

# **Influência dum indústria de laticínios num processo global de tratamento de água**

**Joana Marli Pinto Cardoso**

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança  
para obtenção do Grau de Mestre em Qualidade e Segurança  
Alimentar*

Orientado por  
**Conceição Fernandes (ESA-IPB)**  
**Francisco Aguiar (AdTMAD)**

**Bragança  
2013**



## **AGRADECIMENTOS**

Quero começar por agradecer ao meus orientadores, Professora Doutora Conceição Fernandes, e ao Doutor Francisco Aguiar, por toda a amizade, paciência e apoio que sempre demonstraram nesta etapa. Por todos os conhecimentos transmitidos, pelos conselhos, esclarecimentos, opiniões e sugestões que tanto me ajudaram.

À empresa Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro pela oportunidade e a todos os seus colaboradores pela forma simpática como me acolheram.

Aos meus pais por todo o carinho, amor e compreensão demonstrado ao longo do meu percurso académico. Obrigada por esta oportunidade.

Ao João por todo o carinho, amor e paciência nesta etapa tão importante. E por todo o tempo dispensado para me ajudar.

A todos os meus amigos e família.

Obrigada!

## RESUMO

As indústrias agro-alimentares de laticínios produzem efluentes que contêm essencialmente proteínas, açúcares, óleos e gorduras, pelo que, de forma a limitar a contaminação de águas subterrâneas e superficiais, terão que ser previamente tratados antes da sua deposição no meio hídrico. Neste trabalho, estudou-se a influência duma indústria de laticínios num processo global de tratamento de água. O trabalho foi desenvolvido na empresa Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro e foram também objetivos desta tese, a aquisição de conhecimentos na rotina dos métodos analíticos usados nos laboratórios de controlo analítico interno da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Lamego e da Estação de Tratamento de Água (ETA) do Vilar.

Assim, com o objetivo de identificar quais os problemas mais frequentemente gerados e quais as alterações que ocorreram no processo global de tratamento das águas, a análise foi feita através de dados recolhidos de monitorizações e recorrendo a um histórico existente. Os parâmetros de qualidade analisados foram a carência química de oxigénio (CQO), a carência bioquímica de oxigénio (CBO), o azoto total (NT), fósforo total (PT). Foram realizadas análises no coletor de saída da indústria agro-alimentar em estudo, ao afluente bruto da ETAR de Cambres e ao respetivo efluente tratado.

O efluente na caixa de descarga da indústria de laticínios apresentou valores superiores ao limite de emissão, para todos os parâmetros analisados, tendo-se verificado incumprimento legal, exceto nos últimos meses de análise, provavelmente porque a ETAR interna da indústria em estudo entrou finalmente em funcionamento.

Verificou-se que no afluente bruto, à entrada da ETAR de Cambres, os valores de CQO, acima do valor máximo permitido, aparentemente, dependeram da indústria de laticínios. Apesar disso, a ETAR de Cambres apresentou um nível de remoção bastante elevado, cumprindo na maioria das vezes os limites legais impostos ao efluente descarregado para o meio hídrico recetor.

O esforço despendido no tratamento das águas residuais na ETAR de Cambres, de forma a manter o efluente tratado com valores de emissão dentro dos limites legais, traduziu-se em acréscimos no consumo energético e no consumo de substâncias

floculantes. Além disso, a ETAR de Cambres teve necessidade de instalar uma linha de desodorização. Nalgumas situações a ETAR de Cambres teve que proceder ao *by-pass*, não tratando por isso o efluente residual, o que causou eventuais danos ambientais no meio hídrico recetor.

**Palavras chave:** Águas residuais; Indústria de laticínios; Efluente; Afluente; ETAR.

## **ABSTRACT**

The agri-food produce dairy effluent mainly containing proteins, sugars, oils and fats, so in order to limit contamination of groundwater and surface water, will have to be pre-treated before disposal in the aquatic environment. In this work, we studied the influence of a dairy industry in a global process of water treatment. The work was developed in Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro Company, and therefore there was also goals of this thesis, the acquisition of knowledge in routine analytical methods used in internal control laboratories from Station Wastewater Treatment Plant (WWTP) of Lamego Station, as well as from Water Treatment Plant (WTP) of Vilar.

Thus, in order to identify the problems most often generated and what changes occurred in overall process of water treatment, analysis was performed using data collected from a monitoring program and using an existing data. The quality parameters analyzed were: chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD), total nitrogen (TN), total phosphorus (TP). Analyzes were performed on the collector output of the food industry, in the raw affluent of WWTP of Cambres and in the respective treated effluent.

The effluent directly discharged by dairy industry, showed higher values than the emission limit for all parameters, except the last months of analysis, probably because the internal WWTP of industry finally became operational.

It was found that raw affluent to WWTP of Cambres, showed COD values above the maximum value allowed, apparently depending on the dairy industry. Nevertheless, the WWTP of Cambres presented a very high level of removal, fulfilling most of the time the legal limits of effluent discharged to the aquatic environment receiver.

The effort expended in the treatment of wastewater in the WWTP of Cambres, to maintain the effluent treated with emission values within legal limits, resulted in increases in energy consumption and consumption of flocculants substances. In addition, there was also a need to install a line deodorization.

In some situations the WWTP of Cambres had to carry the by-pass, so not treating the effluent waste, causing eventual environmental damage in the aquatic environment receiver.

**Keywords:** Wastewater; Dairy industry; Effluent; Affluent; WWTP.

# Índice Geral

Índice de tabelas.....	viii
Índice de figuras.....	ix
<b>1 ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS.....</b>	<b>1</b>
<b>2 TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS .....</b>	<b>3</b>
2.1 ÁGUAS RESIDUAIS .....	3
2.2 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA ÁGUAS DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO .....	7
2.3 SISTEMA DE TRATAMENTO DAS ÁGUAS RESIDUAIS (ETAR) DE LAMEGO .....	9
2.4 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA) DE VILAR .....	14
2.5 MÉTODOS ANALÍTICOS REALIZADOS NOS LABORATÓRIOS .....	16
2.5.1 <i>Laboratório de Controlo Analítico das ETAR's</i> .....	16
2.5.2 <i>Sólidos Totais (ST)</i> .....	17
2.5.3 <i>Volume de Assentamento de Lamas (VAL)</i> .....	18
2.5.4 <i>Carência Química de Oxigénio (CQO)</i> .....	18
2.5.5 <i>Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO<sub>5</sub>)</i> .....	19
2.5.6 <i>Azoto Total (NT)</i> .....	20
2.5.7 <i>Fósforo Total (PT)</i> .....	21
2.5.8 <i>Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</i> .....	21
2.5.9 <i>Amónia (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)</i> .....	22
2.5.10 <i>Temperatura</i> .....	23
2.5.11 <i>pH</i> .....	23
2.5.12 <i>Oxigénio dissolvido</i> .....	24
2.5.2 <i>Laboratório da ETA do Vilar</i> .....	25
2.5.3 <i>Manganês (Mn)</i> .....	25
2.5.4 <i>Ferro Dissolvido (Fe)</i> .....	26
2.5.5 <i>Alumínio Dissolvido (Al)</i> .....	27
2.5.6 <i>Cor</i> .....	28
2.5.7 <i>Condutividade</i> .....	28
2.5.8 <i>Turvação</i> .....	29
2.5.9 <b>CONTROLO QUALITATIVO DOS EQUIPAMENTOS.....</b>	<b>29</b>
2.6 PLANO DE CONTROLO OPERACIONAL .....	32
2.6.1 <i>Monitorização</i> .....	33
2.6.2 <i>Valores de Alerta</i> .....	34
2.6.3 <i>Parâmetro não Conforme</i> .....	34
<b>3. CASO DE ESTUDO.....</b>	<b>35</b>
3.2 <i>Características da Indústria de Laticínios</i> .....	35
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>44</b>
4.1 <i>Potenciais Problemas que a Indústria de Laticínios Provoca</i> .....	44
4.4 <i>Impactos no Sistema Global da ETAR de Cambres</i> .....	60
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>64</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO A - METODOLOGIAS.....</b>	<b>69</b>

<b>A. 1- MÉTODOS ANALÍTICOS EFETUADOS NO LABORATÓRIO DE CONTROLO ANALÍTICO INTERNO DA ETAR DE LAMEGO .....</b>	<b>69</b>
<b>A. 2- MÉTODOS ANALÍTICOS EFETUADOS NO LABORATÓRIO DE CONTROLO ANALÍTICO INTERNO DA ETA DO VILAR.....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO B- DADOS EXPERIMENTAIS .....</b>	<b>81</b>
<i>B. 1- DADOS EXPERIMENTAIS DA CAIXA DE DESCARGA DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS .....</i>	<i>81</i>
<b>B. 2- DADOS EXPERIMENTAIS DO EFLUENTE TRATADO (ET) .....</b>	<b>87</b>
<b>B. 3- DADOS EXPERIMENTAIS DO AFLUENTE BRUTO (AB) .....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXO C- CONTROLO OPERACIONAL .....</b>	<b>95</b>
<b>C. 1- FOLHA DE REGISTO DE VERIFICAÇÃO/CALIBRAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO EM LINHA E PORTÁTEIS (EXEMPLO FOTÓMETRO).....</b>	<b>95</b>
<b>C. 2- PLANO DE CONTROLO OPERACIONAL DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....</b>	<b>96</b>
<b>C. 3- PLANO DE CONTROLO OPERACIONAL DOS SUBSISTEMAS DE SANEAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS .....</b>	<b>97</b>
<b>C. 4- FOLHAS DE REGISTO DE CONTROLO OPERACIONAL .....</b>	<b>97</b>

## Índice de tabelas

<b>TABELA 1-</b> ETAR'S CUJAS AMOSTRAS SÃO ANALISADAS NO LCAI DA ETAR DE LAMEGO.....	11
<b>TABELA 2-</b> EQUIPAMENTOS DE LABORATÓRIO AOS QUAIS SE PROCEDE A CALIBRAÇÃO E/OU VERIFICAÇÃO. .....	31
<b>TABELA 3-</b> VALORES MÁXIMOS PERMITIDOS (VMP) DE ACORDO COM O REAR – AdTMAD.....	42
<b>TABELA 4-</b> VALOR LIMITE DE EMISSÃO (VLE) DE ACORDO COM A LICENÇA DE DESCARGA DE ÁGUAS RESIDUAIS EMITIDA PELA ARH NORTE. ....	43
<b>TABELA 5-</b> FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM, NÚMERO DE AMOSTRAS E PERCENTAGEM DE AMOSTRAS COM VALORES SUPERIORES AO VMP PARA AZOTO TOTAL (NT), MEDIDOS NO EFLUENTE DESCARREGADO PELA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS.....	47
<b>TABELA 6-</b> FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM, NÚMERO DE AMOSTRAS MENSAL E NÚMERO DE AMOSTRAS COM VALORES SUPERIORES AO VMP PARA FÓSFORO TOTAL (PT), MEDIDOS NO EFLUENTE DESCARREGADO PELA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS.....	49
<b>TABELA 7-</b> FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM, NÚMERO DE AMOSTRAS E PERCENTAGEM DE AMOSTRAS COM VALORES SUPERIORES AO VMP PARA CARÊNCIA QUÍMICA DE OXIGÉNIO (CQO) MEDIDOS NO EFLUENTE DESCARREGADO PELA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS. ....	51
<b>TABELA 8-</b> RESUMO MENSAL DE OPERAÇÃO DO SUB-SISTEMA DE ÁGUAS RESIDUAIS AR-CAMBRES. ....	61
<b>TABELA A. 1-</b> GAMA DE CQO E O RESPECTIVO VOLUME DE AMOSTRA.....	71
<b>TABELA A. 2-</b> VALORES CORRESPONDENTES À SELEÇÃO DO VOLUME DE AMOSTRA E INIBIDOR. ....	73
<b>TABELA B. 1-</b> DADOS EXPERIMENTAIS DO AZOTO TOTAL (NT) NO EFLUENTE DESCARREGADO PELA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS. ....	81
<b>TABELA B. 2-</b> DADOS EXPERIMENTAIS DO FÓSFORO TOTAL (PT) NO EFLUENTE DESCARREGADO PELA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS. ....	82
<b>TABELA B. 3-</b> DADOS EXPERIMENTAIS DO CQO NO EFLUENTE DESCARREGADO PELA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS. ....	83
<b>TABELA B. 4-</b> DADOS EXPERIMENTAIS DO CQO NO EFLUENTE DESCARREGADO PELA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS (CONT.). ....	84
<b>TABELA B. 5-</b> DADOS EXPERIMENTAIS DO CQO NO EFLUENTE DESCARREGADO PELA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS (CONT.). ....	85
<b>TABELA B. 6-</b> DADOS EXPERIMENTAIS DO CQO NO EFLUENTE DESCARREGADO PELA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS (CONT.). ....	86
<b>TABELA B. 7-</b> DADOS EXPERIMENTAIS DO CQO NO EFLUENTE TRATADO.....	87
<b>TABELA B. 8-</b> DADOS EXPERIMENTAIS DO CBO5 NO EFLUENTE TRATADO. ....	88
<b>TABELA B. 9-</b> DADOS EXPERIMENTAIS DE AZOTO TOTAL (NT) NO EFLUENTE TRATADO. ....	89
<b>TABELA B. 10-</b> DADOS EXPERIMENTAIS DE FÓSFORO TOTAL (PT) NO EFLUENTE TRATADO. ....	90
<b>TABELA B. 11-</b> DADOS EXPERIMENTAIS DE CQO NO AFLUENTE BRUTO. ....	91
<b>TABELA B. 12-</b> DADOS EXPERIMENTAIS DE CBO5 NO AFLUENTE BRUTO.....	92
<b>TABELA B. 13-</b> DADOS EXPERIMENTAIS DE AZOTO TOTAL (NT) NO AFLUENTE BRUTO. ....	93
<b>TABELA B. 14-</b> DADOS EXPERIMENTAIS DE FÓSFORO TOTAL (PT) NO AFLUENTE BRUTO. ....	94

# Índice de figuras

<b>FIGURA 1-</b> MAPA DA LOCALIZAÇÃO DAS EMPRESAS PERTENCENTES AO GRUPO ÁGUAS DE PORTUGAL. (FONTE: ÁGUAS DE PORTUGAL) .....	7
<b>FIGURA 2-</b> MAPA DAS REGIÕES ABRANGIDAS PELA ADTMAD. (FONTE: ÁGUAS DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO) .....	8
<b>FIGURA 3-</b> LOCALIZAÇÃO E ASPETO GERAL DA ETAR DE LAMEGO.....	10
<b>FIGURA 4-</b> PONTOS DE RECOLHA E RESPETIVAS ANÁLISES EFETUADAS AO LONGO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DA ETAR DE LAMEGO.....	13
<b>FIGURA 5-</b> PONTOS DE RECOLHA E RESPETIVAS ANÁLISES EFETUADAS AO LONGO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DA ETA DO VILAR.....	15
<b>FIGURA 6-</b> RECIPIENTES DE RECOLHA DE AFLUENTE BRUTO E EFLUENTE TRATADO. ....	16
<b>FIGURA 7-</b> RECIPIENTES DE RECOLHA DAS AMOSTRAS .....	25
<b>FIGURA 8-</b> FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO DE QUEIJO.....	36
<b>FIGURA 9-</b> FLUXOGRAMA DA ETAR DE CAMBRES.....	41
<b>FIGURA 10-</b> NÚMERO MENSAL DE AMOSTRAS ANALISADAS PARA O AZOTO TOTAL (NT), MEDIDOS NO EFLUENTE DESCARREGADO PELA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS. ....	47
<b>FIGURA 11-</b> PERCENTAGEM DE ENSAIOS COM $N > 90$ MG/L, MEDIDOS NO EFLUENTE DESCARREGADO PELA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS. ....	48
<b>FIGURA 12-</b> PERCENTAGEM DE ENSAIOS COM $P > 20$ MG/L, MEDIDOS NO EFLUENTE DESCARREGADO PELA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS. ....	49
<b>FIGURA 13-</b> PERCENTAGEM DE ENSAIOS COM $P > 80$ MG/L, MEDIDOS NO EFLUENTE DESCARREGADO PELA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS. ....	50
<b>FIGURA 14-</b> NÚMERO MENSAL DE AMOSTRAS ANALISADAS PARA A CARÊNCIA QUÍMICA DE OXIGÉNIO (CQO), MEDIDOS NO EFLUENTE DESCARREGADO PELA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS.....	52
<b>FIGURA 15-</b> PERCENTAGEM DE ENSAIOS COM $CQO > 1000$ MG/L, MEDIDOS NO EFLUENTE DESCARREGADO PELA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS.....	53
<b>FIGURA 16-</b> VALORES DE CQO MEDIDOS NO AFLUENTE BRUTO DA ETAR DE CAMBRES.....	55
<b>FIGURA 17-</b> VALORES DE CBO5 MEDIDOS NO AFLUENTE BRUTO DA ETAR DE CAMBRES.....	55
<b>FIGURA 18-</b> VALORES DE AZOTO TOTAL (NT) MEDIDOS NO AFLUENTE BRUTO DA ETAR DE CAMBRES....	56
<b>FIGURA 19-</b> VALORES DE FÓSFORO TOTAL (PT) MEDIDOS NO AFLUENTE BRUTO DA ETAR DE CAMBRES.....	56
<b>FIGURA 20-</b> VALORES DE CQO MEDIDOS NO EFLUENTE TRATADO DA ETAR DE CAMBRES.....	57
<b>FIGURA 21-</b> VALORES DE CBO5 MEDIDOS NO EFLUENTE TRATADO DA ETAR DE CAMBRES.....	58
<b>FIGURA 22-</b> VALORES DE AZOTO TOTAL (NT) MEDIDOS NO EFLUENTE TRATADO DA ETAR DE CAMBRES. .....	58
<b>FIGURA 23-</b> VALORES DE FÓSFORO TOTAL (PT) MEDIDOS NO EFLUENTE TRATADO DA ETAR DE CAMBRES. .....	59
<b>FIGURA A. 1-</b> FILTROS NA ESTUFA INDELAB.....	69
<b>FIGURA A. 2-</b> MUFLA HOBERSAL HD-150.....	70
<b>FIGURA A. 3-</b> TERMOREACTOR COM KIT´S DE CQO (MERCH ESPECTROQUANT TR 420).....	72
<b>FIGURA A. 4-</b> SISTEMA DE MEDIÇÃO OXITOP.....	73
<b>FIGURA A. 5-</b> TERMOREACTOR COM KIT´S DE FÓSFORO E AZOTO.....	76
<b>FIGURA A. 6-</b> KIT DE $NH_4$ .....	77
<b>FIGURA A. 9-</b> REAGENTE DE FERRO.....	78
<b>FIGURA A. 10-</b> AUTO SELETOR DO FERRO.....	78
<b>FIGURA A. 11-</b> FOTÓMETRO SPETROQUANT NOVA 60.....	79
<b>FIGURA A. 12-</b> POTENCIÓMETRO/CONDUTIVÍMETRO (HQ 40D-HACH).....	80
<b>FIGURA A. 13-</b> TURBIDÍMETRO (TURBIDIMETER 2100N-HACH).....	80

# 1 Enquadramento e Objetivos

---

As águas residuais são águas que após utilização pela comunidade passam a apresentar características indesejáveis. A correta gestão dos recursos hídricos passa pela minimização dos impactos negativos que advêm da descarga destas águas não tratadas no meio recetor, em particular, a montante das captações de água para abastecimento público. Assim quer o tratamento das Águas Residuais, quer o tratamento de Águas de Abastecimento é atualmente imperioso para minimizar o impacto ambiental e de saúde pública.

As águas residuais podem ser provenientes de diferentes origens, nomeadamente de origem industrial, apresentando neste caso, características específicas em função do tipo de indústria. As indústrias agro-alimentares de laticínios laboram com produtos constituídos por materiais orgânicos e, como tal, os seus efluentes contêm essencialmente proteínas, açúcares, óleos e gorduras. Assim, a deposição de efluentes industriais, deste tipo ou doutro, diretamente no meio hídrico, promove a contaminação de águas subterrâneas e superficiais, pelo que terão que ser previamente tratados.

O sistema de tratamento de águas residuais da câmara de Lamego congrega várias unidades, entre elas a Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Cambres que processa as águas residuais provenientes de diferentes origens, incluindo as águas residuais de uma indústria de laticínios.

Neste contexto, o presente trabalho tem como principal objetivo o estudo da influência duma indústria de laticínios num processo global de tratamento de água, nomeadamente caracterizar o tipo de problemas mais frequentemente gerados e quais as alterações que ocorrem no processo global de tratamento das águas. O trabalho foi desenvolvido na empresa Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro e assim foram também objetivos desta tese, a aquisição de conhecimentos na rotina dos métodos analíticos usados nos laboratórios de controlo analítico interno da ETAR de Lamego e da Estação de Tratamento de Água (ETA) do Vilar.

A dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos. O primeiro capítulo corresponde a um enquadramento e justificação do estudo realizado, aos principais objetivos propostos e à descrição geral da organização da tese escrita. No segundo capítulo é abordado o tratamento das águas residuais, bem como se caracteriza a empresa na qual foi desenvolvido o estudo, referindo em particular o sistema de tratamento na ETAR de Lamego e na ETA do Vilar, bem como os métodos analíticos de controlo nos respetivos laboratórios. No terceiro capítulo é apresentado o caso de estudo, no qual se caracteriza a empresa agro-industrial alvo, em termos de produtos comercializados e efluentes gerados, e se descreve o processo geral do seu tratamento na ETAR de Cambres. No quarto capítulo são apresentados e discutidos, os principais resultados analíticos da caracterização do efluente à saída da empresa, à entrada e à saída da ETAR, e no último capítulo são sintetizadas as principais conclusões e recomendações alcançadas neste estudo. Finalmente apresenta-se a listagem bibliográfica utilizada na realização deste trabalho.

## 2 Tratamento de Águas Residuais

---

### 2.1 Águas Residuais

O tratamento e destino final das águas residuais são atualmente de enorme importância, já que contribuem para elevar os níveis de proteção ambiental e de qualidade de vida da população. As ETAR's têm o objetivo de tratar as águas residuais para prevenir os riscos para a saúde pública, a contaminação dos recursos hídricos, incluindo a contaminação das águas subterrâneas, e para prevenir a poluição do ambiente em geral, quer sob a forma de odores desagradáveis, quer sob a forma de paisagem degradada.

As águas residuais podem ser provenientes de diferentes origens, nomeadamente águas residuais domésticas, as que resultam de serviços e de instalações residenciais, essencialmente provenientes do metabolismo humano e de atividades domésticas; as águas residuais industriais, águas residuais provenientes de qualquer tipo de atividade que não possam ser classificadas como águas residuais domésticas nem sejam águas pluviais e cujas características são função do tipo e processo de produção; e águas residuais urbanas, ou seja as águas residuais domésticas ou a mistura destas com águas residuais industriais e/ou com águas pluviais (DL n.º 152/97).

Quando substâncias ou impurezas, de origem orgânica ou inorgânica, estão presentes numa água conferem-lhe determinadas propriedades ou características que é importante conhecer para que se possam escolher, por exemplo, o tratamento a que é necessário submetê-la para abastecimento público, ou para avaliar os níveis de poluição de massas de águas naturais (Sousa, 2001).

O efluente industrial é o despejo líquido proveniente do estabelecimento industrial e geralmente pode incluir emanções do processo industrial, águas de refrigeração poluídas, águas pluviais poluídas e esgoto doméstico. Assim, as características físicas, químicas e biológicas do efluente industrial são variáveis com o tipo de indústria, com o período de operação, com a matéria-prima utilizada, com a reutilização de água etc. Com isso, o efluente pode ser solúvel ou com sólidos em suspensão, com ou sem coloração, orgânico ou inorgânico, com temperatura baixa ou elevada. Entre as determinações mais comuns para caracterizar a massa líquida estão as determinações

físicas (temperatura, cor, turvação, sólidos etc.), as químicas (pH, alcalinidade, teor de matéria orgânica, metais etc.) e as biológicas (bactérias, protozoários, vírus etc.). O conhecimento do caudal e da composição do efluente industrial possibilita a determinação das cargas de poluição / contaminação, o que é fundamental para definir o tipo de tratamento, avaliar o enquadramento na legislação ambiental e estimar a capacidade de autodepuração do corpo recetor. Desse modo, é preciso quantificar e caracterizar os efluentes, para evitar danos ambientais, contestações legais e prejuízos para a imagem da indústria junto à sociedade ([http://www.cimm.com.br/portal/material\\_didatico/3669-efluentes-industriais#.UlsJKtLU-v8](http://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/3669-efluentes-industriais#.UlsJKtLU-v8))

A indústria de laticínios é uma das principais responsáveis pela produção de efluentes industriais na Europa (Demirel, 2005). As características destes efluentes variam significativamente em função dos produtos finais obtidos e do tipo de processo utilizado no seu fabrico (Gutiérrez, 1991). Particularmente, os efluentes gerados na atividade de produção de queijo são constituídos pelos seguintes elementos (Costa, 2011):

- Soro (resultante do fabrico de queijo, em particular do processo de moldagem e prensagem);
- Sorelho (resultante do fabrico de requeijão);
- Perdas na produção, resultantes por exemplo, de:
  - ✓ Derrames ou fugas devido a utilização inadequada do equipamento ou falta de manutenção;
  - ✓ Descargas de misturas aquosas de leite e sólidos suspensos durante os arranques, paragens e mudanças de produtos dos pasteurizadores, separadores, clarificadores e evaporadores;
  - ✓ Derramamentos nos moldes;
- Produto residual que permanece nas tubagens, bombas, tanques, cubas e equipamento de processo;
- Águas de lavagem, resultantes da limpeza de tanques na receção do leite, das instalações, dos equipamentos e dos utensílios;

- Detergentes e desinfetantes usados nas operações de lavagem;
- Lubrificantes utilizados na manutenção dos equipamentos;
- Sólidos de leite retidos (em clarificadores, filtros e grelhas), gorduras, restos ou pedaços de produto final, eventualmente não removidos para reciclagem ou deposição em separado.

A deposição de efluentes industriais diretamente no meio hídrico promove a contaminação de águas subterrâneas e superficiais, aumentando a sua carência de oxigénio, promovendo a eutrofização, gerando o desequilíbrio do ecossistema, pondo a saúde humana em risco e comprometendo as futuras utilizações da água (Drogui, et al., 2007). As estações de tratamento de águas residuais irão tratar conjuntamente as águas residuais domésticas e industriais, sendo o seu tratamento dividido em duas fases: a líquida, na qual a matéria orgânica e mineral suspensa e dissolvida no meio líquido vai sendo progressivamente removida e a sólida, onde estes materiais vão sendo progressivamente estabilizados e condicionados. Como resultado desses tratamentos, obtêm-se fundamentalmente dois tipos de produtos: um efluente líquido, com concentrações reduzidas de poluentes, que tornam o impacto da sua descarga no meio ambiente aceitável, e um produto residual, as lamas biológicas (Sousa, 2005).

