbia termofílica é processo contínuo com grande eficiência, o exemplo do artigo reverte à biodegradação da água residual num reactor em leito poroso.

Vantagens: Estável, requer baixas quantidades de nutrientes, produção eficiente de biogás, grau elevado de purificação com cargas orgânicas elevadas na alimentação, apresenta uma taxa de velocidade elevada e tem baixos custos de operação.

Desvantagens: Elevado consumo de energia para o aquecimento, o efluente final contaminado contém elevadas quantidades de sólidos dissolvidos e odores.

Com este processo há possibilidade de produção de biogás e metano, a remoção é superior que 82,5% de CQO com uma carga de CQO de 32,3 kg por dia.

#### **•Ozonização**

Este tratamento porá ser contínuo ou descontínuo, dependendo do tipo efluente a tratar. A experiência de ozonização foi feita numa coluna de vidro de 1000 cm<sup>3</sup> com orifícios de amostragem.

Vantagens: Ausência de resíduos finais, a presença do ozono apresenta propriedades como o seu alto poder oxidante sendo solúvel em água, este fica rapidamente disponível apresentando uma elevada selectividade.

Desvantagens: Processo complexo, elevados custos de implementação e de manutenção.

O processo apresenta uma eficiência média, pois obtêm-se remoções entre 5 -25% de CQO e remoções entre 16,8 – 51,4% de compostos aromáticos.

### •SBR – Reactor Sequencial Descontínuo

A metodologia deste estudo trata-se da circulação de um efluente de origem vinícola, que passa por um reactor sequencial descontínuo que opera num ciclo (24 h).

Vantagens: Fácil controlo no crescimento de filamentosas e problemas de deposição, requer menos equipamentos, flexibilidade operacional, não ocorre *washing out* da biomassa, a má deposição é reconsiderada e corrigida, possível adição de carvão activado. Apresenta ainda baixos custos (em relação aos custos dos métodos convencionais de tratamento biológico)

Desvantagens: Elevado nível de sofisticação em relação aos sistemas convencionais, potenciais descargas de lamas de flotação ou de decantação durante a fase de decantação, potencial requerimentos de equalização dependendo do processo a jusante e tem uma baixa taxa de velocidade.

Este processo apresenta uma elevada eficiência de remoção de CQO, na ordem dos 95%.

### •Digestão Aeróbia e Digestão Anaeróbia

Este estudo visa em unir os processos aeróbios e anaeróbios num sistema de tratamento de efluentes contaminados, e conseguir com esta conjugação, a produção de metano, para que possa ser posteriormente utilizado.

Vantagens: Com a conjugação dos dois processos conseguem-se atingir eficiências de remoção muito elevadas, apresentam uma baixa produção de lamas e existe a hipótese de transformar o biogás produzido em energia eléctrica.

Desvantagens: Elevados custos de implementação e elevados consumos energéticos.

Neste estudo obtém-se eficiências de remoção de CQO de 90%, de compostos fenólicos entre 66-79%, e ainda com a formação de gás, em média, 199 ml CH<sub>4</sub> por g de CQO degradado.

## 2.2 EMPRESA DE LACTICÍNIOS

As águas residuais provenientes da produção de lacticínios diferem amplamente quer na quantidade quer na qualidade, dependendo das características dos produtos produzidos. Muitos dos produtos lácteos são produzidos separadamente e assim, o tipo de poluentes nas águas residuais apresentam diferentes tempos de transformação juntamente com a aplicação de outro ciclo tecnológico da linha de processo. Essa correlação reduz a eficiência das estações de tratamento de águas residuais das empresas de lacticínios.

As cargas dos compostos orgânicos nas empresas de lacticínios são determinadas pelas quantidades de lactose, gorduras e proteínas presentes nas águas. A relação entre estas substâncias pode ser extremamente variada, o que afecta a susceptibilidade a tratamento biológico (Janczukowicz, W. *et al*, 2007).

No que diz respeito a este tipo de efluentes, optou-se por estudar com mais pormenor a produção de soro, sendo este o produto mais problemático no que diz respeito à biodegradabilidade. Nos pontos seguintes estão apresentados alguns estudos sobre tratamentos deste tipo de efluentes e respectivas vantagens e desvantagens.

### • Tratamento do soro por digestor sequencial anaeróbio e aeróbio (Frigon, J.-C. *et al*, 2009)

O tratamento do soro residual foi desempenhado num reaktor a escala piloto, a trabalhar com um volume de 400 l a 20°C, com uma etapa de digestão anaeróbia seguida da etapa de tratamento aeróbio com uma concentração de oxigénio baixa no mesmo digestor.

O primeiro bloco de experiência foi de 48 ciclos e o segundo de 16 ciclos. Entende-se como um ciclo a passagem do efluente pelas seguintes etapas: entrada no digestor, processo anaeróbio, processo aeróbio, decantação e saída do efluente tratado. O estudo apresenta os seguintes resultados em relação à remoção de CQO:

**Tabela 3. Resultados das análises aos diferentes tipos de processos (Frigon, J.-C. *et al*, 2009).**

Primeiro bloco		Segundo bloco	
Tempo total do ciclo (dias)	Remoção de CQO (%)	Tempo total do ciclo (dias)	Remoção de CQO (%)
2	89 ± 4	2	88 ± 3
3	97 ± 3		
4	98 ± 2		

De acordo com os resultados expressos na Tabela 3, pode-se observar a elevada eficiência que apresentam estes métodos de tratamento, notando que os resultados do primeiro bloco apresentam maiores rendimentos do que o resultado do segundo bloco, o que implica maiores tempos de retenção.

Vantagens: O método apresenta boas eficiências de remoção com custos de operação baixos.

Desvantagens: Para se atingir maiores eficiências de remoção são necessários maiores tempos de retenção.

•**Tratamento do soro por ultrafiltração, nanofiltração e osmose inversa** (Yorgun, M. S. *et al*, 2007)

Neste trabalho foram estudados diferentes tipos de tratamentos de águas residuais de uma indústria de laticínios. Neste estudo estão apresentados os seguintes tratamentos: quatro modelos diferentes de nanofiltração (variação de pressão transmembranar e tipo de membrana utilizada), um de ultrafiltração e um de osmose inversa. Os resultados de cada um dos modelos estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4. Especificações das membranas e pressões transmembranares em cada tipo de processo e respectivas percentagens de remoção de CQO (Yorgun, M.S. *et al*, 2007).**

Tratamento		Material da membrana	Pressão transmembranar	Remoção de CQO (%)
Nanofiltração	A	<i>Polyethersulfone</i>	5	58,5
	B	<i>Polyethersulfone</i>	8	64,2
	C	<i>Polyamide-urea</i>	8	77,6
	D	<i>Polysulfone</i>	8	97,5
Ultrafiltração	E	<i>Polyethersulfone</i>	3	42,8
Osmose inversa	F	<i>Polyamide-urea</i>	12	92,6

Os resultados da tabela 4 revelam que o tipo de tratamento menos eficiente para remoção de CQO é o tratamento por ultrafiltração, pois remove menos de 43%, enquanto que os restantes tipos de tratamentos fazem-no com percentagens superiores a 58,5%. Dos tratamentos estudados, o mais eficiente é o tratamento utilizando a nanofiltração D e por osmose inversa, já que apresentam valores de remoção de CQO superiores a 92%. A percentagem de remoção de CQO é referente a uma água residual com, aproximadamente, 100.000 mg CQO/l.

Vantagens: Estes processos apresentam elevada eficiência de remoção de CQO, não necessitam de uma área elevada de implementação.

Desvantagens: Elevados gastos operacionais – custos de membranas, e elevados custos energéticos. Nestes sistemas poderão existes colmatações nos filtros podendo danificar o tratamento. O sistema precisa de operários especializados enquanto decorre o processo.

- **Produção fermentativa de hidrogénio em contínuo a partir de águas residuais do soro de queijo sob condições anaeróbias termofílicas** (Azbar, N. *et al*, 2009)

A produção de hidrogénio a partir de águas residuais da produção de queijo via fermentação anaeróbia em fase escura foi realizada utilizando uma mistura de comunidade microbiana em condições termofílicas. Investigaram-se os efeitos de variações de TRH (1,2 e 3,5 dias) e de altas taxas de cargas orgânicas (21, 35 e 47 g CQO/l/d) na produção de biohidrogénio num reactor agitado em contínuo.

**- Efeito da concentração de substrato na produção de hidrogénio**

**Tabela 5. Efeito da concentração de substrato na produção de hidrogénio (Azbar, N. *et al*, 2009).**

Quantidade de CQO (g/l/dia)	TRH (dias)	Remoção de CQO (%)	Produção total de biogás (ml)	Produção de H <sub>2</sub> (mmol H <sub>2</sub> /g CQO)
21	1	45	2262	6
35	1	27	5417	9
47	1	-	5946	3

O estudo da variação da concentração de carga orgânica não apresentou mudanças estatísticas significativas na taxa de produção de hidrogénio, mas em relação à produção de biogás já apresentam valores favoráveis, principalmente com altas cargas orgânicas.

**- Efeito do tempo de retenção hidráulico na produção de hidrogénio**

**Tabela 6. Efeito do TRH na produção de hidrogénio (Azbar, N. *et al*, 2009).**

Quantidade de CQO (g/l/dia)	TRH (dias)	Remoção de CQO (%)	Produção total de biogás (ml)	Produção de H <sub>2</sub> (mmol H <sub>2</sub> /g CQO)
40	1	7 - 47	1919	5
40	2	-	1879	15
40	3,5	10 - 90	3171	22

As águas residuais do soro do queijo, que são ricas em lactose, são substratos eficazes para a produção de hidrogénio. O TRH apresenta impacto na produção de hidrogénio, em que valores baixos de tempos de retenção (1 dia) diminuem a taxa de produção de hidrogénio.

Vantagens: Com este sistema pode-se tratar as águas residuais e ainda gerar energia a partir destas.

Desvantagens: O processo requer equipamentos específicos, que apresentam alguns custos de implementação, e é necessária mão-de-obra especializada.

- **Produção de hidrogénio e metano, a partir do soro do queijo, num processo de dois estágios em contínuo** (Venatsaneas, N. *et al*, 2009)

Este estudo foca a utilização do soro do queijo como fonte de hidrogénio e metano num processo de dois estágios contínuos. A produção fermentativa de hidrogénio mesofílico a partir do soro não diluído foi investigado para um tempo de retenção hidráulico de 24h. O efluente vindo do reactor hidrogénico digerido em biogás passou para um bioreactor anaeróbio mesofílico em contínuo.

Com uma remoção de CQO de 95,3% demonstra que o soro de queijo pode ser tratado a partir deste sistema de tratamento e poder-se-á utilizar para a produção de hidrogénio e de metano, num processo de dois estágios.

Vantagens: O tratamento apresenta elevada percentagem de remoção de CQO e pode utilizar a energia proveniente da produção de biogás.

Desvantagens: O investimento inicial é bastante elevado e apresenta elevado consumo de energia, mas utilizando o biogás para produção de energia eléctrica poderá tornar-se auto-suficiente.

- **Produção de hidrogénio por processos biológicos**

Num artigo realizado por Alves, M. *et al* (2006a), salienta-se que efluentes de indústrias alimentares como de azeite, padarias, leite, queijo podem ser usados para a produção de biohidrogénio. Embora seja potencialmente interessante, a produção sustentada de bio-hidrogénio como vector energético, está ainda numa fase inicial e apresenta alguns desafios, especialmente no que respeita ao desenvolvimento de processos contínuos utilizando substratos complexos e culturas microbianas mistas.

Os principais aspectos a ter em conta estão relacionados com a selecção do inóculo, a selecção dos percursos metabólicos e das populações microbianas (o modo de suprimir a actividade hidrogenotrófica é um ponto chave) e as condições operatórias de pH, temperatura e tempo de retenção hidráulico. Pensa-se que os processos hipertermofílicos (em torno dos 70°C) têm vantagem sobre os mesofílicos ou até sobre os termofílicos em termos de selecção microbiana porque, nessas condições, é verificado um desvio do metabolismo direccionado para a produção de hidrogénio. Além disso, o equilíbrio termodinâmico da reacção de produção de hidrogénio a partir de acetato é favorecido (Alves, M.M. *et al*, 2006a).

Vantagens: Os custos de implementação são rapidamente cobertos e hipótese de utilizar a energia produzida.

Desvantagens: Para que o processo seja óptimo, as concentrações de parâmetros como O&G têm que apresentar características específicas. A técnica apresenta elevados custos de implementação.

## 2.3 MATADOURO

Os efluentes oriundos de matadouros apresentam elevadas quantidades de compostos orgânicos, sendo que as hipóteses de tratamento, mais recentes e mais eficientes em relação à remoção orgânica deste tipo de afluentes, estão apresentadas seguidamente:

- **Tratamento por electrocoagulação** (Bayramoglu, M. *et al*, 2006)

A experiência foi realizada com um termóstato, electrocoagulador equipado com quatro eléctrodos monopolares em paralelo; duas placas ânodos e duas placas cátodos de alumínio (99,53%) ou de ferro (99,50%), que estavam ligados a um suporte digital de recolha de dados.

Realizam-se estudos variando o pH, mas tendo em conta que os melhores resultados apresentados são os de pH igual a 2 e tempo de retenção de 25 minutos, na tabela seguinte apenas são demonstrados esses resultados:

**Tabela 7. Resultados das eficiências de remoção de CQO e de óleos e gorduras (Bayramoglu, M. *et al*, 2006).**

Características iniciais		Alumínio	Ferro
		Eficiências de remoção (%)	
CQO (mg/l)	26.000-29.000	93	85
O&G (mg/l)	1.500-1.800	92	96

A electrocoagulação apresenta ser um método eficaz de tratamento de águas residuais de matadouros.

Em relação à remoção de CQO, os eléctrodos de alumínio apresentam um melhor desempenho, com uma remoção de 93%, enquanto que os eléctrodos de ferro apresentam uma percentagem de remoção de 85. Contudo, ao abordar os óleos e gorduras os eléctrodos de ferro mostram uma maior capacidade de remoção, de 96%, enquanto que os de alumínio apresentam uma remoção de 92%.

Vantagens: Este tipo de tratamento tem custos de operação baixos. Não necessita de uma grande área de implementação e o processo de limpeza é simples.

Desvantagens: A implementação do processo acarreta elevados custos e a empresa necessita de mão-de-obra especializada.

A nível económico, o uso do eléctrodo de ferro seria mais viável pois o seu custo seria cerca de metade do custo de um eléctrodo de alumínio.

- **Tratamento anaeróbio com produção de biogás**

Um dos exemplos mais adequados para este tipo de tratamento é o caso do Matadouro Regional de Montalegre, que recentemente optou por tratar os seus afluentes por tratamento anaeróbio, produzindo assim quantidades elevadas de biogás. Este aproveitamento de biogás faz com que o matadouro produza metade da energia que consome, reduzindo para aproximadamente metade da sua factura energética.

Trata-se de um protótipo do reator para tratamento anaeróbio de efluentes complexos com elevados teores de gordura, que apresenta um objectivo de atingir um óptimo nível de tratamento, acompanhado de uma eficiente produção de uma fonte de energia renovável.

Ao contrário dos sistemas convencionais anaeróbios de alta carga, não é necessária a utilização de um inóculo com capacidade de sedimentação (grânulos), baseando-se antes na flutuação dos agregados microbianos devido à adsorção dos compostos lipídicos. Este fenómeno de adsorção limita a utilização das tecnologias actualmente disponíveis quando aplicada ao tratamento destes efluentes. (Visão, 2009).

A partir do artigo de Alves (2006b), esta também salienta que a utilização de efluentes industriais com determinadas características (p.e. limites de concentrações de óleos e gorduras) apresentam uma boa solução para a produção de biogás, e foi a partir dos estudos realizados pela autora, que se implementou este tipo de tratamento no Matadouro de Montalegre.

A autora descreve ainda que anteriormente os óleos e as gorduras eram considerados constituintes que dificultavam os processos de tratamentos anaeróbios. Contudo, durante os últimos anos foram realizados diversos estudos que demonstram o contrário, que até determinadas concentrações os ácidos gordos de cadeias longas são um componente muito promissor, tendo-se obtido resultados bastante favoráveis no que respeita à produção de biogás, desde que cumpridos determinadas condições de operacionalidade.

**Vantagens:** O uso dos efluentes contaminados como fonte de energia. Este método apresenta eficácias de remoção de compostos orgânicos e de O&G bastante elevadas.

**Desvantagens:** O custo de implementação deste método é bastante elevado.

- **Tratamento de águas residuais de matadouro em condições anaeróbia e aeróbias** (Pozo, R. *et al*, 2002)

O estudo de Pozo (2002) evidencia a necessidade de existir um tratamento anaeróbia após o tratamento aeróbio em águas residuais oriundas de matadouros, em que para uma concentração inicial de 7230 mg CQO/l, consegue-se atingir uma percentagem de remoção de 80%.

- **Tratamento electroquímico** (Drogui, P. *et al*, 2007)

As águas residuais originárias de indústrias agro-alimentares são principalmente constituídas por proteínas, açúcares, óleos e gorduras. Os afluentes destas indústrias estão predominantemente carregados com resíduos orgânicos e ricos em compostos orgânicos. A carga poderá ser muito alta ou muito baixa de CBO<sub>5</sub>, CQO, SST, microrganismos patogénicos, o pH é variável e os compostos inorgânicos (fósforo e azoto) poderão estar presentes em elevadas quantidades. Na tabela seguinte estão apresentados os resultados do um estudo que consistia no tratamento electroquímico de efluentes originários de um matadouro.

**Tabela 8. Resultados do tratamento electroquímica de águas residuais de um matadouro.**

Tratamento	Remoção de CQO (%)
Electrocoagulação	85 - 86

Este processo apresenta elevada eficiências de remoção dos compostos orgânicos como também reduz significativamente a concentração de nutrientes das águas residuais.

- **Tratamento por radiação gama** (Melo, R. *et al*, 2007)

O efluente estudado neste artigo provém de uma amostra pontual de águas residuais de um matadouro, que apenas foi submetido a um processo de gradagem antes da análise. Foram estudadas diferentes intensidades de radiação gama (7 Gy - 25 Gy).

O estudo mostra que com uma radiação gama de 7 Gy o efluente apresenta uma concentração de CQO de cerca de 3860 mg O<sub>2</sub>/l e para uma radiação de 25 Gy a concentração de CQO diminui até aos 1600 mg/l.

Com este estudo concluiu-se que quanto maior a dose da radiação gama emitida maior a remoção de CQO. Os resultados obtidos apresentam que esta tecnologia tem um elevado potencial para tratamento de águas residuais.

Vantagens: Este tipo de tratamento apresenta grande eficácia na remoção de compostos orgânicos.

Desvantagens: Elevados custos de implementação e é necessário mão-de-obra especializada.

Mittal (2004) realizou um estudo comparativo de diferentes métodos de tratamento de águas residuais provenientes de matadouros, onde estão expressos os resultados de eficiência de remoção de CQO para cada um dos métodos. Esses resultados estão expostos na tabela seguinte:

**Tabela 9. Resultados das eficiências de remoção de CQO para cada método de tratamento.**

<b>Tratamento</b>	<b>Remoção de CQO (%)</b>
Flutuação por injeção de ar (DAF)	32-90
Filtro aeróbio	27
Flutuação química com ar dissolvido (DAF)	67
Reactor Anaeróbio de Fluxo Ascendente (UASB)	80-85

A partir dos resultados apresentados pode-se observar que os sistemas de tratamento mais eficientes, para a remoção de CQO, são: o reactor anaeróbio de fluxo ascendente e a flutuação por injeção de ar, mesmo por este último apresentar uma gama elevada quanto à eficiência de remoção de CQO. Contudo, a adição de químicos nos tratamentos faz com que favoreçam as reacções com os nutrientes presentes, reduzindo-os, logo um dos métodos de tratamento aconselhados seriam a flutuação química com ar, visto que as águas residuais deste tipo de indústrias apresentam concentrações de azoto e de fósforo bastante elevadas. Em relação ao filtro aeróbio, neste estudo é o que apresenta a eficiência mais baixa.

## **2.4 PRODUÇÃO DE ENCHIDOS**

Os efluentes da produção de enchidos apresentam elevadas quantidade de óleos e gorduras (O&G) que são descarregados para as linhas de água, e apresentam consequências como a diminuição da concentração oxigénio presente nas águas superficiais, pelo facto de este tipo de águas apresentarem substâncias consumidoras de oxigénio (elevadas concentrações de matéria orgânica biodegradável). Outra agravante deste tipo de águas residuais é o impacto que provocam no ambiente, como problemas de higiene e de odores desagradáveis, e provocam ainda elevados danos em relação à fauna e flora envolventes.

