

**ADIÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS E ENSAIOS DE ELECTRO-
COAGULAÇÃO E ELECTRO-OXIDAÇÃO PARA O (PRÉ) TRATAMENTO
DAS ÁGUAS RESIDUAIS PROVENIENTES DOS LAGARES DE
PRODUÇÃO DE AZEITE**

JOÃO VELEZ CAROÇO MARQUES CURINHA

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do
Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Perfil Sanitária

Orientador Científico: Professora Doutora Leonor Amaral

Lisboa

2008

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer especialmente à Prof.^a Doutora Leonor Amaral, por todo o apoio prestado e, principalmente, pela compreensão demonstrada, desde o momento em que decidi efectuar este trabalho até ao último dia da sua conclusão.

Uma palavra especial para a AGS, nomeadamente para o Eng.º Luis Briz e para a Eng.^a Ana Sofia Dias, que me possibilitaram o desenvolvimento e a realização dos ensaios laboratoriais, e todo o apoio que me foi dado pelo pessoal do Laboratório da ETAR de Ribeira de Frades.

Nos momentos mais difíceis, tenho de agradecer a paciência demonstrada pela minha família, que sempre mostrou compreensão e sempre me apoiaram em tudo. Sem eles teria sido muito mais difícil!

Aos meus colegas, que trabalham directamente comigo, um muito obrigado pela força que me deram e pelas opiniões prestadas, que também contribuíram para o resultado final deste trabalho.

Agradeço também à COOPOR, nomeadamente ao Eng.º Paulo Estorninho, pela disponibilidade que sempre demonstrou, tanto no fornecimento da água ruça, que serviu de base aos ensaios realizados, como no facultar de diversa informação, que muito contribuiu para a elaboração deste trabalho.

Um muito obrigado à empresa que realizou os ensaios de electro-coagulação e de electro-oxidação, pela disponibilidade demonstrada na realização dos ensaios e por toda a informação concedida.

Este trabalho é dedicado à minha família e a todos os meus amigos, que me aturaram tantas situações de stress e de mau humor. No futuro compensar-vos-ei a todos pela força que me deram!

"O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que acontecem... Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis"

Fernando Pessoa

"Vencer-se a si próprio é a maior das vitórias"

Platão

SUMÁRIO

O presente trabalho engloba uma caracterização do sector do azeite, a nível mundial e em Portugal.

As **águas ruças**, efluente líquido da indústria de produção de azeite, são um problema ambiental relevante, uma vez que, as características que apresentam inviabilizam o seu tratamento, através de muitos dos processos convencionais, até níveis que permitam uma descarga directa no meio hídrico ou em Colector Municipal.

Relativamente às questões ambientais e os efluentes/resíduos produzidos no sector de produção de azeite, particularmente as **águas ruças**, foi efectuada uma abordagem aos diferentes processos de extracção de azeite existentes e a sua contribuição para a quantidade/qualidade dos efluentes líquidos e resíduos produzidos.

Foram referidas diferentes tecnologias de tratamento e estudos que foram encontrados na pesquisa bibliográfica efectuada, bem como uma caracterização das águas ruças, de uma forma geral, no que respeita aos principais parâmetros.

Com o intuito de avaliar o **pré-tratamento de águas ruças**, foram realizados diversos ensaios físico-químicos, bem como ensaios com aplicação das tecnologias de electro-coagulação e electro-oxidação avançada.

Dos produtos químicos testados, no que respeita aos ensaios físico-químicos, o que demonstrou um melhor desempenho foi o **cloro férrico** (em conjunto com o floculante Albafloc 2152 e peróxido de hidrogénio), tendo-se conseguido obter percentagens de redução de **CQO, CBO₅ e SST**, por exemplo, de **60, 88 e 87%**, respectivamente.

Os melhores resultados dos ensaios realizados foram obtidos com os **ensaios de electro-coagulação e electro-oxidação avançada**, com percentagens de redução dos parâmetros **CQO, CBO₅ e SST**, de **89, 95 e 94%**, respectivamente. Nestes ensaios, os valores de concentração dos vários parâmetros analisados foram inferiores aos normalmente exigidos pelos Regulamentos de Descarga de Águas Residuais em Colector Municipal.

ABSTRACT

The present document includes a characterization, worldwide and in Portugal, of the olive oil industry sector.

Olive oil mill wastewaters (OOMWW) are a relevant environmental issue, since their components make significantly difficult its treatment, through the majority of conventional processes, to levels enabling direct discharge in receiving water, or its discharge on Municipal Drainage System.

Regarding environmental issues, and wastewater/residues produced in olive oil mill industry, specifically OOMWW, it was made an approach to different olive oil extraction systems and their contribution to wastewater and residues quality/quantity.

It was mentioned different treatment technologies, and several studies found in bibliographic research, as well as an OOMWW general characterization, particularly regarding the main parameters/components.

With the purpose of evaluate **OOMWW pre-treatment**, were carried out several physical-chemical tests, as well as electro-coagulation and advanced oxidation processes technologies.

Of all chemical products used, regarding physical-chemical technology, the one with better results was **Iron Chloride (FeCl₃)** (together with flocculant Albafloc 2152 and Hydrogen Peroxide) with **60, 88 and 87%** maximum **COD, BOD and TSS** removal, respectively.

The best found results were with **electro-coagulation and advanced oxidation processes**, with **89, 95 and 94%** maximum **COD, BOD and TSS** removal, respectively. On these tests, concentration values on treated effluent parameters were below maximum values required on Municipal Drainage System Discharge Regulation.

SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES

UE – União Europeia

PNAPRI – Plano Nacional de Prevenção de Resíduos Industriais

INETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I.P.

INE – Instituto Nacional de Estatística

IFADAP - Instituto de Financiamento e Apoio ao Desenvolvimento da Agricultura e das Pescas

INGA – Instituto Nacional de Intervenção e Garantia Agrícola

MADRP – Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas

IFAP - Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas, I.P.

MBS – Margem Bruta Padrão

UDE - Unidade Dimensão Económica

RGA – Recenseamento Geral Agrícola

ton – toneladas

hl – hectolitros

ha – hectar

CCDR - Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regionais

INAG – Instituto da Água, I.P.

UV – ultra-violeta

COOPOR – Cooperativa Agrícola do Concelho de Portalegre, C. R. L.

ppm – partes por milhão

ÍNDICE DE MATÉRIAS

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	CARACTERIZAÇÃO DO SECTOR DO AZEITE	3
2.1.	CARACTERIZAÇÃO DO SECTOR DO AZEITE A NÍVEL MUNDIAL.....	3
2.1.1.	Produção e Consumo de Azeite.....	3
2.2.	CARACTERIZAÇÃO DO SECTOR DO AZEITE EM PORTUGAL	6
2.2.1.	Olivicultura – Diagnóstico Sectorial	6
2.2.1.1.	Importância do Sector em Portugal	8
2.2.1.2.	Entidades Envolvidas no Sector / Apoios Financeiros	8
2.2.2.	Distribuição Regional e Estrutura das Explorações Agrícolas	10
2.2.2.1.	Entre Douro e Minho.....	10
2.2.2.2.	Trás-os-Montes.....	11
2.2.2.3.	Beira Litoral.....	11
2.2.2.4.	Beira Interior	12
2.2.2.5.	Ribatejo e Oeste	12
2.2.2.6.	Alentejo.....	13
2.2.2.7.	Algarve.....	13
2.2.3.	Produção e Consumo de Azeite em Portugal	13
2.2.4.	Transformação – Lagares	26
2.2.5.	Tipologia dos Lagares	27
2.2.5.1.	Extracção do Azeite.....	27
2.2.5.1.1.	Moenda.....	29
2.2.5.1.2.	Batedura.....	31
2.2.5.1.3.	Extracção	31
2.2.5.2.	Armazenamento.....	37
2.2.5.3.	Extractoras de Óleo de Bagaço de Azeitona.....	38
3.	CARACTERIZAÇÃO DOS LAGARES.....	39
3.1.	PORTUGAL.....	39
3.2.	ESPAÑA.....	41
3.3.	ITÁLIA	41
3.4.	GRÉCIA.....	42
3.5.	MODERNIZAÇÃO DOS LAGARES	43
4.	EFLUENTES DA INDÚSTRIA DE PRODUÇÃO DE AZEITE.....	45
4.1.	SUBPRODUTOS/RESÍDUOS.....	45
4.1.1.	Bagaço	45
4.1.2.	Águas Ruças	46
5.	TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS PROVENIENTES DE LAGARES DE PRODUÇÃO DE AZEITE	49
5.1.	IRRIGAÇÃO DE SOLOS AGRÍCOLAS.....	50
5.2.	LAGUNAGEM	50
5.3.	CONCENTRAÇÃO POR EVAPORAÇÃO	51
5.4.	PROCESSOS FÍSICO-QUÍMICOS	52
5.5.	PROCESSOS TÉRMICOS.....	56
5.6.	PROCESSOS BIOLÓGICOS.....	56
5.7.	PROCESSOS POR MEMBRANAS	57
5.8.	RECUPERAÇÃO DE POLIFENÓIS	59
5.9.	SISTEMAS DE TRATAMENTO E ESTUDOS DESENVOLVIDOS EM PORTUGAL	60
6.	LEGISLAÇÃO APLICÁVEL / ENQUADRAMENTO LEGAL	63
6.1.	REQUISITOS AMBIENTAIS	63
6.1.1.	Despacho Conjunto n.º 118/2000.....	64
6.1.2.	Despacho Conjunto n.º 626/2000.....	65
6.1.3.	Despacho n.º 8277/2007	66
6.1.4.	Regulamentos de Descarga de Águas Residuais em Colector Municipal.....	67
7.	CASO DE ESTUDO - O LAGAR DA COOPOR	71
7.1.	CARACTERIZAÇÃO GERAL DA COOPOR	71
7.1.1.	Instalações e Equipamentos Existentes.....	71