Segundo a legislação portuguesa, entende-se por água destinada ao consumo humano toda a água no seu estado original, ou após tratamento, destinada a ser bebida, a cozinhar, à preparação de alimentos, à higiene pessoal ou a outros fins domésticos, independentemente da sua origem e de ser fornecida a partir de uma rede de distribuição, de um camião ou navio-cisterna, em garrafas ou outros recipientes, com ou sem fins comerciais, toda a água utilizada numa empresa da indústria alimentar para fabrico, transformação, conservação ou comercialização de produtos ou substâncias destinados ao consumo humano, assim como a utilizada na limpeza de superfícies, objetos e materiais que podem estar em contacto com os alimentos, exceto quando a utilização dessa água afeta a salubridade do género alimentício na sua forma acabada (DL n° 306/2007).

Como consequência, o tratamento de água na ETA'S, é um conjunto de procedimentos físicos e químicos que são aplicados na água para que esta fique em

condições adequadas para consumo, isto é, para que a água se torne potável. O processo de tratamento de água liberta-a de qualquer tipo de contaminação, evitando a transmissão de doenças.

A água para consumo humano deve cumprir critérios de qualidade que garantam a segurança da sua utilização no que respeita à saúde pública e deve ser frequentemente analisada de uma forma quantitativa e não apenas qualitativa.

Em Portugal, existem entidades que são responsáveis pelo tratamento tanto das águas residuais, como das águas de consumo. Coexistem numerosos e diversificados tipos de agentes. Ao nível da Administração, são de referir as entidades da Administração Central em geral e a entidade reguladora. Na gestão dos sistemas, incluem-se os municípios, as associações de municípios, as empresas municipais e intermunicipais, as empresas públicas (nomeadamente as concessionárias), as empresas privadas concessionárias e as empresas privadas prestadoras de serviços de gestão (Luizi, 2012).

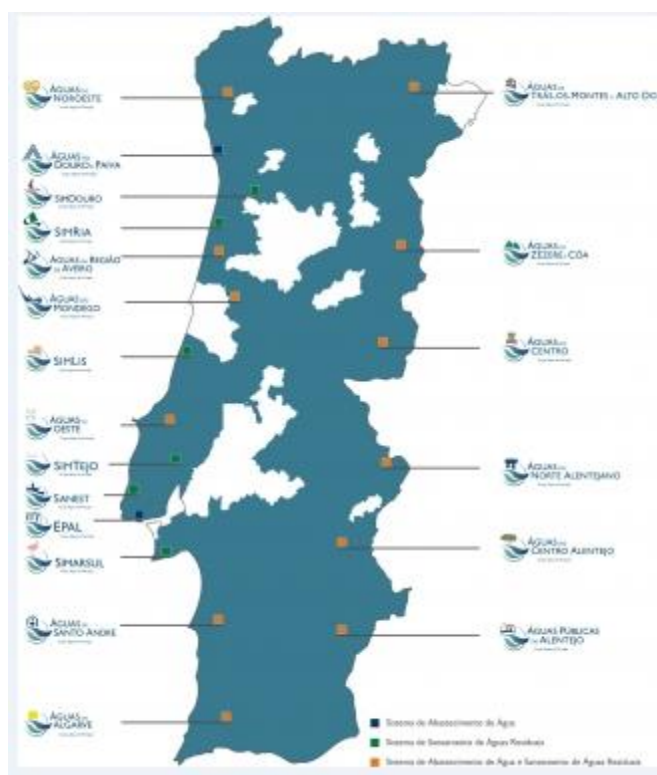
A Águas de Portugal (AdP), constitui o principal grupo responsável pelo desenvolvimento de Sistemas Multimunicipais e de tratamento e distribuição de águas de consumo e ainda recolha e tratamento de águas residuais urbanas para a maioria da população portuguesa. Na área do abastecimento de água e saneamento de águas residuais, o grupo Águas de Portugal atua em todas as fases do ciclo urbano da água, integrando a captação, o tratamento e a distribuição de água para consumo público e a recolha, o tratamento e rejeição de águas residuais urbanas e industriais, incluindo a sua reciclagem e reutilização.

Através de empresas constituídas em parceria com os municípios, o grupo AdP é responsável pela gestão e exploração de Sistemas Multimunicipais, cuja prioridade é dotar o País das infraestruturas que permitam nivelar o atendimento das populações e a qualidade de serviço com a média europeia e dos países mais desenvolvidos.

O impacto positivo da atividade do grupo AdP sobre a qualidade do ambiente, a saúde pública e a sustentabilidade global do setor é resultado dos elevados níveis de exigência e é reconhecido pelas principais entidades reguladoras do setor,

nomeadamente no que diz respeito à melhoria muito significativa da qualidade da água para consumo humano e das águas balneares (<http://www.adp.pt/>).

Em Portugal, o grupo Águas de Portugal participa num conjunto de empresas que, em parceria com os municípios, prestam serviços a cerca de 80 por cento da população portuguesa. As empresas que pertencem ao grupo AdP são várias e incluem entre outras a Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, empresa na qual se desenvolveu o presente trabalho (Figura 1).



**Figura 1-** Mapa da localização das empresas pertencentes ao grupo Águas de Portugal. (Fonte: Águas de Portugal)

## 2.2 Caracterização da Empresa Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro

A empresa Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro (AdTMAD) é concessionária do Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento de Trás-os-Montes e Alto Douro, foi constituída em 6 de Outubro de 2001 pelo Decreto-Lei nº 270-A/20001.

A empresa é responsável por servir 33 municípios (Alfândega da Fé, Alijó, Armamar, Boticas, Bragança, Castro Daire, Chaves, Freixo de Espada à Cinta, Lamego, Macedo de Cavaleiros, Mesão Frio, Mirandela, Mogadouro, Moimenta da Beira, Montalegre, Murça, Peso da Régua, Resende, Ribeira de Pena, Sabrosa, Santa Marta de Penaguião, São João de Pesqueira, Sernancelhe, Tarouca, Tabuaço, Torre de Moncorvo, Valpaços, Vila Flor, Vila Pouca de Aguiar, Vila Nova de Foz Côa, Vila Nova de Paiva, Vila Real e Vinhais) e abrange uma área de 11.748 km<sup>2</sup>.

Atualmente tem em atividade 23 ETA, 352 pontos de entrega, 1.230 km de rede adutora, 89 ETAR e 416 km de rede de coletores.

Dados de 2011 referem que no abastecimento de água foram produzidos 18,5 milhões de m<sup>3</sup> de água e foram abrangidas 430 mil pessoas, em relação ao saneamento de águas residuais foram tratadas 19,1 milhões de m<sup>3</sup> de águas residuais e 280 mil pessoas foram abrangidas (<http://www.aguas-tmad.pt/>).

A empresa encontra-se dividida geograficamente em seis zonas distintas, designadamente Alto Tâmega, Terra fria Transmontana, Vale do Douro Norte, Terra quente Transmontana, Vale do Douro Superior e Vale do Douro Sul (Figura 2).



**Figura 2-** Mapa das regiões abrangidas pela AdTMAD. (Fonte: Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro)

Uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) é uma instalação de tratamento de águas residuais, através de vários processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem em vários órgãos de tratamento (equipamentos e instalações). O tratamento é efetuado de modo a cumprir as normas de descarga no meio ambiente, estabelecidas na respetiva legislação (DL n.º 152/97; DL n.º 236/98). Por outro lado, a Estação de Tratamento de Água (ETA) é uma estação de tratamento onde se procede à eliminação de substâncias presentes na água captada do solo ou dos cursos de água, de forma a torná-la potável.

O trabalho desenvolvido no contexto desta tese incluiu a aquisição de conhecimentos no âmbito dos métodos analíticos usados para controlo interno das ETAR's, e das ETA's. Assim, esta etapa foi desenvolvida no Laboratório de Controlo Analítico localizado na ETAR de Lamego e no Laboratório da ETA de Vilar.

### **2.3 Sistema de Tratamento das Águas Residuais (ETAR) de Lamego**

A ETAR de Lamego trata as águas residuais domésticas da cidade de Lamego, e das freguesias de Penude, Ferreiros de Avões e Vila Nova de Souto d'El Rei e serve um equivalente populacional de 19.300 habitantes, tendo capacidade de tratamento para 4.800 m<sup>3</sup> de águas residuais por dia.

A ETAR localiza-se numa zona orograficamente acidentada, na margem esquerda do rio Balsemão, imediatamente a jusante da confluência com o rio Coura, na freguesia de Sé, localizada entre cerca de 2,0 km da albufeira do Varosa (Figura 3).



**Figura 3-** Localização e aspeto geral da ETAR de Lamego.

A conceção do sistema de tratamento assegura que o efluente descarregado tenha características compatíveis com os padrões de qualidade exigidos pela Legislação Portuguesa (DL nº 152/97; DL nº 236/98) e Comunitária e ao mesmo tempo com a sua utilização na rega de espaços verdes e como água de serviço no interior da instalação.

A ETAR é constituída por três linhas de tratamento: de água residual, de lamas e de odores. As instalações têm um sistema de desodorização, para evitar a ocorrência de cheiros. A linha de tratamento de odores utiliza uma tecnologia fiável com tripla lavagem química de forma a evitar qualquer problema. As lamas provenientes da própria ETAR e de outras ETAR compactas existentes no concelho de Lamego são sujeitas a diversas etapas de tratamento, permitindo que as lamas tratadas possam ser valorizadas como fertilizante e corretor orgânico na agricultura local.

Existe ainda o Laboratório de Controlo Analítico (LCAI), que se encontra equipado com toda a instrumentação necessária para a realização do Controlo Analítico de forma a permitir o funcionamento processual da instalação, assegurando a eficiência dos diferentes órgãos de tratamento e o cumprimento dos parâmetros de descarga, segundo a legislação aplicável. O laboratório tem como função a monitorização analítica, que vem complementar a monitorização técnico-mecânica, pois através da interpretação dos resultados, é possível constatar o estado funcional da ETAR, permitindo desta forma atuar para devolver à ETAR o correto funcionamento.

Neste laboratório são analisadas amostras de 31 ETAR'S de 4 áreas de gestão diferentes, conforme a tabela 1.

**Tabela 1-** ETAR'S cujas amostras são analisadas no LCAI da ETAR de Lamego.

<b>Área de Gestão Lamego</b>	<b>Área de Gestão Tarouca</b>	<b>Área de Gestão Tabuaço</b>	<b>Área de Gestão Vilar</b>
Lamego	Tarouca	Armamar	Vilar
Sande	Mondim da Beira	Tabuaço	---
Cambres	Gogim	Ervedosa do Douro	---
Caldas de Aregos	S. Cosmado	Fontelo	---
Resende Mirão	Salzedas	Chavães	---
Resende Loureiro	S.J.Tarouca	Trevões	---
Magueija	Várzea da Serra	S.J.Pesqueira	---
Valdigem	Alvite	Paredes da Beira	---
Pretarouca	Leomil	---	---
Britiande	Moimenta	---	---
Lalim	Arcas	---	---

De modo geral existem quatro tipos de tratamentos de um efluente. No tratamento preliminar, constituído por processos físico-químicos, é feita a remoção dos flutuantes através da utilização de grelhas e de crivos grossos; e a separação da água residual das areias a partir da utilização de desarenadores.

O tratamento primário é também constituído por processos físico-químicos. Nesta etapa procede-se ao pré-arejamento, equalização do caudal, neutralização da carga do efluente a partir de um tanque de equalização e, seguidamente, procede-se à separação de partículas líquidas ou sólidas através de processos de floculação e sedimentação, utilizando um decantador.

O tratamento secundário é constituído por processos biológicos seguidos de processos físico-químicos. No processo biológico podem ser utilizados dois tipos diferentes de tratamento:

- Aeróbio, onde se podem utilizar, dependente das características do efluente, tanque de lamas ativadas (o ar é insuflado com um arejador de superfície), lagoas arejadas com macrófitos, leitos percoladores ou biodiscos;
- Anaeróbio, onde podem ser utilizadas as lagoas ou digestores anaeróbios. O processo físico-químico é constituído por um ou mais sedimentadores

secundários. Nesta etapa é feita a sedimentação dos flocos biológicos, saindo o líquido, depois deste tratamento, isento de sólidos ou flocos biológicos. As lamas resultantes deste tratamento são secas em leitos de secagem, sacos filtrantes, filtros de prensa ou por centrifugação.

O tratamento terciário é também constituído por processos físico-químicos. A água resultante é sujeita a desinfecção através da adsorção (com a utilização de carvão ativado), e, se necessário, tratamento com cloro e ozono ou radiação ultravioleta (Luizi, 2012).

Segundo a legislação (DL nº 152/97) as análises que são impostas, incluem a carência química de oxigénio (CQO), carência bioquímica de oxigénio (CBO<sub>5</sub>), azoto total (NT), fósforo total (PT) e sólidos suspensos totais (SST), sendo estas análises efetuadas em diferentes fases da etapa de tratamento.

Assim, no Laboratório de Controlo Analítico da ETAR de Lamego, procede-se rotineiramente à análise destes e de outros parâmetros suplementares, nas amostras das 31 ETAR'S.

Na figura 4 encontram-se descritas as etapas de tratamento, etapas de amostragem e as análises realizadas, usando o exemplo da ETAR de Lamego.

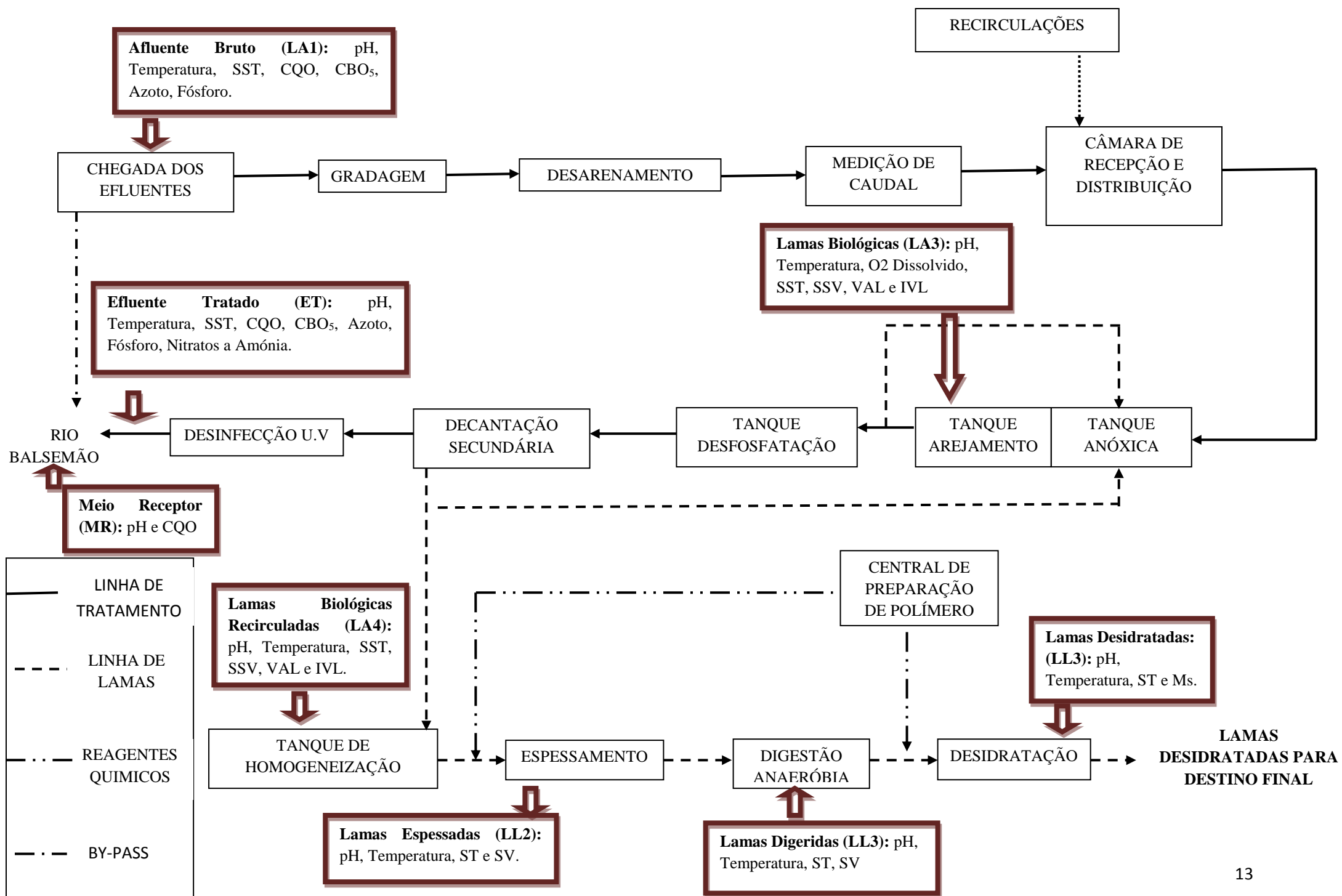


Figura 4- Pontos de recolha e respetivas análises efetuadas ao longo do processo de tratamento da ETAR de Lamego.

## **2.4 Estação de Tratamento de Água (ETA) de Vilar**

A Estação de Tratamento de Água (ETA) de Vilar é uma unidade gerida pela empresa Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro. Esta unidade industrial, dotada da tecnologia mais avançada, assegura que a água captada na albufeira de Vilar é depurada para chegar às casas de cerca de 37 mil habitantes dos concelhos de Moimenta da Beira, Tabuaço e Sernancelhe. A ETA é a face mais visível de todo um complexo sistema que assegura a captação, o tratamento e o controlo pormenorizado da qualidade da água e, por fim, o seu armazenamento e bombagem para cerca de 90 km de condutas. Estas condutas, conduzem a água do centro para a área envolvente, deixando-a em 23 pontos de entrega de água tratada distribuídos pelos três municípios servidos. A ETA de Vilar garante 7.140.000 de litros de água tratada por dia, uma média de 193 litros por pessoa.

Na ETA de Vilar o sistema de tratamento da água emprega sofisticados meios tecnológicos de modo a assegurar uma água tratada compatível com os padrões de qualidade nacionais e comunitários. Está ainda equipada com sistemas de supervisão que permitem controlar em contínuo os parâmetros de qualidade da água em todos os pontos da rede, desde a ETA até aos vários locais de entrega da água já tratada.

O processo de captação e tratamento de água consiste em várias operações consecutivas. Inicialmente decorre o tratamento da água captada e a esta linha (linha líquida) sucede a designada linha sólida, na qual são tratadas as lamas geradas na fase de decantação e filtração da água. Na linha líquida genericamente começa-se com uma pré-oxidação, seguida de uma remineralização, continuando com a coagulação e floculação, decantação, filtração, correção de pH e desinfeção final. Esta etapa finaliza com a elevação da água tratada. Na linha sólida genericamente ocorre o espessamento e desidratação por centrifugação das lamas.

Segundo a legislação (Decreto-Lei nº 306/2007) as análises que devem ser efetuadas incluem o alumínio dissolvido, ferro dissolvido, manganês dissolvido, condutividade, turvação, cor e cloro residual.

Na figura 5 encontram-se descritas as etapas de tratamento, etapas de amostragem e as análises realizadas na ETA de Vilar.

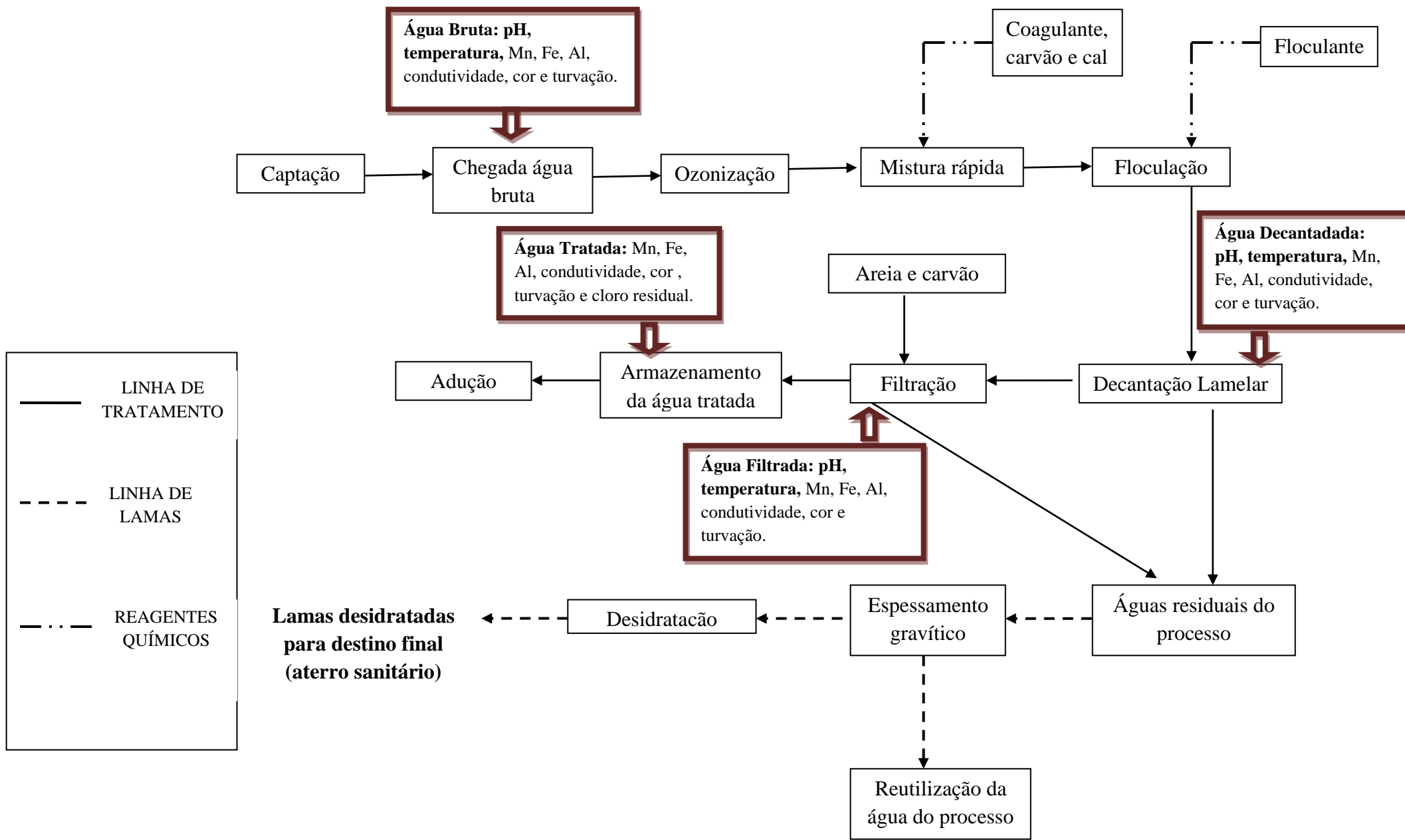


Figura 5- Pontos de recolha e respetivas análises efetuadas ao longo do processo de tratamento da ETA do Vilar.

## 2.5 Métodos analíticos realizados nos laboratórios

### 2.5.1 Laboratório de Controlo Analítico das ETAR's

O Laboratório de Controlo Analítico Interno das ETAR's, conforme já referido encontra-se localizado na ETAR de Lamego. Neste laboratório são realizadas as análises das amostras de todas as ETAR's pertencentes ao sistema Douro- Sul.

Os métodos analíticos implementados permitem, entre outros, a determinação dos parâmetros legais como a carência química de oxigénio, a carência bioquímica de oxigénio, o azoto total, fósforo total e sólidos totais. Além disso neste laboratório são também analisados outros parâmetros complementares como o pH, temperatura, volume de assentamento de lamas, nitratos, amónia, e oxigénio dissolvido.

As amostras das 31 ETAR'S, incluindo evidentemente a ETAR de Lamego, são recolhidas em etapas determinadas e posteriormente encaminhadas para o laboratório.

Na figura 6 exemplifica-se o aspeto das amostras recolhidas no início e no fim do processo implementado nas ETAR's.



**Figura 6-** Recipientes de recolha de afluente bruto e efluente tratado.

### 2.5.2 Sólidos Totais (ST)

Toda a matéria não dissolvida na amostra é classificada como material sólido. O critério mais simples e vulgarmente utilizado, para quantificar o teor em carga poluente de uma água residual, é a quantidade de matéria sólida constituinte – sólidos totais, expressos em mg de resíduos obtidos após evaporação a 103 a 105 °C, por litro de amostra considerada.

Esta totalidade comporta os sólidos dissolvidos (orgânicos e minerais), expressos em mg/L de resíduos, que devido à sua reduzida dimensão, permanecem na água, após filtração, e os suspensos (SST), existentes numa água “bruta”. Estes últimos, determinados em mg/L de matéria sólida retida após filtração, são, de uma forma rápida, os mais indicativos da presença de carga poluente. Cerca de 2/3 dos sólidos suspensos totais são de natureza orgânica – sólidos suspensos voláteis (SSV), e os restantes de natureza inorgânica/mineral – sólidos suspensos fixos (SSF).

A determinação dos SST de uma amostra de água é feita pelo Método Standard 2540D. Este método consiste numa filtração a vácuo, com filtros de fibra de vidro de 0,45 µm, seguida de uma secagem à temperatura de 103°C ± 2°C, e posterior pesagem, até peso constante.

O valor de SST, assim como todos os outros constituintes, varia de água residual para água residual, podendo considerar-se um afluente fraco em sólidos suspensos, quando apresenta valores na ordem dos 300 mg/L e extremamente forte, para concentrações de cerca de 700 mg/L.

A determinação dos sólidos suspensos totais é importante para quantificar o nível de eficiência na remoção dos sólidos de saída. Este parâmetro permite verificar a boa capacidade de depuração da ETAR

Os SSV destinam-se a averiguar a parcela orgânica e inorgânica dos sólidos totais. À temperatura de 600 °C, a parte orgânica dos sólidos volatiliza e a parte inorgânica permanece sob a forma de cinzas. Assim, são definidos os sólidos em suspensão voláteis e os sólidos em suspensão fixos como sendo, respetivamente, a parcela orgânica e inorgânica dos sólidos totais.