Sendo este tipo de águas residuais descarregadas para as redes públicas de esgotos e colectores municipais, pode provocar grandes problemas de entupimento e obstrução nas canalizações, nos sistemas de drenagem dos edifícios, nas redes públicas de esgotos e colectores municipais e, dependendo das características do efluente, podem também provocar corrosão das tubagens e dos materiais de drenagem. Como consequência da descarga para as redes públicas de esgotos e colectores municipais resulta que no seu encaminhamento para as ETAR, contribui significativamente para o aumento dos níveis de CQO, de CBO e dos SST nas águas residuais a tratar, dificultando o desempenho/funcionamento eficiente das ETAR, pelo facto do aumento da concentração destes parâmetros conduzirem a um considerável consumo de energia no funcionamento das mesmas, além de implicarem manutenções e limpezas mais frequentes aos equipamentos, associando-se assim a gastos consideráveis de tempo e dinheiro neste tipo de operações (IPA, 2004).

Existe necessidade de remoção dos sedimentos e das gorduras contidas neste tipo de efluentes pelos problemas que essas substâncias vão criar às unidades de tratamento. Assim sendo, a sua remoção tem as seguintes finalidades:

- Evitar obstruções dos colectores do efluente;
- Evitar aderências na rede de esgotos, com a subsequente colmatção;
- Evitar a sua acumulação nas unidades de tratamento provocando odores desagradáveis e perturbações no funcionamento nos dispositivos de tratamento.

A redução de óleos e gorduras são pois parâmetros a estudar especialmente, uma vez que se trata de compostos mais problemáticos pela sua difícil degradação.

Para atingir os objectivos pretendidos recorreu-se ao trabalho elaborado por Miranda (2007), sobre diferentes técnicas de remoção de óleos e gorduras, que estão mencionadas de seguida:

- **Desengordurador**

O funcionamento do desengordurador está condicionado às leis gravitacionais que regem os fenómenos de sedimentação dos sólidos, no entanto, ocorre no sentido inverso. Tendo em conta que as gorduras têm a capacidade de se agruparem, alterando o tempo de retenção de acordo com a velocidade de ascensão, estas ascendem para a superfície.

Os sistemas mais simples baseiam-se em tanques de secção superficial rectangular nos quais são instalados septos, para que se verifique uma subida do líquido a partir do fundo e a reter os O&G entre os septos. O uso de injeção de ar através de difusores instalados no fundo do tanque, é um método utilizado frequentemente para melhorar a eficiência, pois faz com que as gorduras sejam arrastadas para a superfície a uma velocidade mais elevada.

As gorduras e algumas substâncias menos densas, ou até mais densas do que a água, podem ser removidas por sistemas de flutuação, auxiliada pelo arejamento, injeção de gás, coagulação/floculação química, electrólise, aquecimento ou decomposição microbiana.

Vantagens: A percentagem de separação de gorduras, pode chegar até aos 90%; quando comparado com os processos de flutuação, e relativamente mais barato e menos complexo.

Desvantagens: Evitar temperaturas acima dos 35°C e pH's superiores a 8,5 (risco de ocorrer saponificação); pode ocorrer o arrastamento das partículas (eficiência nula) em vez da mistura pretendida, caso não se tenha atenção ao caudal, a pressão e a dimensão da bolha.

- **Flutuação**

A flutuação descreve-se como o movimento ascendente das partículas, provocado pelo aumento das forças ascendentes em relação às forças gravitacionais. Essas forças ascendentes são causadas, pela adesão das bolhas de ar às partículas sólidas. Estas partículas ascendem até à superfície do líquido e são posteriormente removidas.

Vantagens: elevada percentagem de remoção de contaminantes.

Desvantagens: Espaço físico necessário e baixo período de vida dos equipamentos.

- **Flutuação por injeção de ar** (*Dissolved-Air Flotation - DAF*)

Neste sistema o ar é dissolvido na água residual sob pressão, seguido por uma descompressão até à pressão atmosférica. Em sistemas que processam baixos caudais, a totalidade da água residual pode ser pressurizada por intermédio de uma bomba, em simultâneo com a adição de ar comprimido na secção de bombagem. Todo o fluxo é mantido num tanque de retenção sob pressão para permitir que a maior quantidade possível de ar se dissolva no líquido. O líquido pressurizado é então descarregado através de uma válvula redutora de pressão para o tanque de flutuação, onde o ar é libertado por todo o volume do líquido na forma de pequenas bolhas (30-100  $\mu\text{m}$ ).

Vantagens: pode ser aplicado a grandes unidades industriais e na concentração de lamas.

Desvantagens: baixo período de vida dos equipamentos.

- **Flutuação por ar** (*Air Flotation*)

Neste caso as bolhas de ar são produzidas pela introdução directa da fase gasosa no seio da fase líquida, em geral através de propulsores ou difusores de bolhas muito finas. O arejamento por períodos curtos, normalmente não é efectivo para a flutuação de sólidos.

Vantagens: Melhores eficiências que o DAF.

Desvantagens: Tendência a formar espumas.

- **Flutuação a vácuo** (*Vacuum Flotation*)

A flutuação a vácuo consiste na saturação do efluente com ar, tanto directamente num tanque de arejamento, ou permitindo que o ar entre na sucção da bomba (menos usual).

Um vácuo parcial é aplicado, o que provoca a libertação de parte do ar dissolvido na forma de bolhas minúsculas. As bolhas de ar e as partículas sólidas a elas ligadas sobem até a superfície para formar uma espuma ou lama compacta, que é removida por um mecanismo de “raspagem”. Os sólidos mais pesados que sedimentam são removidos na base da câmara de vácuo.

Vantagens: Boas eficiências de remoção.

Desvantagens: Os custos de operação (para eficiências equivalentes) são em geral mais elevados nos sistemas de flutuação a vácuo do que nos de flutuação por ar ou mesmo nos DAF.

- **Flutuação em coluna** (Coluna Multibolhas - LTM)

A alimentação é realizada próxima do topo da coluna e a captura do material dá-se em contracorrente com o fluxo de bolhas ascendente, que podem ser geradas tanto por saturação de ar, como por recirculação de parte do efluente tratado através de constritores de fluxo. O equipamento também pode operar em regime de co-corrente e nesse caso, o efluente é injectado juntamente com o ar pela parte inferior da coluna.

Vantagens: O tratamento apresenta resultados com elevadas eficiências.

Desvantagens: Apresenta elevados custos de manutenção e as limpezas são complexas quando realizadas.

- **Electroflotação**

A electroflotação é uma técnica alternativa para a remoção de poluentes das águas residuais. O processo envolve a aplicação de uma corrente eléctrica de forma a “sacrificarem-se” os eléctrodos de alumínio num tanque de processamento. As reacções no ânodo e no cátodo fazem com que ocorra geração de iões alumínio como agente coagulante, assim como bolhas de gás.

As propriedades coagulantes dos iões de alumínio, fazem com que estes se juntem aos poluentes e as bolhas de gás geradas, permitindo “agarrar” os aglomerados coagulados, tendo uma aplicação similar a DAF, referida anteriormente, fazendo com que o poluente flutue.

Com a geração de radicais hidróxidos, os níveis de pH aumentam ligeiramente. Os níveis de alumínio adicionados dependem da natureza do efluente a tratar. Os estudos sugerem que se usem quantidades entre os 10 e os 50mg/L. O uso de concentrações acima destes valores fazem com que o processo se torne dispendioso.

Vantagens: Teoricamente, esta técnica pode ser utilizada em substituição do DAF, com a vantagem de não haver a necessidade de adição de produtos químicos. Através deste processo, consegue-se a remoção de 99,95% das gorduras, 99% das bactérias, cerca de 96,3% de remoção de CBO<sub>5</sub> e que a turbidez da água seja inferior a 1 NTU. Não necessita de filtros para a remoção final de poluentes. Fácil limpeza e substituição dos elementos.

Desvantagens: é necessária a adição de novos elementos diferentes ao sistema. Para se aproveitar o hidrogénio é necessária uma estrutura e uso de elementos específicos.

### • **Processos Enzimáticos**

Os processos enzimáticos é um método biológico que se centra no aumento das populações ambientais numa ETAR de forma a poderem competir com o excesso de matéria orgânica, quer através do metabolismo directo das células indígenas e também das já presentes na ETAR, quer através da formação de sulfatantes naturais e a excreção de enzimas extra-celulares com vasta capacidade de degradação em diferentes substratos. A competição destes microrganismos com as bactérias filamentosas atenua este problema, contribuindo para uma diminuição progressiva da quantidade de lamas.

Os métodos biológicos podem também ser denominados por métodos de controlo específicos. A técnica apresenta um princípio simples, que os sistemas devem ser dimensionados e operados de tal forma a que o substrato orgânico seja removido preferencialmente por bactérias não filamentosas, em detrimento das bactérias filamentosas.

Vantagens: Há facilidade de simplicidade no controlo do processo; não há efeitos de choques de carga por poluentes; operam numa elevada gama de pH, de temperatura e de salinidade; degradam polímeros celulares causadores de espumas, impedem assim o crescimento de organismos filamentosos, afectando a estrutura dos filamentos; podem ser aplicados em processos de alta ou baixa concentração de poluentes; redução de maus odores.

Desvantagens: As enzimas são específicas para o fim destinado; produtos finais instáveis; não fazem com que os níveis de oxigénio aumentem; aplicação regular; apresenta custos muito elevados.

### • **Electrocoagulação**

A electrocoagulação é um método físico-químico que aplica os princípios da coagulação - floculação num reactor electrolítico. Neste processo o recipiente tem uma fonte de corrente e vários eléctrodos encarregues de fixar os iões destabilizadores das partículas coloidais que substituem as funções dos compostos químicos que se utilizam nos tratamentos convencionais.

Durante este processo, são gerados compostos que destabilizam as suspensões e as emulsões, provocando a sua floculação, de igual modo, ocorre uma dissolução anódica da qual se libertam elementos que podem reagir com alguns dos contaminantes que se encontram em solução, indo desta forma precipitá-los. Nos eléctrodos, são geradas micro-bolhas de hidrogénio e oxigénio que chocam e aderem com os flocos, arrastando-os para a superfície do líquido de onde a espuma pode ser removida mecanicamente. As bolhas formadas no reactor fazem também com que as gorduras flutuem.

Vantagens: Neste tratamento podem se utilizar diferentes materiais dos ânodos em função do tipo de água a tratar, a regulação é automática da distância entre o ânodo e o cátodo, o que possibilita o tratamento de diferentes caudais. O ânodo e o cátodo estão posicionados verticalmente, o que facilita o fluxo e a limpeza. A regulação da intensidade da voltagem função da condutividade é automática, assegurando um rendimento constante. Este processo não requer a adição de produtos químicos e apresenta um baixo custo de manutenção.

Desvantagens: equipamentos específicos para este tipo de tratamento; elevados custos energéticos.

#### • **Bioreactores de Membranas**

Este processo biológico funciona geralmente a temperaturas elevadas (35 a 40°C), ideais para o crescimento bacteriano, que juntamente com elevadas concentrações de biomassa, garantem uma elevada eficiência de remoção, tornando o sistema extremamente compacto e reduzindo drasticamente os tempos de arranque do sistema.

As membranas podem ser consideradas películas poliméricas ou inorgânicas, que funcionam como uma barreira semipermeável para uma filtração em escala molecular, separando duas fases e restringindo, total ou parcialmente, o transporte de uma ou de várias espécies químicas (solutos) presentes na solução.

Vantagens: Esta técnica funciona a temperaturas elevadas com baixos tempos de retenção. Apresenta uma elevada capacidade de resistência a choques de carga. A redução dos sólidos degradáveis e nutrientes inorgânicos é realizada biologicamente. O resultado final é um efluente de elevada qualidade, com baixas produções de lamas. Apresenta uma redução do número de etapas de tratamento. Tem elevada velocidade de degradação e proporciona retenção de partículas e de microrganismos.

Desvantagens: As elevadas quantidades de sólidos presentes pode afectar a eficiência das membranas; limpeza/manutenção complexas com uso de produtos químicos, os custos elevados de implementação e exploração, a formação de uma camada na superfície da membrana que oferece resistência ao fluxo do permeado alterando a sua selectividade, apresenta ainda consumos energéticos elevados.

Existem inúmeros casos estudados relacionados com as tecnologias de tratamento de efluentes com elevadas concentrações de óleos e gorduras, estando outro tipo de tratamento exposto no ponto seguinte:

• **Tratamento por ultrafiltração** (Ahmad, A.L. *et al*, 2005)

Este artigo relata o estudo do tratamento de um efluente de uma indústria agro-alimentar, neste caso a de produção de óleo de palma que apresenta as seguintes características iniciais:

CQO = 50.000 mg/l                      CBO = 25.00 mg/l

SST = 18.000 mg/l                      O&G = 4.000 mg/l

Para o estudo de remoção dos parâmetros CQO, CBO e SST por ultrafiltração, foram realizados estudos para diferentes pressões e para diferentes velocidades de corrente.

**Tabela 10. Resultados experimentais de percentagens de remoção.**

Parâmetro	Pressão transmembranar (bar)	Percentagem de remoção (%)		
		Velocidade de Escoamento		
		8 m/h	14 m/h	20 m/h
SST	1	97,84	98,91	96,77
	2	98,80	98,11	97,14
	3	95,61	97,72	98,34
CQO	1	55,56	24,00	8,79
	2	47,69	31,13	11,39
	3	46,12	24,25	11,44
CBO	1	49,30	28,10	10,43
	2	49,43	30,46	11,91
	3	50,34	25,06	12,53

O estudo chega à conclusão que para a remoção mais eficaz, de cerca de 98.91%, de SST, a melhor opção seria ultrafiltração desenrolar-se a uma velocidade de 14m/h com uma pressão transmembranar de 1bar, o melhor caso de remoção de CQO seria à velocidade de 8 m/h a uma pressão transmembranar de 1 bar, onde se obteria uma remoção de 55,56%. Em relação ao CBO, a mais eficaz seria à pressão de 3 bar e com uma velocidade de 8 m/h, onde se atingiria uma remoção de 50,34%.

De maneira geral, para uma velocidade de 8m/h e para uma pressão transmembranar de 2 bar, conseguem-se a atingir bons resultados de remoção para todos os parâmetros (os segundos melhores resultados de eficiências de remoção dos três parâmetros), obtendo-se as seguintes percentagens de remoção: para SST 98,80%, para CQO 47,69% e para o CBO 49,34%.

# 3

## CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM E TRATAMENTO

No capítulo 3 estão apresentadas as etapas de tratamento das ETAR influenciadas pelas unidades industriais em estudo, tendo em conta as localizações, as descrições dos processos e as respectivas capacidades de tratamento.

### 3.1 ETAR DE S. MIGUEL DE LOBRIGOS

A ETAR de S. Miguel de Lobrigos, situa-se em Santa Marta de Penaguião, distrito de Vila Real, no Vale do Douro Norte. Esta ETAR assegura o tratamento dos efluentes domésticos da respectiva localidade, tendo sido executada com os mais modernos sistemas de tratamento para efluentes domésticos. A concepção do sistema foi efectuada de modo a assegurar que o efluente descarregado tenha características compatíveis com os padrões de qualidade exigidos pela Legislação Portuguesa e Comunitária e, ao mesmo tempo, com o seu reaproveitamento na rega dos espaços verdes e como água de serviço no interior das instalações.

Na concepção da ETAR de S. Miguel de Lobrigos foi considerado o facto da localidade pertencer à Região Demarcada do Douro, tendo como tal uma forte actividade vitivinícola. As instalações foram projectadas para receber efluentes industriais resultantes desta actividade, mas cumprindo os valores de emissão estabelecidos pelo REAR-ATMAD.



Figura 2. Localização da ETAR de S. Miguel de Lobrigos – escala de 1:25000.

Esta ETAR encontra-se em funcionamento desde Agosto de 2005. Na tabela 11 estão apresentadas as características de projecto mais relevantes para o desenvolvimento deste trabalho sobre a ETAR de S. Miguel de Lobrigos, no ano horizonte de projecto.

Tabela 11. Características de projecto da ETAR de S. Miguel de Lobrigos (Dados ATMAD).

População equivalente	Capacidade de tratamento (m <sup>3</sup> /d)	CBO		CQO		SST	
		mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d
5583	196	1403	275	3628	711	1388	272

A Figura 3 representa o fluxograma processual da ETAR de S. Miguel de Lobrigos.

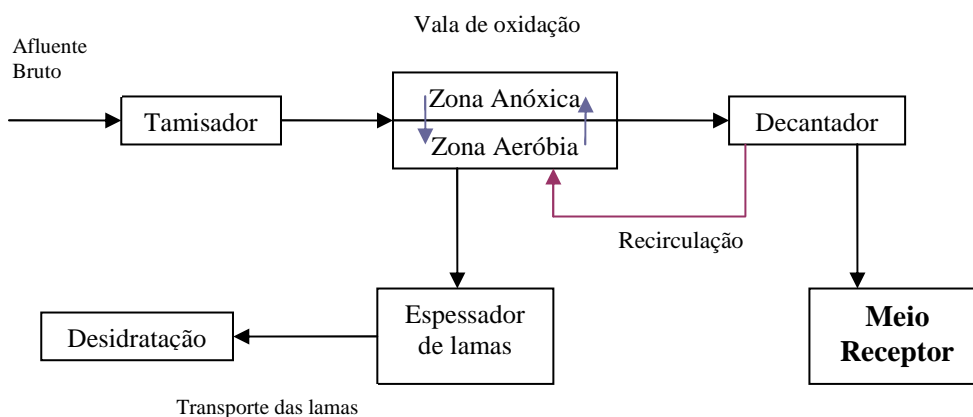


Figura 3. Fluxograma da ETAR de S. Miguel de Lobrigos.

A primeira etapa de funcionamento (Degrémont – ATMAD, 2003) é a de obra de entrada, onde chega o efluente da rede de esgotos (esgotos domésticos e de indústrias da zona abrangente), que entram graviticamente numa caixa, de onde seguem directamente para o canal de alimentação do pré-tratamento, através de uma válvula de comporta manual.

O pré-tratamento é efectuado num aparelho compacto onde ocorrem as operações de tamisagem e remoção de areias. O sistema é constituído por um tamisador rotativo, com uma malha de 6 mm que transporta resíduos para um contentor, e por um parafuso extractor para a remoção de areias.

O tanque de arejamento é o local onde ocorrem as principais reacções de oxidação biológica da matéria orgânica poluente (CBO e CQO), utilizando uma cultura de microrganismos aeróbios obrigatórios e facultativos, que têm como função biodegradar os compostos orgânicos. O tanque de arejamento está dividido entre uma zona anóxica e uma zona aeróbia, onde ocorrem, respectivamente, as etapas de desnitrificação e nitrificação.

A fase de desenvolvimento da cultura de microrganismos sob a forma de flocos irá processar-se neste tanque com agitação e arejamento permanente (Figura 4), alimentado continuamente pelo efluente. A agitação tem como objectivo evitar a formação de depósitos no fundo e nas paredes do tanque e, assim, homogeneiza a mistura dos flocos bacterianos com o efluente chegado (licor misto). A agitação é provocada pela injeção de ar, mas sendo esta insuficiente para manter a biomassa em suspensão, complementa-se este processo com dois agitadores submersíveis com velocidade lenta.

O arejamento tem como objectivo dissolver o oxigénio do ar no licor misto, para que os microrganismos aeróbios possam desenvolver-se e assegurar a sua actividade depuradora.



Figura 4. Vala de oxidação da ETAR de S. Miguel de Lobrigos.

Na etapa seguinte, o efluente proveniente do reactor biológico irá dar entrada no decantador secundário de configuração rectangular, através de uma câmara (desgasificação do licor misto) implantada numa das extremidades do reactor.

O decantador secundário, apresentado na Figura 5, é o responsável pela separação de sólido-líquido. A matéria é recirculada periodicamente para a vala de oxidação com o auxílio de 6 electro-válvulas que funcionam alternadamente. Os efluentes clarificados são recolhidos numa caleira após passagem por um descarregador do tipo triangular.



**Figura 5. Decantador da ETAR de S. Miguel de Lobrigos**

A extracção de lamas em excesso é realizada na vala de oxidação. As lamas extraídas seguem para um espessador e posteriormente são transportadas para desidratação.

O excesso de lamas produzidas no arejamento correspondente ao crescimento celular terá que ser eliminado de forma a ser possível manter a concentração pretendida no tanque de arejamento. A desidratação das lamas é realizada nas instalações da ETAR da Régua.

As escorrências provenientes da desidratação das lamas e do sobrenadante são recolhidas num poço de bombagem. Daqui são elevadas em direcção ao tanque de arejamento através de duas bombas submersíveis, sendo uma reserva mecânica da outra.

Parte do efluente tratado é armazenado na cisterna de água tratada antes de ser enviado para o destino final. Nesta cisterna existe um grupo hidropneumático com a função de fornecer água de serviço para toda a ETAR.

O meio receptor das águas tratadas na ETAR de S. Miguel de Lobrigos é o ribeiro de Arcã, afluente do rio Corgo. O meio receptor está classificado como zona sensível nos termos de Decreto-Lei nº152/97, de 19 de Julho, mas como o projecto foi dimensionado para um aglomerado populacional equivalente inferior a 10.000, esta ETAR não é obrigada a cumprir todas as regras, pois assim não é considerada zona sensível.