7.2. DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS DE FABRICO	72
7.2.1. Rendimentos industriais e grau de utilização das capacidades instaladas	75
7.2.2. Equipamento da linha de extracção de azeite	79
7.2.3. Sistema actual de tratamento das águas ruças	81
8. PROPOSTA E ANÁLISE DE SOLUÇÕES COMPLEMENTARES PARA O TRATAMENTO DOS EFLUENTES DA COOPOR	87
8.1. ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS EM ÁGUAS RUÇAS	87
8.1.1. Caso de Estudo - Ensaio Físico-Químicos em Águas Ruças	87
8.1.1.1. Resultados Obtidos	89
8.1.2. Ensaio Laboratoriais com Efluente da COOPOR	90
8.1.2.1. Plano Experimental e Metodologia Adoptada nos ensaios	90
8.1.2.2. Parâmetros a Monitorizar	91
8.1.2.3. Métodos Analíticos e Equipamentos Utilizados	91
8.1.2.4. Caracterização do Afluente Bruto	96
8.1.2.5. Ensaio 1, 2 e 3 – Adição de PAX 18, Albufloc 2152 e Peróxido de Hidrogénio	97
8.1.2.6. Ensaio 4, 5 e 6 – Adição de Cloreto Férrico, Albufloc 2152 e Peróxido de Hidrogénio	111
8.2. ENSAIOS DE ELECTRO-COAGULAÇÃO E OXIDAÇÃO AVANÇADA	125
8.2.1. Descrição da Tecnologia e do Sistema Utilizado	125
8.2.1.1. Sistema de Electro-Coagulação “SIELEC”®	125
8.2.1.2. Eliminação de Contaminantes	134
8.2.1.3. Aplicações da Electro-Coagulação e Electro-Oxidação	137
8.2.1.4. Vantagens da Electro-Coagulação	138
8.2.1.5. Análise Comparativa com outros Sistemas de Tratamento	139
8.2.1.6. Casos de Estudo – A Electro-Coagulação / Electro-Oxidação Avançada aplicada ao tratamento de efluentes de queijarias	139
8.2.1.7. Casos de Estudo – A Electro-Coagulação aplicada ao tratamento de lixiviados	140
8.2.2. Ensaio 7 - Electro-Coagulação / Electro-Oxidação Avançada no tratamento do efluente de lagar de azeite	143
8.2.2.1. Objectivos a Atingir	143
8.2.2.2. Resultados Obtidos	143
9. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS	145
9.1. ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS	145
9.1.1. Ensaio 1 – Adição de PAX 18	145
9.1.2. Ensaio 2 – Adição de PAX 18, Albufloc 2152 e Peróxido de Hidrogénio	146
9.1.3. Ensaio 3 – Adição de PAX 18 e Albufloc 2152	148
9.1.4. Ensaio 4 – Adição de Cloreto Férrico e Albufloc 2152	150
9.1.5. Ensaio 5 – Adição de Cloreto Férrico e Albufloc 2152	152
9.1.6. Ensaio 6 – Adição de Cloreto Férrico, Albufloc 2152 e Peróxido de Hidrogénio	153
9.1.7. Comparação Entre Ensaio	155
9.1.8. Considerações Finais: Ensaio Físico-Químicos	158
9.2. ENSAIOS DE ELECTRO-COAGULAÇÃO E ELECTRO-OXIDAÇÃO AVANÇADA	161
9.2.1. Ensaio 7	161
10. CONCLUSÕES	165
11. PERSPECTIVAS DE TRABALHOS FUTUROS E CONSIDERAÇÕES FINAIS	169
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	171