A determinação dos SSV não é um parâmetro tão importante como os SST. A determinação dos SSV permite quantificar a matéria volátil presente. Este é um parâmetro que não influencia na alteração do processo da ETAR (Sousa, 2001; Cerdeira, 2008).

### 2.5.3 Volume de Assentamento de Lamas (VAL)

A determinação deste parâmetro permite simular em laboratório as condições de assentamento de lamas na parte de arejamento na ETAR.

Este parâmetro juntamente com os sólidos permite calcular o Índice Volumétrico de Lamas (IVL) efetuando uma proporção de sólidos existentes *versus* decantação existente na ETAR (Lemos, 2011).

### 2.5.4 Carência Química de Oxigênio (CQO)

Algumas das características qualitativas químicas mais importantes de uma água residual, são o seu teor em matéria orgânica total (CQO) e biodegradável (CBO).

Os principais grupos de substâncias orgânicas, presentes nas águas residuais são as proteínas (40 - 60%), parte muito importante da dieta humana, pelo que surgem em grande quantidade na água residual; os hidratos de carbono (25 - 50%), açúcares simples, amidos, celulose e fibra de madeira (compostos mais facilmente biodegradáveis); e os óleos e gorduras (10%). Outro composto importante é a ureia (principal componente da urina), mas devido á sua rápida hidrólise em amónia, raramente é encontrada numa água residual. Estes contaminantes orgânicos provêm de várias substâncias naturais, inseticidas, herbicidas, e outros químicos usados na agricultura. Para além destes compostos, são igualmente encontrados, ocasionalmente, compostos orgânicos sintéticos, contidos em detergentes, fenóis e pesticidas (Sousa, 2001).

A carência química de oxigénio mede a quantidade de oxigénio necessária para oxidar quimicamente, em determinadas condições, a matéria orgânica presente numa água residual, permitindo igualmente quantificar a presença de compostos tóxicos à vida biológica. Para este efeito, o oxigénio equivalente à matéria orgânica é medido pela utilização de um agente oxidante químico forte como o dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ). A CQO determina-se fotometricamente pela concentração dos iões  $CR_2O_7^{2-}$  de cor amarela que não foram consumidos.

A CQO de um esgoto doméstico, em média, apresenta valores, situando-se entre os 250 mg/L e os 1000 mg/L.

Este parâmetro é analisado para quantificar a carência química de oxigênio, ou seja, através deste parâmetro sabe-se se os tanques de arejamento estão ou não com boa oxigenação (Sousa, 2001; Cerdeira, 2008).

### **2.5.5 Carência Bioquímica de Oxigênio (CBO<sub>5</sub>)**

A carência bioquímica de oxigênio representa o oxigênio consumido pelos microrganismos na oxidação da matéria orgânica numa determinada água em condições aeróbias (principalmente bactérias), habitualmente expresso em mg de oxigênio por litro da amostra considerada, em determinadas condições de tempo e temperatura.

A CBO de um esgoto doméstico, em média, não é muito elevada, situando-se entre os 110 mg/L e os 400 mg/L. Os efluentes das indústrias, como por exemplo a de laticínios, pelo contrário, apresentam valores que facilmente atingem 3000 mg/L, podendo ser ainda bastante mais altos, dependendo do processo industrial (Cerdeira, 2008).

O método mais utilizado para obter valores de CBO, é o método de Manométrico OXITOP, baseada na medição da pressão (medição diferencial), através de sensores eletrônicos de pressão. Este método faz a contabilização do oxigênio consumido ao fim de 5 dias de incubação, uma vez que a maior parte do oxigênio usado pelos microrganismos é consumido durante esse tempo. Para excluir a influência da temperatura sobre a taxa de oxidação, a temperatura é mantida constante a 20°C, durante o teste. Portanto, a não ser que se especifique diferentemente, a CBO de uma água residual representa o consumo biológico de oxigênio, durante um período de incubação de 5 dias a uma temperatura de 20°C – CBO<sub>5</sub>.

O método utilizado aplica-se a todas as águas cuja CBO seja igual ou superior a 3 mg/L, e não ultrapasse os 6000 mg/L. Para valores superiores o método é ainda aplicável, mas no entanto, os erros decorrentes das diluições necessárias implicam que os resultados sejam encarados de uma acrescida precaução (Lemos, 2011).

### 2.5.6 Azoto Total (NT)

O azoto é essencial para os sistemas biológicos, de tal forma que o tratamento biológico de águas residuais não pode ter êxito se não existir azoto suficiente para o desenvolvimento dos microrganismos.

O azoto total é constituído por:

- Azoto orgânico: azoto sob a forma de proteínas, aminoácidos e ureia.
- Amónia: azoto sob a forma de sais do ião amónia ( $\text{NH}_4^+$ ) ou de amónia livre.
- Nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ): azoto que corresponde a um estágio intermédio de oxidação, não existindo normalmente em grandes quantidades dado que é bastante instável.
- Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ): azoto que corresponde a um produto final de oxidação.

O azoto total é considerado um elemento essencial para a síntese proteica pelo que é de extrema importância proceder à sua quantificação em águas residuais. O conhecimento das várias formas de azoto na água residual a tratar, permite, igualmente, ter uma ideia da sua carga poluidora. Numa água residual fresca, o azoto total encontra-se essencialmente sob a forma orgânica (proteínas, ureia), proveniente das descargas domésticas, sendo posteriormente convertido, com o decorrer do processo de tratamento, noutras formas de azoto.

A existência de azoto nos recursos hídricos pode ocasionar desenvolvimento excessivo de plantas e algas, reduzindo a quantidade de oxigénio dissolvido. Numa ETAR conduz à diminuição da eficiência dos processos de desinfeção.

A presença de azoto numa água pode identificar-se por determinação do teor em nitratos, do teor em azoto amoniacal (amónia) e do valor do azoto total, correspondendo este último à soma das formas de azoto orgânico e de azoto amoniacal.

Os compostos orgânicos e inorgânicos de nitrogénio transformam-se em nitratos pelo método de Koroleff, ou seja, por tratamento com um oxidante e um termorreator. Os nitratos, em ácido sulfúrico concentrado com um derivado do ácido benzoico formam um nitrocomposto rosado que se determina fotometricamente.

Efetua-se a determinação do azoto total, pois é um parâmetro em que a descarga tem de obedecer ao valor limite de 15 mg/L (Sousa, 2001, Lemos, 2011).

### 2.5.7 Fósforo Total (PT)

Numa água residual, o fósforo total existe maioritariamente sob a forma de ortofosfatos ( $\text{PO}_4^{3+}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), devido à contribuição de restos de comida, resíduos de processos industriais ou de detergentes sintéticos. Em grande minoria, encontra-se o fósforo orgânico que, tal como os polifosfatos requer uma decomposição mais “avançada” (normalmente muito lenta), relativamente à forma inorgânica, para que possa ser integrado por estes já na forma de ortofosfatos (Cerdeira, 2008). Essas espécies podem causar eutrofização em lagos e águas paradas, pois são nutrientes para microrganismos, principalmente algas. Os microrganismos utilizam o fósforo durante a síntese celular e o transporte de energia, resultando na remoção de cerca de 10 a 30% de fósforo durante o tratamento biológico de efluentes.

Os ortofosfatos quando adicionados nas ETA e ETAR, permitem o controlo da corrosão. O azoto e o fósforo são essenciais para os microrganismos, pelo que são importantes no tratamento biológico, embora em quantidades excessivas possam levar ao aparecimento de algas, por processos de eutrofização (<http://www.ideiasambientais.com.pt/agua.html>).

Em solução sulfúrica os iões ortofosfato formam com os iões molibdato, ácido molibdofosfórico. Este último com ácido ascórbico reduz-se a azul de fosfomolibdeno que se determina fotometricamente.

O fósforo avalia-se apenas para cumprir o Decreto-Lei nº 152/97, sendo o limite de descarga de 2 mg/L.

### 2.5.8 Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ )

O ião nitrato é um ião poliatómico com a fórmula molecular  $\text{NO}_3^-$  e massa molecular de 62,0049 g/mol. Os nitratos são os compostos em que o azoto se encontra na sua forma mais oxidada (ou seja, mais estável). A toxicidade dos nitratos é principalmente atribuível à sua redução a nitritos e o maior efeito conhecido é a doença designada por metahemoglobinémia, especialmente em crianças e também chamada de

doença dos bebés azuis, que reduz o transporte de oxigénio podendo levar à asfixia e causar a morte (Perdigão, 2011).

Os nitratos, tal como os fosfatos e o potássio, são macronutrientes das plantas e exercem um efeito estimulante no desenvolvimento excessivo da flora, em certos meios aquáticos (Mota & Sperling, 2009).

Observa-se que teores de nitratos muito elevados na água são normalmente sintoma da presença de outros contaminantes e nestes casos é aconselhável realizar uma análise bacteriológica e química completa pois existe a possibilidade da contaminação bacteriológica da água.

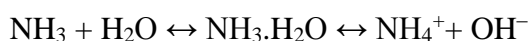
Em solução sulfúrica e fosfórica os iões nitrato formam com 2,6-dimetilfenol o composto 4-nitro-dimetil fenol, que se determina fotometricamente.

### 2.5.9 Amónia (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

A amónia (ou azoto amoniacal) pode estar presente na água na forma iónica (ião amoníaco, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ou na forma não ionizada (amoníaco, NH<sub>3</sub>) sendo, por vezes, incorretamente designado por amónia. A amónia presente na água provém, geralmente, de processos degradantes de materiais residuais, de origem vegetal ou animal.

O amoníaco formado pode, por reação com a água, dar origem ao amoníaco. O equilíbrio entre a forma iónica (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e a forma gasosa (NH<sub>3</sub>), depende das condições do ambiente aquático, nomeadamente do pH e da temperatura (<http://www.apda.pt/site/upload/FT-QI-13-Amonio.pdf>).

O amoníaco é muito solúvel em água, reagindo com ela para formar o ião amónio, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, num equilíbrio que se desloca para a esquerda a pH elevado (Peixoto, 2007a)



Em solução fortemente alcalina em que praticamente só existe amoníaco, tem lugar com os iões hipoclorito, uma transformação em monocloramina. Esta determina-se fotometricamente.

A amónia é um parâmetro muito importante, pois através da sua determinação é possível saber a oxigenação nos tanques de arejamento. A presença de elevada concentração de amónia dá indicação de que a oxigenação é baixa e vice-versa. Por outro lado, a amónia é ainda importante para a determinação do Azoto total.

### **2.5.10 Temperatura**

A determinação deste parâmetro permite analisar as oscilações de temperatura que são responsáveis pela destruição de ecossistemas naturais devido ao choque térmico, pequenas variações podem desencadear reações ou aumentar a velocidade das reações químicas, biológicas e influir na solubilidade dos gases na água.

As descargas de águas residuais podem ser responsáveis por uma alteração da temperatura da água do meio recetor.

Normalmente associado a uma subida de temperatura, manifesta-se uma diminuição do oxigénio dissolvido, que pode ser acompanhado por um aumento da velocidade das reações de degradação da matéria orgânica (Silva, 2012).

A medição é feita *in situ* pelos técnicos operativos, usando uma sonda multiparamétrica.

### **2.5.11 pH**

O pH de uma determinada água varia conforme varia a sua composição e temperatura. O pH é característico de determinadas águas.

A temperatura influencia o pH da água na medida em que afeta os coeficientes de dissolução dos ácidos e da solubilidade do CO<sub>2</sub>. Geralmente, o pH diminui cerca de 0,1 unidades quando a temperatura aumenta de 20°C (Silva, 2012).

Tal como a temperatura, a medição é feita *in situ* usando uma sonda multiparamétrica.

### 2.5.12 Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido define-se como a quantidade de oxigênio existente numa amostra de água, em determinadas condições de pressão e temperatura. Os valores podem variar desde próximo de zero (águas poluídas) até cerca de 16 mg/L.

Os principais fatores que afetam a quantidade de O<sub>2</sub> presente em águas residuais são a sua composição, solubilidade do gás, pressão parcial da atmosfera, temperatura e teor em sólidos dissolvidos e em suspensão.

O teor de oxigênio dissolvido depende da atividade física, química e bioquímica que se verifica numa massa de água. A solubilidade deste varia com a temperatura, com a pressão da atmosfera e com a salinidade.

A variação da concentração de oxigênio dissolvido fornece informações muito importantes quanto ao estado da qualidade de um curso de água. Uma brusca diminuição dessa concentração pode indicar a presença de poluição de origem orgânica, resultante da atividade microbológica induzida, originada por descargas de águas residuais.

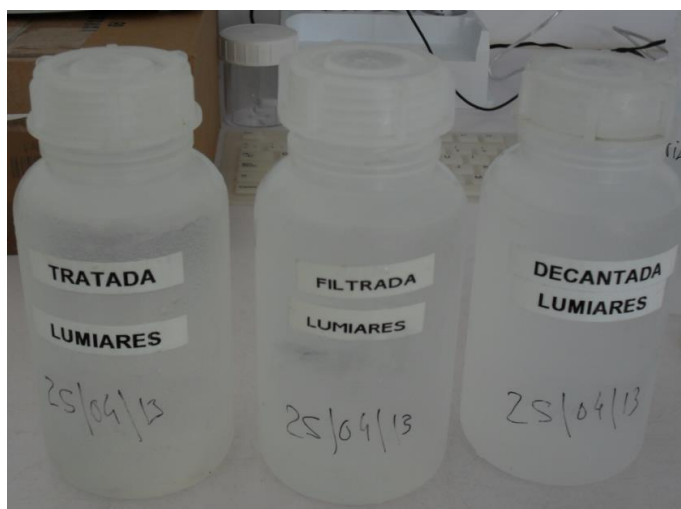
Quanto maior for a quantidade de oxigênio dissolvido disponível numa massa de água, maior será a sua capacidade de autodepuração ([http://www.programaaguaazul.rn.gov.br/indicadores\\_03.php](http://www.programaaguaazul.rn.gov.br/indicadores_03.php)).

A medição deste parâmetro é feita *in situ*, usando uma sonda multiparamétrica.

### 2.5.2 Laboratório da ETA do Vilar

No laboratório da ETA do Vilar efetuam-se diariamente análises à água do seu processo, nomeadamente à água tratada, água filtrada, decantada, recirculada e bruta.

A recolha e a identificação das amostras (Figura 7) tal como as análises *in situ* (determinação do pH, temperatura e cloro residual) são realizadas pelo técnico operativo. As restantes análises, como a determinação de manganês, alumínio e ferro, cor, condutividade e turvação são efetuadas no laboratório.



**Figura 7-** Recipientes de recolha das amostras

### 2.5.3 Manganês (Mn)

O manganês e os seus compostos são usados na indústria do aço, ligas metálicas, baterias, vidros, oxidantes para limpeza, fertilizantes, vernizes, suplementos veterinários, entre outros. Ocorre naturalmente na água superficial e subterrânea, no entanto, as atividades antropogénicas são também responsáveis pela contaminação da água.

Desenvolve coloração negra na água, podendo apresentar-se nos estados de oxidação  $Mn^{2+}$  (mais solúvel) e  $Mn^{4+}$  (menos solúvel). Este composto confere às águas características organoléticas indesejáveis (gosto metálico, cor amarela e turvação), causa prejuízo de ordem económica (mancha a roupa) e provoca deterioração das

condutas metálicas da rede de distribuição, tanto por corrosão, como por obstrução devida à formação de depósitos (Perpetuo, E.A.).

Em solução alcalina os íons de manganês (II) formam com uma substância química um complexo vermelho-acastanhado, que se determina fotometricamente.

#### **2.5.4 Ferro Dissolvido (Fe)**

O ferro aparece principalmente em águas subterrâneas devido à dissolução do minério pelo gás carbônico da água.

Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido à ocorrência de processos de erosão das margens. Também poderá ser importante a contribuição devida a efluentes industriais.

Nas águas tratadas para abastecimento público, o uso de coagulantes à base de ferro provoca o aumento da concentração de ferro. O ferro, apesar de não ser um tóxico, se em concentrações baixas, traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Confere cor e sabor à água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários. As águas que contêm ferro caracterizam-se por apresentar cor elevada e turvação baixa. Também traz o problema do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição.

No tratamento de águas para abastecimento, deve-se destacar a influência da presença de ferro na etapa de coagulação e floculação (<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas#ferro>).

Todos os íons de Fe reduzem-se a Fe (II). Estes, em meio tamponado com tioglicolato, formam com um derivado de triazina um complexo violeta-arroxeadado que se determina fotometricamente.

### 2.5.5 Alumínio Dissolvido (Al)

O alumínio é o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre, ocorrendo em minerais, rochas e argila. Está presente no ar, nos alimentos e na água, tanto no seu estado natural ou como contaminante (<http://www.aguasguariroba.com.br/agua/sga>).

Na água, o metal pode ocorrer em diferentes formas e é influenciado pelo pH, temperatura e presença de fluoretos, sulfatos, matéria orgânica e outros ligantes. A solubilidade é baixa em pH entre 5,5 e 6,0. As concentrações de alumínio dissolvido em águas com pH neutro variam de 0,001 a 0,05 mg/L, mas aumentam para 0,5-1 mg/L em águas mais ácidas ou ricas em matéria orgânica. Em águas com extrema acidez, afetadas por descargas de mineração, as concentrações de alumínio dissolvido podem ser maiores que 90 mg/L. Na água potável, os níveis do metal variam de acordo com a fonte de água e com os coagulantes à base de alumínio que são usados no tratamento da água.

Estudos americanos mostraram que as concentrações de alumínio, na água tratada com coagulante, variaram de 0,01 a 1,3 mg/L, com uma concentração média de 0,16 mg/L. O alumínio deve apresentar maiores concentrações em profundidade, onde o pH é menor e pode ocorrer anaerobiose.

O aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas e, portanto, com a alta turvação.

A principal via de exposição humana é pela ingestão de alimentos e água. Não há indicações de que o alumínio apresente toxicidade aguda por via oral, apesar de ampla ocorrência em alimentos, água potável e medicamentos, nem que seja carcinogénico. No entanto, existe uma considerável preocupação no que respeita ao alumínio que é ingerido tanto nos alimentos como na água, em especial nesta. Essa preocupação está assente nas espécies de alumínio presentes na água, uma vez que estas podem apresentar maior biodisponibilidade e serem facilmente absorvidas pelo trato gastrointestinal. Daí a importância de se efetuarem as análises a este metal (<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas#aluminio>).

Em solução ácida tamponada com acetato, os iões alumínio formam com cromazurol S um composto violeta azulado que se determina fotometricamente.

### **2.5.6 Cor**

A existência na água de partículas coloidais ou em suspensão determina o aparecimento de cor. Essas partículas provêm do contacto da água com substâncias orgânicas como folhas, madeira, etc., em estado de decomposição, da existência de compostos de ferro ou de outras matérias coradas em suspensão ou dissolvidas. Pode-se distinguir: Cor real – devida à presença de matérias orgânicas dissolvidas ou coloidais e Cor aparente – devida à existência de matérias em suspensão.

A natureza das partículas que dão cor real ou aparente à água determina o tipo de processo de remoção a adotar. Assim, a cor real, devida a partículas coloidais normalmente negativas, pode remover-se por processos de coagulação-floculação, em que a adição dum coagulante (cal, sal de ferro ou sal de alumínio), capaz de fornecer partículas positivamente carregadas, proporciona a aglutinação dos coloides, permitindo a sua separação posterior na forma de flocos, através de sedimentação. A cor aparente é suscetível de ser removida pelos processos clássicos de separação de matéria em suspensão (filtração, clarificação).

Uma água corada levanta sérias objeções da parte dos consumidores, pelas dúvidas que provoca sobre a sua potabilidade (Peixoto, 2007b).

A cor é determinada fotometricamente.

### **2.5.7 Condutividade**

A condutividade é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna de água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes.

A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Altos valores podem indicar características corrosivas da água (<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis->

de-Qualidade-das-%C3%81guas#condutividade). Os valores de condutividade são obtidos através de um condutivímetro.

### **2.5.8 Turvação**

A turvação, também designada por turbidez, de uma água é causada, essencialmente, por matéria coloidal e em suspensão, de tamanho e natureza variados, por exemplo, lamas, areias, matéria orgânica e inorgânica, bem como compostos corados solúveis e microrganismos. Estes materiais não permitem a penetração da luz nos meios hídricos, impedindo a fotossíntese das plantas e algas. Os sedimentos podem transportar substâncias tóxicas que através da cadeia alimentar pode levar à morte de seres vivos, principalmente organismos aquáticos (Santos, 2011).

A erosão das margens dos rios em estações chuvosas é um exemplo de fenómeno que resulta num aumento da turvação das águas e que exigem manobras operacionais, como alterações nas dosagens de coagulantes e auxiliares, nas estações de tratamento de águas. A erosão pode decorrer do mau uso do solo em que se impede a fixação da vegetação. Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turvação das águas (Lemos, 2011).

Os métodos analíticos aplicados nos dois laboratórios encontram-se descritos no anexo A.

### **2.5.9 Controlo Qualitativo dos Equipamentos**

Nos laboratórios da empresa, apesar dos métodos não estarem acreditados, são feitas verificações e calibrações internas aos aparelhos analíticos usados, de modo a garantir a validação dos métodos executados.

A calibração dos equipamentos de medição é função importante para a qualidade no processo produtivo e proporciona uma série de vantagens, tais como a garantia da rastreabilidade das medições, permitir a confiança nos resultados medidos, reduzir a variação das especificações técnicas dos produtos, prevenir defeitos e compatibilizar as medições.

Na empresa Águas de Tás-os-Montes e Alto Douro o Sistema de Gestão da Medição aplica-se a todos os Equipamentos de Medição (EM) e Processos de Medição (PM) que controlam os parâmetros considerados como críticos envolvidos nos processos de Produção de Água e Tratamento de Águas Residuais, Distribuição de Água e Recolha de Efluentes, Gestão dos Riscos e Emergências, Equipamentos de Faturação e Suporte Operacional.

Todos os EM, considerados pela empresa são identificados de modo a permitir a sua rastreabilidade. A identificação é realizada através da marcação da referência interna do equipamento de modo indelével, e sem o danificar, ou através de etiqueta colocada no equipamento ou nas respetivas caixas.

Para cada equipamento deverá ser preenchida uma Ficha de Cadastro, onde deverão constar os dados necessários ao cumprimento dos critérios de aceitação, intervalos de aceitação, erros máximos, etc. Para os equipamentos de qualidade da água, laboratório e portáteis deverá ser preenchido o MOD 047, conforme exemplo no Anexo C.1.

Todos os documentos associados ao processo de confirmação metrológica, nomeadamente planos de confirmação metrológica, relatórios de calibração das entidades acreditadas, relatórios de calibração interna, relatórios de análise de certificados deverão ser arquivados.

Na tabela 2 são descritos os equipamentos de laboratório, responsável que deve efetuar a verificação e/ou calibração e a periodicidade em que as mesmas devem ser realizadas.

**Tabela 2-** Equipamentos de laboratório aos quais se procede a calibração e/ou verificação.

<b>Equipamento de Laboratório</b>	<b>Calibração/Verificação Interna</b>	
	<b>P</b>	<b>R</b>
OXITOP	Trimestral	LCAI
Massas	Trimestral	LCAI
Micropipetas	Trimestral	LCAI
Termoreactores	Trimestral	LCAI
Medidor pH Bancada	Mensal	LCAI
Mufla	Semestral	LCAI
Estufa	Semestral	LCAI
Frigorífico	Trimestral	LCAI
Balança Analítica	Mensal	LCAI
Fotómetro	Bimestral	LCAI

P = periodicidade; R = responsável

Todos os anos é elaborado um plano de intervalo de confirmação metrológica, efetuado pelo responsável de laboratório. Além disso, para cada equipamento existe uma ficha de verificação/calibração.

## 2.6 Plano de Controlo Operacional

A Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro (AdTMAD) é uma entidade gestora de sistemas de abastecimento público “em alta”, sendo responsável pela captação, tratamento, armazenamento e adução de água para consumo público, até à entrada dos reservatórios (pontos de entrega) da responsabilidade das entidades gestoras das redes “em baixa”.

O controlo de qualidade da água constitui uma atividade central, depositando a empresa um elevado grau de exigência, de modo a assegurar um elevado nível de qualidade do produto, garantindo a potabilidade da água destinada para consumo humano, de acordo com os requisitos de qualidade estabelecidos no Decreto-Lei n.º 306/07 de 27 de Agosto, onde estão definidos os valores máximos ou mínimos (valores paramétricos – VP) para os parâmetros microbiológicos e físico-químicos, de modo a que a água seja considerada salubre, limpa e desejavelmente equilibrada.

Para o conseguir, a empresa tem implementado um controlo operacional que permite prevenir situações de risco e assim distribuir uma água sempre com qualidade adequada e minimizar os riscos para a saúde.

Os Planos de Controlo Operacional (PCO) são anuais e consistem na definição dos pontos de recolha de amostras por subsistema, assim como os parâmetros a analisar e periodicidade da análise, para efeitos de controlo interno da qualidade da água fornecida ou da qualidade dos efluentes rejeitados. As periodicidades definidas nos PCO têm carácter indicativo, isto é, o PCO deverá adaptar-se a cada momento do subsistema. O PCO poderá sofrer ajustes caso se verifique:

- Alteração da qualidade da água bruta;
- Descargas anormais;
- Alteração da qualidade da água tratada/efluente tratado;
- Alteração de etapas de processo;
- Alteração de reagentes de processo;
- Avarias que possam por em causa a qualidade do produto;

Existem dois tipos de PCO:

- Planos de Controlo Operacional dos Sistemas de Abastecimento de Água (PCOSAA) – (Anexo C.2, MOD 138) – para Subsistemas de Abastecimento de Água (SAA);
- Planos de Controlo Operacional de Sistemas de Águas Residuais (PCOSAR) – (Anexo C.3, MOD 142) -para Subsistemas de Saneamento de Águas Residuais (SAR).

Durante a elaboração dos Planos é necessário ter em atenção os seguintes elementos:

- Custos estimados de reagentes/equipamento necessários para a execução do plano (em conformidade com os valores previstos em sede de orçamento);
- Valor estimado de km a percorrer para a execução do plano e identificação da(s) viatura(s) afeta(s);
- Valor estimado de horas de mão-de-obra para a execução do plano e identificação por tipo (recolha da amostra / realização da análise).

### **2.6.1 Monitorização**

As análises de águas residuais são efetuadas em laboratórios de controlo analítico interno de saneamento, como é o caso do Laboratório de Controlo Analítico localizado na ETAR de Lamego e as de água de consumo são efetuadas em laboratórios de controlo analítico interno de abastecimento, como é o caso do Laboratório da ETA de Vilar e/ou *in situ*.