A ETAR localiza-se na zona do Douro Vinhateiro, onde a actividade agrícola, principalmente a produção de vinho é a actividade mais relevante. Neste trabalho aborda-se a actividade de uma dessas empresas.

### 3.2 ETAR DE CAMBRES

A ETAR de Cambres localiza-se no concelho de Lamego, distrito de Viseu, e veicula as águas residuais de origem doméstica produzidas nas povoações de Cambres, Rio Bom, nas freguesias de Avões (Avões de Cá e Avões de Lá), Ferreiros de Avões (Bairral, Canelas, Foz de Baixo, Foz de Cima, Morões de Cima, Morões de Baixo, Paço, Trás da Igreja e Varandas), Samodães (Angres, Outeiro, Sampaio, Soutelo) e Penajoia (50% da povoação de S. Gião). A ETAR faz parte do agrupamento do Douro Sul e encontra-se em funcionamento desde Agosto de 2006.



Figura 6. Localização da ETAR de Cambres – escala 1:25000.

A ETAR de Cambres foi dimensionada a partir das características de projecto que constam na seguinte tabela:

Tabela 12. Características de projecto da ETAR de Cambres (Dados ATMAD).

População equivalente	Capacidade de tratamento (m <sup>3</sup> /d)	CBO		CQO		SST	
		mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d
5578	841	398	335	995	837	464	390

O esquema dos processos de tratamento realizados na ETAR de Cambres encontra-se apresentado na Figura 7.

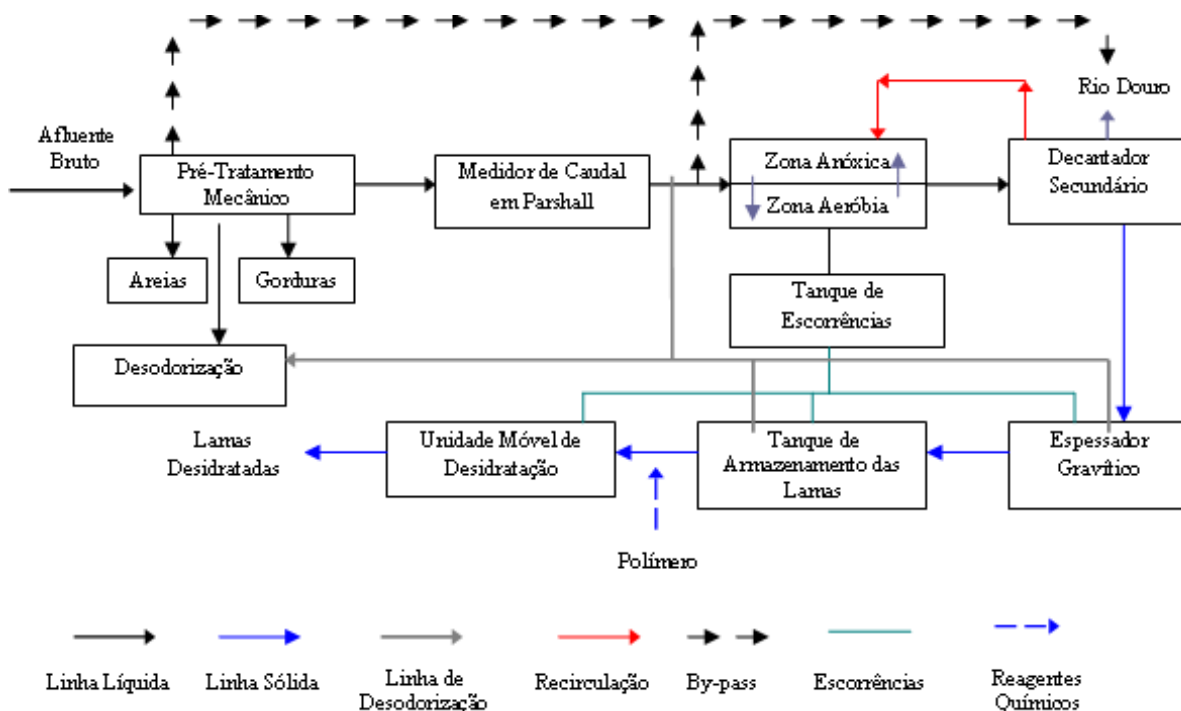


Figura 7. Fluxograma da ETAR de Cambres.

Na ETAR de Cambres as águas residuais brutas passam, inicialmente, por um pré-tratamento mecânico onde são removidas as areias e as gorduras do efluente.

Na vala de oxidação estão presentes os processos anóxicos e aeróbios, onde ocorrem as etapas de desnitrificação e nitrificação, respectivamente. De seguida o efluente segue para o decantador, apresentado na Figura 8, onde existe recirculação de lamas para vala de oxidação.



Figura 8. Decantador da ETAR de Cambres.

As escorrências da vala de oxidação e as lamas em excesso do decantador secundário seguem para o espessador gravítico e, mais tarde, são armazenadas em tanques, onde lhes é adicionada um polímero para que as lamas se compactem com mais facilidade.

A desidratação das lamas é realizada por meio de uma centrifuga móvel, que se desloca à ETAR quando é necessário. O efluente tratado pela ETAR segue do decantador para meio receptor, que neste caso é o Rio Douro (ETAR de Cambres, 2006).

A unidade industrial mais problemática nesta região pertence a uma empresa produtora de produtos lácteos. Esta empresa apesar de possuir um tratamento prévio para os seus efluentes, dispõe de um sistema de tratamento que está subdimensionado, o que não permite que se atinjam os valores de descarga que estão estipulados no REAR-ATMAD. Esta situação põe em risco o tratamento eficaz da ETAR de Cambres que, por vezes, não tem capacidade para tratar efluentes provenientes da indústria de laticínios e que apresentam elevadas cargas orgânicas de difícil tratamento.

### 3.3 ETAR DE RESENDE – MIRÃO

A ETAR localiza-se na margem sul do Rio Douro, freguesia e concelho de Resende, encontra-se em funcionamento desde Janeiro de 2006 e foi projectada para tratar as águas residuais domésticas transportadas pelo sistema de Resende-Mirão e recebe também as águas residuais produzidas por um matadouro, que se situa em terreno adjacente ao local de implantação da ETAR.



Figura 9. Localização da ETAR de Resende – Mirão – escala 1:25000.

A implantação adoptada para a ETAR, assume uma geometria geral distribuída por três níveis, com uma área de cerca de 3000 m<sup>2</sup>, estando os órgãos dispostos de forma a diminuir a ocupação do espaço, uma operação funcional e optimizada e a promover um enquadramento ambiental e paisagístico harmonioso.

A ETAR de Resende-Mirão, no ano horizonte de projecto, apresenta as seguintes características de dimensionamento:

Tabela 13. Características de projecto da ETAR de Resende-Mirão (Dados ATMAD).

População equivalente	Capacidade de tratamento (m <sup>3</sup> /d)	CBO		CQO		SST	
		mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d
3694	472	470	222	1174	554	549	259

Esta é a estação receptora das águas residuais do matadouro municipal, que são tratadas juntamente com as águas residuais domésticas, mas em quantidades doseadas/reguladas, a partir de um tanque de equalização.

O esquema de tratamento existente na presente instalação (Figura 10), desenvolve-se, como habitualmente, em duas fases, uma fase líquida e uma fase sólida.

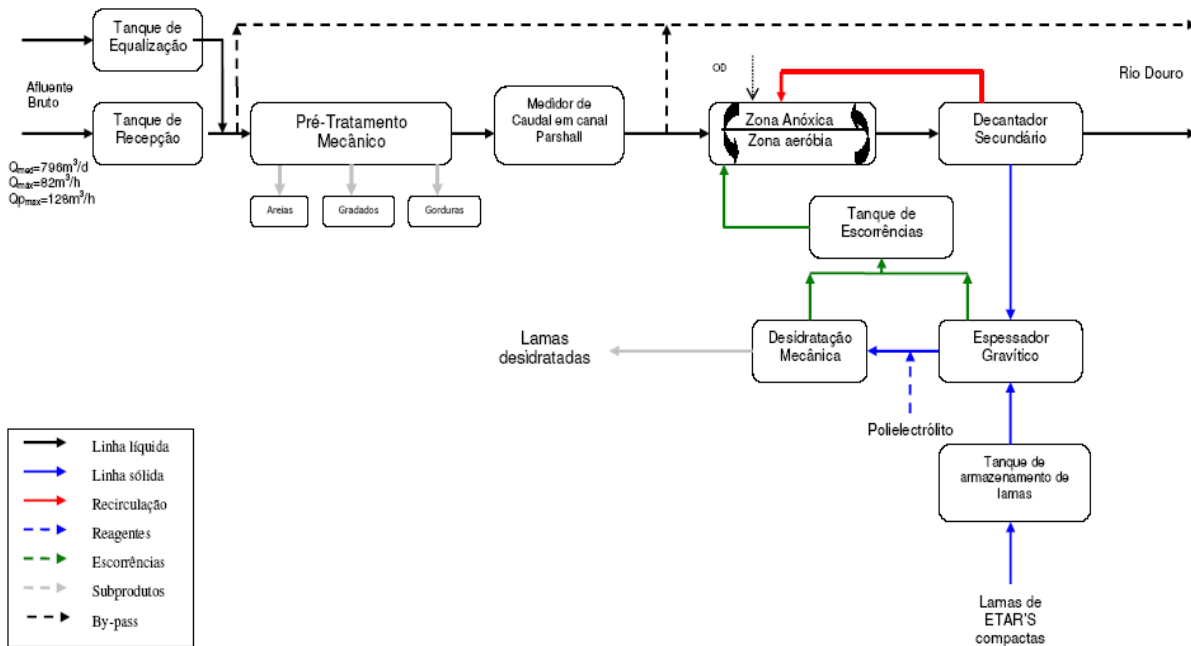


Figura 10. Fluxograma da ETAR de Resende - Mirão.

Na fase líquida o esquema de tratamento concebido é composto por um tanque de equalização das águas residuais de um matadouro, que segue inicialmente, juntamente com as águas residuais domésticas para um sistema de gradagem grossa (em grelha manual, com remoção de gradados), seguida de um sistema de gradagem fina (tamisador, com um sistema mecânico de lavagem automática, com remoção de gradados de dimensões inferiores). Na Figura 11 está apresentado o sistema de gradagem a jusante do tanque de equalização.



**Figura 11. Sistema de gradagem.**

O efluente segue para um desarenador/desengordurador, onde são removidas as areias, óleos e gorduras. A etapa seguinte é a do tratamento biológico, numa vala de oxidação em regime de arejamento prolongado, com o objectivo de depurar a matéria orgânica. O efluente segue para um decantador secundário de geometria circular, equipado com uma ponte raspadora de superfície para remoção de escumas.

Por sua vez, na fase sólida o esquema de tratamento concebido é composto pela homogeneização das lamas, onde as lamas compactas provenientes das ETAR da proximidade são armazenadas e homogeneizadas. O processo seguinte diz respeito ao espessamento gravítico das lamas extraídas do decantador secundário e das lamas das ETAR provenientes do tanque de armazenamento.

A desidratação das lamas é realizada através de uma centrífuga fixa. As lamas desidratadas são posteriormente aproveitadas para uso em terrenos agrícolas locais.

A ETAR tem como meio receptor das águas residuais tratadas um pequeno curso de água que aflui directamente ao Rio Douro (ETAR de Resende Mirão, 2001).

### 3.4 ETAR DE MIRANDELA

A ETAR de Mirandela encontra-se localizada no distrito de Bragança e serve a população residente da sede de concelho de Mirandela e das povoações de Carvalhais e de Vale de Madeiro desde 1987. O agrupamento definido pela ATMAD é o de Terra Quente.

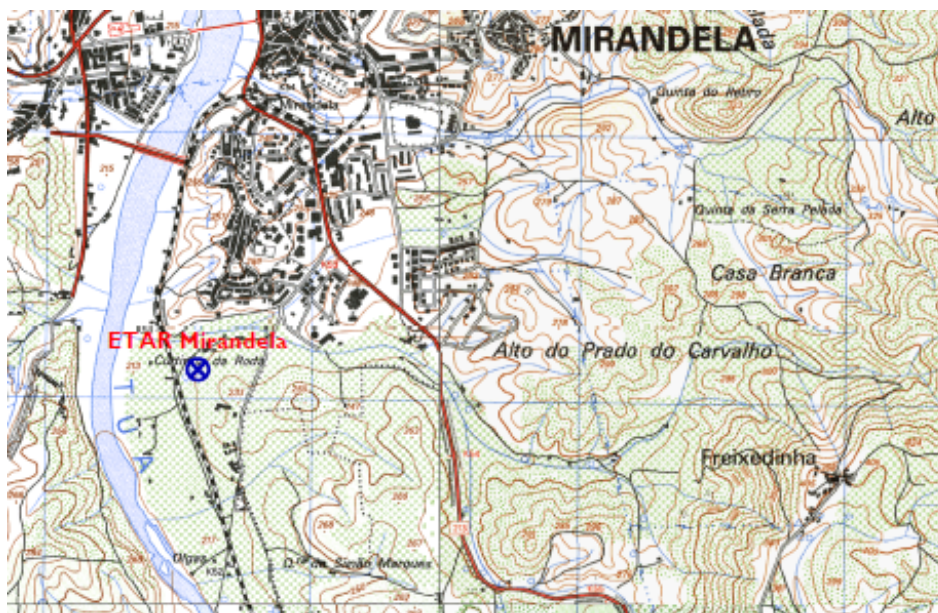


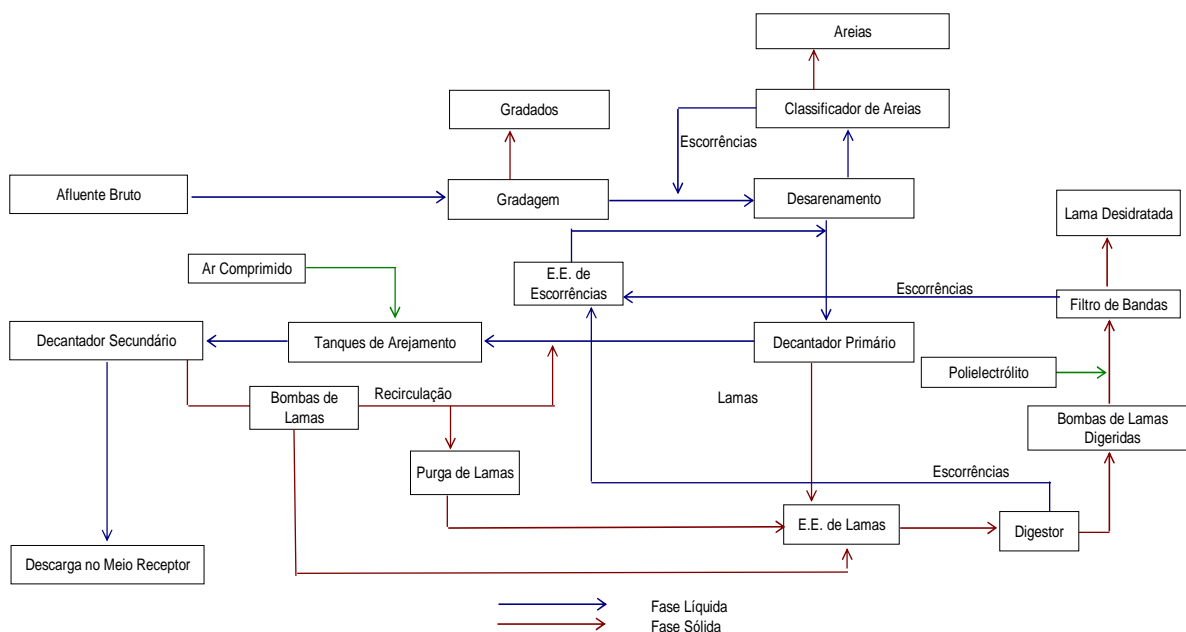
Figura 12. Localização da ETAR de Mirandela – escala 1:25000.

As características de projecto da ETAR de Mirandela estão apresentadas na Tabela 14, em que se tem em conta as características previstas para um tratamento eficiente da ETAR.

Tabela 14. Característica de projecto da ETAR de Mirandela (Dados ATMAD).

População equivalente	Capacidade de tratamento (m <sup>3</sup> /d)	CBO		CQO		SST	
		mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d
26509	5422	293	1591	587	3181	440	2386

O diagrama dos processos de funcionamento da ETAR de Mirandela está descrito na figura seguinte:



**Figura 13. Diagrama da ETAR de Mirandela.**

Inicialmente o efluente bruto passa pela obra de entrada, que está apresentada na Figura 14, onde se realiza a etapa de gradagem, seguida do desarenamento passando, por último, para o decantador primário. Na etapa de desarenamento os resíduos passam por um classificador de areias e as escorrências desta etapa são recirculadas para a entrada do desarenamento.



**Figura 14. Obra de entrada da ETAR de Mirandela.**

Nesta instalação existem dois decantadores primários, estando um inativo, sendo apenas utilizado como reservatório de segurança quando ocorrem descargas imprevistas.

De seguida, o efluente segue para os tanques de arejamento (Figura 15) onde o processo de tratamento adoptado para a depuração das águas residuais é o de lamas activadas, que possuem difusores de ar comprimido em contínuo. A etapa seguinte é a de decantação secundária, onde o efluente clarificado é separado das lamas biológicas e conduzido através de uma conduta para a linha de água adjacente à ETAR.



**Figura 15. Tanques de arejamento da ETAR de Mirandela.**

A recolha de lamas é efectuada na base do decantador, por uma ponte raspadora de fundo que varre as lamas para o cone central de recolha de lamas, sendo estas recirculadas para uma caixa repartidora a montante do reactor biológico de modo a manter a biomassa estável. As lamas em excesso são purgadas e enviadas para a estação elevatória de lamas onde se juntam às lamas primárias e são posteriormente bombeadas para o digestor.

No digestor anaeróbio, a matéria orgânica da lama é degradada na ausência de oxigénio, levando à formação de metano e dióxido de carbono. A decomposição bacteriana da matéria orgânica sob condições anaeróbias é realizada em três fases: hidrólise, acidificação e metanogénica. Trata-se de um digestor a baixa carga, onde não existem sistemas de agitação nem de aquecimento, e onde há formação das seguintes quatro zonas distintas: a camada superior (escumas), a camada de líquido sobrenadante, a camada de biomassa activa e a camada inferior - inertes e sólidos digeridos (ETAR de Mirandela).

A época em que se detecta uma maior dificuldade no tratamento de afluentes nesta ETAR é de Novembro a Abril, coincidente com a época de produção artesanal de enchidos.

Na área que a ETAR serve, existem muitas empresas registadas dedicadas à produção de enchidos. Neste estudo são abordados dados sobre uma unidade industrial deste tipo.

# 4

## CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES INDUSTRIAIS

As unidades industriais são uma mais valia para o progresso económico nacional contudo, na maior parte dos casos, não se preocupam devidamente com o destino dos seus resíduos.

Este tipo de indústrias emitem efluentes com elevadas concentrações de matéria orgânica, dispendo algumas delas de mecanismos de pré-tratamento, mas, por vezes, mal geridos.

Neste projecto são mencionadas quatro empresas agro-alimentares que, embora algumas delas possuam pré-tratamento de afluentes, necessitam de uma reavaliação das soluções implementadas de modo a minimizar os impactos das suas descargas na rede pública e posteriormente nas ETAR que servem essa rede.

### 4.1 EMPRESA VITIVINÍCOLA

A unidade industrial de produção de vinho é uma das maiores empresas nacionais produtoras de vinho estando localizada em Santa Marta de Penagão. A empresa produz mais de 12 milhões de litros de vinho, cerca de um décimo da produção total da Região Demarcada do Douro, divididos nas categorias de Porto, Douro, Regional, Espumante e Aguardente. Esta empresa com 50 anos de história é uma adega cooperativa que tem mais de 2000 associados e cerca de 69 trabalhadores.

Tendo em conta a sua elevada produção, esta unidade é responsável pela produção de uma elevada quantidade de resíduos. Os resíduos sólidos, que representam cerca de 25% da quantidade de matéria-prima, são colocados em recipientes e posteriormente são transportados para locais adequados de deposição. Os resíduos líquidos são conduzidos para uma estação de tratamento que se encontra nas instalações fabris.