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 – Distribuição Mundial da Produção de azeite em 2003, pelos principais produtores	3
Figura 2-2 – Azeitona Produzida (ton) na Campanha 2004/2005, por região geográfica.....	15
Figura 2-3 – Azeite Obtido (ton) na Campanha 2004/2005, por região geográfica	15
Figura 2-4 – Azeitona Laborada (ton) na Campanha 2004/2005, por região geográfica	16
Figura 2-5 – Número de Lagares em funcionamento na Campanha 2004/2005, por região geográfica.....	16
Figura 2-6 – Produção de Azeite – representatividade por região.....	18
Figura 2-7 – Produção de Azeite em Portugal (1980-2006)	19
Figura 2-8 – Área de Olival para Produção de Azeite: Representatividade por região em 2006	20
Figura 2-9 – Extracção de Azeite pelo sistema tradicional de prensas	27
Figura 2-10 – Esquema de um Sistema Contínuo de Extracção de 3 fases	35
Figura 2-11 – Esquema de um Sistema Contínuo de Extracção de 2 fases	36
Figura 5-1 – Sistema de Tratamento de Águas Residuais por Lagunagem	50
Figura 5-2 – Dispersão.....	51
Figura 5-3 – Painéis de Evaporação	51
Figura 5-4 – Sistema de Ultrafiltração.....	58
Figura 5-5 – Sistema de Osmose Inversa.....	58
Figura 7-1 – Panorâmica Geral da COOPOR.....	71
Figura 7-2 – Processo de fabrico da COOPOR.....	73
Figura 7-3 – Sistema Contínuo de Duas Fases da COOPOR	74
Figura 7-4 – Tanque de Armazenamento das Águas Ruças	82
Figura 8-1 – Esquema de um Aparelho para realização de Jar-tests.....	90
Figura 8-2 – Potenciómetro Portátil de pH e Temperatura	91
Figura 8-3 – Aspecto do clarificado.....	99
Figura 8-4 – Variação da CQO com a adição de PAX 18 (2500 e 2250 ppm)	100
Figura 8-5 – Variação da CBO ₅ com a adição de PAX 18 (2500 e 2250 ppm).....	100
Figura 8-6 – Variação dos SST com a adição de PAX 18 (2500 e 2250 ppm).....	100
Figura 8-7 – Variação do Azoto Total com a adição de PAX 18 (2500 e 2250 ppm)	100
Figura 8-8 – Variação do Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total com a adição de PAX 18 (1500 e 2250 ppm)	101
Figura 8-9 – Percentagens de Redução dos parâmetros CQO, CBO ₅ , SST, Azoto Total, Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total com a adição de PAX 18 (2500 e 2250 ppm)	101
Figura 8-10 – Variação da CQO com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de PAX 18 e Albafloc)	105
Figura 8-11 – Variação da CBO ₅ com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de PAX 18 e Albafloc)	105
Figura 8-12 – Variação dos SST com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de PAX 18 e Albafloc).....	105
Figura 8-13 – Variação do Azoto Total com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de PAX 18 e Albafloc)	105
Figura 8-14 – Variação do Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de PAX 18 e Albafloc).....	105
Figura 8-15 – Variação da percentagem de redução da CQO com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de PAX 18 e Albafloc)	106
Figura 8-16 – Variação da percentagem de redução da CBO ₅ com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de PAX 18 e Albafloc)	106
Figura 8-17 – Variação da percentagem de redução dos SST com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de PAX 18 e Albafloc).....	106
Figura 8-18 – Variação da percentagem de redução do Azoto Total com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de PAX 18 e Albafloc).....	106
Figura 8-19 – Variação da percentagem de redução do Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de PAX 18 e Albafloc).....	106
Figura 8-20 – Variação da CQO com a adição de PAX 18 (2250 ppm) e Albafloc (1, 1,5 e 2 ppm)	108
Figura 8-21 – Variação da CBO ₅ com a adição de PAX 18 (2250 ppm) e Albafloc (1, 1,5 e 2 ppm)	109
Figura 8-22 – Variação dos SST com a adição de PAX 18 (2250 ppm) e Albafloc (1, 1,5 e 2 ppm).....	109
Figura 8-23 – Variação do Azoto Amoniacal com a adição de PAX 18 (2250 ppm) e Albafloc (1, 1,5 e 2 ppm)	109
Figura 8-24 – Variação do Azoto Total, Nitratos e Fósforo Total com a adição de PAX 18 (2250 ppm) e Albafloc (1, 1,5 e 2 ppm).....	109
Figura 8-25 – Variação da percentagem de redução da CQO com a adição de PAX 18 (2250 ppm) e Albafloc (1, 1,5 e 2 ppm).....	110
Figura 8-26 – Variação da percentagem de redução da CBO ₅ com a adição de PAX 18 (2250 ppm) e Albafloc (1, 1,5 e 2 ppm).....	110
Figura 8-27 – Variação da percentagem de redução dos SST com a adição de PAX 18 (2250 ppm) e Albafloc (1, 1,5 e 2 ppm).....	110
Figura 8-28 – Variação da percentagem de redução do Azoto Total, Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total com a adição de PAX 18 (2250 ppm) e Albafloc (1, 1,5 e 2 ppm)	110
Figura 8-29 – Variação da CQO com a adição de Cloreto Férrico (1800 e 2100 ppm) e Albafloc 2152 (1 ppm).....	115

Figura 8-30 – Variação da CBO ₅ com a adição de Cloreto Férrico (1800 e 2100 ppm) e Albfloc 2152 (1 ppm).....	115
Figura 8-31 – Variação dos SST com a adição de Cloreto Férrico (1800 e 2100 ppm) e Albfloc 2152 (1 ppm).....	115
Figura 8-32 – Variação do Azoto Total, Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total com a adição de Cloreto Férrico (1800 e 2100 ppm) e Albfloc 2152 (1 ppm).....	115
Figura 8-33 – Variação da percentagem de redução da CQO, CBO ₅ , SST, Azoto Total, Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total com a adição de Cloreto Férrico (1800 e 2100 ppm) e Albfloc 2152 (1 ppm).....	116
Figura 8-34 – Variação da CQO com a adição de Cloreto Férrico (1800 ppm) e Albfloc 2152 (1, 1,5 e 2 ppm).....	117
Figura 8-35 – Variação da CBO ₅ e dos SST com a adição de Cloreto Férrico (1800 ppm) e Albfloc 2152 (1, 1,5 e 2 ppm).....	118
Figura 8-36 – Variação do Azoto Total, Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total com a adição de Cloreto Férrico (1800 ppm) e Albfloc 2152 (1, 1,5 e 2 ppm).....	118
Figura 8-37 – Variação da Percentagem de redução da CQO, CBO ₅ , SST, Azoto Total, Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total com a adição de Cloreto Férrico (1800 ppm) e Albfloc 2152 (1, 1,5 e 2 ppm).....	118
Figura 8-38 – Variação da CQO com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de cloreto férrico e Albfloc).....	122
Figura 8-39 – Variação da CBO ₅ com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de cloreto férrico e Albfloc).....	122
Figura 8-40 – Variação dos SST com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de cloreto férrico e Albfloc).....	122
Figura 8-41 – Variação do Azoto Total com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de cloreto férrico e Albfloc).....	122
Figura 8-42 – Variação dos Nitratos com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de cloreto férrico e Albfloc).....	122
Figura 8-43 – Variação do Azoto Amoniacal e Fósforo Total com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de cloreto férrico e Albfloc).....	122
Figura 8-44 – Variação da Percentagem de redução da CQO com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de cloreto férrico e Albfloc).....	123
Figura 8-45 – Variação da Percentagem de redução da CBO ₅ com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de cloreto férrico e Albfloc).....	123
Figura 8-46 – Variação da Percentagem de redução dos SST com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de cloreto férrico e Albfloc).....	123
Figura 8-47 – Variação da Percentagem de redução do Azoto Total com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de cloreto férrico e Albfloc).....	123
Figura 8-48 – Variação da Percentagem de redução dos Nitratos com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de cloreto férrico e Albfloc).....	123
Figura 8-49 – Variação da Percentagem de redução de Fósforo Total e de Azoto Amoniacal com a adição de vários volumes de H ₂ O ₂ (após adição de cloreto férrico e Albfloc).....	124
Figura 8-50 – Afluente Bruto, Efluente Intermédio e Efluente Tratado (Ind. Matadouro).....	128
Figura 8-51 – Afluente Bruto e Efluente Tratado (Lixiviado).....	129
Figura 8-52 – Afluente Bruto e Efluente Tratado (Ind. Lavagem de Legumes).....	129
Figura 8-53 – Afluente Bruto e Efluente Tratado (Lagar de Azeite).....	129
Figura 8-54 – Afluente Bruto e Efluente Tratado (Tinturaria).....	130
Figura 8-55 – Afluente Bruto, Efluente Intermédio e Efluente Tratado (Suinicultura).....	130
Figura 8-56 – Afluente Bruto, Efluente Intermédio e Efluente Tratado (Ind. Conservas/Gorduras).....	130
Figura 8-57 – Esquema da Oxidação Directa.....	131
Figura 8-58 – Esquema da Oxidação Indirecta.....	131
Figura 8-59 – Detalhe do Ânodo e do Cátodo.....	132
Figura 8-60 – Grupo em Linha de Reactores Electroquímicos.....	132
Figura 8-61 – Reactores em Linha.....	132
Figura 8-62 – Automatismo e Controlo.....	132
Figura 8-63 – Molécula de Ozono.....	134
Figura 8-64 – Aspecto do afluente bruto, efluente da electro-coagulação e da electro-oxidação (efluente de queijaria).....	140
Figura 9-1 – Aspecto do clarificado e quantidade de lamas formadas nos ensaios de adição de produtos químicos.....	159
Figura 9-2 – Aspecto visual da água ruça e dos efluentes das etapas de electro-coagulação e oxidação avançada.....	162