A recolha e a entrega das amostras no laboratório são da responsabilidade do Responsável de Operação (RO), que fará a sua entrega de acordo com estabelecido no plano.

Sempre que não haja resultados relativos a uma determinada análise prevista no PCO, tal deve ser devidamente justificado.

A Monitorização do PCO é da responsabilidade do RO em primeira linha e do respetivo Coordenador de Operação (CO) em segunda linha, ou seja, cabe ao RO a verificação do cumprimento do PCO.

Nos casos das análises realizadas pelo operador, este é responsável pelo registo dos resultados no MOD 205 (Anexo C.4, Folha de Registo de Controlo Operacional). Posteriormente os resultados obtidos deverão ser inseridos na base de dados (LCAI-SAA-operação ou LCAI-SAR-operação), pelo Responsável de Laboratório (RL), ou pelo RO caso não exista RL.

Nos casos de análises efetuadas em laboratório, o técnico de laboratório é responsável pela execução da análise e pela atualização dos resultados obtidos na base de dados (LCAI-SAA operação ou LCAI-SAR-operação).

O RL ou RO (caso não exista RL), deve providenciar o preenchimento da base de dados até ao 4º dia útil de cada mês, para que a mesma se mantenha permanentemente atualizada.

### **2.6.2 Valores de Alerta**

Sempre que seja atingido um Valor de Alerta para um determinado parâmetro, o operador e/ou técnico de laboratório responsável pela execução da análise deve de imediato informar o respetivo RO que decidirá da necessidade de ações de correção imediatas.

### **2.6.3 Parâmetro não Conforme**

Sempre que do resultado de uma análise resulte um incumprimento do Valor Paramétrico ou uma violação da Licença de Descarga o operador/técnico de laboratório responsável pela execução da análise deve cumprir com o disposto no PRO 026 – Controlo Operacional – Parâmetro Não Conforme.

Caso se pretenda uma contra-análise, o Responsável de Operação tem dois dias para a solicitar ao Responsável de Laboratório

## **3. Caso de Estudo**

---

### **3.1 Introdução**

A ETAR de Cambres processa o tratamento das águas residuais da região, nomeadamente os efluentes produzidos por uma indústria de laticínios que são encaminhados para o coletor municipal. Nesse contexto e como já referido, é objetivo desta tese avaliar o impacto que esses efluentes industriais têm na ETAR, nomeadamente caracterizar o tipo de problemas mais comumente gerados e qual a sua influência no processo global de tratamento das águas residuais.

### **3.2 Características da Indústria de Laticínios**

O caso de estudo envolve uma empresa agro-alimentar portuguesa especializada em laticínios e seus derivados, situada no concelho de Lamego. Fundada no início dos anos 30 produz e comercializa laticínios, nos mercados nacional e internacional.

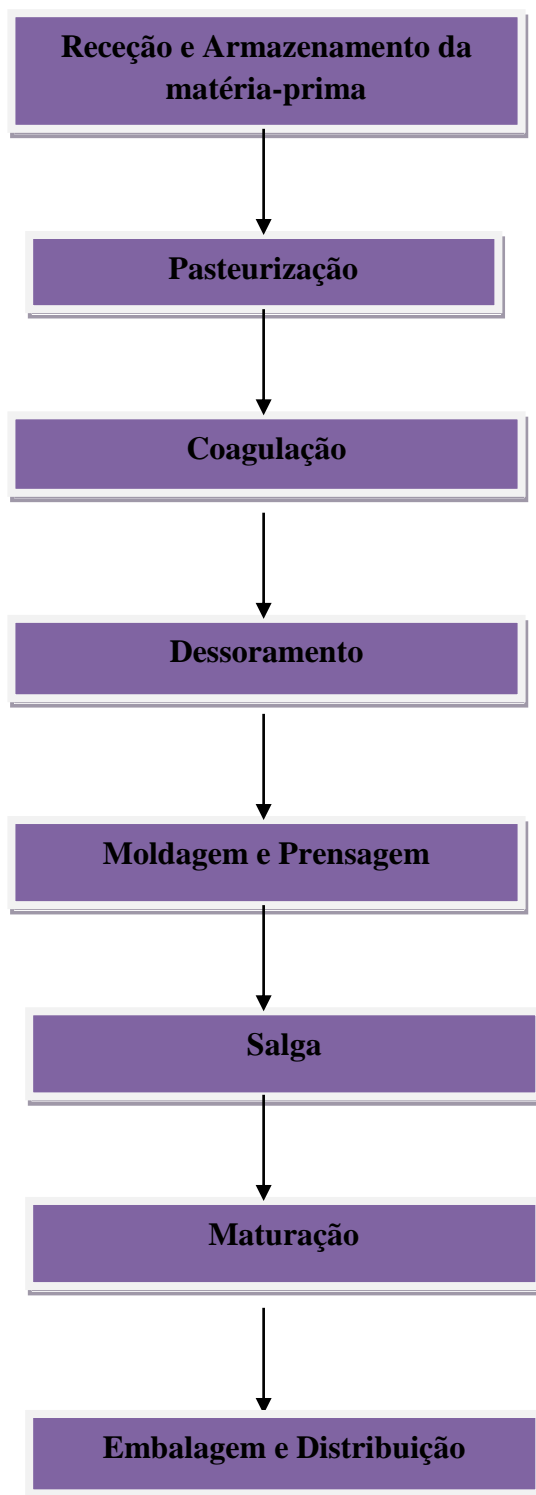
Nesta indústria de laticínios o tipo de produto que é produzido é o queijo. Desde de queijos tradicionais - queijos curados de vaca, cabra e ovelha e mistura, a queijos frescos - queijos cremosos, de massa ligeiramente consistente, obtida por ultra-filtração do leite. Atualmente comercializa também queijo gourmet e queijo saúde.

Dentro do grupo dos queijos tradicionais encontram-se queijos de vaca, de mistura, feito a partir da mistura de três tipos de leite (leite de cabra, ovelha e vaca), de ovelha e de cabra.

Nos queijos frescos pode-se encontrar o queijo fresco clássico (meio-gordo), queijo fresco de vaca, queijo fresco light de vaca, elaborado a partir de leite parcialmente desnatado, com um teor reduzido de sal (-30%), de gordura (-46%) e teor de colesterol reduzido, queijo fresco de cabra e queijo fresco de mistura (leite de vaca, ovelha e cabra).

### 3.2.1 Etapas de produção do queijo

As etapas de fabrico do queijo, genericamente incluem a pasteurização, coagulação, dessoramento, prensagem e maturação, conforme a figura 8.



**Figura 8-** Fluxograma de produção de queijo.

## **Receção e armazenamento da matéria-prima**

Para além do leite, os principais ingredientes utilizados no fabrico de queijos tradicionais são o coalho - de origem animal ou vegetal (flor do cardo) - e o sal.

O leite é transportado em camiões cisterna com tanques refrigerados, é rececionado e armazenado e sofre uma série de pré-tratamentos com diferentes objetivos como por exemplo o cumprimento das normas associadas à produção de um determinado tipo de queijo. No cais de receção da fábrica, são retiradas amostras de leite para realização de uma série de testes laboratoriais para análise da qualidade e estado de preservação (INETI, 2001).

Após a fase de caracterização qualitativa e quantitativa, o leite é sujeito a diferentes processos de pré-tratamento, dos quais são exemplo a filtração, para remoção das partículas grosseiras e impurezas eventualmente presentes, o tratamento térmico, e a padronização, que consiste na operação de separação e ajuste do teor de gordura do leite (Costa, 2011).

## **Pasteurização**

O leite é submetido a uma pasteurização, ou seja, aplicação de altas temperaturas, 72-73°C, durante 15-20 segundos, em que há imediatamente a seguir refrigeração <5°C. Este tratamento destrói cerca de 99% dos microrganismos e esporos presentes.

## **Coagulação**

É o processo em que as proteínas se solidificam e precipitam, transformando o leite numa substância semi-sólida e gelatinosa. Existem dois tipos de coagulação, a coagulação ácida e a coagulação enzimática. A coagulação ácida, coagulação pouco usada, ocorre devido à acidez, o pH vai diminuir e quando atinge 4,65 o complexo formado por caseína, cálcio e fósforo, transformam-se em caseína ácida que se insolubiliza e precipita em sais de cálcio e fósforo solúveis.

A coagulação enzimática apresenta duas fases: a fase enzimática, onde o coalho vai separar a caseína em 95% de paracaseína e 5% de proteínas do soro, e a fase de coagulação onde a paracaseína, o cálcio e o fósforo se transformam em paraceinato de cálcio que precipita.

## **Dessoramento**

Esta operação permite a separação completa do coalho e do soro, podendo ser realizada de modo natural (caso dos queijos frescos e de pasta mole) ou acelerado por prensagem (queijos de pasta dura).

## **Moldagem e Prensagem**

A moldagem consiste na colocação da massa em formas, moldes ou cinchos para dar formato ao queijo. A prensagem, que pode ser manual ou mecânica, visa dar formato final ao queijo, apertar a textura da massa e facilitar a saída de algum soro existente nas interstícias da massa.

## **Salga**

Nesta fase é adicionado o sal com a finalidade de assegurar a conservação, dar sabor à massa, favorecer a eliminação de soro e promover a formação da casca.

## **Maturação**

A cura ou maturação varia de queijo para queijo. Existe um conjunto de processos físicos, químicos, microbiológicos e enzimáticos que dão ao queijo a sua cor, cheiro, textura e consistência característica. Nesta etapa a lactose é transformada em ácido lácteo.

A maturação apresenta tempos variáveis, dependendo do tipo de queijo. Por exemplo para queijo flamengo tem a duração de 40 dias, para queijo emmental são 12 meses e queijo parmesão são precisos 2 anos.

A câmara de maturação tem que apresentar uma humidade de 70% a 95%, temperatura entre os 16°C e 18°C, viragem dos queijos e lavagem dos queijos.

## **Embalagem e Distribuição**

Nesta etapa o queijo é embalado e enviado para o seu destino final.

### **3.3 Caracterização dos Efluentes Gerados**

Os efluentes gerados na indústria de laticínios caracterizam-se por possuírem pH ácido, elevadas concentrações de proteínas, lactose, azoto, fósforo, sais minerais, nomeadamente cloretos e sódio, resultantes da adição de sal no fabrico de queijo, sólidos em suspensão, óleos e gorduras. Para além disso, a existência de sais dissolvidos confere a estas águas elevada condutividade (Rivas et al., 2011).

De acordo com a legislação nacional e mais ainda tendo em conta que esta empresa se encontra certificada pela NP EN ISO 22000:2005, tem obrigatoriamente que tratar os efluentes gerados antes destes irem para o coletor municipal. Presentemente estima-se que a indústria em estudo processe cerca de 80.000 a 100.000 litros de leite por dia, no entanto o seu processo de tratamento de efluentes está dimensionado para tratar efluente equivalente de, apenas, 60.000 litros de leite por dia, pelo que a ETAR desta unidade industrial encontra-se, portanto, subdimensionada. Posteriormente, o afluente produzido nesta indústria flui graviticamente da unidade fabril para a entrada da ETAR de Cambres.

### **3.4 Tratamento dos Efluentes Gerados - ETAR de Cambres**

A ETAR de Cambres foi projetada para tratar as águas residuais domésticas produzidas pelas freguesias de Cambres, Avões, Ferreiros de Avões, Samodães e Penajoia. Esta ETAR está preparada para receber efluentes domésticos de aproximadamente 6000 habitantes, bem como efluentes industriais de unidades da região, como o caso da indústria agro-alimentar em estudo.

O caudal máximo admitido por esta estação de tratamento é de aproximadamente 94 m<sup>3</sup>/h, provindo o caudal afluente à ETAR de duas estações elevatórias.

Após a chegada à ETAR de Cambres, os efluentes entram num canal onde existe uma etapa de gradagem com vista à remoção de eventuais sólidos que não tenham sido removidos nas estações elevatórias promovendo, assim, a proteção dos equipamentos localizados a jusante.

A linha de tratamento é constituída pelas seguintes etapas:

❖ **Pré-tratamento:** Após a entrada do afluente bruto na ETAR efetua-se um pré-tratamento mecânico num equipamento compacto, onde são removidas areias, gradados e óleos e gorduras. À saída deste pré-tratamento é efetuada uma medição de caudal através de um canal do tipo Parshall.

❖ **Tratamento Biológico:** O efluente bruto é encaminhado para um reator biológico. Este sistema de tratamento é realizado segundo um sistema de lamas ativadas num reator do tipo vala de oxidação, com funcionamento em regime de arejamento prolongado, o que permite uma elevada estabilização das lamas ativadas produzidas. Este reator permite criar duas zonas distintas no mesmo tanque. Assim, uma das zonas é rica em oxigénio (zona arejada) enquanto a outra é bastante deficitária neste elemento (zona anóxica), promovendo assim processos de nitrificação e desnitrificação.

É nesta etapa de tratamento biológico que, através de bactérias depuradoras (biomassa) se irá proceder a uma remoção da matéria orgânica e de nutrientes como o fósforo e azoto.

Seguidamente o efluente é encaminhado para um decantador secundário através de um descarregador.

❖ **Decantação Secundária:** O decantador secundário circular permite separar fase líquida da fase sólida. Este decantador encontra-se equipado com uma ponte raspadora de fundo e de superfície, que encaminha as lamas decantadas para uma estação elevatória, que por sua vez poderá encaminhar as lamas para o reator biológico (recirculação), caso seja necessário aumentar a sua carga orgânica, ou para o espessador gravítico (lamas em excesso), caso haja necessidade de extrair lamas do reator biológico.

O efluente tratado é recolhido graviticamente e encaminhado para o Rio Douro.

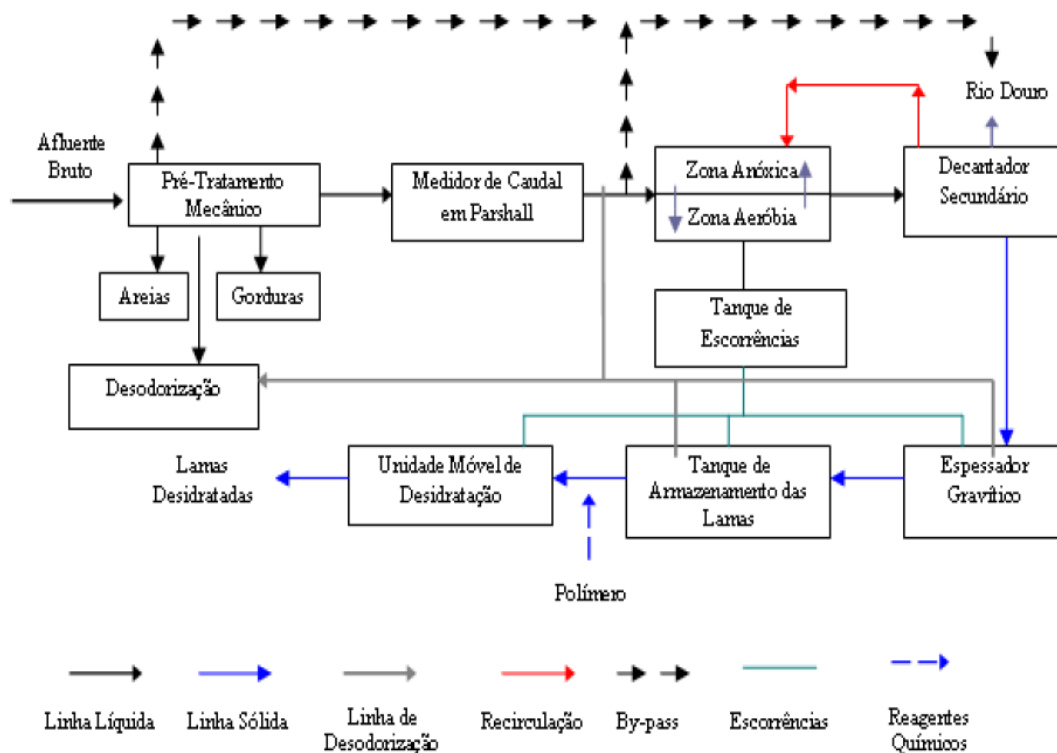
❖ **Espessamento de Lamas:** As lamas excedentárias são encaminhadas para um espessador gravítico que tem como principal função reduzir o teor de água nas mesmas, e consequentemente reduzir o seu volume e, assim, reduzir o tempo de funcionamento dos órgãos instalados a jusante.

As lamas já espessadas são encaminhadas para um tanque de armazenamento através de um grupo eletro-bomba. Este tanque de armazenamento encontra-se equipado com um agitador submersível de eixo horizontal que procede a uma homogeneização das lamas bem como a diminuição de odores produzidos pelas mesmas.

❖ **Desidratação de Lamas:** O processo de desidratação nesta ETAR é efetuado por uma unidade móvel de desidratação. De forma a garantir a maximização da eficiência deste processo, é adicionado às lamas, antes da sua entrada na centrífuga, um polímero catiónico AMBIFLOC DW 3271 que permite obter um teor de sólidos de aproximadamente 20% em matéria seca. Este processo consiste na desidratação mecânica por centrifugação. As lamas finais desidratadas serão encaminhadas para valorização na agricultura local, como fertilizante e corretor orgânico.

Na figura 9 encontram-se exemplificados as etapas de tratamento das águas residuais, na ETAR de Cambres.

O efluente gerado na indústria agro-alimentar em estudo, entra para os coletores municipais e segue portanto este sistema de tratamento das águas residuais.



**Figura 9-** Fluxograma da ETAR de Cambres.

O *by-pass* geral à ETAR encontra-se previsto através de um descarregador de emergência situado a jusante da gradagem grosseira, que faz a descarga na rede de *by-pass* da ETAR. Este tipo de situação resulta da necessidade operacional de intervenções nos equipamentos a jusante deste e, ainda, nos casos em que é excedida a capacidade hidráulica e de depuração da ETAR.

### 3.5 Limites Legais

Os limites legais para descarga de afluentes por parte das empresas para os coletores municipais encontram-se descritos na tabela 3. Os valores respeitam o Regulamento de Exploração do Serviço Público de Saneamento de Águas Residuais do Sistema Multimunicipal das Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro (REAR – AdTMAD). O efluente descarregado por estas unidades, quando em conformidade com este regulamento é considerado como equiparado a um efluente doméstico.

**Tabela 3-** Valores máximos permitidos (VMP) de acordo com o REAR – AdTMAD.

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>VMP</b>
SST	mg SST/L	1000
CQO	mg O <sub>2</sub> /L	1000
CBO <sub>5</sub> (20 °C)	mg O <sub>2</sub> /L	500
NT	mg N/L	90
PT	mg P/L	20
pH	Escala Sörensen	5,5 – 9,5
Temperatura máxima	°C	30
Óleoa & Gorduras	mg/L	100

Quanto aos limites legais de descarga das águas tratadas pela ETAR de Cambres encontram-se definidos pela licença de utilização dos recursos hídricos para descarga de águas residuais emitida pela Administração da Região Hidrográfica do Norte I.P (ARH Norte) conforme a tabela 4.

**Tabela 4-** Valor Limite de Emissão (VLE) de acordo com a licença de descarga de águas residuais emitida pela ARH Norte.

<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>VLE</b>
<b>SST</b>	mg SST/L	35
<b>CQO</b>	mg O <sub>2</sub> /L	125
<b>CBO<sub>5</sub> (20 °C)</b>	mg O <sub>2</sub> /L	25
<b>NT</b>	mg N/L	15
<b>PT</b>	mg P/L	10
<b>pH</b>	Escala Sörensen	6 – 9

Assim, é no Laboratório de Controlo Analítico Interno das ETAR's que são efetuadas estas análises, nomeadamente análises semanalmente a uma amostra recolhida diretamente na caixa de descarga da indústria de laticínios e às águas durante o processo de tratamento na ETAR.

## 4. Resultados e Discussão

---

### 4.1 Potenciais Problemas que a Indústria de Laticínios Provoca

A gestão de efluentes produzidos durante a produção de queijo, é um dos aspetos mais importantes da vertente ambiental desta atividade, devido ao potencial poluente destas águas residuais, quando descarregadas diretamente no meio hídrico, ou quando submetidas a tratamento inadequado.

De facto as águas residuais produzidas nas queijarias podem provocar contaminação e desoxigenação de cursos de água por descarga direta ou após tratamento inadequado, que confere o aumento da concentração de nutrientes, nomeadamente de azoto e fósforo, em águas de superfícies e águas subterrâneas.

Quando integradas na malha urbana, muitas vezes estas indústrias são abastecidas através do serviço público e enviam os seus efluentes para a rede pública de drenagem de águas residuais, podendo prejudicar o normal funcionamento das instalações de tratamento de águas residuais (Costa, 2011).

Os principais fatores que podem contribuir para o mau funcionamento da ETAR incluem (Mizubuti, 1994; Costa, 2011, Ruas, 2012).

- **Variações de pH;**
- **Presença de cloretos:** o sal utilizado nos processos de salga dos queijos pode conferir alta condutividade ao efluente final. Altos valores de condutividade podem indicar características corrosivas da água e danificar os sistemas de drenagem e tratamento;
- **Picos de caudal e de carga orgânica:** podem provocar extravasamentos, quando o coletor excede a capacidade de vazão, bem como descargas diretas no meio recetor com consequências ambientais que podem ser graves;
- **Presença de óleos e gorduras:** as gorduras constituem um substrato privilegiado para o crescimento de certos organismos filamentosos hidrófobos (associadas a problemas de decantabilidade das lamas e à origem de problemas de espumas); são responsáveis pela redução da transferência de oxigénio nos processos de tratamento aeróbio, uma vez que por um lado são

adsorvidos no floco criando um filme lipídico que reduz a transferência de oxigênio entre o floco e a água e por outro lado, formam um película entre a superfície da água e o meio atmosférico; podem provocar problemas na desidratação e espessamento; gorduras que solidificam à temperatura ambiente devido ao seu carácter insolúvel, pode provocar a colmatação dos coletores, tanto no sistema de drenagem como da instalação de tratamento, e, no caso das gorduras insolúveis, a colmatação do suporte de cultura, nos reatores de tratamento por sistemas de biomassa fixa;

- **Presença de sólidos de grandes dimensões:** pode provocar a colmatação dos coletores, tanto no sistema de drenagem como da instalação de tratamento;
- **Presença de soro:** O soro contém proteínas solúveis, lactose, minerais e vitaminas, além de quantidades variáveis de ácido lácteo e nitrogénio não solúvel. O soro resultante do processamento de queijo pode conduzir a sérios problemas ambientais como a poluição das águas, geração de odor desagradável, bem como o comprometimento da estrutura físico-química do solo.

Os efluentes produzidos apresentam elevados teores em matéria orgânica dissolvida e gorduras, devido essencialmente, ao soro lácteo rejeitado resultante do fabrico do queijo. O ácido lácteo forma-se facilmente a partir da lactose, provocando maus cheiros.

Caso estes efluentes sejam destinados diretamente a rios ou esgoto público, o que não é permitido pela legislação ambiental, causará sérios danos, pois possui alta taxa de matéria orgânica, o que o torna altamente poluente devido ao consumo de oxigênio na água, através de microrganismos existentes nos corpos d'água que para biodegradar a matéria lançada no meio aquático fazem uso deste mesmo oxigênio. Torna-se uma importante agravante ambiental, pois este subproduto da produção de queijos apresenta uma carência bioquímica de oxigênio (CBO<sub>5</sub>) entre 30.000 a 60.000 mg de O<sub>2</sub>/L e uma carência química de oxigênio (CQO) de 50.000 a 80.000 mg de O<sub>2</sub>/L, dependendo do processo utilizado na elaboração do mesmo. Em média, cada tonelada de soro não tratado despejado por dia no sistema de tratamento de esgoto equivale à poluição diária de cerca de 470 pessoas ([http://www.laticinio.net/inf\\_tecnicas.asp?cod=366](http://www.laticinio.net/inf_tecnicas.asp?cod=366)).

Por outro lado, no sistema de tratamento é de extrema importância a correção do valor de pH. O afluente à ETAR é normalmente neutro mas, poderá apresentar picos ácidos ou alcalinos, resultantes da utilização de ácido nítrico ou soda caustica na lavagem dos equipamentos.

Assim, de forma a avaliar o impacto dos efluentes duma indústria de laticínios, no sistema de tratamento de águas residuais da ETAR de Cambres, analisaram-se amostras do efluente, recolhidas na caixa de descarga, ou seja antes de entrarem para os coletores municipais. Os parâmetros medidos nestas amostras foram o azoto total (NT), fósforo total (PT) e carência química de oxigénio (CQO). São apresentados apenas os valores destes parâmetros uma vez que os valores de SST, pH e T não são parâmetros críticos para a monitorização da influência das descargas no tratamento da ETAR. Quando chega à ETAR o afluente das descargas já está diluído, e só as concentrações dos parâmetros que se apresentam é que têm valores anormais.

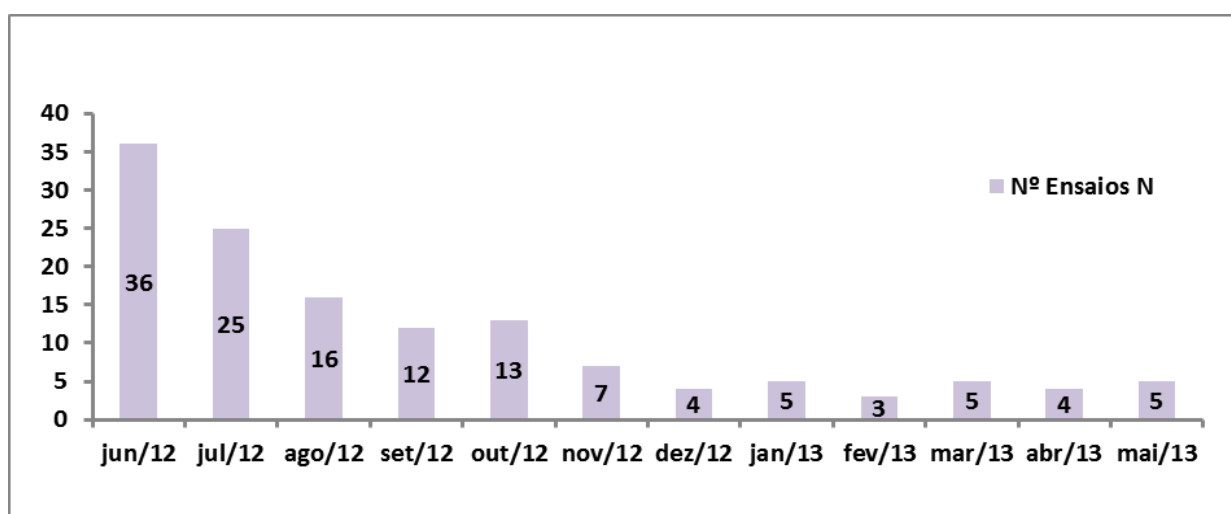
#### **4.2 Características do Efluente na Caixa de Descarga**

Os resultados obtidos para o azoto total encontram-se na tabela 5 e nas figuras 10 e 11. As análises foram efetuadas entre junho de 2012 e maio de 2013, num total de 135 amostras analisadas. Como se pode verificar, através da análise da tabela 5 a maioria dos ensaios efetuados apresenta valores de azoto total superiores ao valor limite de emissão estabelecidos pelo 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). Somente nos meses de abril e maio de 2013 é que não foram observados valores de azoto total (NT) superiores ao Valor Máximo Permitido (VMP) de 90 mg/L. Salientam-se os meses entre agosto e outubro de 2012, bem como os meses de dezembro 2012 e fevereiro de 2013, como sendo aqueles com uma frequência igual ou superior a 50% de resultados do NT a ultrapassarem o VMP. Especial destaque merece o mês de setembro 2012, no qual todas as amostras analisadas mostraram valores superiores ao VMP.