A unidade industrial apresenta as seguintes etapas no processo de fabricação de vinho:

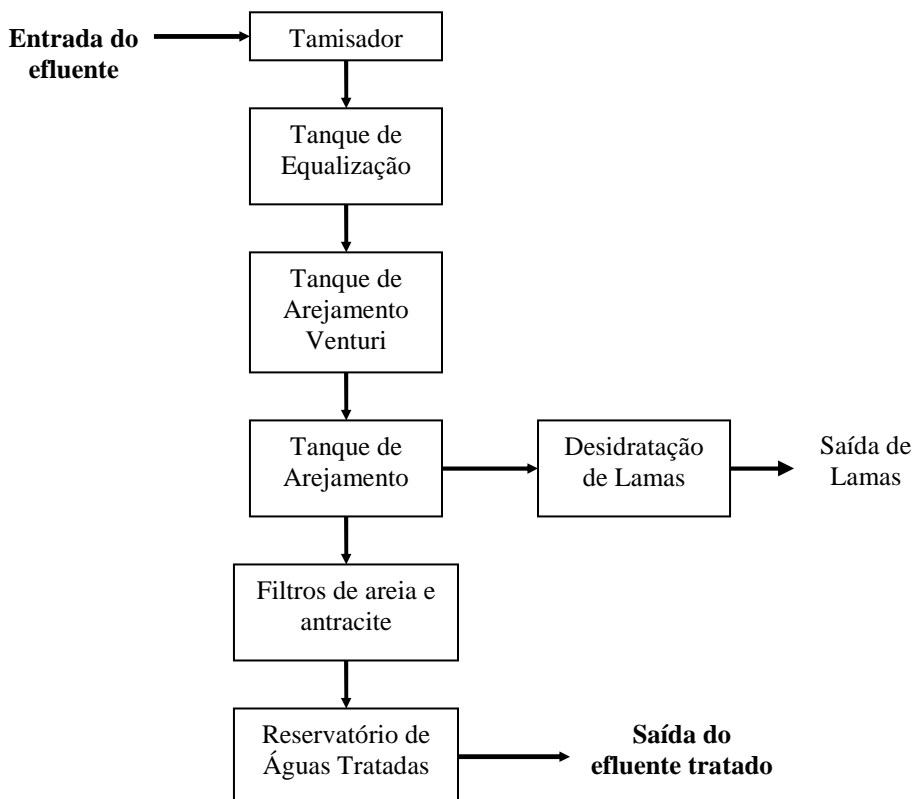
- Recolha das uvas
- Etapa de separação da uva dos restantes componentes da uva desnecessários (grainhas, esqueleto, película envolvente) – estes resíduos são posteriormente depositados em destinos finais adequados.
- Processo de fermentação
- Engarrafamento
- Distribuição

Na tabela seguinte estão mencionados alguns dados relacionados com a produção de vinho da empresa:

**Tabela 15. Dados relativos à produção de vinho.**

Volume anual produção de vinho (m <sup>3</sup> )	12.000
Consumo de água anual (m <sup>3</sup> )	18.000
Rendimento da uva	75 %
Resíduo da uva (película + esqueleto + grainhas)	25% 4,5 ton

A empresa possui uma estação de pré-tratamento das águas residuais com os seguintes processos de tratamento:



**Figura 16. Fluxograma da ETAR da Empresa Vitivinícola.**

A obra de entrada da ETAR é composta por um tamisador (parafuso sem fim), onde são removidos os sólidos mais grosseiros. O efluente é bombeado para um tanque de equalização, que é especialmente utilizado para quando chove demasiado, o caudal fica muito elevado e a ETAR fica sem capacidade de tratamento da totalidade das águas residuais efluentes. Neste tanque é realizada a correcção de pH do efluente.

O efluente segue para um tanque arejado de Venturi<sup>1</sup> e segue para um tanque arejado com recirculação. Neste tanque está incorporado um filtro prensa para a recolha e desidratação de lamas. De seguida o efluente segue para a etapa de filtração num filtro de areia e antracite (existem dois filtros que funcionam alternadamente). Após a filtração o efluente vai para um reservatório de recepção de águas tratadas, que posteriormente segue para o colector municipal.

As principais características dos efluentes deste tipo de indústrias são as suas elevadas cargas orgânicas e valores de pH muito variáveis.

Em altura de vindima, o teor de pH poderá baixar até cerca de 4 por causa do vinho fermentado, e em alturas de engarrafamentos e limpezas das vasilhas de fermentação o pH poderá chegar aos 10, pois nestas alturas é frequentemente utilizada soda cáustica nas limpezas dos recipientes.

---

<sup>1</sup> O funcionamento de um arejador do tipo venturi-jet baseia-se na bombagem do efluente através de um tubo venturi, no qual é misturado com ar aspirado. A agitação do volume do tanque é realizada através da entrada do líquido arejado na base do reactor. Este arejador adapta-se a diferentes profundidades, podendo requer o fornecimento de ar comprimido quando a altura do líquido ultrapassar uma altura específica. A eficiência do processo de arejamento aumenta na razão directa da altura do líquido (Pereira, J. L. S., 2005).

## 4.2 EMPRESA DE LACTICÍNIOS

A empresa de laticínios em estudo neste trabalho é uma das maiores produtoras nacionais de vários tipos de queijos e abastece grande parte dos hipermercados nacionais, utilizando leite de vaca (98%) e leite de cabra (2%) para a produção de queijo. Trata-se de uma empresa de elevada dimensão e, distribui a nível nacional e internacional.

A abordagem a esta empresa tem como principal intuito de reduzir a carga orgânica que é recebida pela ETAR de Cambres. A elevada concentração de carga orgânica é devida, principalmente, ao soro concentrado residual. O aumento de produção por parte desta unidade e o facto do pré-tratamento instalado não ter sido revisto, têm contribuído para um aumento de volume de água residual produzida e para o conseqüente aumento das cargas poluidoras.

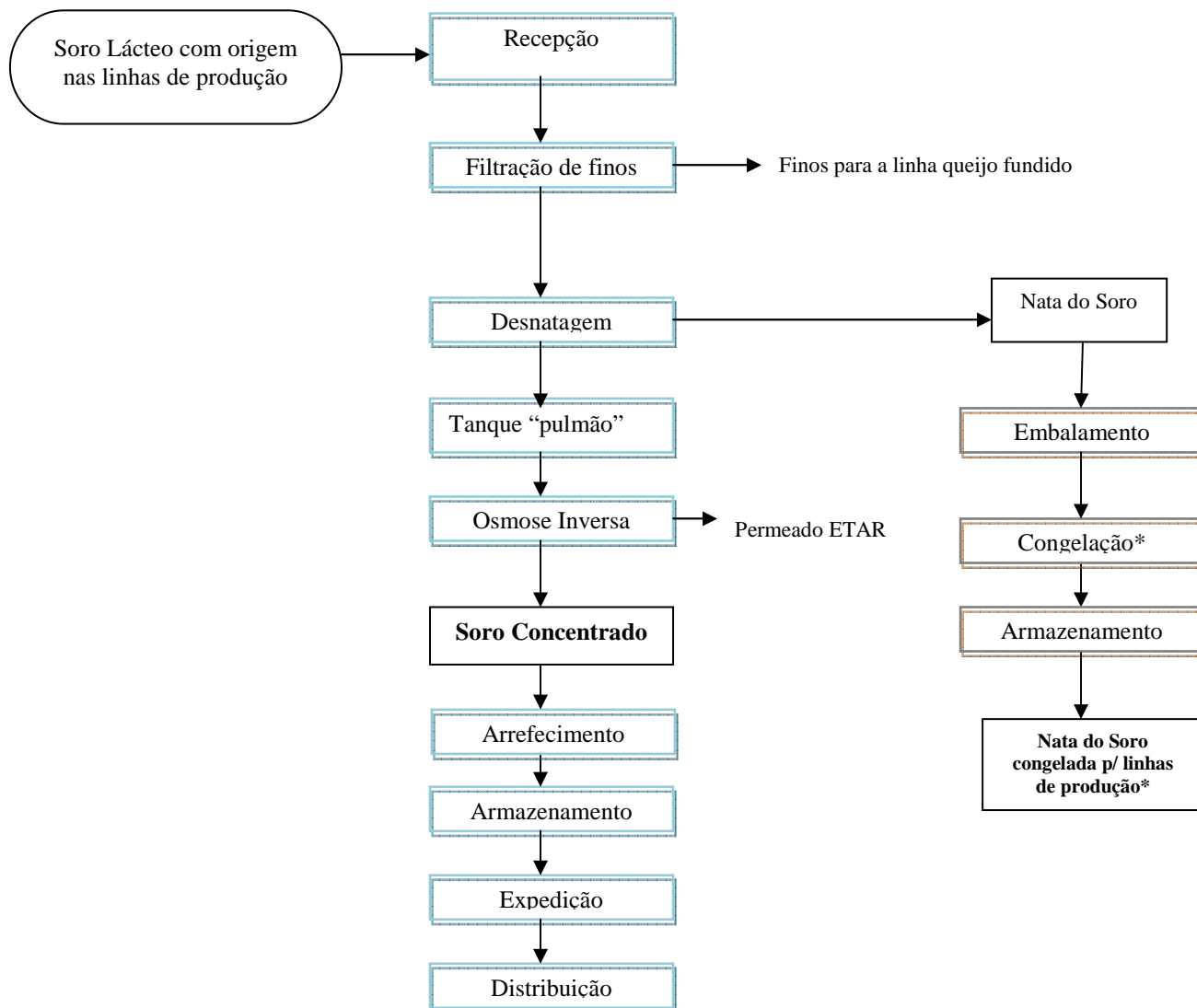
Na tabela seguinte estão mencionados alguns dados diários da produção de queijo fornecidos pela empresa:

**Tabela 16. Dados diários relativos à produção de queijos da empresa.**

Volume de leite (l)	100.000
Queijo produzido (ton)	11
Volume de soro (l)	80.000 - 90.000
Volume de soro concentrado (l)	25.000
Volume de efluente encaminhado para a ETAR (l)	75.000

Por existir uma grande variedade de queijos e cada uma delas com seu processo de fabrico, optou-se por apenas descrever o processo da produção do soro concentrado, pois a concentração de soro lácteo origina efluentes cujo tratamento se revela bastante problemático, uma vez que apresenta elevadas cargas de poluentes orgânicos.

A produção de soro concentrado passa pelas etapas apresentadas na Figura 17.



**Figura 17. Fluxograma do processo de produção de soro concentrado.**

\* operação de congelação apenas acontece em situações de excedente, caso contrário entra nas linhas de produção tal como é obtida.

Esta unidade industrial possui uma estação de tratamento dos seus efluentes, que está apresentada em forma de diagrama na Figura 18.

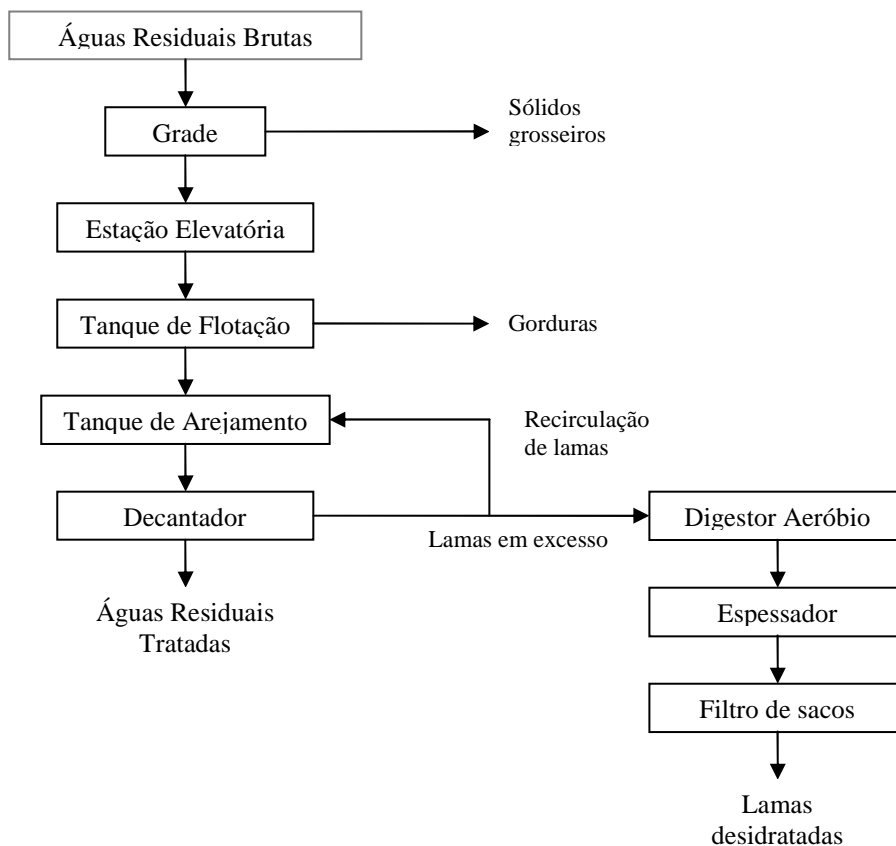


Figura 18. Diagrama do processo de tratamento efluentes da empresa de produtos lácteos.

Inicialmente o efluente passa por uma grade onde os sólidos mais grosseiros ficam retidos. De seguida, é elevado por uma estação elevatória até ao tanque de flotação, onde se dá a remoção de gorduras flutuantes. O efluente segue para o tanque de arejamento, e mais tarde para o decantador. Neste, uma parte das lamas recirculam para o tanque de arejamento e as lamas em excesso são conduzidas para o digestor aeróbio. Do digestor de lamas seguem para o espessador de lamas e para a etapa de filtração com filtros de sacos, onde estas saem desidratadas.

### 4.3 MATADOURO

O matadouro estudado é uma unidade que serve alguns proprietários de gado e talhantes da região e nela operam 5 trabalhadores, dois dos quais são médicos veterinários e coordenadores do matadouro, responsáveis pela qualidade, um funcionário administrativo e dois funcionários responsáveis pela pesagem e limpeza das instalações. Trata-se de uma empresa prestadora de serviços locais, em que cada talhante é responsável pelo abate dos seus animais.

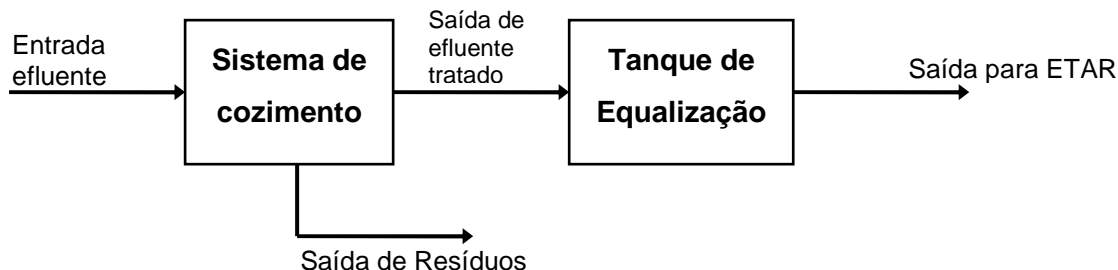
Em média, as quantidades de abates mensais são aproximadamente: 150 bovinos, 50 borregos e 40 suínos, com os preços estipulados por cabeça. Estes valores variam um pouco dependendo da altura do ano, pois em alturas como a Páscoa e o Natal há um ligeiro aumento de abates de borregos.

As etapas de funcionamento da empresa são as seguintes:

1. Ponto de chegada dos animais;
2. Local onde os animais são mortos – Neste local é aplicada uma descarga eléctrica aos animais mais pequenos (borregos, suínos) e para animais de maior porte (bovinos) é utilizada uma pistola pneumática;
3. Local onde o animal é cortado e dividido pelos talhantes, e pendurado em ganchos antes de seguir para a câmara frigorífica;
4. As carcaças permanecem numa câmara frigorífica durante, aproximadamente um dia, até que a temperatura no centro da carcaça seja de 4°C (a temperatura não pode ser superior a 7°C);
5. Saída da carcaça.

O pré-tratamento dos efluentes nesta unidade é constituído por uma gradagem das águas residuais e por um etapa de cozimento do sangue dos animais, não sendo utilizado qualquer outro tipo de tratamento. Após o cozimento obtém-se resíduos sólidos, cujo destino é a incineração, e uma pequena quantidade de água residual, uma vez que o cozimento é efectuado em alta pressão. Essa pequena quantidade de água residual apresenta cargas orgânicas bastante reduzidas.

O diagrama do processo de tratamento das águas residuais oriundas do matadouro esta esquematizado na Figura 19.



**Figura 19. Processo de tratamento de efluentes do matadouro.**

O efluente segue para um tanque de equalização, sendo, posteriormente enviado para a ETAR de Resende – Mirão, juntamente com as águas residuais domésticas.

A introdução das águas residuais provenientes do matadouro na ETAR Resende – Mirão é efectuada de uma forma controlada ao longo do tempo de modo a evitar fortes impactos no funcionamento da instalação.

Os órgãos não aproveitados dos animais são divididos em subprodutos ou matérias de risco. As matérias de risco de ordem 3 (ex. banhas) são colocados num recipiente que mais tarde é vendido para a produção de outros produtos como sabão e a margarina. As matérias de risco de ordem 1 e 2 (patas, cabeças, pulmões) vão para recipientes específicos que, mais tarde, são levados para serem incinerados.

#### 4.4 EMPRESA PRODUTORA DE ENCHIDOS

A indústria produtora de enchidos em estudo distribui para grandes superfícies comerciais e para outros distribuidores e nela operam 42 trabalhadores. A actividade de produção é repartida por dois turnos, um de 8 horas e outro de 7 horas e em dois dias semanais destinados à limpeza geral das instalações.

Os produtos utilizados na produção dos enchidos são do tipo suíno, coelho, pato e bacalhau, e os outros componentes como o azeite, a farinha, condimentos, banha de suíno, fermento, sal, alho e pimenta. Os desperdícios de produção rondam os 2 – 3 %. O consumo de água mensal é de cerca 750 m<sup>3</sup> e o consumo de lenha de oliveira e carvalho é de 40 ton/mês.

De seguida estão mencionadas as etapas do processo de produção de alheiras adoptadas pela empresa:

1. Fabrico do pão;
2. Zona de tratamento das tripas – tripas em sal -> lavagem para tirar o sal -> desinfecção com ácido láctico (onde há muito consumo de água);
3. Marmitas / panelas de pressão  
Marmitas tipo 1 – 1,5 h a cozer a carne a alta pressão  
Marmitas tipo 2 – 4 h a cozer a carne a alta pressão;
4. Aproveitamento da calda da cozedura das carnes para escaldar o pão;
5. Zona de cortar/desfiar a carne – onde faz-se a separação da carne e ossos;
6. Zona do enchimento;
7. Fumeiro (entre 30 a 90 minutos, até que a temperatura no interior das alheiras seja cerca de 75°C);
8. Sala de ultracongelação, onde o produto está a uma temperatura de 7°C;
9. As alheiras são colocadas em grades e ficam a uma temperatura entre os 7 e os 8°C;
10. Local onde se realiza a limpeza superficial da alheira com papel (retirar o excesso de fumo), secagem e empacotamento (inserir na embalagem azoto e dióxido de carbono e retiram o ar);
11. Armazenamento e distribuição.

As águas residuais desta indústria provêm, essencialmente, das lavagens das instalações, lavagem das carnes, lavagem das tripas (onde é usada água corrente da tripa, tripa salgada, tripa seca e ácido láctico).

A empresa possui uma vala receptora onde existe uma fraca decantação dos efluentes e que seguidamente entram no respectivo colector, não apresentando qualquer tipo de pré-tratamento.



# 5

## CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES E PROPOSTA DE SOLUÇÕES PARA AS UNIDADES INDUSTRIAIS

Para uma caracterização qualitativa dos efluentes deste estudo foram realizadas análises aos seguintes parâmetros:

- Sólidos suspensos totais (SST);
- Carência química de oxigénio (CQO);
- Carência bioquímica de oxigénio (CBO<sub>5</sub>);
- Azoto total (NT);
- Fósforo total (PT);
- Sólidos suspensos voláteis (SSV) – Reactores biológicos das empresas de produção de vinhos e lacticínios;
- Índice biótico das lamas (IBL) – Reactores biológicos das empresas de produção de vinhos e lacticínios;
- Óleos e gorduras (O&G) - apenas para as empresas de produção de lacticínios e de alheiras.

Para as águas relativas aos reactores biológicos existentes em algumas empresas foram adicionalmente estudados os parâmetros pH, oxigénio dissolvido (OD) e potencial REDOX. As análises foram realizadas nos laboratórios da ATMAD Norte e Sul. As análises de CQO, NT e PT foram realizadas a partir de kits de análises (Nanacolor® - Macherey-Nagel), os O&G, SST e SSV a partir do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (2005), a CBO<sub>5</sub> pelo método manométrico, o IBL a partir do microscópio e os resultados dos restantes parâmetros (pH, Temperatura, OD e Potencial Redox) foram obtidos a partir do Medidor *Multiparameter Hanna*.

No caso das empresas de produção de vinhos e de produtos lácteos foram realizadas duas análises às águas das ETAR existentes nas empresas onde se recolheram amostras pontuais de cada uma nos seguintes pontos: à entrada da ETAR, no reactor biológico e à saída para colectores municipais.

No matadouro realizaram-se análises das águas residuais antes da câmara de cozimento e à saída do matadouro (à entrada do tanque de equalização).

Na empresa de produção de enchido foram analisadas 2 amostras recolhidas na vala de recepção de restos de produção e águas de limpeza.

Para a determinação das concentrações de afluência às instalações da ATMAD foram recolhidas amostras compostas à entrada e à saída de cada ETAR.