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2-1 - Produção Mundial de Azeite (entre 1986 e 2000)	5
Tabela 2-2 - Produção de Azeite na União Europeia entre 1994/1995 e 1999/2000 (1000 ton)	5
Tabela 2-3 - Consumo Mundial de Azeite e Comparação com a Produção Mundial (entre 1984 e 2000)	6
Tabela 2-4 - Valores de Produção de Azeite em Portugal (2001-2005 e previsão para 2006)	14
Tabela 2-5 - Quantidades de azeitona produzida e laborada por região geográfica (campanha 2004/05)	15
Tabela 2-6 – Produção de Azeite em Portugal (1980-2006).....	17
Tabela 2-7 - Produção de Azeite em Portugal 1986/1987 e 1999/2000 (1000 ton).....	18
Tabela 2-8 - Índice de Consumo per capita de azeite em 2005	20
Tabela 2-9 - Consumo de Azeite em Portugal e Comparação com a Produção Nacional (entre 1984 e 2000).....	21
Tabela 2-10 - Quantidade de azeite produzido, por localização geográfica, tipo de lagar de azeite e sistema de extracção utilizado, em 2007, em Portugal.....	22
Tabela 2-11 - Quantidade de azeitona oleificada, por localização geográfica, tipo de lagar de azeite e sistema de extracção utilizado, em 2007, em Portugal.....	23
Tabela 2-12 - Núcleos de acção prioritária – Lagares e Produção de Azeite	24
Tabela 2-13 - Informação Ambiental do sector dos lagares (por CCDR)	25
Tabela 2-14 - Comparação do universo total do sector e dos núcleos de acção prioritária – Lagares	25
Tabela 3-1 - Sub-produtos dos sistemas de extracção de Azeite (Portugal).....	39
Tabela 3-2 - Lagares de Azeite em Portugal, por localização geográfica, tipo de lagar de azeite e sistema de extracção utilizado, em 2007	40
Tabela 3-3 - Sub-produtos dos sistemas de extracção de Azeite (Espanha).....	41
Tabela 3-4 - Sub-produtos dos sistemas de extracção de Azeite (Grécia).....	43
Tabela 4-1 - Características genéricas das águas ruças, dos efluentes domésticos e VLE	46
Tabela 4-2 - Composição Média de Águas Ruças, para dois sistemas de extracção de azeite	47
Tabela 6-1 - Valores Limite de Emissão de vários parâmetros exigidos em Regulamentos de Descarga.....	68
Tabela 7-1 - Taxas por sistema de extracção.....	77
Tabela 7-2 - Informação relevante da Licença de Descarga de Águas Residuais no Solo	84
Tabela 8-1 - Controlo Analítico efectuado ao Afluente Bruto do Lagar.....	88
Tabela 8-2- Plano Experimental.....	90
Tabela 8-3 - Volumes de reagentes a adicionar à amostra	92
Tabela 8-4 - Factor para a determinação da CBO ₅	93
Tabela 8-5- Características do Afluente Bruto da COOPOR	96
Tabela 8-6 - Propriedades do PAX 18	98
Tabela 8-7 - Resultados do Ensaio 1: Adição de PAX 18.....	99
Tabela 8-8 - Características do Albfloc 2152	102
Tabela 8-9 - Características do Peróxido de Hidrogénio	103
Tabela 8-10 - Resultados do Ensaio 2: Adição de PAX 18, Albfloc 2152 e Peróxido de Hidrogénio (H ₂ O ₂).....	104
Tabela 8-11 - Resultados do Ensaio 3: Adição de PAX 18 e Albfloc 2152.....	108
Tabela 8-12 - Características do Cloreto Férrico.....	114
Tabela 8-13 - Resultados do Ensaio 4: Adição de Cloreto Férrico e Albfloc 2152	114
Tabela 8-14 - Resultados do Ensaio 5: Adição de Cloreto Férrico e Albfloc 2152	117
Tabela 8-15 - Resultados do Ensaio 6: Adição de Cloreto Férrico, Albfloc 2152 e Peróxido de Hidrogénio.....	121
Tabela 8-16 - Potenciais de Oxidação de vários oxidantes	131
Tabela 8-17 - Gamas de Caudais e de Amperagem dos vários modelos	133
Tabela 8-18 - Eficiências de Redução da Tecnologia de electro-coagulação e electro-oxidação, para vários parâmetros... 136	
Tabela 8-19 - Características do afluente bruto, efluente da electro-coagulação e electro-oxidação (efluente de queijaria) 139	
Tabela 8-20 - Características do lixiviado bruto e do efluente da electro-coagulação.....	141
Tabela 8-21 - Características do lixiviado após tratamento biológico e do efluente da electro-coagulação.....	142
Tabela 8-22 - Afluente Bruto, Efluente da electro-coagulação e da electro-coagulação e electro-oxidação (Ensaio 7)	143
Tabela 9-1 - Comparação dos resultados do Ensaio 1 com os VLE de Regulamentos de Descarga	145
Tabela 9-2 - Comparação dos resultados do Ensaio 2 com os VLE de Regulamentos de Descarga	147
Tabela 9-3 - Comparação dos resultados do Ensaio 3 com os VLE de Regulamentos de Descarga	149
Tabela 9-4 - Comparação dos resultados do Ensaio 4 com os VLE de Regulamentos de Descarga	151
Tabela 9-5 - Comparação dos resultados do Ensaio 5 com os VLE de Regulamentos de Descarga	152
Tabela 9-6 - Comparação dos resultados do Ensaio 6 com os VLE de Regulamentos de Descarga	154
Tabela 9-7 - Comparação das Percentagens de Redução dos Ensaio 2 e 3	155
Tabela 9-8 -Comparação das Percentagens de Redução dos Ensaio 3 e 4	156
Tabela 9-9 -Comparação das Percentagens de Redução dos Ensaio 2 e 6	157
Tabela 9-10 - Comparação das Percentagens de Redução dos Ensaio 4, 5 e 6	158
Tabela 9-11 - Comparação das Percentagens de Redução obtidas com PAX 18 e Cloreto Férrico	160
Tabela 9-12 - Comparação dos resultados do Ensaio 7 com os VLE de Regulamentos de Descarga.....	162