**Tabela 5-** Frequência de amostragem, número de amostras e percentagem de amostras com valores superiores ao VMP para azoto total (NT), medidos no efluente descarregado pela indústria de laticínios.

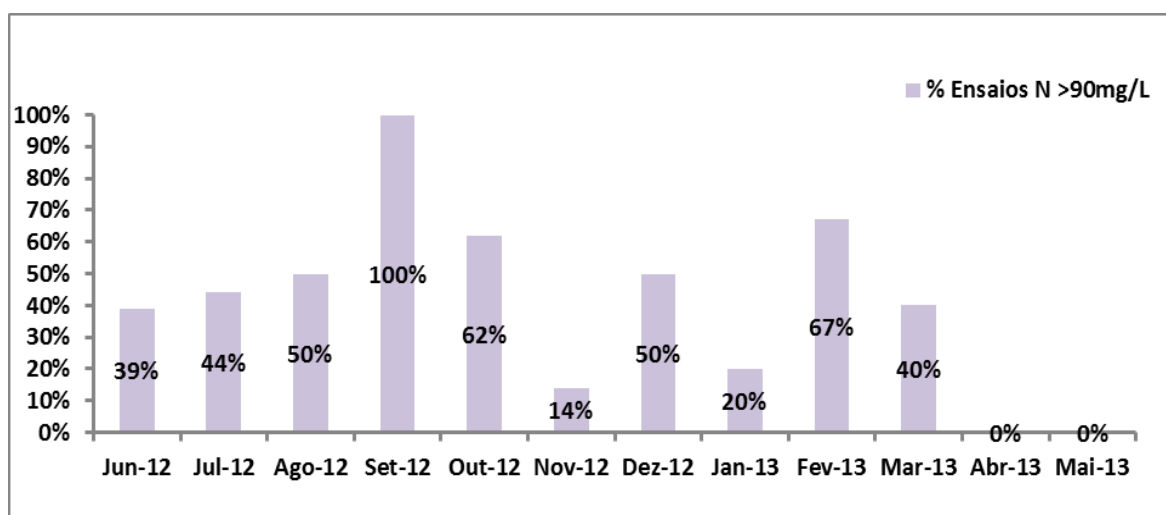
Mês	Nº Amostras N	Nº Amostras N >90mg/L	% Amostras N >90mg/L
Jun-12	36	14	39
Jul-12	25	11	44
Ago-12	16	8	50
Set-12	12	12	100
Out-12	13	8	62
Nov-12	7	1	14
Dez-12	4	2	50
Jan-13	5	1	20
Fev-13	3	2	67
Mar-13	5	2	40
Abr-13	4	0	0
Mai-13	5	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>135</b>	<b>61</b>	<b>Média = 41%</b>

A partir de novembro de 2012 o número de amostras analisadas mensalmente diminuiu, devido ao facto de haver uma ligeira diminuição dos incumprimentos, por parte da indústria em estudo e associado também ao facto de se verificar falta de pessoal.



**Figura 10-** Número mensal de amostras analisadas para o Azoto Total (NT), medidos no efluente descarregado pela indústria de laticínios.

Das amostras analisadas entre junho de 2012 e maio de 2013, 41 % mostraram valores a ultrapassarem os valores limite para o azoto total (90 mg/L), e se não forem tidos em conta os meses de abril e maio de 2013, este valor médio aumenta para 49%, o que revela uma situação preocupante. De facto, o controlo deste parâmetro é bastante importante pois a descarga destas concentrações de azoto pode contribuir para a eutrofização no meio recetor. Assim, coube à ETAR de Cambres o tratamento dos afluentes, com vista à redução destes valores de azoto total.



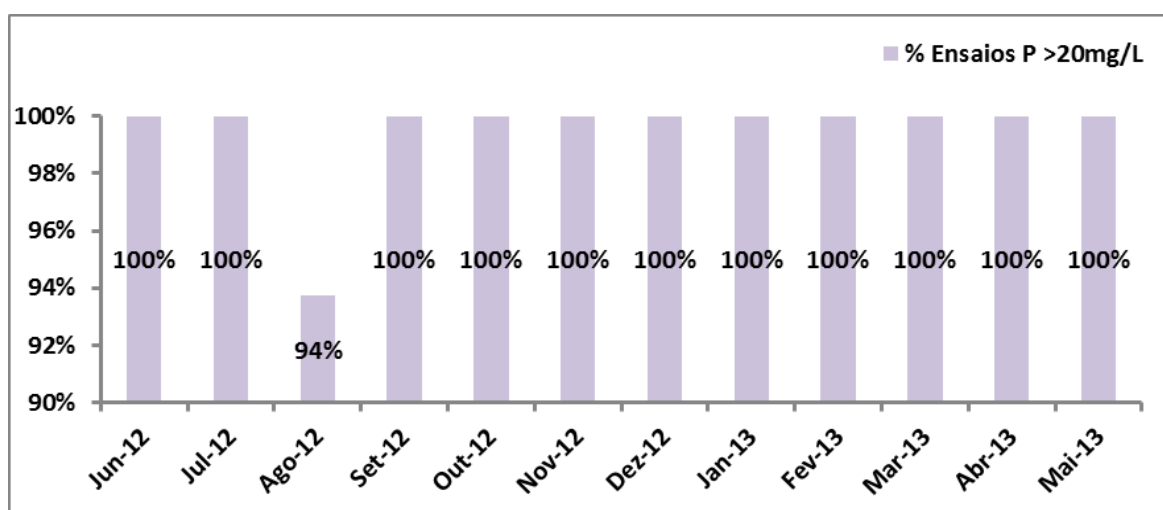
**Figura 11-** Percentagem de ensaios com N >90 mg/L, medidos no efluente descarregado pela indústria de laticínios.

Os resultados obtidos para o fósforo total encontram-se na tabela 6 e nas figuras 12 e 13. As análises foram efetuadas entre junho de 2012 e maio de 2013, num total de 134 amostras analisadas. Tal como anteriormente e pelos mesmos motivos, o número de amostras mensal analisado diminuiu a partir de novembro 2012.

**Tabela 6-** Frequência de amostragem, número de amostras mensal e número de amostras com valores superiores ao VMP para fósforo total (PT), medidos no efluente descarregado pela indústria de laticínios.

Mês	Nº Amostras P	Nº Amostras P >20mg/L	Nº Amostras P >80mg/L
<b>Jun-12</b>	36	36	5
<b>Jul-12</b>	25	25	11
<b>Ago-12</b>	16	15	8
<b>Set-12</b>	12	12	12
<b>Out-12</b>	13	13	12
<b>Nov-12</b>	7	7	3
<b>Dez-12</b>	4	4	4
<b>Jan-13</b>	5	5	2
<b>Fev-13</b>	3	3	1
<b>Mar-13</b>	5	5	1
<b>Abr-13</b>	4	4	0
<b>Mai-13</b>	4	4	0
<b>Total</b>	<b>134</b>	<b>133</b>	<b>59</b>

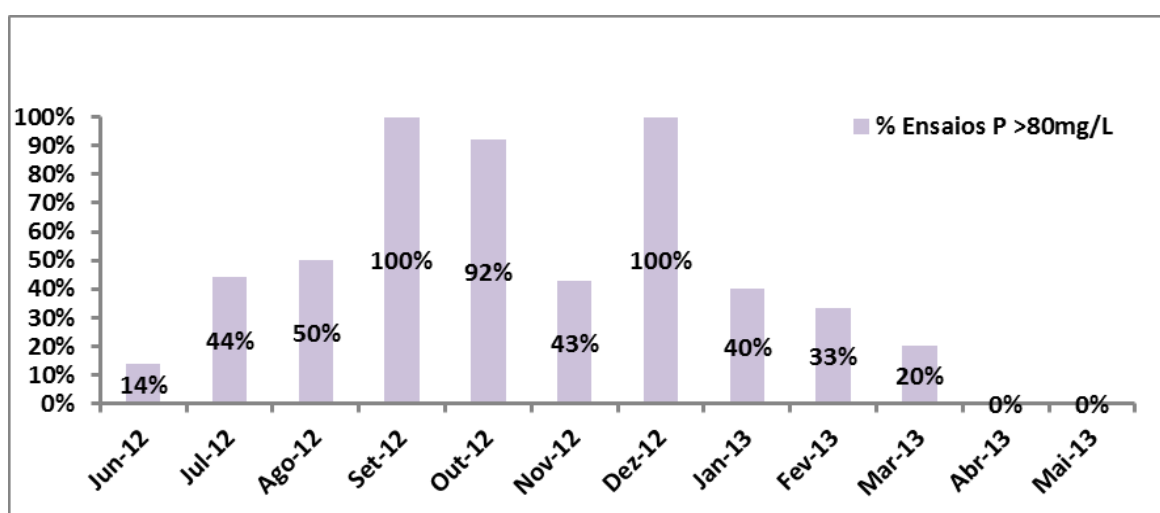
Segundo o REAR-ATMAD, o valor limite de emissão do fósforo total, para as indústrias de laticínios, é de 20 mg P/L. Analisando a figura 12 pode-se observar que para todos os ensaios efetuados o valor de fósforo foi superior ao valor limite de emissão, exceto em agosto de 2012 que apresentou uma percentagem de 94%. Das amostras analisadas, neste período, em média 99% ultrapassou o VMP.



**Figura 12-** Percentagem de ensaios com P >20mg/L, medidos no efluente descarregado pela indústria de laticínios.

Tendo em conta um valor de emissão superior a 80 mg/L (figura 13), verificou-se que só nos meses de abril e maio de 2013 é que não foram observados valores acima deste limite. Tal como com o azoto, os meses entre agosto e outubro, bem como os meses de dezembro 2012 foram aqueles que apresentaram uma frequência igual ou superior a 50% de resultados do PT a ultrapassarem o limite de 80 mg/L. Este valor foi um valor atribuído internamente pelo laboratório.

O facto de nos meses de setembro, todas as amostras analisadas apresentarem valores de NT e PT no efluente da fábrica de laticínios, acima dos VPM, sugere uma maior produção de queijos, o que é concordante com a altura em que há mais emigrantes na região e por isso uma maior procura destes produtos.



**Figura 13-** Percentagem de ensaios com  $P > 80 \text{mg/L}$ , medidos no efluente descarregado pela indústria de laticínios.

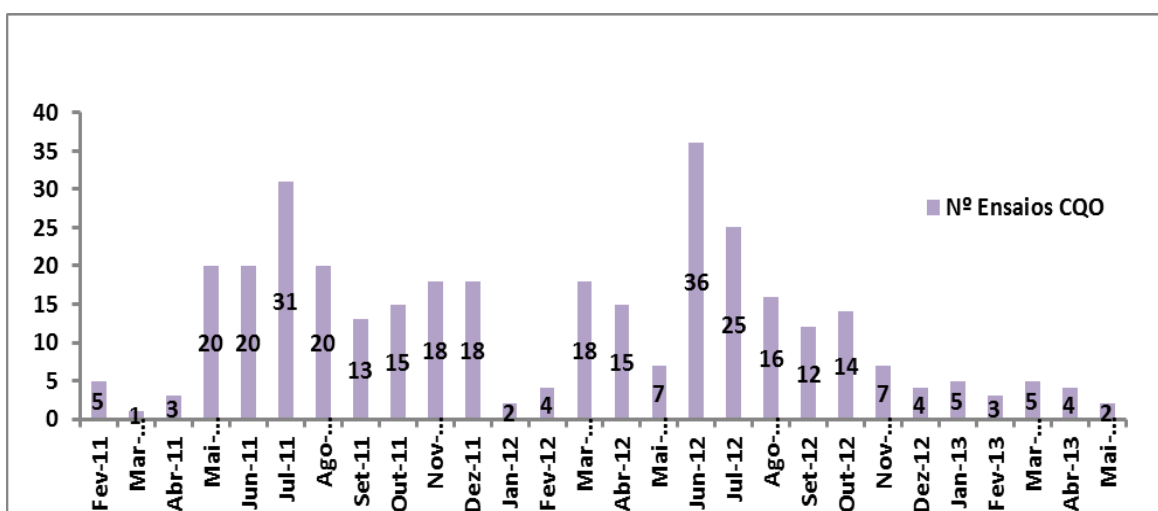
A carga do azoto mostrou ser proporcional à carga de fósforo. Quando os níveis de azoto se apresentam elevados a carga de fósforo também se mantém elevada. Os altos teores de fósforo e azoto apresentados pelas águas residuais produzidas devem-se ao facto do lacto-soro ser constituído por uma elevada quantidade destes nutrientes e eventualmente ao uso de produtos para limpeza e desinfeção.

Os resultados obtidos para a carência química de oxigénio (CQO) encontram-se na tabela 7 e nas figuras 14 e 15. Para este parâmetro, foram efetuadas análises entre fevereiro de 2011 e maio de 2013, num total de 343 amostras. A frequência de amostragem ao longo do ano varia, tal como anteriormente, em função do número de funcionários no ativo (Figura 14).

**Tabela 7-** Frequência de amostragem, número de amostras e percentagem de amostras com valores superiores ao VMP para carência química de oxigênio (CQO) medidos no efluente descarregado pela indústria de laticínios.

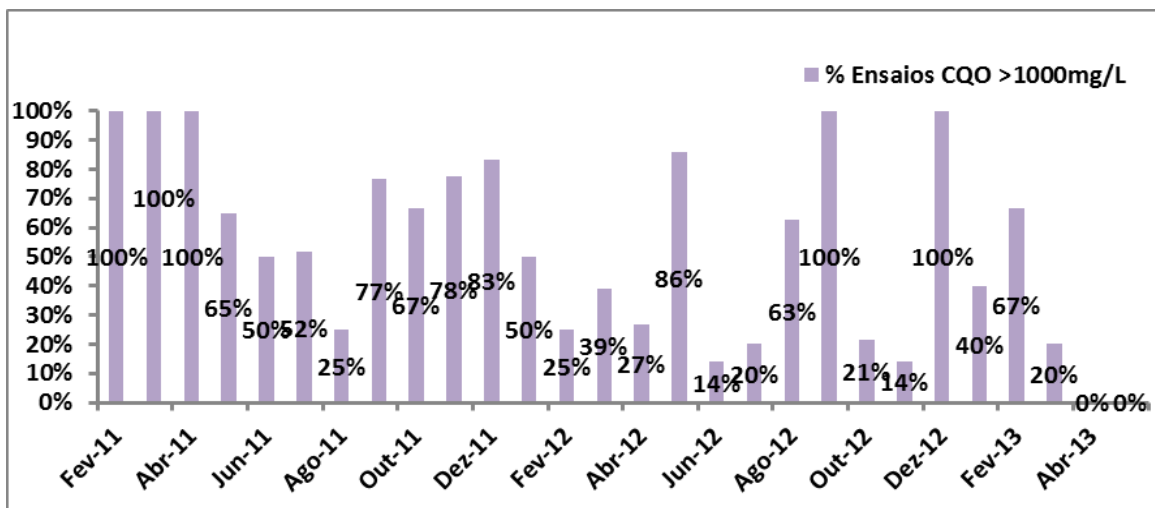
Mês	Nº Ensaio CQO	Nº Ensaio CQO >1000mg/L	% Ensaio CQO >1000mg/L
Fev-11	5	5	100%
Mar-11	1	1	100%
Abr-11	3	3	100%
Mai-11	20	13	65%
Jun-11	20	10	50%
Jul-11	31	16	52%
Ago-11	20	5	25%
Set-11	13	10	77%
Out-11	15	10	67%
Nov-11	18	14	78%
Dez-11	18	15	83%
Jan-12	2	1	50%
Fev-12	4	1	25%
Mar-12	18	7	39%
Abr-12	15	4	27%
Mai-12	7	6	86%
Jun-12	36	5	14%
Jul-12	25	5	20%
Ago-12	16	10	63%
Set-12	12	12	100%
Out-12	14	3	21%
Nov-12	7	1	14%
Dez-12	4	4	100%
Jan-13	5	2	40%
Fev-13	3	2	67%
Mar-13	5	1	20%
Abr-13	4	0	0%
Mai-13	2	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>343</b>	<b>166</b>	<b>Média: 48%</b>

Como se pode verificar através da tabela 7 e da figura 14 os valores de CQO determinados ultrapassam os valores limite de emissão estabelecidos pelo REAR – ATMAD. Os meses de fevereiro a julho de 2011, setembro 2011 a janeiro de 2012, maio de 2012, agosto, setembro e dezembro de 2012 e fevereiro de 2013, são aqueles em que a percentagem de ensaios com CQO superior a 1000 mg/L apresenta valores iguais ou superiores a 50%, em muitos dos casos com valores de 100%. Ou seja, 16 meses, num total de 28 meses analisados, estavam nessas condições.



**Figura 14-** Número mensal de amostras analisadas para a carência química de oxigênio (CQO), medidos no efluente descarregado pela indústria de laticínios.

Das amostras analisadas neste período, em média, quase que metade (48%) ultrapassou o VMP para o CQO. De facto, se não forem considerados os dois últimos meses, 57% das amostras analisadas ultrapassaram o VMP para o CQO.



**Figura 15-** Percentagem de ensaios com CQO >1000mg/L, medidos no efluente descarregado pela indústria de laticínios.

Como referido, geralmente os efluentes produzidos pelas indústrias de laticínios apresentam elevados teores em matéria orgânica, devido essencialmente ao soro lácteo resultante do fabrico do queijo. Os valores encontrados para a CQO são um indicativo disso mesmo.

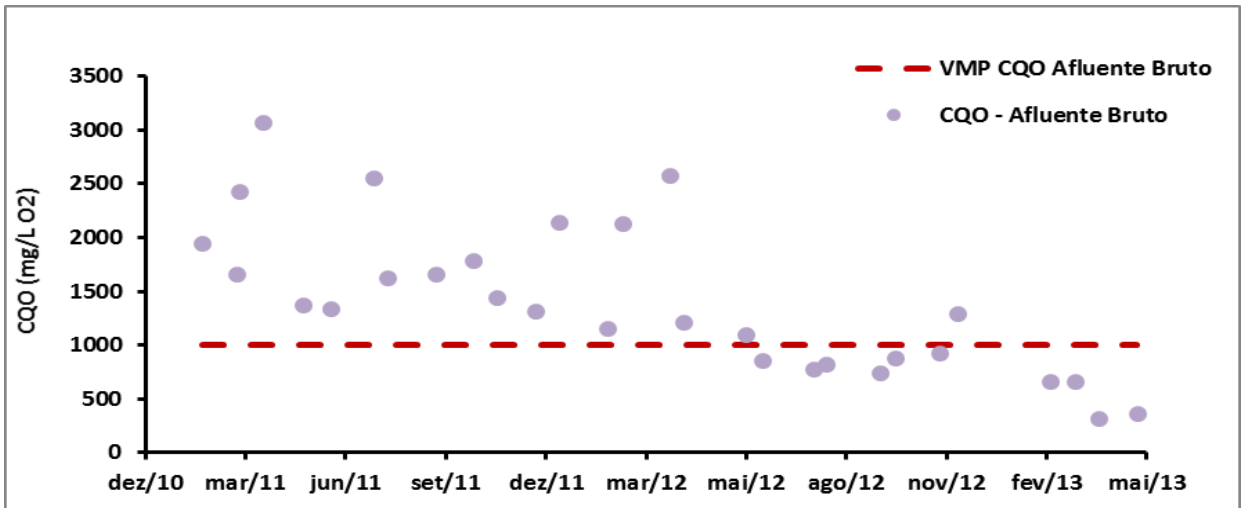
Por outro lado, tal como para os parâmetros determinados anteriormente, só nos últimos meses, abril e maio de 2013, é que não foram observados valores de CQO acima de VMP, o que sugere que a indústria em estudo passou finalmente a tratar os efluentes que produz na sua ETAR, antes de os descarregar para os coletores municipais. De facto, esta unidade industrial possui um processo de tratamento de efluentes, de forma a cumprir com os requisitos legais, dimensionado para tratar efluente equivalente ao processamento diário de 60.000 litros de leite. Apesar de presentemente serem processados 80.000 a 100.000 litros de leite por dia e portanto a ETAR desta unidade industrial estar subdimensionada, parece conseguir os propósitos para os quais foi construída.

### **4.3 Características do Afluente Bruto e do Efluente Tratado - ETAR de Cambres**

Os valores encontrados para os diferentes parâmetros, quantificados na caixa de descarga da indústria de laticínios, vão dar uma indicação da carga poluente que vai entrar na ETAR de Cambres, mesmo que posteriormente sofra um efeito de diluição, já que o efluente desta indústria vai ser misturado com outros. Assim, foram também feitas análises a amostras do afluente bruto e do efluente tratado, da ETAR de Cambres. Nestas amostras foram analisados parâmetros como a carência química de oxigénio (CQO), a carência bioquímica de oxigénio (CBO<sub>5</sub>), Azoto total (NT) e Fósforo total (PT). Como já foi referido anteriormente, não se apresentam os valores de SST, pH e Temperatura, uma vez que estes parâmetros não são críticos para a monitorização da influência das descargas no tratamento da ETAR. De facto, só as concentrações de CQO, CBO<sub>5</sub>, NT e PT apresentaram valores anormais.

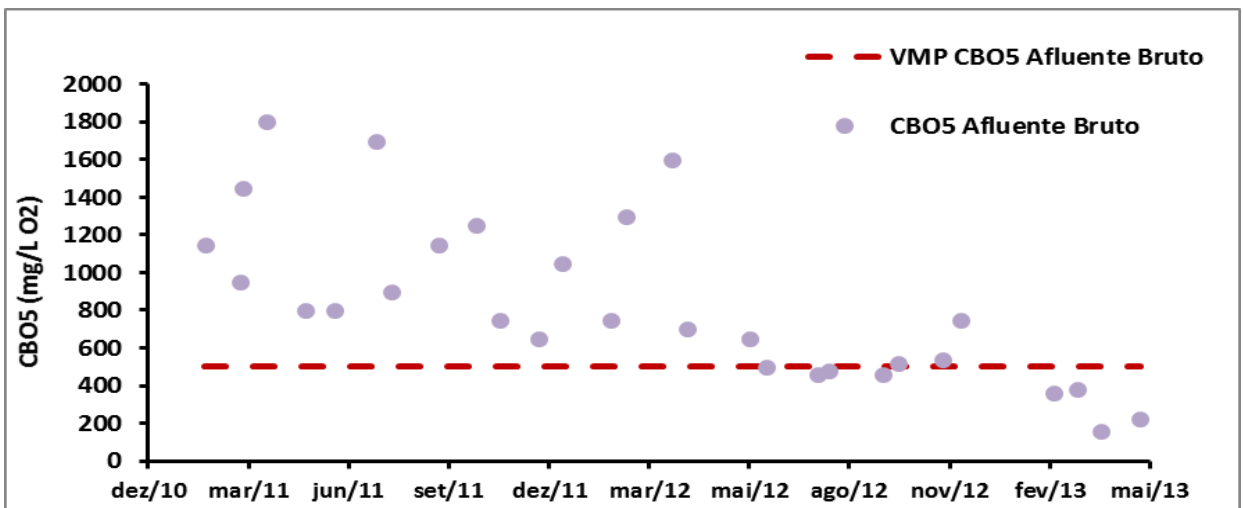
Os resultados analíticos relativos ao afluente bruto (AB) dizem respeito à monitorização mensal, efetuada entre dezembro de 2010 e maio de 2013.

Os resultados analíticos da CQO, relativos ao afluente bruto (AB), encontram-se na figura 16. Verifica-se que no ano de 2011 e nos quatro primeiros meses de 2012 os valores de CQO estão acima do valor máximo permitido (VMP). A partir de maio de 2012 a maioria dos valores encontra-se abaixo do VMP, mantendo-se constante entre maio e novembro de 2012. Em abril e maio de 2013 verificou-se uma ligeira melhoria, com descida dos valores. Este facto poderá estar ligado à descida da CQO, observada nos mesmos meses, nos efluentes gerados pela indústria em estudo.



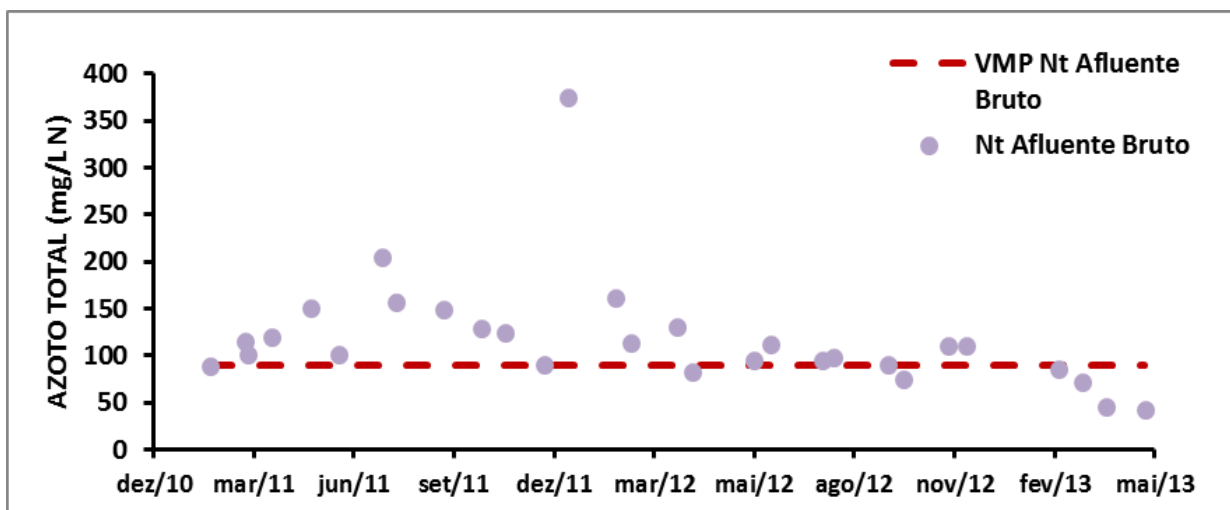
**Figura 16-** Valores de CQO medidos no afluente bruto da ETAR de Cambres.