Foram realizadas 2 amostragens em cada unidade industrial, o que não configura uma análise suficientemente representativa pelo que se optou por efectuar um estudo caracterizador das afluências às ETAR em circunstâncias consideradas normais e em situações de afluências desconhecidas (descargas de efluentes com características consideradas anormais para os colectores municipais) num período aproximado de um ano (Maio de 2008 e Abril de 2009). Estes dados foram cedidos pelos laboratórios de controlo operacional da ATMAD.

## 5.1 EMPRESA VITIVINÍCOLA

### 5.1.1 CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES

Na empresa vinícola foram realizadas duas recolhas e as respectivas análises nos dias 1 e 7 de Abril, num período em que os processos realizados na unidade industrial são, apenas, o engarrafamento do vinho e as lavagens dos depósitos. Este tipo de indústria apresenta variações sazonais relevantes, pois a época mais crítica é a das vindimas onde os parâmetros estudados apresentam valores de pH muito baixos e valores de cargas poluentes muito elevados. Na Tabela 17, estão discriminados os resultados das análises realizadas nesta indústria.

**Tabela 17. Resultados médios obtidos da amostragem na empresa produtora de vinho.**

Parâmetros	Métodos Analíticos	Unidades	Resultados		Eficiência (%)	VLE
			Entrada	Saída		
<b>SST</b>	SM 2540 D	mg SST/l	435,5	381,5	12,4	<b>1000</b>
<b>CQO</b>	Fotométrico	mg O <sub>2</sub> /l	3606	2764	23,4	<b>1000</b>
<b>NT</b>	Fotométrico	mg N/l	24,2	19,8	18,6	<b>90</b>
<b>PT</b>	Fotométrico	mg P/l	9,3	8,6	6,7	<b>20</b>
<b>CBO<sub>5</sub></b>	Manométrico	mg O <sub>2</sub> /l	2150	1950	9,3	<b>500</b>
<b>Temperatura</b>		° C	16,72	18,22		<b>&lt; 30</b>
<b>pH</b>	Medidor <i>Multiparameter Hanna</i>	Escala Sørensen	8,36	6,51		<b>5,5 - 9,5</b>
<b>OD</b>		ppm	5,73	2,53		
<b>Potencial Redox</b>		mV	23,11	-71,85		

De acordo com os resultados obtidos pode verificar-se que os valores da CQO e da CBO<sub>5</sub> são excessivamente altos para descargas em redes de saneamento e que o tratamento realizado pela ETAR da empresa não é satisfatório, pois os valores à saída não satisfazem os valores limite de emissão adoptados no Apêndice 3 do REAR - ATMAD. Os restantes parâmetros estudados encontram-se dentro dos valores estipulados pelo regulamento, no entanto as percentagens de remoção são muito baixas.

Tendo em conta que esta empresa possui um sistema de tratamento implementado, optou-se por analisar também os parâmetros no reactor biológico (Tabela 18), pois trata-se de uma das etapas mais importantes, no que diz respeito à depuração de matéria orgânica.

**Tabela 18. Resultados das análises da amostragem ao reactor biológico da empresa de produção de vinhos.**

SST (mg/l)	SSV (mg/l)	IBL	Temperatura (°C)	pH	OD (ppm)	Potencial Redox (mV)
255	188	Classe IV	17,09	6,86	3,38	48,8

A partir dos resultados apresentados na Tabela 18, pode verificar-se que no reactor biológico existe uma quantidade muito elevada de oxigénio dissolvido. A ausência de biomassa evidenciada pela classe IV do IBL (Índice Biótico de Lamas) estará na origem destes resultados uma vez que, não havendo o consumo de oxigénio dissolvido, este passará a estar disponível no meio. A classe IV do IBL caracteriza-se pela observação de pequenos flagelados e pela inexistência de protozoários indicadores de elevada depuração. Os valores de SSV/SST (0,74) evidenciam um fraco desenvolvimento da biomassa para reactores de lamas activadas.

Estas conclusões são confirmadas pelas baixas percentagens de eficiência de remoção de CQO, CBO<sub>5</sub> e SST, como se pode observar na Tabela 17.

O efluente bruto que a ETAR de S. Miguel de Lobrigos recebe é caracterizado pela junção das águas residuais domésticas com as águas residuais de indústrias que, nesta região em particular, são indústrias vinícolas. Os resultados das análises da ETAR de S. Miguel de Lobrigos, que foram realizadas na mesma altura que as análises anteriormente apresentadas, encontram-se na Tabela 19.

**Tabela 19. Valores médios à entrada e à saída da ETAR de S. Miguel de Lobrigos.**

Parâmetros	Métodos Analíticos	Unidades	Resultados		Eficiência (%)
			Entrada ETAR	Saída ETAR	
SST	SM 2540 D	mg SST/l	447,5	15	96,6
CQO	Fotométrico	mg O <sub>2</sub> /l	1794,5	114	93,6
NT	Fotométrico	mg N/l	72	10	86,1
PT	Fotométrico	mg P/l	9,02	1,1	87,8
CBO <sub>5</sub>	Manométrico	mg O <sub>2</sub> /l	1225	20	98,4

As cargas poluentes do efluente à chegada da ETAR apresentam valores muito elevados, o que faz com que a ETAR tenha que modificar os seus processos de tratamento previamente estipulados e, por vezes, não tenha capacidade de satisfazer o tratamento de todos os parâmetros, sendo as concentrações dos efluentes tratados descarregados para o meio receptor superiores aos valores legislado no Decreto-Lei nº. 152/97.

A partir do decreto mencionado, este classifica o meio receptor como zona sensível, logo, neste caso é necessário ter uma atenção especial às características do afluente tratado, em particular à presença de nutrientes embora não seja obrigatório o cumprimento dos valores de NT e PT previstos para as descargas em zona sensível dado o equivalente populacional do projecto ser inferior a 10.000 habitantes.

Nas tabelas seguintes estão apresentadas as comparações dos vários tipos de afluências à ETAR receptora das águas residuais de empresa vitivinícola.

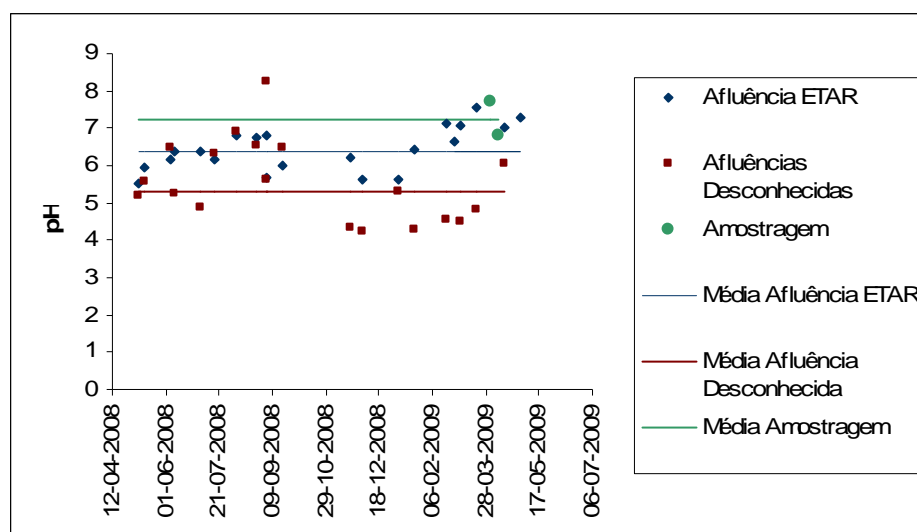


Figura 20. Evolução do teor de pH de afluências à ETAR de S. Miguel de Lobrigos.

A partir dos resultados apresentados na Figura 20, pode verificar-se uma elevada variação nos resultados de pH quando comparados os valores típicos de afluência à ETAR, com os valores da amostragem e os valores de afluência desconhecida. As amostragens de origem desconhecida apresentam uma variação entre 4,22 e 8,26, sendo que predominam amostragens com valores de pH baixos, o que é característico de águas residuais provenientes da actividade vinícola.

Na amostragem obtiveram-se valores de pH mais elevados, o que está relacionado com a actividade de engarrafamento, caracterizada por valores de pH mais elevados, actividade esta que se desenvolve nesta altura do ano.

Nas figuras seguintes estão apresentadas as evoluções das afluências à ETAR de S. Miguel de Lobrigos das concentrações de CQO e de SST.

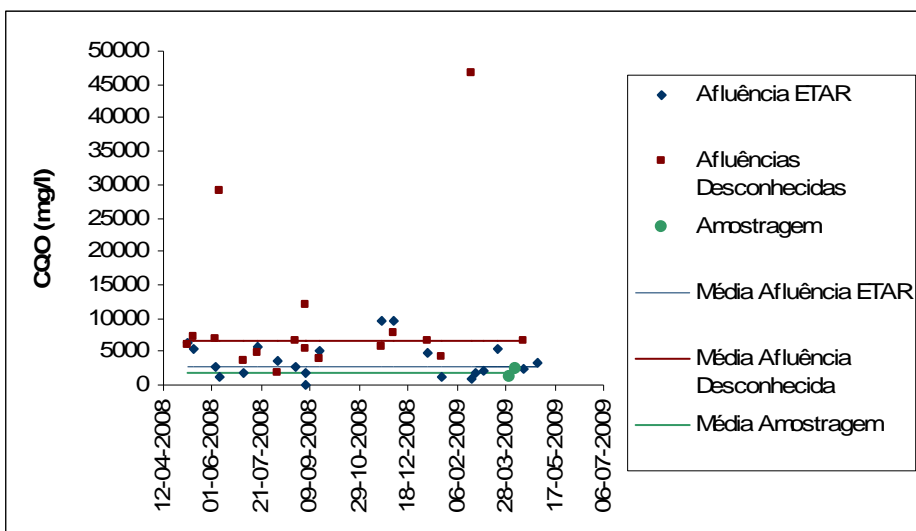


Figura 21. Evolução da concentração de CQO de afluências à ETAR de S. Miguel de Lobrigos.

Nos resultados expressos na Figura 21, pode verificar-se a elevada dificuldade no tratamento das águas deste tipo, pois estas apresentam concentrações bastante elevadas à entrada e torna-se muito difícil a remoção eficiente desta matéria orgânica, pois a ETAR esta preparada para tratar efluentes brutos com determinadas características, que estão apresentadas na Tabela 11, referente ao dimensionamento da ETAR.

Os valores da concentração de CQO obtidos na amostragem ultrapassam os valores limite de emissão permitido por lei.

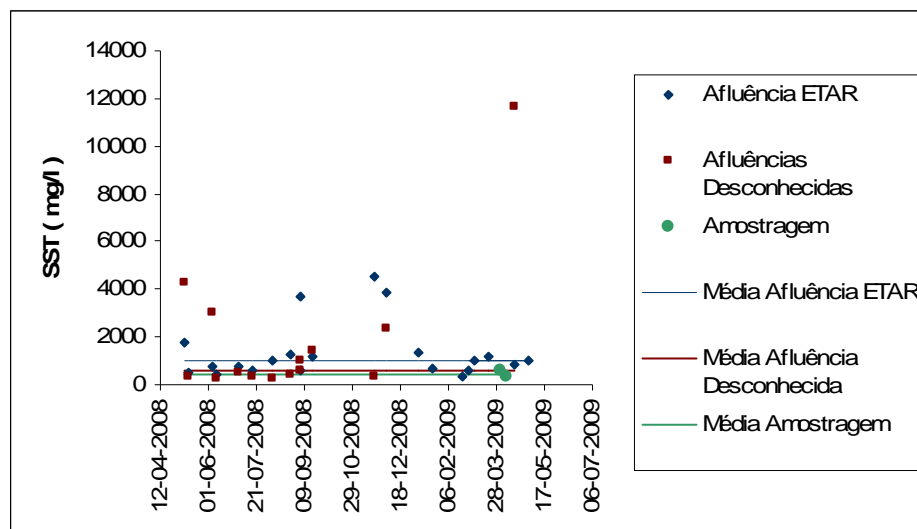


Figura 22. Evolução da concentração de SST de afluências à ETAR de S. Miguel de Lobrigos.

A Figura 22 mostra a evolução do SST das afluências à ETAR. Pode verificar-se que a média de valores de afluências desconhecidas é inferior à média de afluências à ETAR em alturas normais. Existem pontualmente valores de afluências desconhecidas extremamente elevadas, na ordem dos 11.500 mg SST/l, o que leva a crer que se tratam de descargas deste tipo de indústrias, pois o efluente à chegada da ETAR foi caracterizado como apresentando características consideradas de origem vitivinícola, como a cor roxa e o cheiro a álcool, na participação efectuada da respectiva descarga à ARH-N.

Na Tabela 20 estão apresentados os resultados de afluências normais e desconhecidas à ETAR de S. Miguel de Lobrigos e o resultado da amostragem realizada.

Tabela 20. Valores das concentrações de CQO e de SST médias, mínimas, máximas das afluências e valores de projecto – ETAR de S. Miguel de Lobrigos.

	Afluência à ETAR		Afluência Desconhecidas		Amostragem	
	CQO (mg/l)	SST (mg/l)	CQO (mg/l)	SST (mg/l)	CQO (mg/l)	SST (mg/l)
<b>Média</b>	2776	984	6460	548	2764	318
<b>Mínimo</b>	56	350	1912	248	2640	250
<b>Máximo</b>	9650	4556	46787	11616	2888	513
<b>Valores de Projecto</b>	3628	1388				

As concentrações médias de afluência à ETAR e as da amostragem são inferiores aos valores dimensionados no projecto, mas existem alturas em que o seu valor excede significativamente, principalmente nas afluências desconhecidas à ETAR.

Os valores médios de CQO das afluições desconhecidas apresentam valores quase duas vezes superiores à capacidade de tratamento e os valores médios de SST destas mesmas afluições são inferiores aos valores projectados existindo, no entanto, afluições pontuais com valores bastante superiores.

Para ambos os parâmetros as concentrações das amostragens realizadas encontram-se abaixo dos valores de projecto. No entanto, dada a discrepância destes resultados relativamente às afluições desconhecidas registadas na ETAR, poderemos estar perante uma recolha efectuada numa altura do ano em que as actividades realizadas pela unidade industrial não apresentam grande problemática em termos de emissão de cargas orgânicas elevadas.

As descargas anormais são normalmente comunicadas à ARH-N e aos municípios que são servidos pelas estações de tratamento em causa.

### 5.1.2 PROPOSTA DE SOLUÇÕES DE PRÉ-TRATAMENTO DOS EFLUENTES DA EMPRESA VITIVINÍCOLA

A partir dos resultados apresentados pela amostragem realizada e pelos dados cedidos pelos Laboratórios de Controlo da ATMAD, pode concluir-se que o sistema de pré-tratamento da empresa não apresenta resultados satisfatórios. As concentrações de SST e de CQO são bastante elevadas ultrapassando os valores limite de emissão estipulados.

Algumas das alternativas para o tratamento de efluente de indústrias de produção de vinho, são as apresentadas na parte inicial do trabalho: Digestão Anaeróbia, Digestão Anaeróbia Termofílica, Ozonização, Biodegradação Aeróbia e SBR.

Sendo estas soluções bastante eficazes na remoção de matéria orgânica e a qualidade de efluente final ter características muito mais atractivas que o processo que a empresa já possui, seria de ponderar a utilização destas soluções numa indústria vitivinícola, no entanto por já existir um sistema de tratamento de biodegradação aeróbia na empresa, optou-se por propor alterações ao funcionamento deste sistema, de modo a optimizá-lo e a torná-lo um investimento viável garantindo um efluente tratado que garanta os VLE determinados no REAR-ATMAD.

As propostas de alteração, dado a ineficiência do sistema de tratamento, são as seguintes:

- Um aumento da injeção de ar no arejador de Venturi, dadas as suas dimensões (>2,5 m), que favoreça a agitação do licor misto e que impeça a sedimentação das lamas e a proliferação de zonas anóxicas que potenciem a ocorrência de odores desagradáveis;
- Funcionamento contínuo da unidade de tratamento, uma vez que a biomassa para se manter estável exige uma oxigenação contínua, bem como fornecimento de matéria orgânica para respiração celular.
- Verificar a necessidade de inoculação de biomassa proveniente de uma ETAR de modo a agilizar o desenvolvimento de culturas microbianas depurados de matéria orgânica.
- Remoção das lamas, que não necessita de passar por uma desidratação local e que pode ser efectuada num outro local onde existam meios mais adequados e eficazes que os disponíveis nesta instalação.
- Garantir uma correcção eficaz do pH, assegurando a utilização de um composto básico e um composto ácido, consoante as características da água residual produzida.

- Assegurar formação técnica que permita a exploração/operação adequada das instalações, uma vez que mais que os custos elevados de exploração, a falta de *know-how* sobre o funcionamento destas, culmina na maior partes das vezes na paragem/funcionamento deficiente desta unidade de pré-tratamento.

Com este tipo de alterações o sistema de tratamento obterá condições para que a eficiência de remoção de matéria orgânica seja mais elevada, conseguindo assim resultados aceitáveis nas águas residuais drenadas para o colectador receptor.

## 5.2 EMPRESA DE LACTICÍNIOS

### 5.2.1 CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES

As recolhas e as análises da indústria de lacticínios foram realizadas nos dias 2 e 21 de Abril do presente ano, estando os resultados apresentados nas tabelas 21 e 22.

**Tabela 21. Resultados médios obtidos das amostras na empresa de lacticínios.**

Parâmetros	Métodos Analíticos	Unidades	Resultados		Eficiência (%)	VLE
			Entrada	Saída		
<b>SST</b>	SM 2540 D	mg SST/l	720,5	448,5	37,75	<b>1000</b>
<b>CQO</b>	Fotométrico	mg O <sub>2</sub> /l	5657,5	2735	51,66	<b>1000</b>
<b>NT</b>	Fotométrico	mg N/l	103,5	125	-20,77	<b>90</b>
<b>PT</b>	Fotométrico	mg P/l	35,05	16,775	52,14	<b>20</b>
<b>CBO5</b>	Manométrico	mg O <sub>2</sub> /l	3650	1800	50,68	<b>500</b>
<b>O&amp;G</b>	Soxhlet	mg/l	552	85	84,6	<b>100</b>
<b>Temperatura</b>		° C	24,25	18,56		<b>&gt; 30</b>
<b>pH</b>	Medidor <i>Multiparameter Hanna</i>	Escala Sörensen	5,435	7,32		<b>5,5-8,5</b>
<b>OD</b>		ppm	0,42	0,44		
<b>Potencial Redox</b>		mV	-169	-85,95		

De acordo com os resultados expressos na Tabela 21, os valores de CQO e CBO<sub>5</sub> determinados ultrapassam os valores limite de emissão estabelecidos pelo REAR – ATMAD. Estes valores de concentrações elevados são, principalmente, o resultado dos resíduos provenientes da produção de soro concentrado.

O azoto total apresenta um aumento de concentração, pois o sistema de tratamento não existe nenhuma etapa de nitrificação/desnitrificação e este parâmetro apresenta também uma concentração à saída da indústria que ultrapassa o estipulado pelo REAR. O controlo deste parâmetro é bastante importante pois a descarga destas concentrações de azoto pode contribuir para a eutrofização no meio receptor, logo se a ETAR receptora não apresenta condições para a redução de azoto, o meio receptor pode ficar prejudicado.

Os parâmetros que se encontram dentro dos valores recomendados são os SST, o fósforo total e os óleos e gorduras, sendo que estes últimos apresentam uma razoável percentagem de remoção de 84,6%.

Na Tabela 22 estão mencionados os resultados da amostragem realizada no reactor biológico do sistema de tratamento de águas da empresa de lacticínios.

**Tabela 22. Resultados das análises no reactor biológico da ETAR da empresa de produtos lacticínios.**

SST (mg/l)	SSV (mg/l)	SBI	Temperatura (°C)	pH	OD (ppm)	Potencial Redox (mV)
4100	3710	Classe IV	19,04	7,49	0,63	- 7,2

Da avaliação da razão F/M, que apresentou um valor de 0,88 verifica-se que existe muito alimento em comparação com a quantidade de microrganismos. Para aumentar o valores de M, devia providenciar-se no reactor biológico, condições ideais para o tratamento, o que passaria por um aumento de OD, o que consequentemente aumentaria a concentração de biomassa, e permitiria obter uma percentagem de remoção superior à obtida nas análises.

Na Tabela 23 estão apresentados os resultados das amostragens realizadas ao efluente à entrada e à saída da ETAR de Cambres, nos mesmos dias que as análises anteriormente referidas.

**Tabela 23. Valores médios à entrada e à saída da ETAR de Cambres.**

Parâmetros	Métodos Analíticos	Unidades	Resultados		Eficiência (%)
			Entrada ETAR	Saída ETAR	
SST	SM 2540 D	mg SST/l	685	3	99,6
CQO	Fotométrico	mg O <sub>2</sub> /l	1775	121,5	93,2
NT	Fotométrico	mg N/l	99,5	4,5	95,5
PT	Fotométrico	mg P/l	9,52	2,23	76,6
CBO <sub>5</sub>	Manométrico	mg O <sub>2</sub> /l	975	15,5	98,4

Apesar dos valores de concentração de azoto ultrapassarem os valores estipulados pelo REAR – ATMAD, a ETAR em questão possui alternância de fases de nitrificação e desnitrificação no reactor biológico, o que justifica as elevadas percentagens de remoção aí verificadas.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 23, todos os parâmetros estudados então dentro dos limites de emissão, para o meio receptor, estipulados pelo Decreto-Lei nº152/97.