Tabela 9-13 – Comparação dos Ensaio com Cloreto Férrico e dos Ensaio de Electro-Coagulação e Electro-Oxidação Avançada	163
--	-----

1. INTRODUÇÃO

A produção de azeite representa um sector fundamental na estrutura da produção agrícola dos países de sul da Europa e é indissociável da manutenção da actividade agrícola em grandes zonas vulneráveis, sem alternativas culturais, e nas quais o processo de desertificação humana mais se tem feito sentir.

O Azeite é a gordura sintetizada naturalmente nas azeitonas como substância de reserva, contribuindo para assegurar a multiplicação da espécie. Disponibiliza a energia necessária durante o período em que a azeitona, nesta fase já liberta da árvore mãe, vai germinar e dar origem a uma nova planta. É obtido da azeitona exclusivamente por processos mecânicos e físicos em condições, essencialmente térmicas, que não produzem a sua alteração.

A actividade produtiva das agro-indústrias exerce um efeito negativo sobre o ambiente. O sector dos lagares de azeite é um dos que inspira maiores preocupações, pois é responsável pelo lançamento de efluentes com elevadas concentrações orgânicas para os cursos de água. Os teores de vários parâmetros de análise das águas ruças ultrapassam largamente os valores limites estabelecidos legalmente.

Várias tecnologias têm sido aplicadas no tratamento de águas ruças, sendo que, devido às características deste efluente, muitas delas não demonstram ser eficientes. As tecnologias que apresentam melhores resultados são, muitas vezes, soluções onerosas para a realidade dos lagares de produção de azeite em Portugal, uma vez que muitas destas unidades são de indústrias pequenas, de cariz familiar.

Neste sentido, torna-se essencial o desenvolvimento de tecnologias que, aplicadas ao tratamento deste tipo de efluentes apresentem boas eficiências, ao mesmo tempo que se apresentem como soluções técnica e economicamente viáveis.

2. CARACTERIZAÇÃO DO SECTOR DO AZEITE

2.1. Caracterização do Sector do Azeite a Nível Mundial

Para se compreender a dimensão da problemática das águas ruças e do seu tratamento, neste ponto e nos seguintes será efectuada uma caracterização do sector da produção de azeite, tanto a nível mundial, como em Portugal, em termos das quantidades produzidas, quer na globalidade, quer por países e regiões.

2.1.1. Produção e Consumo de Azeite

No que respeita à produção de azeite, a União Europeia apresenta-se como sendo o **principal produtor**, a nível mundial, tendo produzido, na *campanha de 2003-2004*, cerca de 2.282.650 toneladas de azeite (TDC-Olive, 2004).