Os resultados analíticos da CBO<sub>5</sub>, relativos ao afluente bruto (AB), encontram-se na figura 17. Os resultados da evolução da concentração de CBO<sub>5</sub> à entrada da ETAR de Cambres mostram as elevadas concentrações deste parâmetro. Desde dezembro de 2010 a maio de 2012, os valores encontravam-se acima do valor máximo permitido (VMP). A partir de maio 2012 os valores encontram-se geralmente no limite do VMP e tal como anteriormente, a partir de abril de 2013 verificou-se uma ligeira melhoria, com descida dos valores.



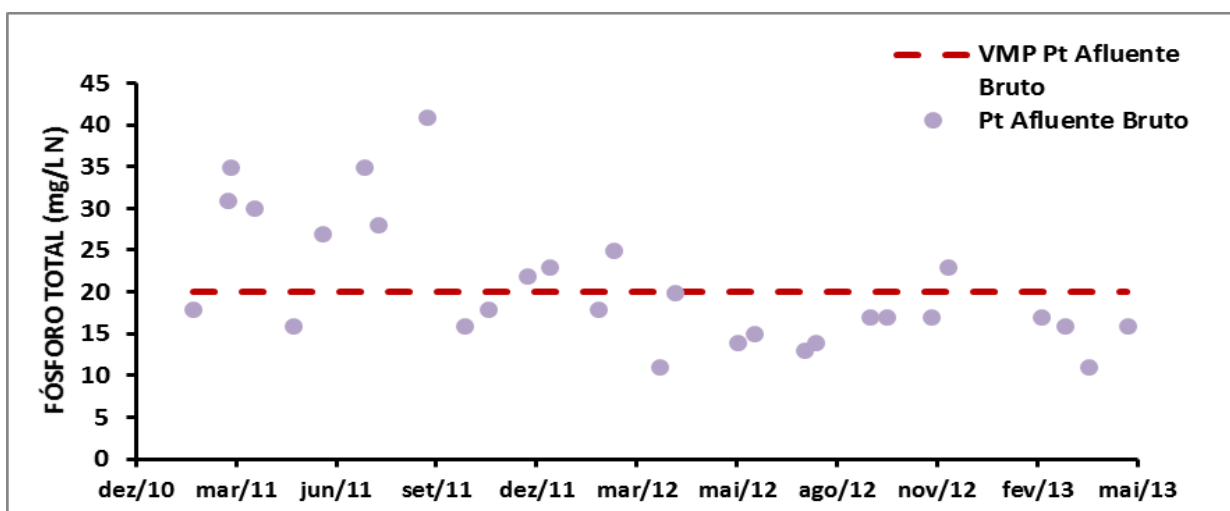
**Figura 17-** Valores de CBO<sub>5</sub> medidos no afluente bruto da ETAR de Cambres.

Os resultados analíticos do NT relativos ao afluente bruto (AB), encontram-se na figura 18. Verifica-se de um modo geral que os valores da concentração de azoto ultrapassam os valores estipulados pelo REAR-ATMAD (VMP), até maio de 2012. Os valores mais baixos foram observados nos meses de abril e maio de 2013, sugerindo mais uma vez uma relação com a qualidade dos efluentes gerados pela indústria em estudo.



**Figura 18-** Valores de Azoto Total (NT) medidos no afluente bruto da ETAR de Cambres

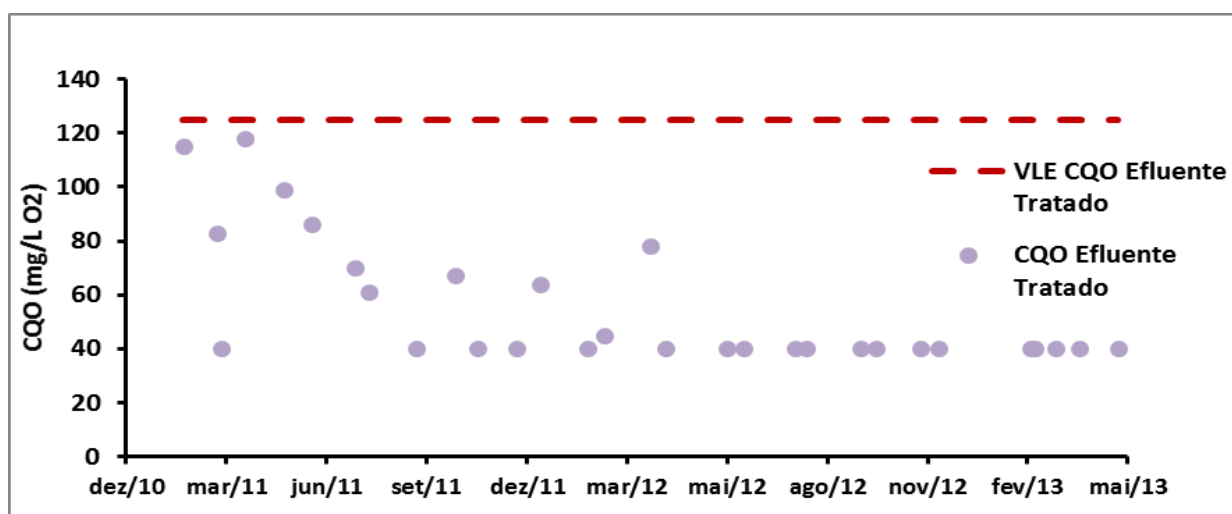
Os resultados analíticos do PT relativos ao afluente bruto (AB), encontram-se na figura 19. Observa-se, na maioria dos meses em que se analisou o parâmetro fósforo total, o valor deste se encontra acima do valor permitido pelo REAR-ATMAD (VPM).



**Figura 19-** Valores de Fósforo Total (PT) medidos no afluente bruto da ETAR de Cambres.

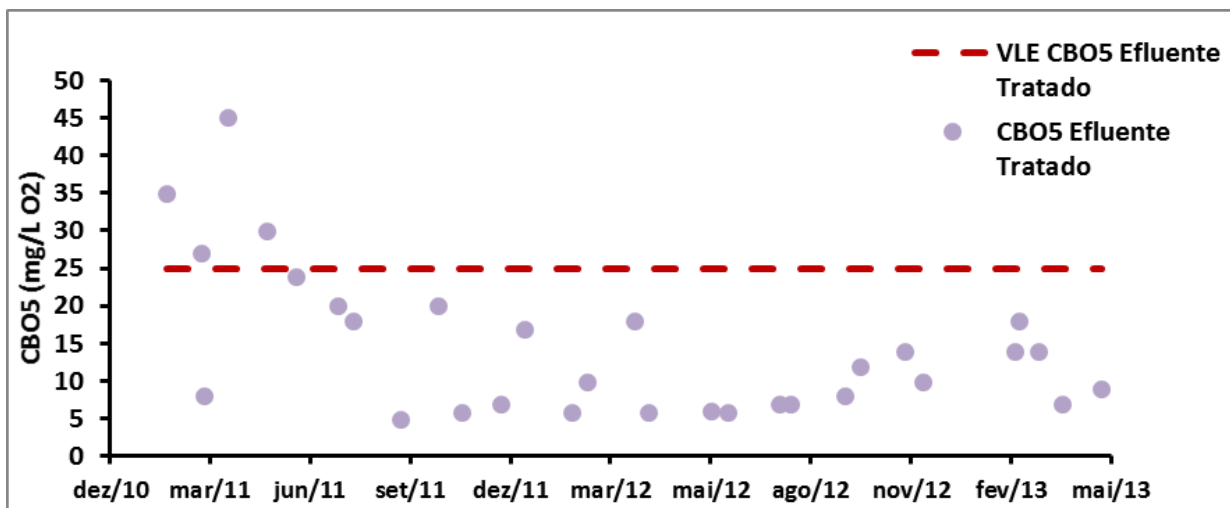
Os resultados analíticos relativos ao efluente tratado (ET) dizem respeito também à monitorização mensal, efetuada entre dezembro de 2010 e maio de 2013.

Os resultados analíticos da CQO relativos ao ET encontram-se na figura 20. Como seria de esperar, os valores de CQO do efluente tratado encontram-se sempre abaixo do valor limite de emissão (VLE). Verificou-se um aumento dos valores entre fevereiro e março de 2011, estando perto do VLE. A partir de setembro de 2011, apesar de algumas oscilações, os valores de CQO mantiveram-se baixos e constantes.



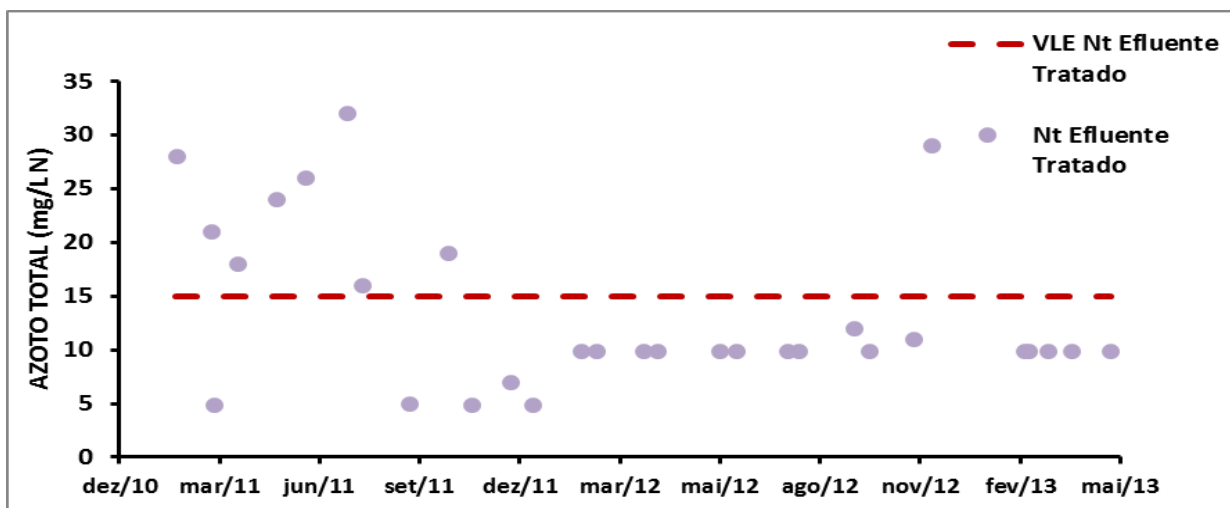
**Figura 20-** Valores de CQO medidos no efluente tratado da ETAR de Cambres.

Os resultados analíticos da CBO<sub>5</sub> relativos ao ET encontram-se na figura 21. Verifica-se que até maio de 2011, alguns dos valores de CBO<sub>5</sub> ultrapassaram o valor limite de emissão (VLE). Posteriormente os valores de CBO<sub>5</sub> mantiveram-se abaixo do valor limite de emissão, havendo contudo oscilações.



**Figura 21-** Valores de CBO5 medidos no efluente tratado da ETAR de Cambres.

Os resultados analíticos do Azoto Total (NT) relativos ao ET encontram-se na figura 22. Tal como para o parâmetro anterior, até junho de 2011 alguns dos valores de azoto total ultrapassaram o valor limite de emissão (VLE). A partir dessa altura, tirando uma exceção, os valores são inferiores ao VLE e mantiveram-se constantes ao longo dos restantes meses.

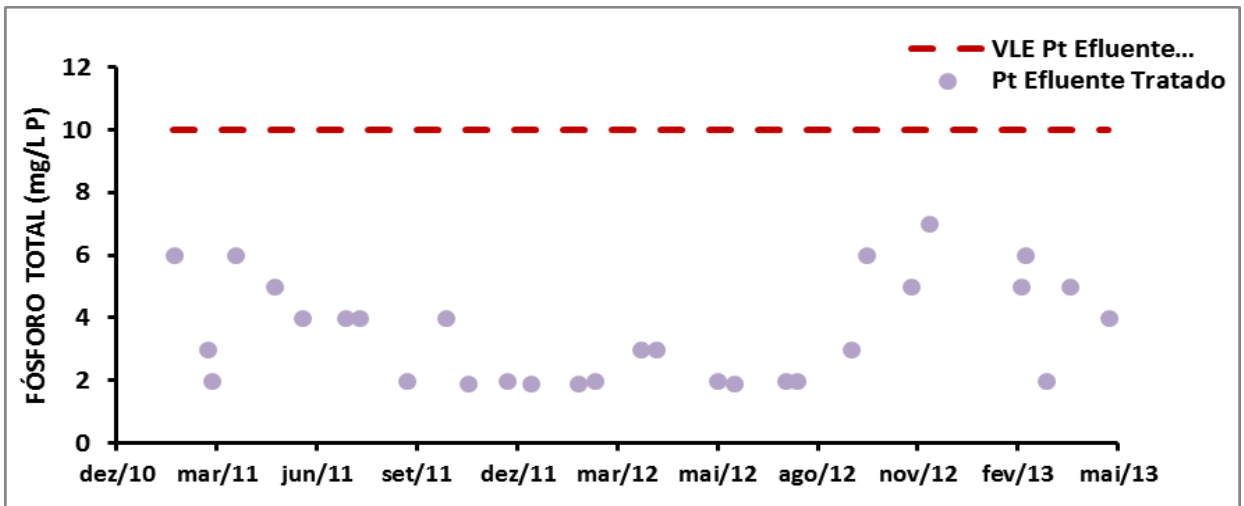


**Figura 22-** Valores de Azoto Total (NT) medidos no efluente tratado da ETAR de Cambres.

Como se verifica através da figura 21 e 22, entre Dezembro de 2010 e Junho de 2011, existiram valores de CBO<sub>5</sub> e de Azoto Total acima dos valores limite de emissão permitidos. Atendendo a que foram os dois únicos parâmetros incumpridores, optou-se por não se fazer *by-pass*.

Os resultados analíticos do Fósforo Total (PT) relativos ao ET encontram-se na figura 23.

Em todos os meses que foram analisados os valores de fósforo total, verificou-se que os mesmos se encontravam abaixo do valor limite de emissão. Apesar disso, verificaram-se alguns picos, nomeadamente em março de 2011 e novembro 2012/fevereiro 2013.



**Figura 23-** Valores de Fósforo Total (PT) medidos no efluente tratado da ETAR de Cambres.

#### 4.4 Impactos no Sistema Global da ETAR de Cambres

Verificou-se que no afluente bruto, à entrada da ETAR de Cambres, os valores de CQO nos quatro primeiros meses de 2012 (figura 16) e os valores do CBO<sub>5</sub>, em maio de 2012 (figura 17), se encontravam ambos acima do valor máximo permitido. Os valores de CQO determinados no efluente descarregado pela indústria de laticínios, ultrapassaram os valores limite de emissão, particularmente nos meses de maio de 2012 (86% das amostras excediam o valor limite, Tabela 7), sugerindo que estas situações estão dependentes. Assim, embora o efluente descarregado pela indústria de laticínios venha posteriormente a ser diluído no processo de tratamento da ETAR de Cambres, aparentemente contribuiu para o incumprimento de alguns valores máximos permitidos.

O esforço despendido no tratamento das águas residuais na ETAR de Cambres, de forma a manter o efluente tratado com valores de emissão dentro dos limites legais, conforme apresentado anteriormente, pode ser avaliado por vários parâmetros como por exemplo os acréscimos no consumo energético e no consumo de substâncias flocculantes. Nesse sentido foram também avaliados as operações do sub-sistema de águas residuais de Cambres. A operação do sub-sistema de águas residuais de Cambres, engloba todos os sub-processos, como por exemplo os *by-pass* efetuados, os reagentes usados e custos associados, ao processo de tratamento das águas residuais desta ETAR. Os resultados das operações desenvolvidas no sub-sistema de águas, na ETAR de Cambres, referentes ao período entre março de 2012 e junho de 2013, encontram-se na tabela 8.

**Tabela 8-** Resumo mensal de Operação do Sub-sistema de águas residuais AR-Cambres.

Mês/Ano	Caudal mensal (m <sup>3</sup> ) Entrada na ETAR	By-Pass (m <sup>3</sup> )	Lamas desidratadas (ton)		Sulfato de Alumínio (ton)	Consumo Energético kWh
			Total	Kg/m <sup>3</sup>		
Março 2012	15.161,0	0,0	17,51	1,15	3.990	14.614
Abril 2012	19.098,0	0,0	20,83	1,09	3.059	16.134
Maio 2012	28.819,0	134,0	35,22	1,22	5.719	17.949
Junho 2012	24.186,0	0,0	32,15	1,33	2.527	17.244
Julho 2012	21.656,0	0,0	37,84	1,75	6.916	15.283
Agosto 2012	21.561,0	1.285,0	71,28	3,31	3.259	20.114
Setembro 2012	19.499,0	0,0	28,22	1,45	5.187	17.032
Outubro 2012	21.658,0	344,0	43,06	1,99	6.384	18.701
Novembro 2012	18.533,0	0,0	35,00	1,89	4.256	17.321
Dezembro 2012	21.193,0	0,0	40,96	1,93	4.788	16.396
Janeiro 2013	32.507,0	0,0	35,14	1,08	3.990	17.915
Fevereiro 2013	29.972,0	0,0	18,46	0,62	3.857	14.600
Março 2013	41.493,0	0,0	34,36	0,83	2.926	16.494
Abril 2013	36.741,0	0,0	26,60	0,72	3.325	13.432
Maio 2013	36.163,0	0,0	28,48	0,79	3.325	15.316
Junho 2013	23.527,0	580,0	14,70	0,62	3.325	14.654

A tabela 8 relaciona o caudal mensal à entrada de ETAR e os custos associados. Nos meses de maio, agosto, outubro de 2012 e junho de 2013 efetuaram-se *by-pass*, ou seja houve necessidade de fazer descargas diretas no meio, devido a limitação de tratamento da ETAR.

Quando o afluente à ETAR (descarregado pela indústria de laticínios) apresenta uma carência de oxigénio muito elevada, como no caso dos meses de maio e agosto de 2012 (tabela 7, figura 15), pode levar também a que a cultura de microrganismos presentes no reator biológico se perca por falta de oxigénio (*washing –out*), sendo necessário que a ETAR entre em *by-pass* nos dias seguintes. Este aspeto acresce

encargos financeiros à ETAR, visto que nestes dias a ETAR não trata o efluente residual, causa danos ambientais no meio hídrico recetor, rio Douro, que recebe estes afluentes sem qualquer tipo de tratamento. De forma a recuperar essa cultura de microrganismos depuradores, é necessário proceder a inoculações de nova biomassa através do transporte de licor misto de ETAR's vizinhas, originando custos adicionais de transporte dessas lamas.

O efluente descarregado pela unidade fabril de laticínios, nomeadamente o efluente resultante da produção de soro, apresenta um cheiro incomodativo, como tal, a ETAR de Cambres teve necessidade de instalar uma linha de desodorização como resposta às queixas da população circundante. A instalação e funcionamento desta linha de desodorização, veio aumentar os custos inerentes à ETAR.

É ainda de salientar, que o tempo de recuperação de um decantador secundário pode levar até 5 dias, e, em casos extremos, pode ser mesmo necessário fazer uma lavagem completa do equipamento, levando ao *washing – out*.

Como se verifica pela tabela 8, nos meses em que se efetua *by-pass* há geralmente uma maior produção de lamas, o que implica maior esforço no seu tratamento, nomeadamente na sua desidratação, o que por si só contribui para o aumento do consumo energético. Para além deste, aumenta também o consumo de reagentes, como os floculantes (p.e. sulfato de alumínio).

De um modo geral, em situações que obrigam ao *by-pass*, a ETAR esteve a funcionar no seu máximo, houve necessidade, por exemplo, do arejador trabalhar em contínuo.

Para além dos problemas económicos que a estas descargas acarretam para a empresa, como gastos superiores de energia e de reagentes entre outros, existem também os problemas ambientais. Ao realizar-se o *by-pass* estes afluentes vão diretamente para o meio hídrico, neste caso o Rio Douro, considerado Património Mundial da Humanidade, provocando problemas graves a nível ambiental.

Por outro lado, a montante das descargas, ao longo do rio Douro existem ETA's, e estes afluentes não tratados podem provocar alterações no seu funcionamento. De facto quando ocorrem *by-pass*, o esforço destas ETA's no tratamento da água para consumo, é aumentado, dependendo sempre do efeito de diluição que ocorre, de forma a não comprometer a saúde pública.

Para além dos problemas referidos anteriormente estes *by-pass* provocam ainda alterações estéticas, uma vez que os efluentes não tratados, resultantes da indústria de laticínios, apresentam uma cor branca devido à presença de soro.

## 5 Considerações Finais

---

Os resultados mostraram que os valores dos parâmetros analisados (NT, PT e CQO), na caixa de descarga da empresa de laticínios, se encontravam muitas das vezes acima dos valores permitidos por lei. Também em relação ao afluente bruto da ETAR de Cambres se verificou que a maioria dos valores dos parâmetros analisados ultrapassou os valores estipulados por lei. Aparentemente, o efluente descarregado pela empresa de laticínios contribuiu para esta situação

Relativamente aos parâmetros analisados no efluente tratado, verifica-se que existiram problemas ao nível da carência bioquímica de oxigénio e do Azoto Total, uma vez que estes apresentaram algumas vezes valores superiores aos permitidos por lei. Por outro lado, durante o período em análise, nos casos mais extremos, a ETAR de Cambres teve que proceder, a *by-pass*, provavelmente devido ao contributo dos efluentes gerados pela empresa de laticínios.

De um modo geral, as descargas efetuadas pela empresa de laticínios provocaram problemas na ETAR de Cambres, levaram a um aumento do custo de tratamento das águas residuais para a Águas de Trás-os-Montes e Alto Douro, um aumento do tempo de funcionamento dos equipamentos, um maior desgaste nos mesmos, um aumento da energia gasta e a um aumento da quantidade de reagentes usados. Nas situações em que ocorreu o *by-pass*, os afluentes foram descarregados diretamente no meio, contribuindo para a alteração do sistema hídrico.

Apesar de todos os problemas provocados pela indústria, a ETAR, na maioria das vezes, apresentou um nível de remoção bastante elevado, cumprindo os requisitos legais impostos ao efluente descarregado para o meio hídrico recetor.

A partir de abril de 2013 os parâmetros analisados nas amostras recolhidas na caixa de descarga da indústria de laticínios, começaram a apresentar valores que se encontravam dentro dos valores estabelecidos por lei, o que indica que a indústria passou finalmente a tratar os efluentes na sua ETAR interna, cumprindo com os requisitos legais. Esta obrigação parece estar relacionada com a implementação da NP EN ISO 22000:2005 e com o processo de auditorias externas em curso.

## 6. Bibliografia

- Cerdeira, L. 2008. *Acompanhamento do Arranque/Exploração de uma ETAR*. Dissertação de Mestrado, Mestrado em Engenharia Química. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Costa, D.C. 2011. *Caracterização e Tratamento de Efluentes Resultantes Da Actividade de Produção de Queijo*. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Engenharia do Ambiente. Universidade Nova de Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 152/97 - Relativo ao tratamento das águas residuais urbanas.
- Decreto-Lei n.º 236/98 - Estabelece normas, critérios e objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos.
- Decreto-Lei n.º 306/2007 - Estabelece normas sobre a qualidade da água para consumo humano.
- Demirel, B., Yenigun, O. and Onay, T. T. 2005. *Anaerobic treatment of dairy wastewaters: a review*. Process Biochem. n. 8, p. 2583-2595.
- Drogui, P., Asselin, M., Brar, S. K., Benmoussa H. and Blais, J. 2007. *Electrochemical removal of pollutants from agro-industry wastewaters*. Scientific Briefing, p.301-310.
- Gutiérrez, J. L. R., Encina, P. A. G. and Polanco, F. F. 1991. *Anaerobic treatment of cheese production wastewater using UASB reactor*. Bioresour. Technol. n. 3, p. 271-276.
- INETI, Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial e Instituto Nacional dos Resíduos. 2001. Plano Nacional de Prevenção de Resíduos Industriais (Guia Técnico Sectorial – Indústria de Lacticínios). Lisboa, Portugal.
- Lemos, J.F.C.C. 2011. *ETA do Balsemão/ETAR de Lamego*. Relatório de Estágio, CET-Técnico de Laboratório. Instituto Politécnico de Viseu.
- Luizi, R.P.S.L. 2012. *Operação de Sistemas de Tratamento de Águas Residuais por Lamas Activadas com Arejamento Prolongado*. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Técnica de Lisboa.
- Mizubuti, I.Y. 1994. *Soro de leite: Composição, Processamento e Utilização na alimentação*. Semina: Ci. Agr., Londrina, v.15, n.1, p.80-94.
- Mota, F.S.B and Sperling, M.V. 2009. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, *Nutrientes de Esgoto Sanitário: utilização e Remoção*. Edital 5. Editora ABES. Rio de Janeiro.
- Paím, A.P.S., Pereira, E. R., Santos, H. R., Zaiat, M. 2004. Revista n.º 12, 45. *Digestão de Amostras de Águas Residuárias para Determinação de Fósforo*, URL: [http://www.revistaanalytica.com.br/ed\\_anteriores/12/digestao.pdf](http://www.revistaanalytica.com.br/ed_anteriores/12/digestao.pdf)
- Peixoto, J. 2007a. Documento adaptado das aulas de Elementos de Engenharia do Ambiente, ano letivo 2007/2008. *Laboratórios de Tecnologias Ambientais, Análises Físico-Químicas, Azoto Kjeldahl e Amoniacal*, João Peixoto. Universidade do Minho.
- Peixoto, J. 2007b. Documento adaptado das aulas de Elementos de Engenharia do Ambiente, ano letivo 2007/2008. *Laboratórios de Tecnologias Ambientais, Análises Físico-Químicas, Cor, Turbidez, pH, Temperatura, Alcalinidade e Dureza*. João Peixoto. Universidade do Minho.