A Figura 23 apresenta a evolução da concentração de CQO à entrada da ETAR de Cambres, onde se podem verificar as elevadas concentrações deste parâmetro, especialmente os valores obtidos nas afluições desconhecidas que apresentam valores extremamente elevados, pondo em risco a eficiência de tratamento da ETAR receptora.

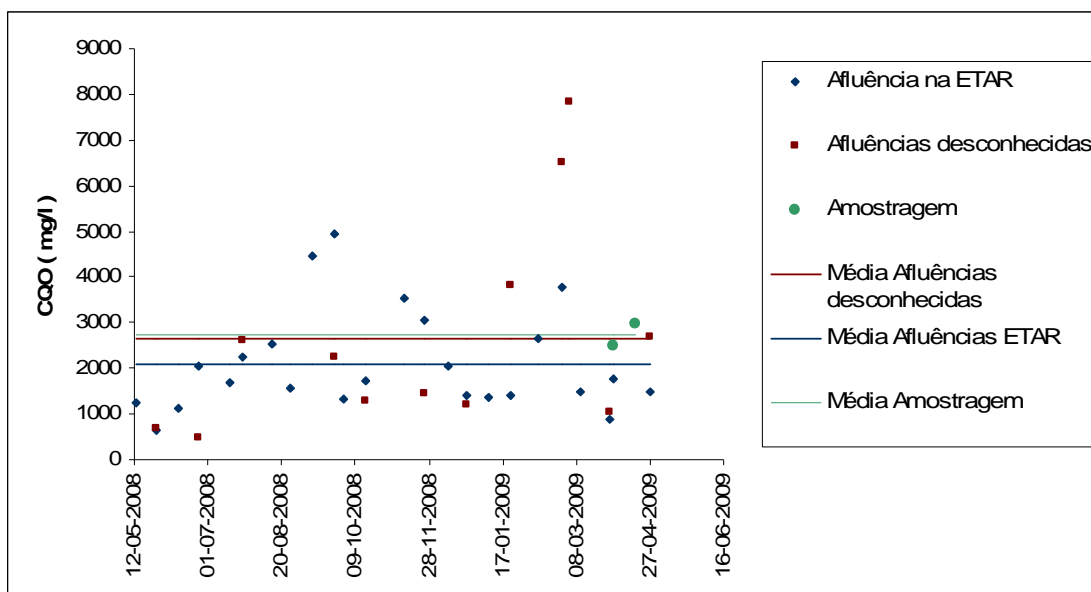


Figura 23. Evolução da concentração de CQO de afluências à ETAR de Cambres.

Em relação às concentrações de SST obtidas, figura 24, verifica-se que existem afluências à ETAR com valores bastante elevados, sendo no entanto a média anual de afluência inferior ao valor de limite de emissão estipulado no REAR-ATMAD.

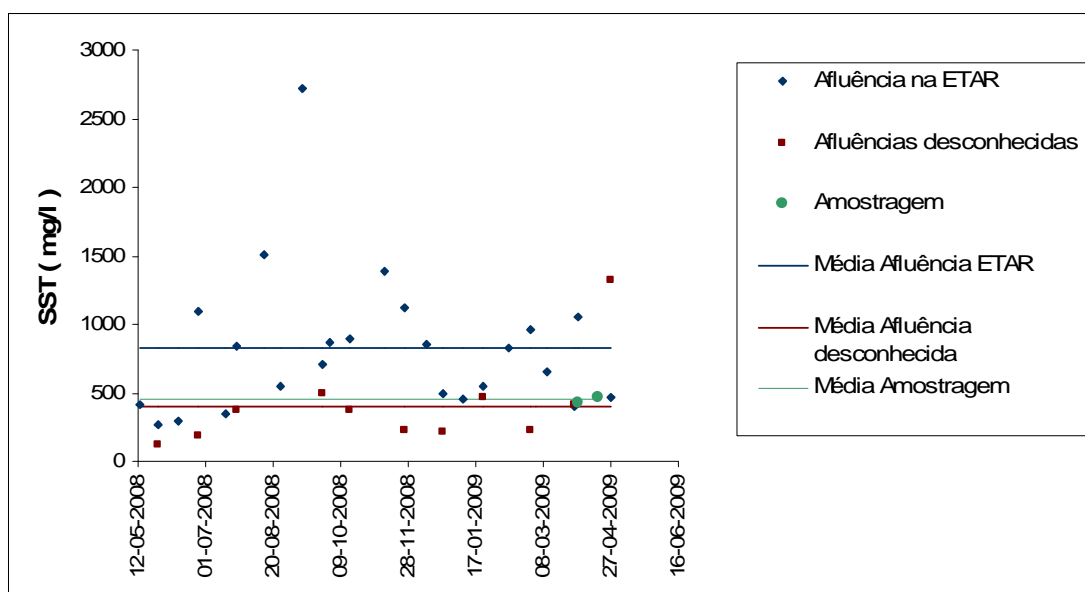


Figura 24. Evolução da concentração de SST de afluências à ETAR de Cambres.

Analisando a Tabela 24, constata-se que os valores médios de CQO de afluências à ETAR apresentam o dobro da concentração que seria de esperar, e até mesmo o valor mínimo se encontra acima do valor estipulado, podendo originar problemas no tratamento deste tipo de águas residuais, caso se concretizem os caudais de projecto da instalação.

**Tabela 24. Valores das concentrações de CQO e de SST médias, mínimas, máximas das afluições e valores de projecto – ETAR de Cambres.**

	Afluência à ETAR		Afluência Desconhecidas		Amostragem	
	CQO (mg/l)	SST (mg/l)	CQO (mg/l)	SST (mg/l)	CQO (mg/l)	SST (mg/l)
	<b>Média</b>	2098	824	2661	402	2735
<b>Mínimo</b>	1496	467	468	120	2500	430
<b>Máximo</b>	4960	2720	7852	1326	2970	467
<b>Valores de projecto</b>	995	464				

Em relação aos valores de SST, os valores médios nos casos estudados encontram-se de acordo com o regulamento, contudo existem picos de incidências superiores a 1000 mg SST/l.

Comparando os valores de afluência à ETAR com os valores de projecto pode verificar-se que em ambos os parâmetros, de CQO e de SST, existem maioritariamente excessos de concentrações em todos as afluições estudadas.

No anexo A estão apresentadas algumas imagens da ETAR de Cambres após uma descarga de afluentes industriais de produção de lacticínios, onde se pode observar a elevada quantidade de gordura de difícil remoção. Apresentam-se ainda as condições limitativas com que ficam algumas etapas de tratamento. Nestes casos existem alterações nas condições em que se realizaram os tratamentos, como as quantidades de oxigénio fornecido na etapa de arejamento, o tempo de retenção hidráulico, adições de aditivos e a maior produção de lamas. A consequência deste tipo de descargas são bastante graves, tendo em conta o maior consumo de energia verificado e, sobretudo, o risco da ETAR não conseguir corresponder de forma eficaz ao tratamento deste tipo de afluições.

Para uma melhor caracterização desta indústria seria importante ter dados sobre as quantidades de óleos e gorduras deste tipo de afluições à ETAR, pois são os parâmetros mais relevantes, tendo em conta a sua difícil biodegradabilidade.

### 5.2.2 PROPOSTA DE SOLUÇÕES DE PRÉ-TRATAMENTO DOS EFLUENTES DA EMPRESA DE LACTICÍNIOS

As águas residuais de unidades industriais de lacticínios apresentam características agressivas em termos de quantidades de matéria orgânica que contêm.

Para o tratamento deste tipo de águas residuais, mais concretamente do soro, existem já alguns sistemas de tratamento recentes e com elevadas eficiências de remoção de matéria orgânica, como o: tratamento por digestão sequencial anaeróbia e aeróbia, o tratamento por ultrafiltração, nanofiltração e osmose inversa, o tratamento sob condições anaeróbias e com produção de hidrogénio e o tratamento por processos biológicos com a produção de hidrogénio.

Estas hipóteses de tratamento abordadas são bastante eficazes, no entanto, os custos de implementação e de manutenção são muito elevados. Sendo assim, é de afastar a aplicação prática destes tipos de tratamento, pois a empresa em questão não conseguiria suportar tais encargos, excepto o tratamento em condições aeróbias e anaeróbias, que está perfeitamente enquadrado na solução proposta pela empresa para o pré-tratamento das águas residuais produzidas.

Considerando que a empresa tem em sua posse um sistema de pré-tratamento em funcionamento, uma das alternativas seria a de propor algumas alterações no sistema existente, que se apresentam nos pontos seguintes:

- Um aumento da capacidade de tratamento do efluente produzido com o redimensionamento das instalações;
- Um aumento do tempo de arejamento no reactor biológico dadas as baixas concentrações de oxigénio dissolvido que não permitem o desenvolvimento adequado de microrganismos depuradores da carga orgânica.
- A introdução de uma fase anóxica no tratamento biológico que permita remoção de NT e PT.
- Equacionar uma solução alternativa à desidratação de lamas existente uma vez o método de filtro de sacos origina lamas com baixíssima percentagem de matéria seca, o que eleva os custos de deposição final.

A unidade industrial possui um projecto de execução para a ampliação e remodelação da actual estação de tratamento de águas residuais que pretende colmatar as limitações da ETAR existente. O referido projecto de execução foi elaborado pela empresa CQO (Construções e Engenharia do Ambiente, Lda), apresentando-se na Figura 25, o fluxograma do tratamento proposto.

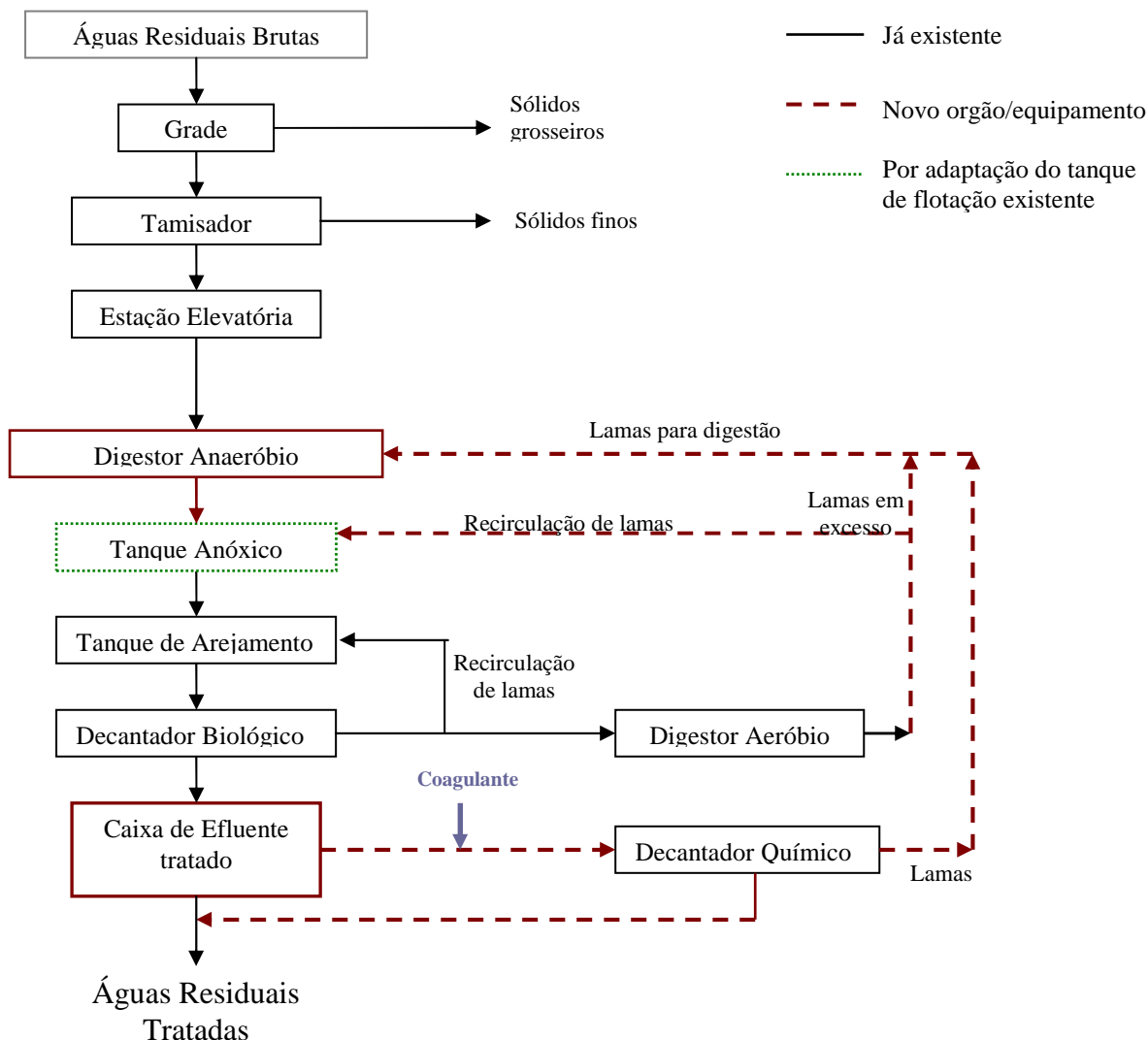


Figura 25. Fluxograma do processo de tratamento do projecto de execução para a nova ETAR da empresa de lacticínios.

A solução apresentada parece-nos uma solução viável em termos de capacidade de tratamento, uma vez que apresenta um dimensionamento para caudais superiores aos gerados actualmente, com órgãos de tratamento de volumes superiores aos existentes o que permitirá tempos de retenção mais elevados e o conseqüente aumento da capacidade de depuração no reactor biológico. Para além disso prevê o

reforço de arejamento existente o que vai de encontro a um dos pontos de melhoria anteriormente referidos.

A introdução de um tanque anóxico previsto para a linha de tratamento viria a solucionar os problemas relacionados com as concentrações elevadas de NT e PT.

Na figura seguinte seguem algumas propostas de alteração da proposta de execução analisada:

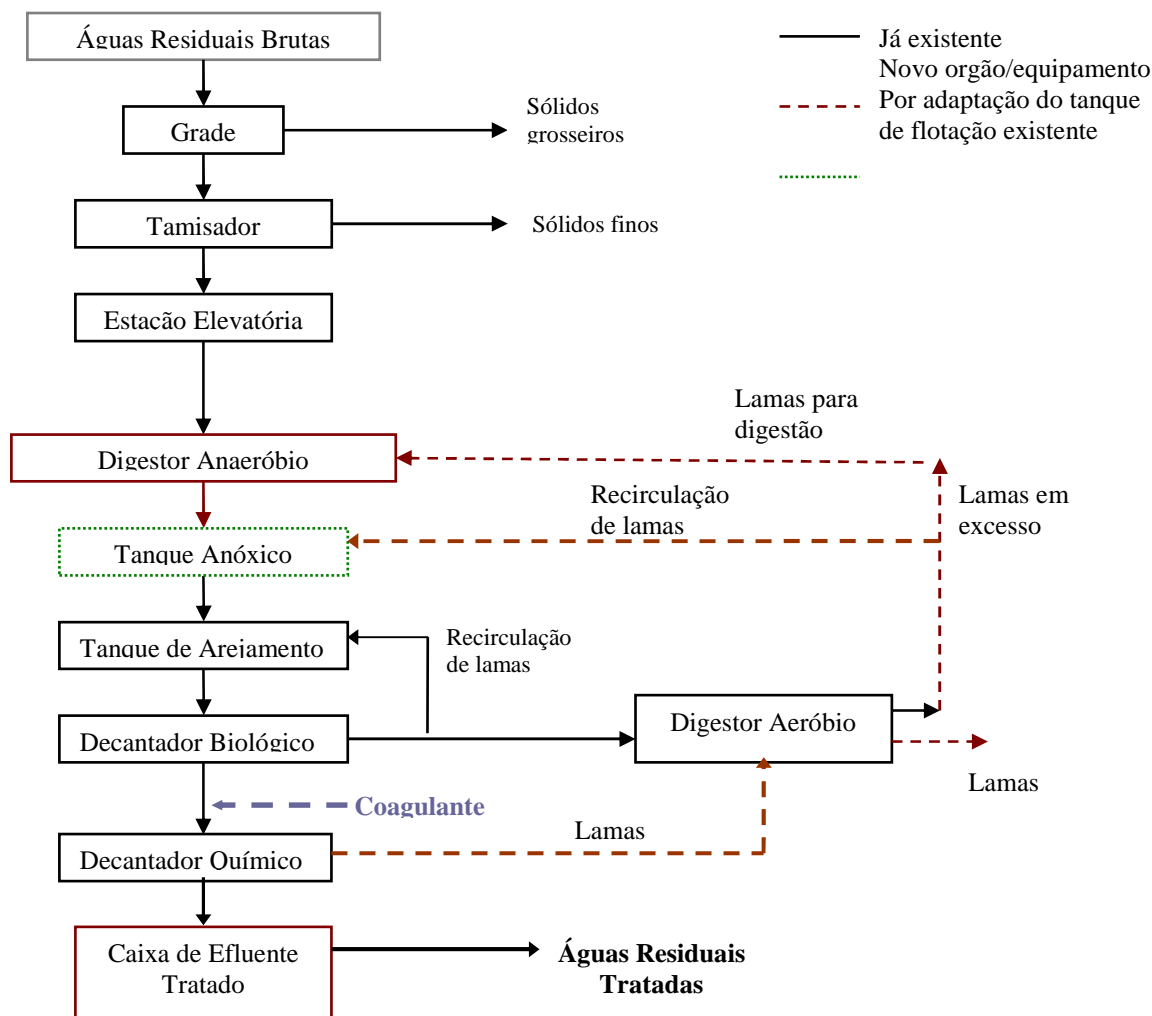


Figura 26. Fluxograma das alterações propostas.

Surgem-nos dúvidas relativamente à localização e funcionalidade do digestor anaeróbio, bem como do decantador químico que, a existir, deveria estar localizado anteriormente à caixa de efluente tratado, uma vez que o objectivo deste decantador seria remover, através da adição de compostos químicos, as cargas que não foram removidas biologicamente.

Para além disso as lamas removidas no decantador químico deverão ser reencaminhados para o digestor aeróbio, umas vez que a utilização de coagulantes poderá interferir com o funcionamento dos tanques de arejamento.

Na proposta apresentadas não é equacionada uma verdadeira solução para o tratamento de lamas, mesmo que a produção seja diminuta é necessária a remoção efectiva de lamas. O digestor aeróbio funcionaria melhor como um espessador a partir do qual se removeriam lamas para desidratação noutra tipo de unidade industrial.

## 5.3 MATADOURO

### 5.3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES

As amostragens no matadouro foram realizadas nos dias 22 e 29 de Abril, das quais se obtiveram os seguintes resultados:

**Tabela 25. Resultados obtidos na amostragem do Matadouro.**

Parâmetros	Métodos Analíticos	Unidades	Resultados			Média	1.Eficiência (%)	VLE
			1.Entrada	1.Saída	2.Saída			
<b>SST</b>	SM 2540 D	mg SST/l	2.420	12	525	268,5	99,5	<b>1000</b>
<b>CQO</b>	Fotométrico	mg O <sub>2</sub> /l	183.500	860	19.800	10.330	99,5	<b>1000</b>
<b>NT</b>	Fotométrico	mg N/l	15.100	56	270	163	99,6	<b>90</b>
<b>PT</b>	Fotométrico	mg P/l	100	2,1	50	26	97,9	<b>20</b>
<b>CBO5</b>	Manométrico	mg O <sub>2</sub> /l	86.000	360	2000	1180	99,6	<b>500</b>
<b>SSV</b>	SM 2540 E	mg SST/l	21,6	2,5	120,0	61,2	88,4	

As amostragens foram realizadas em circunstâncias diferentes, sendo que na primeira análise (1) recolheram-se amostras antes e após o tratamento, e a segunda análise (2) foi recolhida sem que o tratamento estivesse em funcionamento.

Os resultados da primeira amostragem evidenciam que o efluente estudado apresenta concentrações extremamente elevadas em todos os parâmetros analisados. O processo de tratamento revela-se extremamente eficaz uma vez que são atingidas eficiências na ordem dos 99,5 %, estando as concentrações finais de acordo com valores legais do REAR-ATMAD. Em relação à segunda amostragem pode-se observar que apresentam concentrações de saída muito elevada em todos os parâmetros.

Este tipo de efluente é caracterizado pelas elevadas concentrações de NT e PT cuja remoção obriga a tratamento do tipo terciário, com alternância de fases anóxica e aeróbia.