No mundo inteiro, são produzidas cerca de 2.766.773 toneladas de azeite, sendo que 82,50% da produção respeita à União Europeia. Contando com os países candidatos à União Europeia e a Turquia, este valor sobe para 89% (TDC-Olive, 2004).

Relativamente à dimensão das indústrias deste sector, a maioria dos lagares de produção de azeite são pequenas empresas, de cariz familiar, com menos de 10 trabalhadores. A produção de azeite está concentrada nos países do Mediterrâneo: Espanha, Portugal, Itália, Grécia, Turquia, Tunísia e Marrocos, que contribuem com 89% da produção a nível mundial.

Contudo, não se pode descurar a produção de azeite noutros países, como a Austrália e os Estados Unidos da América, países nos quais a produção de azeite se encontra a aumentar (TDC-Olive, 2004).

Na figura seguinte pode visualizar-se a distribuição da produção de azeite pelos principais países produtores, no ano de 2003:

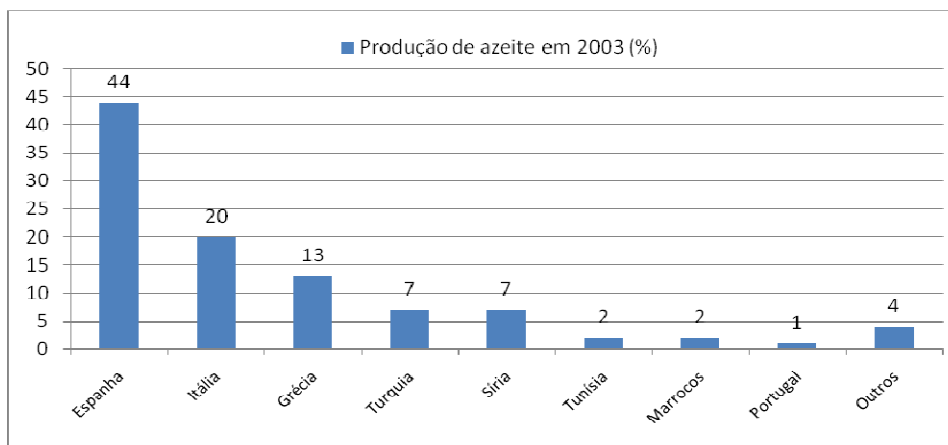


Figura 2-1 – Distribuição Mundial da Produção de azeite em 2003, pelos principais produtores (Adaptado de TDC-Olive, 2004).

Segundo algumas divulgações, este sector da indústria suporta cerca de 800.000 empregos na União Europeia. Uma das constatações que confirma o enorme crescimento da indústria de produção de azeite na União Europeia é a duplicação da área de plantação de oliveiras, que ocorreu entre 1980 e o início deste século (TDC-Olive, 2004).

A partir de meados da década de noventa assistiu-se a uma expansão mundial do sector do azeite, expressa num crescimento da produção a uma média de 4,6%/ano, entre as campanhas de 1994/95 e 2004/05, acompanhada por acréscimos da procura que, para o mesmo período, apresentou um ritmo de crescimento do consumo de 3,5% por ano.

A Bacia do Mediterrâneo foi, na campanha 2004/05, responsável por cerca de 96% da produção mundial, equivalente a 3 013 mil toneladas. Os Estados membros da UE representaram 79% desse valor (2 357 mil toneladas) e os países do Magreb (nomeadamente, Tunísia, Marrocos e Argélia), a Síria e a Turquia os restantes 21%.

A Espanha produz um terço de toda a produção mundial e é o seu maior produtor, com cerca de 34%. Itália e Grécia posicionam-se como 2º e 3º produtores mundiais, com 29% e 14%, respectivamente. **Portugal detém, actualmente, a 8ª posição no ranking da produção mundial, a par da Argélia e da Jordânia.** França, Chipre e Eslovénia são na União Europeia, também, países produtores, mas com valores pouco significativos.

A União Europeia (UE), para além de ser o principal produtor mundial de azeite, posiciona-se neste sector também como primeiro importador, secundada por um grupo de países tradicionalmente não produtores: EUA, Japão, Canadá, Austrália e Brasil. Estes países têm vindo a registar evoluções positivas no consumo, que os tornam mercados alvo de acentuado interesse. Como mercados emergentes de consumo destacam-se a China/Taiwan, a Rússia e a Coreia do Sul.

A UE, após a adesão da Grécia, e posteriormente de Espanha e Portugal, tornou-se auto-suficiente, passando a posicionar-se no plano internacional como o principal produtor, importador e exportador de azeite, tornando-se, naturalmente, o principal actor no mercado mundial.

Nas tabelas seguintes encontram-se os valores da produção mundial de azeite, entre as campanhas de 1986/1987 e 1999/2000, bem como a produção de azeite na UE entre as campanhas de 1994/1995 e de 1999/2000:

Tabela 2-1 - Produção Mundial de Azeite (entre 1986 e 2000)

Campanha	Produção (10 ³ ton)
86/87	1,614
87/88	2,028
88/89	1,435
89/90	1,796
90/91	1,451
91/92	2,206
92/93	1,813
93/94	1,736
94/95	1,866
95/96	1,638
96/97	2,636
97/98	2,542
98/99	2,401
99/00	2,375

Fonte: Conselho Oleícola Internacional (COI)

Tabela 2-2 - Produção de Azeite na União Europeia entre 1994/1995 e 1999/2000 (1000 ton)