- Perdigão, A.M.J. 2011. *Controlo da Qualidade e Análise de Águas de Consumo Humano*. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Química Analítica e Qualidade. Universidade de Aveiro.
- Perpetuo, E. A. s.d. *Parâmetros de caracterização da qualidade das águas e efluentes industriais*. Laboratório de Microbiologia. Centro de Pesquisa e Capacitação em Meio Ambiente (CEPEMA) – Universidade de São Paulo.
- Rivas, J., Prazeres A.R. e Carvalho F. 2011. Aerobic Biodegradation of Precoagulated Cheese Whey Wastewater. *J. Agric. Food Chem.* 59 (6), 2511-2517.
- Ruas, F.I.P. 2012. *Gestão de águas residuais pré-tratadas de queijarias*. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Engenharia do Ambiente. Instituto Politécnico de Beja
- Santos, N.S.A. 2011. *Controlo da Qualidade em Laboratório de Ensaios*. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Tecnologias Ambientais. Escola Superior de Tecnologia e Gestão Viseu, Instituto Politécnico de Viseu.
- Silva, A.C.G. 2012. *Avaliação da Contribuição das Descargas da ETAR de Alcains No Rio Ocreza – Distrito de Castelo Branco*. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Infra - Estruturas de Construção Civil. Instituto Politécnico de Castelo Branco.
- Sousa, E.R. 2001. *Noções Sobre Qualidade da Água*. Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura Secção de Hidráulica e de Recurso Hídricos e Ambientais Licenciatura e Engenharia Cívil. Instituto Superior Técnico.
- Sousa, R. J. V. 2005. *Estratégias de gestão de lamas das estações de tratamento de águas residuais (ETAR). Extrusão de lamas para aplicação na agricultura*. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

### Webgrafia:

URL: <http://www.microagua.pt/nitratos.htm>, acedido em abril de 2013

URL: <http://www.apda.pt/site/upload/FT-QI-13-Amonio.pdf> , acedido em abril de 2013

URL: <http://www.ideiasambientais.com.pt/agua.html>, acedido em abril de 2013

URL: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas#turbidez> , acedido em abril de 2013

URL: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas#ferro>, acedido em Abril de 2013,

URL: <http://www.aguasguararoba.com.br/agua/sga>, acedido em abril de 2013

URL: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas#aluminio>, acedido em Abril de 2013

URL: [http://www.laticinio.net/inf\\_tecnicas.asp?cod=366](http://www.laticinio.net/inf_tecnicas.asp?cod=366), acedido em maio de 2013

URL: <http://www.aguas-tmad.pt/>, acedido em maio de 2013

URL:<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas#condutividade>, acessado em maio de 2013

URL:[http://www.cimm.com.br/portal/material\\_didatico/3669-efluentes-industriais#.UlsJKtLU-v8](http://www.cimm.com.br/portal/material_didatico/3669-efluentes-industriais#.UlsJKtLU-v8), acessado em outubro de 2013

URL: [http://www.programaaguaazul.rn.gov.br/indicadores\\_03.php](http://www.programaaguaazul.rn.gov.br/indicadores_03.php), acessado em outubro de 2013

URL:[www.esac.pt/noronha/manuais/seguranca\\_alimentar\\_queijos.pdf](http://www.esac.pt/noronha/manuais/seguranca_alimentar_queijos.pdf), acessado em outubro de 2013

URL: <http://www.adp.pt/>, acessado em outubro de 2013

## **Anexos**

## Anexo A - Metodologias

### A. 1- Métodos analíticos efetuados no laboratório de controlo analítico interno da ETAR de Lamego

#### ✚ Procedimento para determinação dos SST:

1. Secar os filtros na estufa a 103°C-105°C durante aproximadamente 24h. Retirar os da estufa e deixar arrefecer no exsiccador durante pelo menos 30 minutos;
2. Pesar os filtros antes de se usar e anotar o valor;
3. Medir um volume de amostra, podendo usar-se 5-10 ml para amostras de lama ativa, 25-50 ml para amostra de afluente bruto, 50-250 ml no caso de efluentes tratados e de rios. Este procedimento é executado com uma proveta graduada de volume adequado, e de forma a obter a melhor precisão possível aferir com uma pipeta de Pasteur;
4. Colocar o filtro no sistema de filtração e começar a sucção;
5. Fazer passar o volume da amostra selecionada através de um filtro de fibra de vidro;
6. Retirar o filtro com o resíduo com a ajuda de uma pinça e colocar no papel de alumínio;
7. Secar na estufa a 103-105°C durante, pelo menos, 30 minutos (figura A.1);
8. Arrefecer e pesar o filtro + resíduo seco, anotando o valor e calcular a quantidade de SST.

#### ✚ Fórmula para o cálculo dos SST:

$$SSTmg / L = \frac{massa_{(filtro+residuo\ seco)} - massa_{(filtro)}}{Volume\ amostra} \times 1000$$



**Figura A. 1-** Filtros na estufa INDELAB.

### ✚ Procedimento para determinação dos SSV:

1. Ligar a mufla a 450°C, e esperar que a temperatura estabilize;
2. Após arrefecimento dos filtros com o resíduo seco (estes anteriormente utilizados para determinação dos SST), com a ajuda de uma garra, colocar os filtros na mufla (figura A.2), durante 30 minutos;
3. Passados os 30 minutos retirar os filtros, pesar e anotar o valor da massa do filtro + amostra incinerada;
4. Calcular a quantidade de SSV.



**Figura A. 2-** Mufla HOBERSAL HD-150.

### ✚ Fórmula para o cálculo dos SSV:

$$SSV_{mg/L} = \frac{massa_{(filtro+resíduo\ incinerado)} - massa_{(filtro+resíduo\ seco)}}{Volume\ amostra} \times 1000$$

#### **✚ Procedimento para a determinação do Volume de Assentamento de Lamas:**

1. Homogeneizar a amostra;
2. Verter a amostra para o cone de Imhoff;
3. Colocar o relógio cronometrado para 30 minutos;
4. Após este período de tempo efetuar a leitura da lama assente no cone;
5. Registrar o volume de assentamento de lamas.

#### **✚ Procedimento para a determinação da Carência Química de Oxigênio (CQO):**

1. Antes de dar início à realização da análise deixar sempre a amostra atingir a temperatura ambiente;
2. Homogeneizar a amostra (a amostra deve ser diluída para valores de CQO elevados);
3. Pipetar o volume da amostra para os tubos do Kit CQO (dependendo da gama a usar) indicado na tabela A.1, fechar bem o tubo, e invertê-lo suavemente para homogeneizar completamente a amostra;
4. Colocar o tubo no termorreator (figura A.3) durante duas horas, a uma temperatura de 148°C;
5. Retirar o tubo cuidadosamente do termorreator, transferi-lo para um suporte de tubos de forma a arrefecer lentamente, à temperatura ambiente;
6. Ao fim de 10 minutos agitar o tubo, deixar repousar e ler no fotómetro.

**TABELA A. 1-** Gama de CQO e o respetivo volume de amostra.

<b>Intervalo de CQO mg/L O<sub>2</sub></b>	<b>Volume da amostra (mL)</b>
<b>4.0 – 40.0</b>	3.0
<b>15 – 300</b>	2.0
<b>25 – 1500</b>	3.0
<b>500 – 10000</b>	1.0



**Figura A. 3-** Termoreactor com kit's de CQO (Merch espectroquant TR 420).

#### **✚ Procedimento para determinação da Carência Bioquímica de Oxigênio (CBO):**

1. Homogeneizar a amostra e passar o frasco pela respectiva amostra;
2. Com a ajuda de um balão volumétrico, colocar o volume adequado de amostra no frasco de vidro âmbar (ter em conta que 70% da CQO = x mg/L de CBO<sub>5</sub> esperado, para a correta determinação do volume de amostra a colocar), bem como o inibidor de Nitrificação (N-allythiourea, 98%), consultando a tabela A.2 para saber a quantidade de inibidor a usar;
3. Colocar um agitador magnético e a cápsula de borracha em cada frasco;
4. Colocar duas pastilhas de Hidróxido de Sódio na cápsula com a ajuda de uma pinça (ATENÇÃO: as pastilhas de NaOH não podem entrar em contacto com a amostra);
5. Enroscar o cabeçal do OXITOP diretamente no frasco bem apertado (figura A.4);
6. Premir os botões S e M simultaneamente durante 2 segundos até que o mostrador mostre “00” (início da medição);
7. Colocar os frascos na incubadora a 20°C, com o sistema de agitação indutiva, durante 5 dias. Ao fim de 5 dias pressionar o botão “S” para efetuar a leitura.

**TABELA A. 2-** Valores correspondentes à seleção do volume de amostra e inibidor.

<b>CBO<sub>5</sub> esperada mg/L</b>	<b>Volume da amostra (mL)</b>	<b>Fator</b>	<b>Inibidor (nº de gotas de allythiourea)</b>
<b>0 – 40</b>	432	1	9
<b>0 – 80</b>	365	2	7
<b>0 – 200</b>	250	5	5
<b>0 – 400</b>	164	10	4
<b>0 – 800</b>	97	20	2
<b>0 - 2000</b>	43,5	50	1
<b>0 - 4000</b>	22,7	100	0,5

**✚ Fórmula para o cálculo da CBO<sub>5</sub>:**

$$\text{Valor medido (5º dia)} \times \text{Fator} = \text{CBO}_5 \text{ em mg/L}$$

**Caso se utilizem amostras diluídas, então a fórmula será a seguinte:**

$$\text{Valor medido (5º dia)} \times \text{Factor} \times \text{Factor de diluição} = \text{CBO}_5 \text{ em mg/L}$$



**Figura A. 4-** Sistema de medição OXITOP.

**✚ Procedimento para a determinação do azoto total (NT) Gama Alta (10-150 mg/L N):**

1. Homogeneizar a amostra para obter exatidão e reprodutibilidade;
2. Etiquetar e destapar os tubos de digestão vazios;
3. Colocar nos tubos com uma micropipeta 9 ml de água destilada e 1ml da amostra;
4. Adicionar uma colher do reagente N-1K e 6 gotas do reagente N-2K;
5. Fechar bem os tubos, segura-los pela tampa e inverte-los algumas vezes para homogeneizar completamente;
6. Colocá-los no digestor durante 1 hora a 120°C;
7. Retirar os tubos cuidadosamente, transferi-los para uma grade de suporte de forma a arrefecerem lentamente, à temperatura ambiente;
8. Depois de arrefecido transferir 1 ml da amostra digerida para o tubo Kit, adicionar 1 ml do reagente N-3K;
9. Inverter os tubos cuidadosamente, pois os tubos aquecem;
10. Esperar 10 minutos para que estes arrefeçam e se dê a reação;
11. Efetuar a leitura no fotómetro.

**✚ Procedimento para determinação do azoto total (NT) Gama Baixa (0,5-15 mg/L N):**

1. Homogeneizar a amostra para obter exatidão e reprodutibilidade;
2. Etiquetar e destapar os tubos de digestão vazios;
3. Adicionar com uma micropipeta 10 ml da amostra previamente homogeneizada;
4. Adicionar uma colher do reagente N-1K e 6 gotas do reagente N-2K;
5. Fechar os tubos, segura-los pela tampa e invertê-los algumas vezes para homogeneizarem completamente;
6. Colocá-los no digestor durante 1h a 120°C;
7. Retirar os tubos cuidadosamente, transferi-los para uma grade de suporte de forma a arrefecerem lentamente, à temperatura ambiente;

8. Depois de arrefecido colocar uma colher do reagente N-3K, agitar energeticamente durante cerca de 1 minuto e transferir 1,5 ml da amostra digerida para o tubo Kit;
9. Inverter os tubos cuidadosamente, pois os tubos aquecem, para homogeneizarem completamente;
10. Esperar 10 min para que estes arrefeçam e se dê a reação;
11. Efetuar a leitura no fotómetro.

**✚ Procedimento para determinação do Fósforo Total (PT) (0,5-25 mg/L P):**

1. Homogeneizar a amostra para obter exatidão e reprodutibilidade;
2. Etiquetar os tubos do Kit;
3. Adicionar com uma micropipeta, 1 ml da amostra previamente homogeneizada e adicionar uma dose do reagente P-1K;
4. Fechar os tubos, segurá-los pela tampa e inverte-los algumas vezes para homogeneizarem completamente;
5. Coloca-los de seguida no digestor durante 30 minutos a 120°C (figura A.5);
6. Retirar os tubos cuidadosamente, transferi-los para uma grade de suporte de forma a arrefecerem lentamente, à temperatura ambiente;
7. Adicionar 5 gotas do reagente P-2K e agitar;
8. Introduzir 1 dose do reagente P-3K e agitar até completa mistura do reagente;
9. Fechar bem os tubos, inverte-los, algumas vezes para homogeneizarem completamente, esperar 5 minutos para que a reação se dê;
10. Efetuar a leitura no fotómetro.



**Figura A. 5-** Termoreactor com kit's de fósforo e azoto.

**✚ Procedimento para determinação dos nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ):**

1. Homogeneizar a amostra para obter exatidão e reprodutibilidade;
2. Etiquetar os tubos do Kit;
3. Abrir os tubos e com uma micropipeta colocar 1 ml da amostra;
4. De seguida colocar 1 ml do reagente  $\text{NO}_3^-$ -1K;
5. Fechar bem os tubos, segurá-los pela tampa e inverte-los algumas vezes para homogeneizar completamente;
6. Esperar 10 minutos para que a reação se dê;
7. Efetuar a leitura no fotómetro.

**✚ Procedimento para a determinação da amónia ( $\text{NH}_4^+$ ):**

1. Homogeneizar a amostra para obter exatidão e reprodutibilidade;
2. Etiquetar os tubos do kit;
3. Adicionar com uma micropipeta, 0,5 ml da amostra e adicionar uma dose do reagente  $\text{NH}_4^+$ -1K;

4. Fechar bem os tubos, segurá-los pela tampa e invertê-los algumas vezes para homogeneizarem completamente;
5. Esperar 15 min para que a reação se dê (figura A.6);
6. Efetuar a medição no fotômetro;



**Figura A. 6-** Kit de NH<sub>4</sub>.

## **A. 2- Métodos analíticos efetuados no laboratório de controlo analítico interno da ETA do Vilar**

### **✚ Procedimento para determinação do Manganês (Mn):**

1. Colocar 10 mL de amostra a analisar num copo;
2. Adicionar 8 gotas de Mn-1 (figura A.7);
3. Agitar a solução até dissolução completa da solução;
4. Adicionar 4 gotas do reagente Mn-2;
5. Deixar repousar a solução durante 2 minutos (tempo de reação);
6. Passados os 2 minutos, adicionar 4 gotas do reagente Mn-3;
7. Deixar repousar 3 minutos (tempo de reação);
8. Encher a cuvete com a solução a analisar;
9. Selecionar o método, introduzindo o tubo Auto Seletor (figura A.8) no aparelho, de modo a que a lista do tubo coincida com a lista presente no fotômetro;
10. Colocar a cuvete no fotômetro e aguardar a leitura.



**Figura A. 7-** Reagentes de Manganês.



**Figura A. 8-** Auto seletor do Manganês.

**✚ Procedimento para determinação de Ferro dissolvido (Fe):**

1. Colocar 10 mL da amostra a analisar num copo;
2. Adicionar 6 gotas do reagente Fe-1 (figura A.9);
3. Agitar a solução até dissolução completa da solução;
4. Deixar repousar a solução durante 3 minutos (tempo de reação);
5. Encher a cuvete com a solução a analisar;
6. Selecionar o método, introduzindo o Auto Seletor (figura A.10) no aparelho, de modo a que a lista do tubo coincida com a lista presente no fotómetro;
7. Colocar a cuvete no fotómetro e aguardar a leitura.



**Figura A. 7-** Reagente de ferro.



**Figura A. 8-** Auto seletor do ferro.

**✚ Procedimento para determinação do Alumínio dissolvido (Al):**

1. Colocar 10 mL da amostra a analisar num copo;
2. Adicionar duas microcolheres azuis rasas de reativo Al-1;
3. Agitar a solução até dissolução completa do reativo Al-1;
4. Adicionar 2,4 ml do reativo Al-2 com a ajuda de uma micropipeta;
5. Agitar a solução até dissolução completa do reativo Al-2;
6. Adicionar 0,5 mL de reativo Al-3 com a ajuda de uma micropipeta;
7. Deixar repousar a solução durante 2 minutos (tempo de reação);
8. Encher a cuvete com a solução a analisar;
9. Selecionar o método, introduzindo o Auto seletor no aparelho, de modo a que a lista do tubo coincida com a lista presente no fotómetro;
10. Colocar a cuvete no fotómetro e aguardar a leitura.

**✚ Procedimento para determinação da cor:**

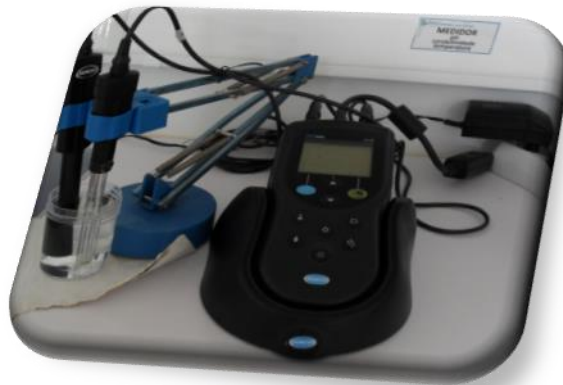
1. Encher a cuvete de 50 mm com a solução a analisar;
2. Selecionar o método 032 (selecionar em F2 o número 32);
3. Colocar a cuvete no fotómetro e aguardar a leitura (figura A.11);



**Figura A. 91-** Fotómetro Spectroquant Nova 60

**✚ Procedimento para a determinação da condutividade:**

1. Lavar a sonda com água destilada;
2. Colocar uma porção de amostra num copo;
3. Colocar a sonda na amostra de modo a que o orifício desta fique completamente mergulhado na amostra (figura A.12);
4. Realizar movimentos circulares lentos com a sonda e esperar que o valor se estabilize e registar o valor;
5. Retirar a sonda da amostra e lavar novamente com água destilada;
6. Secar a sonda com papel absorvente.



**Figura A. 10-** Potenciómetro/Condutivímetro (HQ 40d-HACH)

**✚ Procedimento para a determinação da turvação:**

1. Homogeneizar a amostra;
2. Enxaguar a célula com a amostra pretendida;
3. Encher a célula com a amostra;
4. Agitar cuidadosamente a célula, invertendo-a;
5. Limpar a célula com papel absorvente;
6. Levantar a tampa do turbidímetro e colocar a célula a rodar 360°;
7. Fechar a tampa do turbidímetro (figura A.13);
8. Esperar que o valor estabilize e registar.



**Figura A. 11-** Turbidímetro (Turbidimeter 2100N-Hach)

## Anexo B - Dados experimentais

### B. 1- Dados experimentais da caixa de descarga da indústria de laticínios

TABELA B. 1- Dados experimentais do Azoto Total (NT) no efluente descarregado pela indústria de laticínios.

Data	Valor (mg/L)	Data	Valor (mg/L)	Data	Valor (mg/L)
04-06-2012	80	13-07-2012	61	12-10-2012	150
05-06-2012	102	14-07-2012	78	16-10-2012	107
05-06-2012	86	16-07-2012	60	17-10-2012	100
06-06-2012	136	17-07-2012	60	19-10-2012	95
08-06-2012	142	17-07-2012	210	22-10-2012	73
08-06-2012	133	18-07-2012	60	24-10-2012	65
09-06-2012	130	19-07-2012	70	25-10-2012	52
10-06-2012	123	20-07-2012	72	29-10-2012	37
11-06-2012	79	24-07-2012	45	31-10-2012	48
11-06-2012	95	25-07-2012	85	02-11-2012	45
12-06-2012	82	26-07-2012	90	05-11-2012	42
12-06-2012	39	27-07-2012	149	07-11-2012	47
12-06-2012	77	30-07-2012	92	09-11-2012	64
13-06-2012	83	31-07-2012	104	16-11-2012	64
13-06-2012	75	01-08-2012	49	20-11-2012	100
13-06-2012	77	02-08-2012	82	29-11-2012	81
13-06-2012	79	03-08-2012	8	06-12-2012	90
14-06-2012	86	03-08-2012	95	11-12-2012	176
14-06-2012	78	06-08-2012	66	20-12-2012	73
14-06-2012	91	07-08-2012	73	27-12-2012	134
14-06-2012	71	09-08-2012	84	04-01-2013	153
15-06-2012	63	13-08-2012	98	10-01-2013	68
17-06-2012	66	16-08-2012	149	18-01-2013	35
18-06-2012	31	17-08-2012	48	26-01-2013	55
20-06-2012	74	20-08-2012	62	31-01-2013	55
21-06-2012	61	22-08-2012	150	08-02-2013	51
22-06-2012	87	24-08-2012	156	12-02-2013	143
23-06-2012	118	27-08-2012	156	19-02-2013	100
24-06-2012	88	29-08-2012	384	01-03-2013	45
25-06-2012	49	31-08-2012	183	08-03-2013	68
26-06-2012	116	04-09-2012	129	12-03-2013	188
27-06-2012	113	06-09-2012	135	19-03-2013	106
28-06-2012	95	07-09-2012	148	28-03-2013	61
29-06-2012	92	10-09-2012	172,9	05-04-2013	53
30-06-2012	135	12-09-2012	158	10-04-2013	56
02-07-2012	84	14-09-2012	146	19-04-2013	56
03-07-2012	95	17-09-2012	124	24-04-2013	89
04-07-2012	164	19-09-2012	150	03-05-2013	55
05-07-2012	115	20-09-2012	152	07-05-2013	65
05-07-2012	216	24-09-2012	124	17-05-2013	32
06-07-2012	132	26-09-2012	108	24-05-2013	26
07-07-2012	156	28-09-2012	146	28-05-2013	0
08-07-2012	174	01-10-2012	106	07-06-2013	0
10-07-2012	79	03-10-2012	94	11-06-2013	0
11-07-2012	78	08-10-2012	110		
12-07-2012	74	10-10-2012	124		

**TABELA B. 2-** Dados experimentais do Fósforo Total (PT) no efluente descarregado pela indústria de laticínios.

<b>Data</b>	<b>Valor (mg/L)</b>	<b>Data</b>	<b>Valor (mg/L)</b>	<b>Data</b>	<b>Valor (mg/L)</b>
04-06-2012	63	11-07-2012	74,4	03-10-2012	81,5
05-06-2012	59	12-07-2012	75,5	08-10-2012	81,5
05-06-2012	54	13-07-2012	74	10-10-2012	81,5
06-06-2012	84	14-07-2012	76,8	12-10-2012	91
08-06-2012	95	16-07-2012	72	16-10-2012	80,8
08-06-2012	90,8	17-07-2012	70,8	17-10-2012	80
09-06-2012	83	17-07-2012	105	19-10-2012	82,4
10-06-2012	78	18-07-2012	75,5	22-10-2012	84,8
11-06-2012	51	19-07-2012	76	24-10-2012	82,4
11-06-2012	62	20-07-2012	76	25-10-2012	83,2
12-06-2012	58	24-07-2012	43,5	29-10-2012	78,4
12-06-2012	30	25-07-2012	51	31-10-2012	92,8
12-06-2012	57	26-07-2012	77,5	02-11-2012	78
13-06-2012	61	27-07-2012	96	05-11-2012	76
13-06-2012	56	30-07-2012	82	07-11-2012	75,6
13-06-2012	57	31-07-2012	81	09-11-2012	82,4
13-06-2012	59	01-08-2012	36	16-11-2012	76
14-06-2012	58	02-08-2012	59	20-11-2012	98
14-06-2012	57	03-08-2012	7,2	20-11-2012	88
14-06-2012	64	03-08-2012	76,5	06-12-2012	104
14-06-2012	58	06-08-2012	63	11-12-2012	115,5
15-06-2012	60	07-08-2012	66,5	20-12-2012	86
17-06-2012	51	09-08-2012	83,5	27-12-2013	109
18-06-2012	24	13-08-2012	77	04-01-2013	103
19-06-2012	52	16-08-2012	95,5	10-01-2013	108
20-06-2012	57,5	17-08-2012	33	18-01-2013	69
21-06-2012	38	20-08-2012	105	26-01-2013	75
22-06-2012	59	22-08-2012	104,5	31-01-2013	78
23-06-2012	70	24-08-2012	99	08-02-2013	72
24-06-2012	53,5	27-08-2012	100,5	12-02-2013	81
25-06-2012	25	29-08-2012	122,5	19-02-2013	74
26-06-2012	66,5	31-08-2012	98,4	01-03-2013	75
27-06-2012	69	04-09-2012	90	08-03-2013	60
28-06-2012	66,5	06-09-2012	92	12-03-2013	133
29-06-2012	70,5	07-09-2012	93	19-03-2013	56
30-06-2012	99,5	10-09-2012	99	28-03-2013	33
02-07-2012	68,5	12-09-2012	96	05-04-2013	41
03-07-2012	75	14-09-2012	94	10-04-2013	46
04-07-2012	92	17-09-2012	89	19-04-2013	53
05-07-2012	91	19-09-2012	93	24-04-2013	42
05-07-2012	101	20-09-2012	95	03-05-2013	50
06-07-2012	82	24-09-2012	91	07-05-2013	56
07-07-2012	81	26-09-2012	86,5	17-05-2013	53
08-07-2012	81	28-09-2012	82	24-05-2013	55
10-07-2012	80,5	01-10-2012	80,5		