Embora a ETAR de Resende-Mirão drene para meio receptor em zona sensível, esta não é obrigada a cumprir limites de remoção de azoto e fósforo uma vez que, e pelo artigo 6º do Decreto-Lei nº152/97, só as instalações que servem aglomerados de equivalente populacional superior a 10.000 estarão sujeitas a um tratamento mais rigoroso, o que não se aplica neste caso. No entanto, deve salvaguardar-se uma descarga com baixos teores em PT e NT, a fim de proteger o meio receptor de eutrofização o que fica dificultado com afluências tão elevadas como as que se verificam na amostra 2.

Nas figuras seguintes estão apresentadas as evoluções, ao longo do ano em estudo, das concentrações de CQO e de SST das afluições à ETAR, das afluições desconhecidas e da amostragem realizada.

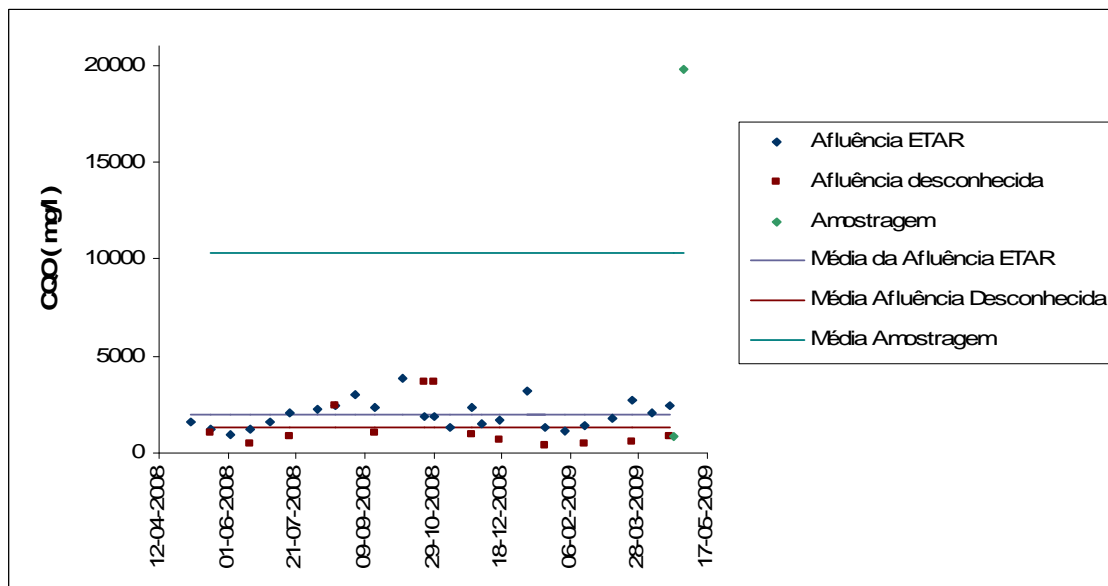


Figura 27. Evolução da concentração de CQO de afluições à ETAR de Resende-Mirão.

Na Figura 27 encontra-se a evolução das concentrações de CQO das afluições à ETAR de Resende-Mirão. As concentrações de afluência são relativas, pois não existe nenhum caudal de entrada do afluente do matadouro específico, porque o caudal é regulado pelo funcionário da ETAR.

A concentração média de chegada à ETAR é cerca do dobro do valor regulamentar, ultrapassando também as concentrações de tratamento projectadas (Tabela 13).

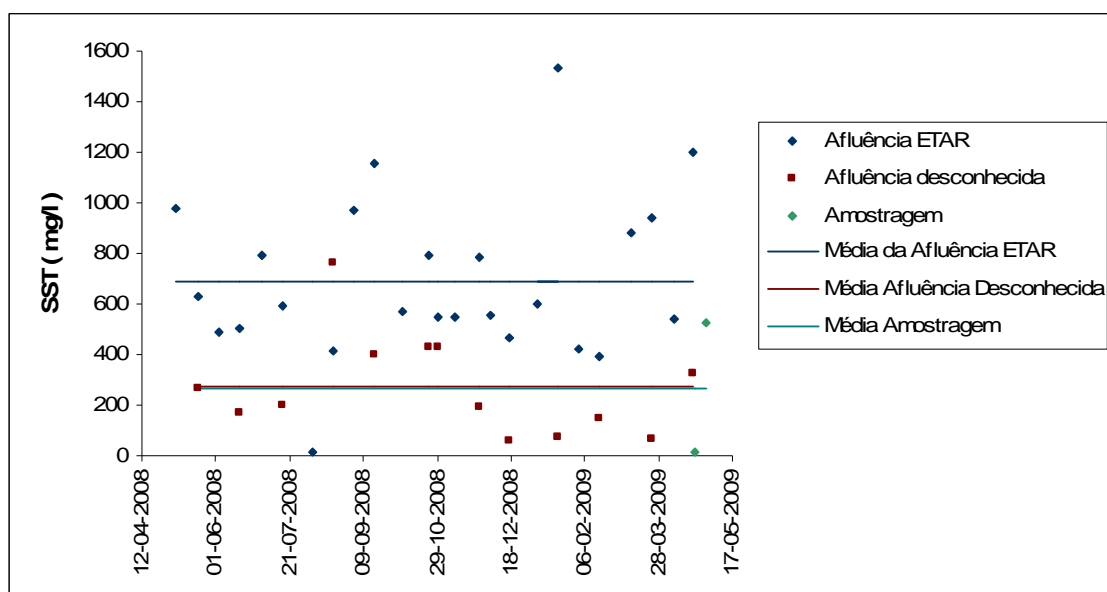


Figura 28. Evolução da concentração de SST de afluições à ETAR de Resende-Mirão.

A evolução da concentração de SST está apresentada na Figura 28, onde se verifica que, em média, os valores de SST estão abaixo dos valores estipulados. Contudo existem picos que representam descargas do efluente vindo do equalizador em quantidades mais elevadas e nesses casos as concentrações de SST apresentam um elevado aumento que poderá chegar aos 1500 mg de SST /l.

Na Tabela 26 estão apresentados os resultados das concentrações de amostragens das várias afluências à ETAR de Resende-Mirão.

**Tabela 26. Valores das concentrações de CQO e de SST médias, mínimas, máximas das afluências e valores de projecto – ETAR de Resende-Mirão.**

	Afluência à ETAR		Afluência Desconhecidas		Amostragem	
	CQO (mg/l)	SST (mg/l)	CQO (mg/l)	SST (mg/l)	CQO (mg/l)	SST (mg/l)
<b>Média</b>	1968	692	1291	271	10330	268
<b>Mínimo</b>	900	12	357	60,00	860	12
<b>Máximo</b>	3807	1533	3630	760,00	19800	525
<b>Valores de Projecto</b>	1174	549				

Em todos os casos, os valores médios de CQO das afluências à ETAR apresentam-se sempre superiores aos valores legalmente permitidos. O mesmo não se passa com as concentrações médias de SST de afluência à ETAR, que não ultrapassam o VLE.

Em ambos os casos, as concentrações médias de afluências à ETAR, em ambos os parâmetros, apresentam valores mais elevados em relação aos valores projectados, pondo assim em causa a eficácia de tratamento da ETAR receptora destes efluentes.

Para uma melhor avaliação, deveriam ser estudados os parâmetros de fósforo total e azoto total, pois nestes tipos de afluentes as quantidades destes parâmetros são normalmente muito elevadas e requerem um tratamento para que o meio receptor não sofra eutrofização, uma vez que estes são os nutrientes limitantes.

### 5.3.2 PROPOSTA DE SOLUÇÕES DE PRÉ-TRATAMENTO DOS EFLUENTES DO MATADOURO

Para além da técnica utilizada no matadouro, existem diversas técnicas relativamente recentes para aplicar no tratamento deste tipo de efluente, como o tratamento por electrocoagulação, tratamento anaeróbio com produção de biogás, tratamento em condições anaeróbias e aeróbias, tratamento por radiação gama, tratamento electroquímico, tratamento por flutuação por injeção de ar, por UASB ou por filtro aeróbio.

Tendo em conta que o processo de tratamento existente é adequado para este tipo de resíduo, e considerando que a implementação de um processo de tratamento alternativo seria um investimento demasiado elevado para a quantidade e tipo de efluente a ser tratado, não se sugere um tratamento alternativo. Essa via só deverá ser utilizada caso se preveja um aumento da produção e a inadequação do sistema existente. Nesse caso seria de ponderar a utilização de um tratamento semelhante ao implementado no matadouro de Montalegre – tratamento anaeróbio com produção de biogás, que teria como principais vantagens uma elevada eficácia na remoção de matéria orgânica e de nutrientes indesejáveis como a diminuição de custos energéticos das instalações com a utilização de biogás.

Relativamente ao tratamento existente, sugerem-se as seguintes mudanças no processo de tratamento:

- Alteração das grelhas existentes para outras com malhas de menor dimensão, tamisador com malha de 6 mm, assegurando uma retenção mais eficaz dos sólidos de maiores dimensões.
- Assegurar o funcionamento contínuo da cozedura do sangue uma vez que este se revela eficaz no pré-tratamento desta unidade, garantindo o cumprimento das concentrações de descarga admitidas no REAR-ATMAD. A não implementação da etapa de cozedura, ainda que se tratem de volumes relativamente baixos, apresenta um elevado impacto no processo de tratamento da ETAR receptora dadas as elevadas cargas orgânicas deste tipo de efluente.

## 5.4 EMPRESA DE PRODUÇÃO DE ENCHIDOS

### 5.4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES

Na unidade industrial produtora de enchidos, foram realizadas as recolhas e as análises nos dias 7 e 21 de Abril. As recolhas nesta unidade industrial, apenas se referem ao efluente de saída, pois esta empresa não possui nenhum tipo de pré-tratamento. Os resultados destas amostragens encontram-se na seguinte tabela:

**Tabela 27. Resultados obtidos na amostragem na empresa de produção de enchidos.**

Parâmetros	Métodos Analíticos	Unidades	Resultados	VLE
			Saída	
<b>SST</b>	SM 2540 D	mg SST/l	2656	<b>1000</b>
<b>CQO</b>	Fotométrico	mg O <sub>2</sub> /l	3965	<b>1000</b>
<b>NT</b>	Fotométrico	mg N/l	61	<b>90</b>
<b>PT</b>	Fotométrico	mg P/l	33	<b>20</b>
<b>CBO<sub>5</sub></b>	Manométrico	mg O <sub>2</sub> /l	3403	<b>500</b>
<b>SSV</b>	SM 2540 E	mg SSV/l	1631	
<b>Óleos e gorduras</b>	Soxhlet	mg/l	463	<b>100</b>
<b>Temperatura</b>		° C	21,68	<b>&lt; 30</b>
<b>pH</b>	Medidor <i>Multiparameter</i>	Escala Sörensen	6,31	<b>5,5 - 8,5</b>
<b>OD</b>	<i>Hanna</i>	ppm	3,28	
<b>Potencial Redox</b>		mV	-51,65	

Como está apresentado na Tabela 27, as concentrações da maioria dos parâmetros analisados ultrapassam os valores limite de emissão, sendo o parâmetro mais importante relacionado com esta indústria, o valor dos óleos e gorduras que ultrapassa quase cinco vezes o valor máximo admissível.

Deve referir-se que as altas concentrações de óleos e gorduras oriundas deste tipo de indústrias, constituem o principal problema da ETAR de Mirandela, pois esta não possui nenhum sistema de retenção de gorduras, tornando os processos de tratamento ineficientes em relação a este tipo de efluentes.

As Figuras 29 e 30, apresentam os resultados de análises relativas às afluências à ETAR registadas na ETAR de Mirandela e no emissário localizado junto à empresa em estudo.

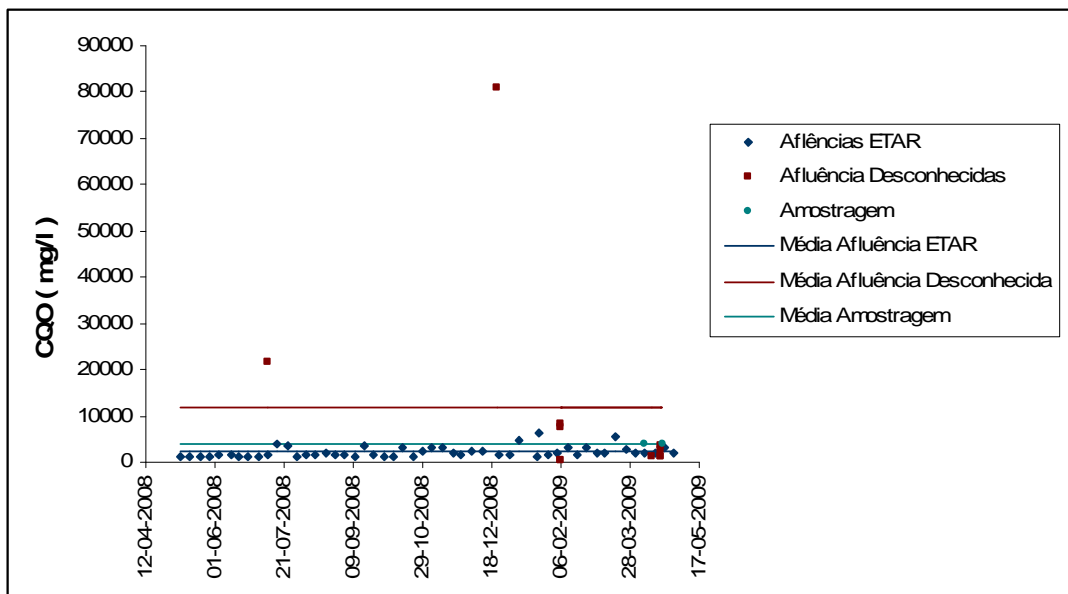


Figura 29. Evolução da concentração de CQO de afluências à ETAR de Mirandela.

A partir da análise da Figura 29, verifica-se que existem descargas com elevadas concentrações de matéria orgânica que são difíceis de se tratar. Estas descargas provêm de várias indústrias, em que as de produção de enchidos são nesta área mais abundantes e os seus efluentes apresentam características bastante poluentes.

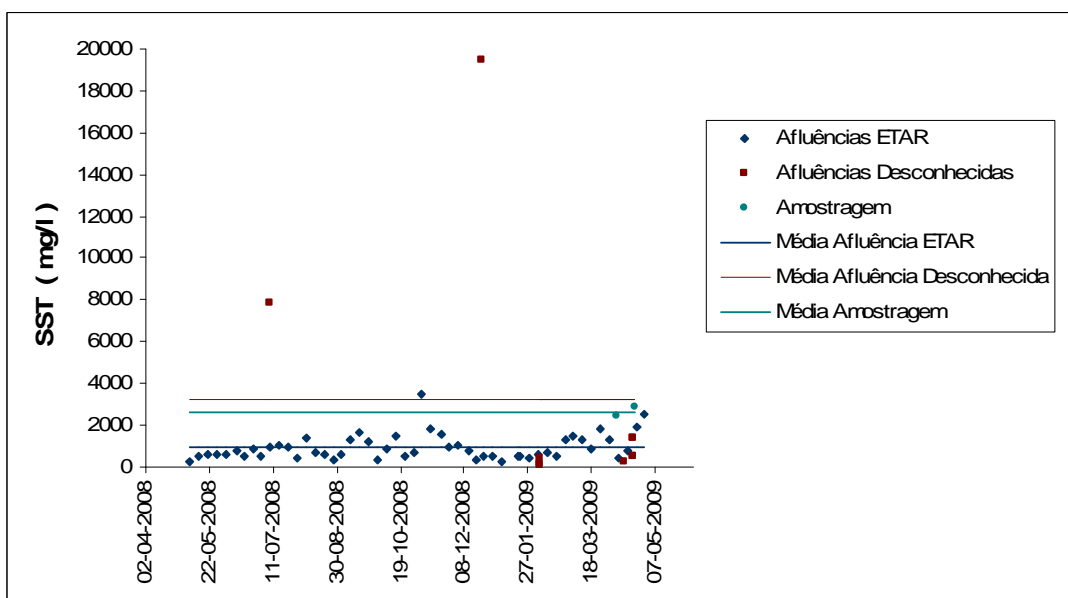


Figura 30. Evolução da concentração de SST de afluências à ETAR de Mirandela.

Na Figura 30 está apresentada a evolução de SST em relação às diversas afluências, e pode-se verificar que, em média, não ultrapassam os valores limite de emissão, mas de acordo com os dados de afluências desconhecidas, estas podem apresentar concentrações da ordem de 19000 mg/l. Das amostragens realizadas na indústria estudada constata-se que esta apresenta valores bastante superiores aos estipulados.

Na tabela 28 estão registados os resultados dos dados cedidos pelos laboratórios de controlo de Mirandela e da amostragem realizada.

**Tabela 28. Valores das concentrações de CQO e de SST médias, mínimas, máximas das afluências e valores de projecto – ETAR de Mirandela.**

	Afluência à ETAR		Afluência Desconhecidas		Amostragem	
	CQO (mg/l)	SST (mg/l)	CQO (mg/l)	SST (mg/l)	CQO (mg/l)	SST (mg/l)
<b>Média</b>	2175	945	11750	3213	3965	2656
<b>Mínimo</b>	1135	282	360	128	3890	2469
<b>Máximo</b>	6268	3512	81000	19480	4040	2844
<b>Valores de Projecto</b>	587	440				

Os valores dos parâmetros analisados nas amostragens são bastante mais elevados, como previsto, pois estes valores são recolhidos à saída da unidade industrial enquanto que os valores de afluência à ETAR são referentes à junção dos efluentes industriais com as águas residuais domésticas. Os valores médios das afluências desconhecidas apresentam concentrações muito elevadas de CQO e de SST, o que causa um impacto negativo na estação de tratamento receptora. Quando tais descargas pontuais acontecem e para que não danifiquem o sistema de tratamento da ETAR, procede-se ao encaminhamento destes efluentes para um decantador que é utilizado para este tipo de circunstâncias, sendo o efluente posteriormente colocado à cabeça da instalação.

No Anexo B estão expostas algumas imagens que mostram as consequências de descargas deste tipo de águas residuais na ETAR de Mirandela.

A ausência de dados sobre óleos e gorduras não permitiu fazer uma avaliação mais aprofundada sobre o impacto que este parâmetro apresenta na ETAR receptora.

#### 5.4.2 PROPOSTA DE SOLUÇÕES DE PRÉ-TRATAMENTO DOS EFLUENTES DA EMPRESA DE PRODUÇÃO DE ENCHIDOS

Para o tratamento de indústrias com águas residuais carregadas de elevadas quantidades de matéria orgânica, tendo especial atenção à grande quantidade de óleos e gorduras, foi realizado um estudo bibliográfico, apresentado na parte inicial do trabalho onde estão descritos alguns dos tratamentos possíveis para este tipo de águas residuais.

Os métodos de tratamento de efluentes com elevadas concentrações de gorduras abordados foram os seguintes: desengorduradores, por processos de flutuação, flutuação por injeção de ar, flutuação por ar, flutuação a vácuo, flutuação em coluna, electroflotação, por processos enzimáticos, processo de electrocoagulação, por bioreactores de membranas e tratamento por ultrafiltração. Sendo estes tipos de tratamentos eficazes na remoção de matéria orgânica, e pretendendo elaborar uma proposta exequível e financeiramente viável de modo que a empresa em causa possa adquirir um pré-tratamento, propôs-se um pré-tratamento através de uma câmara de decantação e retenção de gorduras.

Para o dimensionamento da câmara de decantação e retenção de gorduras foi realizada uma análise laboratorial que consistiu no uso de um cone de Imhoff onde foi colocada a amostra. Após 1 hora de decantação foram registados os volumes das três camadas formadas e realizadas análises a cada uma delas (Figura 31).

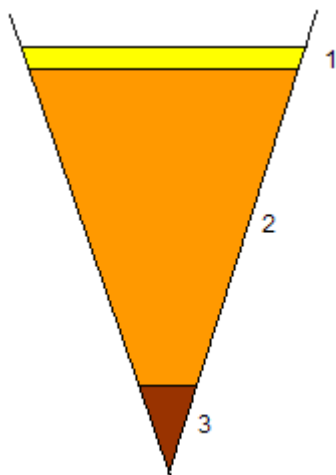


Figura 31. Experiência laboratorial a partir do cone de Imhoff, com processo de decantação de 1 hora.

A tabela seguinte apresenta os resultados da caracterização do efluente bruto e de cada camada formada após estabilização no cone de Imhoff:

**Tabela 29. Resultados da análise de amostra bruta e das três camadas após 1 hora num cone de Imhoff.**

Amostra	Óleos & gorduras (mg/l)	CQO (mg/l)	CBO5 (mg/l)	V = 1000 ml
<b>Bruto</b>	479.6	5480	4500	
<b>1</b>	6250	11595	5900	50
<b>2</b>	134	3265	2300	930
<b>3</b>	21214	83000	45000	20

Por não se ter realizado a análise aos SST iniciais na análise 3, optou-se por estipular um valor, com base nos resultados das análises anteriormente realizadas.