**TABELA B. 3-** Dados experimentais do CQO no efluente descarregado pela indústria de laticínios.

<b>Data</b>	<b>Valor (mg/L)</b>	<b>Data</b>	<b>Valor (mg/L)</b>	<b>Data</b>	<b>Valor (mg/L)</b>
18-02-2011	27570	07-06-2011	1375	15-07-2011	990
23-02-2011	1875	08-06-2011	855	16-07-2011	585
24-02-2011	1495	09-06-2011	1035	17-07-2011	560
24-02-2011	1745	13-06-2011	630	18-07-2011	2480
25-02-2011	3805	14-06-2011	847	19-07-2011	1505
10-03-2011	7950	15-06-2011	468	20-07-2011	530
04-04-2011	12915	16-06-2011	1305	21-07-2011	790
07-04-2011	3050	17-06-2011	765	22-07-2011	1098
28-04-2011	2850	20-06-2011	274	23-07-2011	530
02-05-2011	3475	21-06-2011	1455	24-07-2011	370
03-05-2011	1450	22-06-2011	612	25-07-2011	3365
05-05-2011	1575	24-06-2011	792	25-07-2011	7680
06-05-2011	1365	27-06-2011	655	26-07-2011	1005
09-05-2011	1280	28-06-2011	3455	27-07-2011	400
10-05-2011	1030	29-06-2011	3705	28-07-2011	380
11-05-2011	2234	29-06-2011	3720	29-07-2011	362
12-05-2011	1580	30-06-2011	1875	01-08-2011	3710
13-05-2011	3845	01-07-2011	1395	02-08-2011	503
16-05-2011	7980	02-07-2011	1521	03-08-2011	262
17-05-2011	2040	03-07-2011	1748	04-08-2011	336
18-05-2011	1170	04-07-2011	1426	05-08-2011	382
19-05-2011	924	04-07-2011	1730	08-08-2011	958
20-05-2011	606	05-07-2011	1244	09-08-2011	899
23-05-2011	703	06-07-2011	991	10-08-2011	550
25-05-2011	573	07-07-2011	1348	11-08-2011	1055
26-05-2011	562	08-07-2011	1276	12-08-2011	724
27-05-2011	894	09-07-2011	746	16-08-2011	464
30-05-2011	283	10-07-2011	830	17-08-2011	1051
31-05-2011	1084	11-07-2011	1574	18-08-2011	618
01-06-2011	659	12-07-2011	566	19-08-2011	722
02-06-2011	1305	13-07-2011	684	22-08-2011	1463
06-06-2011	2290	14-07-2011	2570	24-08-2011	1182

**TABELA B. 4-** Dados experimentais do CQO no efluente descarregado pela indústria de laticínios (cont.).

<b>Data</b>	<b>Valor (mg/L)</b>	<b>Data</b>	<b>Valor (mg/L)</b>	<b>Data</b>	<b>Valor (mg/L)</b>
25-08-2011	700	27-10-2011	1398	19-12-2011	5390
26-08-2011	985	31-10-2011	4370	20-12-2011	3570
29-08-2011	850	02-11-2011	6465	21-12-2011	1625
31-08-2011	311	03-11-2011	422	21-12-2011	1710
05-09-2011	4389	04-11-2011	2585	22-12-2011	1205
07-09-2011	432	07-11-2011	2460	22-12-2011	1310
12-09-2011	467	08-11-2011	1415	23-12-2011	1200
14-09-2011	1720	10-11-2011	6585	28-12-2011	1395
16-09-2011	1885	10-11-2011	11480	04-01-2012	998
19-09-2011	2690	11-11-2011	515	05-01-2012	1009
20-09-2011	2595	11-11-2011	2500	08-02-2012	1015
21-09-2011	3245	15-11-2011	1345	15-02-2012	695
22-09-2011	2650	17-11-2011	3360	23-02-2012	833
23-09-2011	4585	22-11-2011	27165	28-02-2012	732
26-09-2011	367	23-11-2011	1345	06-03-2012	961
28-09-2011	2325	24-11-2011	3980	07-03-2012	107
30-09-2011	3560	25-11-2011	1320	09-03-2012	806
03-10-2011	1880	28-11-2011	1670	13-03-2012	661
03-10-2011	5650	29-11-2011	810	14-03-2012	1129
07-10-2011	860	30-11-2011	400	15-03-2012	780
12-10-2011	2445	02-12-2011	600	16-03-2012	705
13-10-2011	2885	05-12-2011	153	20-03-2012	1735
14-10-2011	7775	05-12-2011	3890	21-03-2012	890
17-10-2011	1458	05-12-2011	6405	22-03-2012	1570
18-10-2011	3685	06-12-2011	14565	23-03-2012	1485
19-10-2011	750	07-12-2011	405	23-03-2012	1945
20-10-2011	564	09-12-2011	1440	24-03-2012	1540
21-10-2011	11350	15-12-2011	4135	24-03-2012	1860
24-10-2011	824	16-12-2011	1250	26-03-2012	800
25-10-2011	693	16-12-2011	1670	27-03-2012	708

**TABELA B. 5-** Dados experimentais do CQO no efluente descarregado pela indústria de laticínios (cont.).

<b>Data</b>	<b>Valor (mg/L)</b>	<b>Data</b>	<b>Valor (mg/L)</b>	<b>Data</b>	<b>Valor (mg/L)</b>
28-03-2012	995	09-06-2012	1075	02-07-2012	338
29-03-2012	570	10-06-2012	1063	04-07-2012	268
02-04-2012	287	11-06-2012	727	03-07-2012	272
03-04-2012	976	11-06-2012	864	05-07-2012	459
04-04-2012	1036	12-06-2012	824	05-07-2012	2082
05-04-2012	851	12-06-2012	445	06-07-2012	720
09-04-2012	696	12-06-2012	825	07-07-2012	372
10-04-2012	1176	13-06-2012	865	08-07-2012	478
11-04-2012	1495	13-06-2012	781	10-07-2012	417
12-04-2012	840	13-06-2012	769	11-07-2012	324
13-04-2012	805	13-06-2012	793	12-07-2012	322
16-04-2012	551	14-06-2012	768	13-07-2012	473
18-04-2012	545	14-06-2012	732	18-07-2012	487
19-04-2012	531	14-06-2012	799	14-07-2012	767
20-04-2012	583	14-06-2012	672	16-07-2012	466
23-04-2012	1176	15-06-2012	636	17-07-2012	436
27-04-2012	714	17-06-2012	457	17-07-2012	1835
02-05-2012	1570	18-06-2012	224	19-07-2012	543
03-05-2012	995	19-06-2012	265	20-07-2012	569
08-05-2012	1625	20-06-2012	485	24-07-2012	402
09-05-2012	1485	21-06-2012	360	25-07-2012	705
10-05-2012	1950	22-06-2012	465	26-07-2012	821
11-05-2012	2120	25-06-2012	345	27-07-2012	1645
14-05-2012	2730	23-06-2012	677	30-07-2012	1058
04-06-2012	935	24-06-2012	412	31-07-2012	1179
05-06-2012	877	26-06-2012	428	01-08-2012	526
05-06-2012	713	27-06-2012	493	02-08-2012	967
06-06-2012	1172	28-06-2012	417	03-08-2012	198
08-06-2012	1214	29-06-2012	563	03-08-2012	1233
08-06-2012	1114	30-06-2012	380	06-08-2012	845

**TABELA B. 6-** Dados experimentais do CQO no efluente descarregado pela indústria de laticínios (cont.).

<b>Data</b>	<b>Valor (mg/L)</b>	<b>Data</b>	<b>Valor (mg/L)</b>	<b>Data</b>	<b>Valor (mg/L)</b>
07-08-2012	972	17-10-2012	313	28-03-2013	565
09-08-2012	1175	19-10-2012	339	05-04-2013	500
13-08-2012	1553	22-10-2012	326	10-04-2013	570
16-08-2012	2190	24-10-2012	301	24-04-2013	875
17-08-2012	625	25-10-2012	270	19-04-2013	500
20-08-2012	2315	29-10-2012	359	03-05-2013	360
22-08-2012	1820	31-10-2012	520	07-05-2013	790
24-08-2012	1690	02-11-2012	485		
27-08-2012	1655	05-11-2012	498		
29-08-2012	6200	07-11-2012	606		
31-08-2012	2545	09-11-2012	833		
04-09-2012	1470	16-11-2012	656		
06-09-2012	1390	20-11-2012	834		
07-09-2012	1460	29-11-2012	1060		
10-09-2012	1505	06-12-2012	2090		
12-09-2012	1385	11-12-2012	2390		
14-09-2012	1385	20-12-2012	1135		
17-09-2012	1128	27-12-2012	1630		
19-09-2012	1343	10-01-2013	1060		
20-09-2012	1655	04-01-2013	1945		
24-09-2012	1335	18-01-2013	570		
26-09-2012	1165	31-01-2013	371		
28-09-2012	1556	08-02-2013	456		
01-10-2012	1200	26-01-2013	390		
02-10-2012	1141	12-02-2013	1606		
03-10-2012	1053	19-02-2013	1172		
08-10-2012	787	01-03-2013	450		
10-10-2012	626	08-03-2013	420		
12-10-2012	881	12-03-2013	4915		
16-10-2012	309	19-03-2013	850		

## B. 2- Dados experimentais do efluente tratado (ET)

TABELA B. 7- Dados experimentais do CQO no efluente tratado.

Data	Valor (mg/L O <sub>2</sub> )	VLE
28-01-2011	115	125
28-02-2011	83	
03-03-2011	<40(l.q.)	
24-03-2011	118	
28-04-2011	99	
24-05-2011	86	
01-07-2011	70	
14-07-2011	61	
26-08-2011	<40(l.q.)	
29-09-2011	67	
20-10-2011	<40(l.q.)	
24-11-2011	<40(l.q.)	
15-12-2011	64	
27-01-2012	<40(l.q.)	
10-02-2012	45	
23-03-2012	78	
05-04-2012	<40(l.q.)	
31-05-2012	<40(l.q.)	
15-06-2012	<40(l.q.)	
31-07-2012	<40(l.q.)	
10-08-2012	<40(l.q.)	
28-09-2012	<40(l.q.)	
12-10-2012	<40(l.q.)	
21-11-2012	<40(l.q.)	
07-12-2012	<40(l.q.)	
28-02-2013	<40(l.q.)	
04-03-2013	<40(l.q.)	
22-03-2013	<40(l.q.)	
12-04-2013	<40(l.q.)	
17-05-2013	<40(l.q.)	

**TABELA B. 8-** Dados experimentais do CBO5 no efluente tratado.

<b>Data</b>	<b>Valor (mg/L O<sub>2</sub>)</b>	<b>VLE</b>
28-01-2011	35	25
28-02-2011	27	
03-03-2011	8	
24-03-2011	45	
28-04-2011	30	
24-05-2011	24	
01-07-2011	20	
14-07-2011	18	
26-08-2011	5	
29-09-2011	20	
20-10-2011	<6(l.q.)	
24-11-2011	7	
15-12-2011	17	
27-01-2012	<6(l.q.)	
10-02-2012	10	
23-03-2012	18	
05-04-2012	<6(l.q.)	
31-05-2012	6	
15-06-2012	<6(l.q.)	
31-07-2012	7	
10-08-2012	7	
28-09-2012	8	
12-10-2012	12	
21-11-2012	14	
07-12-2012	10	
28-02-2013	14	
04-03-2013	18	
22-03-2013	14	
12-04-2013	7	
17-05-2013	9	

**TABELA B. 9-** Dados experimentais de Azoto Total (NT) no efluente tratado.

<b>Data</b>	<b>Valor (mg/L N)</b>	<b>VLE</b>
28-01-2011	28	15
28-02-2011	21	
03-03-2011	<5(l.q.)	
24-03-2011	18	
28-04-2011	24	
24-05-2011	26	
01-07-2011	32	
14-07-2011	16	
26-08-2011	5	
29-09-2011	19	
20-10-2011	<5(l.q.)	
24-11-2011	7	
15-12-2011	<5(l.q.)	
27-01-2012	<10(l.q.)	
10-02-2012	<10(l.q.)	
23-03-2012	<10(l.q.)	
05-04-2012	<10(l.q.)	
31-05-2012	<10(l.q.)	
15-06-2012	<10(l.q.)	
31-07-2012	<10(l.q.)	
10-08-2012	<10(l.q.)	
28-09-2012	12	
12-10-2012	<10(l.q.)	
21-11-2012	11	
07-12-2012	29	
28-02-2013	<10(l.q.)	
04-03-2013	<10(l.q.)	
22-03-2013	<10(l.q.)	
12-04-2013	<10(l.q.)	
17-05-2013	<10(l.q.)	

**TABELA B. 10-** Dados experimentais de Fósforo Total (PT) no efluente tratado.

<b>Data</b>	<b>Valor (mg/L P)</b>	<b>VLE</b>
28-01-2011	6	10
28-02-2011	3	
03-03-2011	2	
24-03-2011	6	
28-04-2011	5	
24-05-2011	4	
01-07-2011	4	
14-07-2011	4	
26-08-2011	2	
29-09-2011	4	
20-10-2011	<2(l.q.)	
24-11-2011	2	
15-12-2011	<2(l.q.)	
27-01-2012	<2(l.q.)	
10-02-2012	2	
23-03-2012	3	
05-04-2012	3	
31-05-2012	2	
15-06-2012	<2(l.q.)	
31-07-2012	2	
10-08-2012	2	
28-09-2012	3	
12-10-2012	6	
21-11-2012	5	
07-12-2012	7	
28-02-2013	5	
04-03-2013	6	
22-03-2013	2	
12-04-2013	5	
17-05-2013	4	

### B. 3- Dados experimentais do afluente bruto (AB)

TABELA B. 11- Dados experimentais de CQO no afluente bruto.

Data	Valor (mg/L O <sub>2</sub> )	VLP
28-01-2011	1952	1000
28-02-2011	1664	
03-03-2011	2432	
24-03-2011	3072	
28-04-2011	1376	
24-05-2011	1344	
01-07-2011	2560	
14-07-2011	1632	
26-08-2011	1664	
29-09-2011	1792	
20-10-2011	1440	
24-11-2011	1312	
15-12-2011	2144	
27-01-2012	1152	
10-02-2012	2128	
23-03-2012	2576	
05-04-2012	1216	
31-05-2012	1104	
15-06-2012	864	
31-07-2012	780	
10-08-2012	830	
28-09-2012	740	
12-10-2012	880	
21-11-2012	930	
07-12-2012	1300	
28-02-2013	660	
22-03-2013	660	
12-04-2013	320	
17-05-2013	360	

**TABELA B. 12-** Dados experimentais de CBO5 no afluente bruto.

<b>Data</b>	<b>Valor (mg/L O<sub>2</sub>)</b>	<b>VLP</b>
28-01-2011	1150	500
28-02-2011	950	
03-03-2011	1450	
24-03-2011	1800	
28-04-2011	800	
24-05-2011	800	
01-07-2011	1700	
14-07-2011	900	
26-08-2011	1150	
29-09-2011	1250	
20-10-2011	750	
24-11-2011	650	
15-12-2011	1050	
27-01-2012	750	
10-02-2012	1300	
23-03-2012	1600	
05-04-2012	700	
31-05-2012	650	
15-06-2012	500	
31-07-2012	460	
10-08-2012	480	
28-09-2012	460	
12-10-2012	520	
21-11-2012	540	
07-12-2012	750	
28-02-2013	360	
22-03-2013	380	
12-04-2013	160	
17-05-2013	220	

**TABELA B. 13-** Dados experimentais de Azoto Total (NT) no afluente bruto.


<b>Data</b>	<b>Valor (mg/L N)</b>	<b>VLP</b>
28-01-2011	88	90
28-02-2011	115	
03-03-2011	101	
24-03-2011	119	
28-04-2011	151	
24-05-2011	101	
01-07-2011	204	
14-07-2011	157	
26-08-2011	149	
29-09-2011	129	
20-10-2011	125	
24-11-2011	90	
15-12-2011	375	
27-01-2012	162	
10-02-2012	113	
23-03-2012	131	
05-04-2012	82	
31-05-2012	95	
15-06-2012	112	
31-07-2012	95	
10-08-2012	98	
28-09-2012	90	
12-10-2012	75	
21-11-2012	110	
07-12-2012	110	
28-02-2013	85	
22-03-2013	71	
12-04-2013	45	
17-05-2013	43	

**TABELA B. 14-** Dados experimentais de Fósforo Total (PT) no afluyente bruto.

<b>Data</b>	<b>Valor (mg/L P)</b>	<b>VLP</b>
28-01-2011	18	20
28-02-2011	31	
03-03-2011	35	
24-03-2011	30	
28-04-2011	16	
24-05-2011	27	
01-07-2011	35	
14-07-2011	28	
26-08-2011	41	
29-09-2011	16	
20-10-2011	18	
24-11-2011	22	
15-12-2011	23	
27-01-2012	18	
10-02-2012	25	
23-03-2012	11	
05-04-2012	20	
31-05-2012	14	
15-06-2012	15	
31-07-2012	13	
10-08-2012	14	
28-09-2012	17	
12-10-2012	17	
21-11-2012	17	
07-12-2012	23	
28-02-2013	17	
22-03-2013	16	
12-04-2013	11	
17-05-2013	16	

## Anexo C - Controlo Operacional

### C. 1- Folha de registo de verificação/calibração de equipamentos de medição em linha e portáteis (Exemplo fotómetro)

 <b>FICHA DE CALIBRAÇÃO/VERIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO EM LINHA E PORTÁTEIS</b>													
IDENTIFICAÇÃO													
<b>DESIGNAÇÃO</b>		Fotómetro											
<b>MARCA</b>		Merck											
<b>MODELO</b>		Nova 60-A		<b>REFERÊNCIA</b>									
<b>NÚMERO DE SÉRIE</b>		06470683		<b>DESVIO ADMISSÍVEL</b>				IT072					
LOCALIZAÇÃO													
<b>LOCAL</b>		ETA de Lumiares				<b>RESPONSÁVEL</b>				F. Aguiar			
FERRAMENTA/ PADRÃO ASSOCIADO													
Photocheck, lote nr:HC109710, da MERCK.													
Combieck 30 Lot n°: HC273832; Combieck 40 Lot n°: HC242230													
REGISTO													
DATA	HORA	COND. AMB.	VALORES INICIAIS			DESVIO	TIPO DE AJUSTE		VALORES FINAIS		DESVIO	CONFORME ?	RESPONSÁVEL
			ANALISADOR	PADRÃO			MANUAL	AUTOMÁTICO	ANALISADOR	PADRÃO			
19-02-2013	10h	NA	-	Photocheck	anexo	NA	NA	NA	NA	NA	Sim	F. Aguiar	
19-02-2013	10h	NA	-	Alumínio	-	NA	NA	0,75	0,75	0,00%	Sim	F. Aguiar	
19-02-2013	10h	NA	-	Manganês	-	NA	NA	1,01	1,00	1,00%	Sim	F. Aguiar	
19-02-2013	10h	NA	-	Ferro	-	NA	NA	0,98	1,00	2,00%	Sim	F. Aguiar	
18-03-2013	10h	NA	-	Photocheck	anexo	NA	NA	NA	NA	NA	Sim	F. Aguiar	
18-03-2013	10h	NA	-	Alumínio	-	NA	NA	0,74	0,75	1,33%	Sim	F. Aguiar	
18-03-2013	10h	NA	-	Manganês	-	NA	NA	0,99	1,00	1,00%	Sim	F. Aguiar	
18-03-2013	10h	NA	-	Ferro	-	NA	NA	1,00	1,00	0,00%	Sim	F. Aguiar	
22-04-2013	10h	NA	-	Photocheck	anexo	NA	NA	NA	NA	NA	Sim	F. Aguiar	
22-04-2013	10h	NA	-	Alumínio	-	NA	NA	0,75	0,75	0,00%	Sim	F. Aguiar	
22-04-2013	10h	NA	-	Manganês	-	NA	NA	0,98	1,00	2,00%	Sim	F. Aguiar	
22-04-2013	10h	NA	-	Ferro	-	NA	NA	1,01	1,00	1,00%	Sim	F. Aguiar	
10-05-2013	10h	NA	-	Photocheck	anexo	NA	NA	NA	NA	NA	Sim	F. Aguiar	
10-05-2013	10h	NA	-	Alumínio	-	NA	NA	0,76	0,75	0,00%	Sim	F. Aguiar	
10-05-2013	10h	NA	-	Manganês	-	NA	NA	1,01	1,00	2,00%	Sim	F. Aguiar	
10-05-2013	10h	NA	-	Ferro	-	NA	NA	1,00	1,00	1,00%	Sim	F. Aguiar	
NOTAS													
<p style="text-align: center;">O Responsável</p> <p style="text-align: center;"><i>Fernando Amador Bastos Aguiar</i></p>													

## C. 2- Plano de Controlo Operacional dos Sistemas de Abastecimento de Água

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
Água Tratada	Alumínio Manganês		Alumínio Manganês		Alumínio Manganês		
	Ferro - QUINZENAL						
	Cheiro e Sabor - MENSAL						
Água Filtrada		Alumínio Manganês Ferro				Alumínio Manganês Ferro	
Água Decantada	Alumínio Manganês Ferro				Alumínio Manganês Ferro		
Água Bruta	Manganês Ferro						
Recirculação	Condutividade, pH, Temperatura, Alumínio - QUINZENAL						
	SST - 4 X ANO (Março / Junho / Setembro / Dezembro)						

### C. 3- Plano de Controlo Operacional dos Subsistemas de Saneamento de Águas Residuais

PLANO DE CONTROLO OPERACIONAL SAR													
Representação	Área de Gestão	Subsistema	Cod. Localização	Etapas do Tratamento	Ponto de Amostragem	Parâmetro	Valor Limite de Ação	Porcentagem de Remoção de Alérgia	Limite de Descarga (% mínima de remoção ou VLE)	Unidades	Frequência de Amostragem e Análise	Apurado/Método Utilizado	Local de realização da análise
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Obras de Entrada	Efluente Pré tratado	SST	-	-	-	mg/l	Semanal	Standard 2540D	LCAI
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Obras de Entrada	Efluente Pré tratado	COQ	-	-	-	mg/l O2	Semanal	Fotométrico	LCAI
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Obras de Entrada	Efluente Pré tratado	CBOS	-	-	-	mg/l O2	Semanal	Manométrico	LCAI
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Obras de Entrada	Efluente Pré tratado	NT	-	-	-	mg/l N	Semanal	Fotométrico	LCAI
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Obras de Entrada	Efluente Pré tratado	FT	-	-	-	mg/l P	Semanal	Fotométrico	LCAI
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Obras de Entrada	Efluente Pré tratado	pH	-	-	-	Escala de Sorensen	Semanal	Standard 4500H-D	in situ
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Obras de Entrada	Efluente Pré tratado	Condutividade	-	-	-	µm	Semanal	Electrométrica	LCAI
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Obras de Entrada	Efluente Pré tratado	T°	-	-	-	°C	Semanal	Electrométrica	in situ
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Decantação e Desinfectação	Efluente Tratado	SST	-	-	90%	mg/l	Semanal	Standard 2540D	LCAI
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Decantação e Desinfectação	Efluente Tratado	COQ	-	-	75%	mg/l O2	Semanal	Fotométrico	LCAI
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Decantação e Desinfectação	Efluente Tratado	CBOS	-	-	70% - 90%	mg/l O2	Semanal	Manométrico	LCAI
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Decantação e Desinfectação	Efluente Tratado	NT	-	-	70% - 80%	mg/l N	Semanal	Fotométrico	LCAI
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Decantação e Desinfectação	Efluente Tratado	FT	-	-	80%	mg/l P	Semanal	Fotométrico	LCAI
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Decantação e Desinfectação	Efluente Tratado	NDO	-	-	-	mg/l NO3-	Semanal	Fotométrico	LCAI
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Decantação e Desinfectação	Efluente Tratado	pH	-	-	-	Escala de Sorensen	Semanal	Standard 4500H-D	in situ
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Decantação e Desinfectação	Efluente Tratado	Condutividade	-	-	-	µm	Semanal	Electrométrica	LCAI
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Decantação e Desinfectação	Efluente Tratado	T°	-	-	-	°C	Semanal	Electrométrica	in situ
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Decantação e Desinfectação	Efluente Tratado	O2	-	-	-	-	Semanal	Membrana	in situ
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Decantação e Desinfectação	Efluente Tratado	Redox	-	-	-	-	Semanal	Electrométrica	in situ
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Tratamento Biológico	Líquor Misto 1	pH	-	-	-	Escala de Sorensen	Semanal	Standard 4500H-D	in situ
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Tratamento Biológico	Líquor Misto 1	O2	-	-	-	-	Semanal	Membrana	in situ
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Tratamento Biológico	Líquor Misto 1	Redox	-	-	-	-	Semanal	Electrométrica	in situ
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Tratamento Biológico	Líquor Misto 1	T°	-	-	-	°C	Semanal	Electrométrica	in situ
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Tratamento Biológico	Líquor Misto 1	SST	-	-	-	mg/l	Semanal	Standard 2540D	LCAI
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Tratamento Biológico	Líquor Misto 1	SVV	-	-	-	mg/l	Semanal	Standard 2540E	LCAI
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Tratamento Biológico	Líquor Misto 1	VAL	-	-	-	-	Semanal	Standard 2710 D	LQVI
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Tratamento Biológico	Líquor Misto 1	BL	-	-	-	Classe	Quimérica	Microscopia	LCAI
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Tratamento Biológico	Líquor Misto 1	NL	-	-	-	-	Semanal	Standard 2710 D	LCAI
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Tratamento Biológico	Líquor Misto 2	pH	-	-	-	Escala de Sorensen	Semanal	Standard 4500H-D	in situ
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Tratamento Biológico	Líquor Misto 2	T°	-	-	-	°C	Semanal	Electrométrica	in situ
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Tratamento Biológico	Líquor Misto 2	O2	-	-	-	-	Semanal	Membrana	in situ
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Tratamento Biológico	Líquor Misto 2	Redox	-	-	-	-	Semanal	Electrométrica	in situ
DS	Lamego	SAR de Lamego	3DS019304	Tratamento Biológico	Líquor Misto 2	SST	-	-	-	mg/l	Semanal	Standard 2540D	LCAI

### C. 4- Folhas de Registo de Controlo Operacional

FOLHA DE REGISTO DE CONTROLO OPERACIONAL												
Subsistema		Mês		Ano		2013						
		PARÂMETRO										
Data	Hora	Ponto Amostragem	pH (Escala Sorensen)	Temperatura (°C)								
		LA1										
		LA1										
		LA1										
		LA1										
		LA1										
		LA1										
		LA1										
		LA1										
		LA1										
		LA1										
		LA1										
		LA1										
		LA1										
		LA1										

Página 1

Subsistema			Mês		Ano		2013			
PARÂMETRO										
Data	Hora	Ponto Amostragem	pH (Ese Sorensen)	Temperatura (°C)	O2 Dissolvido (mg/L O2)	Redox (mV)				
		LA3								
		LA3								
		LA3								
		LA3								
		LA3								
		LA3								
		LA3								
		LA3								
		LA3								
		LA3								
		LA3								
		LA3								
		LA3								
		LA3								
		LA3								

Página 1

Subsistema			Mês		Ano		2013			
PARÂMETRO										
Data	Hora	Ponto Amostragem	pH (Ese Sorensen)	Temperatura (°C)	O2 Dissolvido (mg/L O2)	Redox (mV)				
		LA6								
		LA6								
		LA6								
		LA6								
		LA6								
		LA6								
		LA6								
		LA6								
		LA6								
		LA6								
		LA6								
		LA6								
		LA6								
		LA6								
		LA6								
		LA6								

Página 1