Os valores adoptados para comparação entre entrada e saída do efluente foram os seguintes:

**Tabela 30. Valores obtidos a partir da análise laboratorial.**

Parâmetros	Análise 1 e 2	Análise 3	Valor adoptado	Saída	% Redução
<b>CQO (mg/l)</b>	3965	5480	5480	3265	40.4
<b>CBO (mg/l)</b>	3403.2	4500	4500	2300	48.9
<b>SST (mg/l)</b>	2652	<b>3663</b>	3663	900	75,4
<b>O&amp;G (mg/l)</b>	463.3	479.6	479.6	134	72.1

Comparando a amostra homogénea com o efluente final, após a remoção dos sobrenadantes (óleos e gorduras) e dos sedimentos pode concluir-se que, utilizando esta alternativa, se obtêm remoções da ordem dos 40,4% para a CQO, de 48,9% para a CBO, de 75,4% para os SST e 72,1% para os óleos e gorduras, como se pode verificar na Tabela 30.

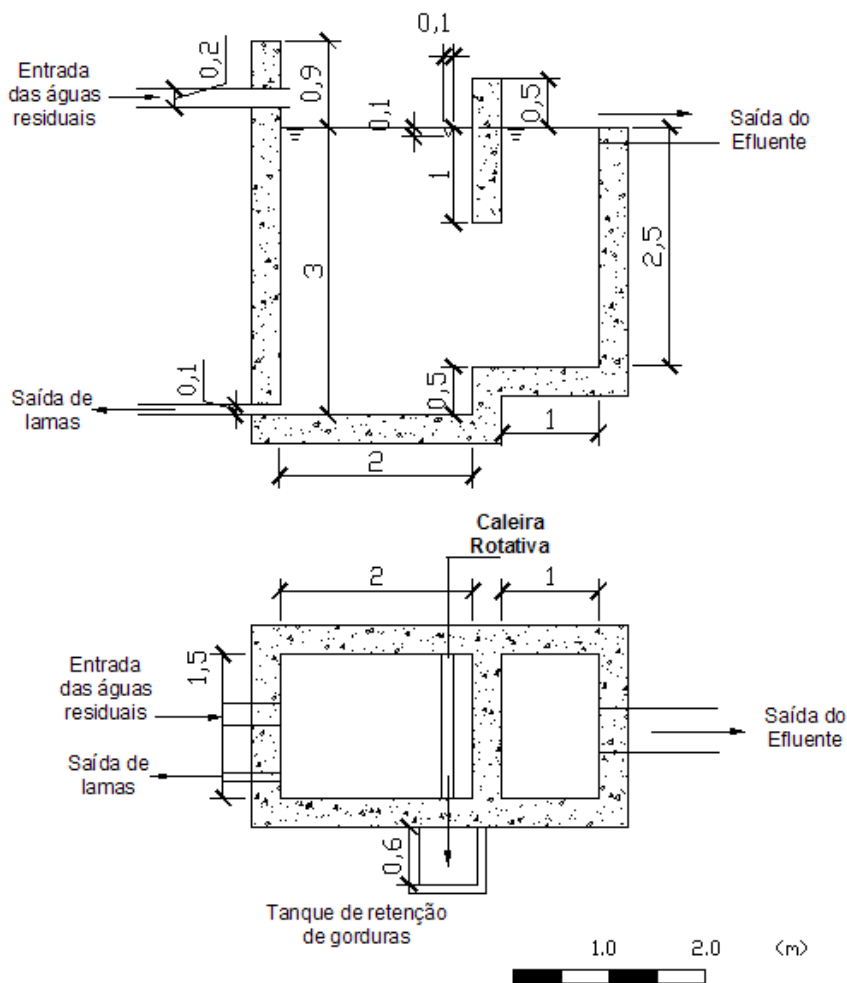
De acordo com os resultados obtidos, apresentados na tabela anterior, e os dados cedidos pela indústria de produção de enchidos, dimensionou-se uma câmara de decantação e retenção de gorduras, para que o efluente de saída apresentasse características menos agressivas. Esta câmara apresenta como principais objectivos evitar que quantidades tão elevadas de sólidos, de óleos e gorduras sejam lançados para os colectores municipais, prejudicando os sistemas de tratamento receptores, que não estão preparados para tratar efluentes cm essas características.

Os dados relativos ao dimensionamento estão apresentados na tabela seguinte:

**Tabela 31. Dados de dimensionamento do pré-tratamento da empresa de enchidos.**

Tempo de funcionamento das instalações (h)	15
Caudal horário (m <sup>3</sup> /h)	2,5
Caudal diário (m <sup>3</sup> /d)	37,5
Tempo de retenção mínimo (h)	1,5
Carga hidráulica superficial (CHS) (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h)	0,83
Volume útil (m <sup>3</sup> )	7,5
<b>Largura (m)</b>	<b>1,5</b>
<b>Comprimento (m)</b>	<b>2</b>
<b>Profundidade (m)</b>	<b>2,5</b>

Na figura seguinte está apresentado a câmara de decantação e retenção de gorduras:



**Figura 32. Corte e planta da câmara de decantação e retenção de gorduras.**

O esquema do processo da câmara de decantação e retenção de gorduras e respectivo balanço de massa está representado na figura seguinte:

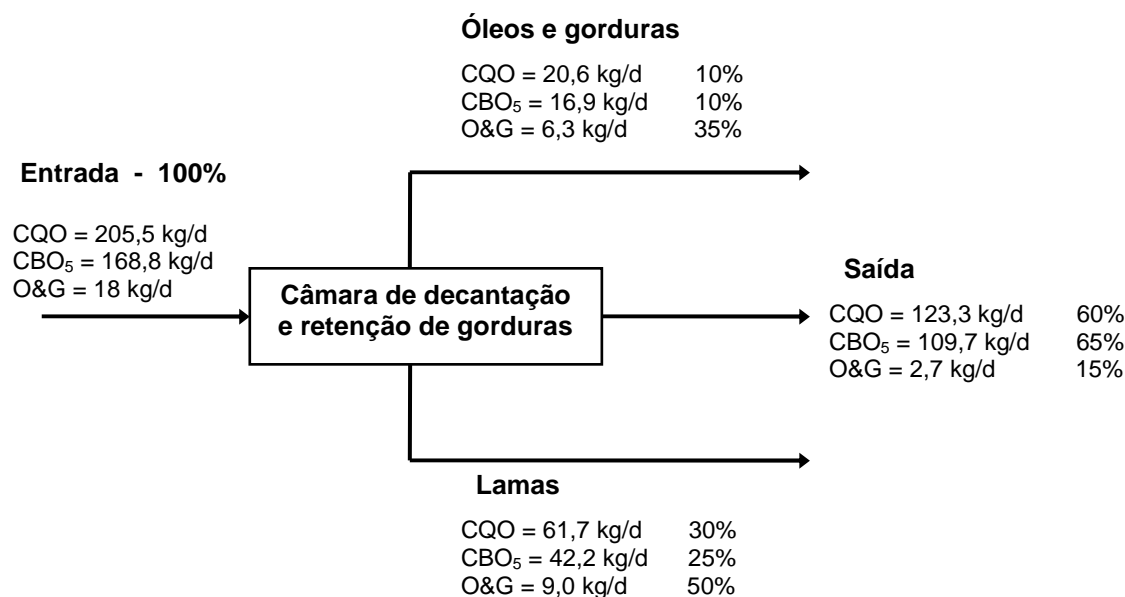


Figura 33. Balanço de massa da câmara de decantação e retenção de gorduras.

As lamas são bombeadas num determinado intervalo de tempo para um tanque com capacidade de 6 m<sup>3</sup>, onde são armazenadas até um período máximo de 7 dias. Seguidamente os contentores seriam encaminhados para os destinos adequados (aterros ou, dependendo das características das lamas, para produção de biogás ou ser encaminhado para uma incineradora).

Para uma maior segurança, era uma boa opção adquirir 2 contentores, para casos em que a produção de lamas atingisse valores superiores ou se, por alguma razão, não fosse realizada a substituição do contentor cheio.

Os óleos e gorduras são removidos com a ajuda de uma caleira rotativa colocada na parte superior da câmara, onde seguem para um tanque receptor das gorduras. Posteriormente estas são bombeadas para contentores. Dada a produção elevada de gordura 1,88m<sup>3</sup>/d seria de prever uma existência de 2 contentores de 12 m<sup>3</sup> de modo a assegurar uma recolha eficaz. A periodicidade de recolha deste tipo de resíduos é cerca de 6 dias, logo o mais conveniente seria uma recolha semanal.

Em relação aos destinos finais das lamas, dos óleos e gorduras, existem empresas que recebem este tipo de resíduos e realizam o seu transporte. Dependendo das características deste tipo de resíduos uns poderiam ser utilizados para a produção de biogás numa instalação preparada para o efeito. Outros poderiam seguir para uma estação de tratamento para serem tratados ou serem depositados em aterros controlados.

Embora os resultados obtidos não cumpram os VLE estabelecidos pela REAR-ATMAD, constitui, no entanto, uma mais valia no pré-tratamento dos resíduos produzidos por esta empresa.

Após este tipo de actuação, e com intenções de obter uma maior qualidade de efluente emitido, pode-se ainda acrescentar uma etapa de arejamento, onde o efluente poderia ser tratado biologicamente. Contudo este tipo de processo requer um maior investimento, não só em relação às instalações/implementação como a nível de manutenção (elevados custos de energia para um bom arejamento).

# 6

## CONCLUSÕES

A realização deste trabalho confirmou a necessidade de existirem soluções de pré-tratamento de água residuais industriais, confirmados que estão os impactos causados por efluentes industriais não tratados nas ETAR da ATMAD. A inexistência de pré-tratamento em unidades industriais origina graves problemas de exploração nas ETAR receptoras e põe em causa o cumprimento dos valores exigidos pelo decreto-lei nº. 152/97 e respectivas licenças de descarga. Para além disso ficam também comprometidos os meios receptores para os quais são drenados os respectivos efluentes, o que compromete seriamente a sua ecologia e a sustentabilidade dos recursos hídricos existentes.

O sistema de pré-tratamento pertencente à unidade industrial vitivinícola apresentou-se pouco eficaz no tratamento das suas águas residuais, pois o seu efluente de entrada no colector municipal apresentava elevadas concentrações de compostos orgânicos, principalmente a CQO e a CBO<sub>5</sub>, registando valores acima dos respectivos valores limite de emissão. As percentagens de remoção obtidas destes parâmetros foram de 23,4% e 9,3%, respectivamente. Com este estudo, verificou-se ainda que o reactor biológico existente não apresentava as condições necessárias para um bom desempenho, dada a baixa concentração de biomassa.

A partir do estudo desta instalação chegou-se à conclusão que a melhor alternativa seria otimizar o desempenho da estação de tratamento existente na empresa, o que passaria por um aumento de tempo de operação e oxigenação do reactor biológico e por uma possível inoculação de biomassa, de modo a favorecer o desenvolvimento de culturas microbianas depuradoras de matéria orgânica.

Na empresa de lacticínios verificou-se que o sistema de tratamento existente não tinha resultados satisfatórios em relação à eficiência de remoção de compostos orgânicos, pois as características finais do efluente tratado, em relação a alguns parâmetros como CQO, CBO<sub>5</sub> e NT, apresentam valores de concentrações bastante acima dos valores limite de emissão estipulados pelo REAR-ATMAD. As percentagens de remoção de CQO e CBO<sub>5</sub> apresentam valores muito baixos de, 51,66%, 50,68% respectivamente.

Com o objectivo de melhorar esta situação foi revisto o estudo de ampliação e remodelação da ETAR da empresa, tendo em vista o melhoramento do tratamento das águas residuais, e concluiu-se que a proposta de remodelação era adequada, pois o aumento das dimensões dos tanques, aumento capacidade de arejamento e a introdução de zonas anóxicas, que contribuirá para uma remoção eficiente de azoto total, e vão de encontro à resolução das lacunas detectadas no tratamento existente.

Em relação às duas últimas empresas constatou-se a não existência de mão-de-obra especializada no acompanhamento das respectivas ETAR, sugerindo assim que fosse uma medida prioritária para o futuro, para evitar eventuais quebras de funcionamento dos sistemas de tratamento.

O pré-tratamento do matadouro estudado apresenta-se como um tratamento eficaz deste tipo de águas residuais, considerando-se, no entanto, que o tempo de funcionamento do pré-tratamento deveria ser o mesmo do sistema de produção, garantido o tratamento de toda a água residual gerada, e que para além disso, deveria existir um sistema de gradagem com uma malha mais pequena, para que resíduos de grandes dimensões não passem para o tanque de equalização o que, posteriormente poderia originar problemas de exploração nas instalações da ETAR receptora. Com as instalações a funcionarem correctamente consegue-se obter eficiências de remoção de 99,5% para os SST e CQO, 99,6% para o CBO<sub>5</sub> e NT, e para o PT 97,9%.

Em relação à unidade industrial de produção de enchidos propôs-se a instalação de uma câmara de decantação e retenção de gorduras, que se vê como uma alternativa eficaz, mesmo não cumprindo os resultados convenientes no que diz respeito à emissão dos efluentes para o colector municipal, contudo consegue-se atingir remoções de CQO, CBO<sub>5</sub>, SST e O&G na ordem dos 40,4%, 48,9%, 75,4% e 72,1%, respectivamente. Optou-se por esta solução visto que outros tipos de tratamentos mais sofisticados apresentariam despesas de implementação e manutenção que a empresa dificilmente suportaria.

# 7

## REFERÊNCIAS

Ahmad, A.L., Ismail, S. & Bhatia, B., 2005, *Ultrafiltration behaviour in the treatment of agro-industry effluent: Pilot scale studies*, Elsevier, Chemical Engineering Science 60, pág. 5385-5394.

Alves, M. M. & Pereira, A., 2006a, Artigo, *Produção de hidrogénio a partir de resíduos*, Valorização de resíduos, pág. 16-17.

Alves, M. M. & Pereira, A., 2006b, Artigo, *Digestão anaeróbia de gorduras: problemas e soluções*, Valorização de resíduos, pág. 15-18.

ATMAD, Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, S.A., acedido em Fevereiro de 2009,  
URL: <http://www.aguas-tmad.pt/>

ATMAD, Descrição de Funcionamento de 6 ETAR's – Empreitada de execução de: ETAR de Cumeeira, ETAR de Fornelos – Tuisendes, ETAR de S. João de Lobrigos – Alvações do Corgo, ETAR de S. Miguel de Lobrigos, ETAR de Server- Fontes, ETAR de Vilarinho dos Freires – Poiares, do projecto de saneamento do Vale do Douro Norte, Degrémont, Julho de 2007.

Azbar, N., Dokgöz, F. T. Ç., Keskin, T., Korkmaz, K. S. & Syed, H. M., Abril de 2009, *Contínuos fermentative hydrogen production from cheese whey wastewater under thermophilic anaerobic conditions*, ScienceDirect, Elsevier, pág. 1-7.

Bayramoglu, M., Kobya, M., Eyvaz, M. & Senturk, E., Março de 2006, *Technical and economic analysis of electrocoagulation for the treatment of poultry slaughterhouse wastewater*, Turquia, pág. 404-408.

Clesceri, L.S., Greenberg, A.E. & Eaton, A.E., 2005, *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, 21ª edição.

Dados ATMAD – Dados fornecidos pela ATMAD.

Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho, que transpõe para o direito interno a Directiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de Maio, relativa ao tratamento das águas residuais urbanas, Diário da República n.º 139/97 – I Série A. Ministério do Ambiente. Lisboa.

Decreto-Lei n.º 238/98 de 1 de Agosto, onde estabelece normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos, Diário da República n.º 176/98 – I Série A. Ministério do Ambiente. Lisboa.

Decreto-Lei n.º 381/2007 de 14 de Novembro, que estabelece a Classificação Portuguesa de Actividades Económicas, Revisão 3, designada por CAE — Rev. 3, que constitui o quadro comum de classificação de actividades económicas a adoptar a nível nacional.

Droguí, P., Asselin, M., Brar, S. K., Benmoussa, H. & Blais, J.-F., Outubro de 2007, *Electrochemical removal of pollutants from agro-industry wastewaters*, ScienceDirect, Elsevier, pág. 301-310.

ETAR de Cambres - Descrição geral do processo de tratamento e equipamento, 2006, EFACEC Ambiente – Tratamento de Ar e Águas.

ETAR de Mirandela – Dados fornecidos pela ATMAD.

ETAR de Resende – Mirão - Descrição geral do processo de tratamento e equipamento, 2001, EFACEC Ambiente – Tratamento de Ar e Águas.

Licença de descarga de águas residuais urbanas, CCDRN, Licença n.º 595/BHD/2006.

Lucas, A. de, Rodriguez, L., Villaseñor, J. & Fernández, F. J. , Janeiro de 2007, *Fermentation of agro-food wastewaters by activated sludge*, Science Direct, Elsevier, pág. 1635-1644.

Frigon, J.-C.; Breton, J.; Bruneau, T.; Moletta, R. & Guiot, S. R. , Março de 2009, *The treatment of cheese whey wastewater by sequential anaerobic and aerobic steps in a single digester at pilot scale*, *Bioresource Technology*, Elsevier, pág. 4156-4163.

Holman, I. P., Whelan, M. J., Howden, N. J. K., Bellamy, P. H., Willby, N. J., Rivas-Casado, M. & McConvey, P., Novembro de 2008, *Phosphorus in groundwater — an overlooked contributor to eutrophication?*, *Scientific Briefing, Hydrol Process* 22, pág. 5121-5127.

IPA – Inovação e Projectos em Ambiente, 2004, *Linhas de definição estratégica do sistema de gestão dos óleos alimentares usados*.

Janczukowicz, W., Zielinski, M. & Debowski, M., Março de 2007, *Biodegradability evaluation of dairy effluents originated in selected sections of dairy production*, *ScienceDirect, Elsevier*, pág. 4199-4205.

Justino, M. F., 2006, Dissertação de Mestrado, *Descarga de águas residuais industriais nos sistemas públicos. Caso de estudo: Município do Cartaxo*, Universidade Nova de Lisboa.

Miranda, R., 2007, Trabalho, *Remoção de óleos e gorduras na ETAR de Mirandela*, ATMAD.

Melo, R.; Cabo Verde, S.; Branco, J. & Botelho, M. L., 2007, *Gamma radiation induced effects on slaughterhouse wastewater treatment*, *ScienceDirect, Elsevier, Radiation Physics and Chemistry* 77, pág. 98-100.

Pereira, J.L.S., 2005, Tese de Mestrado, *Manipulação de Efluentes de Bovinicultura: Pré-Tratamento e Aplicação ao solo*, Universidade Nova de Lisboa

Metcalf & Eddy, inc., *Wastewater Engineering, Treatment Disposal and Reuse* , McGraw-Hill Book Company, New York, 2005, pág. 610.

Mittal, G. S., 2004, *Treatment of wastewater from abattoirs before land application—a review*, Elsevier, *Bioresource Technology*, Volume 97, pág. 1119-1135.

Pozo, Rodrigo del; Tas, Didem Okutman; Dulkadiroğlu, Hakan, Orhon, Derin & Diez, Victorino, 2002, *Biodegradability of slaughterhouse wastewater with high blood content under anaerobic and aerobic conditions*, Journal of Chemical Technology and Biotechnology, pág. 384-391.

Projecto de execução para a ampliar e remodelação da actual estação de tratamento de águas residuais, CQO (Construções e Engenharia do Ambiente, Lda), Agosto de 2002.

Segurança alimentar, *Indústria Agro-Alimentar: dados e tendências do sector*, acessido em Março de 2008, URL: [http://www.segurancalimentar.com/noticias\\_desc.php?id=5045](http://www.segurancalimentar.com/noticias_desc.php?id=5045).

Venatsaneas, N., Antonopoulou, G, Stamatelatou, K. & Kornaros, M., Janeiro de 2009, *Using cheese whey for hydrogen and methane generation un a two-stage contínuos process with alternative pH controlling approaches*, Bioresource Technology, Elsevier, pág. 3713-3717.

Visão, acessido em Abril de 2009, *Biogás: Matadouro de Montalegre vai produzir metade da energia que consome*, URL: <http://aeiou.visao.pt/biogas-matadouro-de-montalegre-vai-produzir-metade-da-energia-que-consume=f504884>.

Yorgun, M.S., Balcioglu, I. Akmehmet & Saygin, O., 2007, *Performance comparison of ultrafiltration, nanofiltration and reverse osmosis on whey treatment*, ScienceDirect, Elsevier, Turquia e EUA, pág. 204-216.

## ANEXO A

Apresentação do decantador e do tanque de arejamento da ETAR de Cambres após uma descarga de efluentes de uma indústria de laticínios:



**Figura A 1. Decantador ETAR de Cambres.**



**Figura A 2. Tanque de arejamento ETAR de Cambres.**





## **ANEXO B**

Apresentação dos decantadores primário e secundário da ETAR de Mirandela após descarga de afluentes de produção de enchidos:



**Figura B 1. Decantador primário após a limpeza do emissário (29 de Junho de 2007).**



**Figura B 2. Decantador secundário (8 de Janeiro de 2007).**