Campanha	Espanha	França	Grécia	Itália	Portugal
94/95	482	3	387	480	32
95/96	323	2	335	630	44
96/97	947	3	435	370	45
97/98	1,090	3	418	640	42
98/99	792	3	473	404	35
99/00	669	4	420	735	50

Fonte: Conselho Oleícola Internacional (COI)

Relativamente ao consumo de azeite, a nível mundial, a tabela seguinte mostra os valores que se verificaram entre as campanhas de 1984/1985 e 1999/2000, e a comparação destes valores com os valores de produção verificados nestas campanhas:

Tabela 2-3 - Consumo Mundial de Azeite e Comparação com a Produção Mundial (entre 1984 e 2000)

Campanha	Produção (10 ³ ton)	Consumo (10 ³ ton)
84/85	-	1,698
85/86	-	1,708
86/87	1,614	-
87/88	2,028	1,811
88/89	1,435	1,733
89/90	1,796	1,721
90/91	1,451	1,683
91/92	2,206	1,852
92/93	1,813	1,896
93/94	1,736	1,891
94/95	1,866	1,886
95/96	1,638	1,748
96/97	2,636	2,171
97/98	2,542	2,398
98/99	2,401	2,410
99/00	2,375	2,453

Fonte: Conselho Oleícola Internacional (COI)

2.2. Caracterização do Sector do Azeite em Portugal

Efectuada uma breve caracterização do sector do azeite a nível mundial, nos próximos pontos será abordada a situação a nível nacional.

2.2.1. Olivicultura – Diagnóstico Sectorial

O olival é uma cultura de múltiplas valências, que vão desde a sua função económica à ambiental, realçando o seu contributo para a paisagem, ocupando áreas importantes e em regiões desfavorecidas do nosso território. Do ponto de vista ambiental, duas áreas em particular têm sido desenvolvidas nestes últimos anos:

- O apoio à manutenção ou introdução de práticas mais amigas do ambiente, como a protecção e a produção integradas e a agricultura biológica, incentivadas através da contratualização de ajudas agro-ambientais;

- Na transformação, à implementação de novos métodos de extracção, introdução de melhorias na armazenagem do azeite e na eliminação dos resíduos. O maior problema ambiental do sector da transformação traduz-se na produção de águas ruças e ou de bagaços de azeitona com diferentes teores de humidade, e ainda de resíduos, estes últimos procedentes das operações de limpeza e de lavagem das azeitonas e das embalagens.

De acordo com o *Guia Técnico para o Sector dos Óleos Vegetais, Derivados e Equiparados*, de 2001, elaborado no âmbito do Plano Nacional de Prevenção de Resíduos Industriais (PNAPRI), a maioria das empresas de Refinação de Óleos e Gorduras (nas quais se incluem as empresas produtoras de azeite) está situada na região de Lisboa e Vale do Tejo (58% do total das empresas existentes), seguindo-se o Alentejo e as regiões Norte e Centro (com cerca de 14% das empresas cada) (INETI, 2001).

Por **refinação de Óleos e Gorduras** entende-se a série de operações efectuadas para remoção de impurezas e constituintes indesejáveis, com o objectivo de tornar esses óleos e gorduras aptos para consumo humano.

Ainda de acordo com este Guia Técnico, que referia dados do Ministério do Trabalho (do Departamento de Estatística do Trabalho, Emprego e Formação Profissional – DETEFP), relativos a 1998, as empresas pertencentes aos subsectores da Refinação de Óleos e Gorduras são na sua maioria pequenas ou médias empresas, que empregam menos de 50 trabalhadores (INETI, 2001).

O volume de negócios do sector da Fabricação de Óleos Vegetais Brutos e da Refinação de Óleos e Gorduras, de 303 e 172 milhões de euros, respectivamente, reflecte a importância deste sector em Portugal (dados da Federação das Indústrias de Óleos Vegetais, Derivados e Equiparados - FIOVDE - 1998) (INETI, 2001).

Portugal é o quarto produtor de azeite da União Europeia. No entanto, possui baixos volumes de laboração de azeitona, sendo que na maioria dos lagares de azeitona, o período de laboração é relativamente curto, comparativamente com outros países produtores, devido ao grande número de lagares de pequena dimensão.

Segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE), o ramo de actividade económica das indústrias transformadoras evidencia uma estrutura empresarial caracterizada, num universo de 302 empresas, pela dominância de empresas de dimensão micro (94,7%), que *empregam menos de 10 trabalhadores* e com um volume de negócios até 2 milhões de Euros. As empresas de pequena dimensão existem

numa percentagem mais reduzida (5,3%), não obstante representarem 63,8% do volume de negócios do sector da transformação. Não se regista a existência de empresas de média e de grande dimensão.

2.2.1.1. Importância do Sector em Portugal

A vocação dominante do olival português é para produção de azeite, com cerca de **96% do total da azeitona produzida destinada à obtenção deste produto e apenas cerca de 4% canalizada para a produção de azeitona de mesa.**

A representatividade do sector do azeite na estrutura agro-alimentar tem sido, nos últimos anos, próxima de 1%, correspondendo a um valor da ordem dos 90 milhões de €, face a valores, que no período pós-adesão à União Europeia, eram muito próximos ou superavam mesmo os 2%. Em termos médios, no período 1988-2004, a participação do azeite neste total foi de 1,6%.

Contrariando a evolução das últimas décadas, assiste-se, recentemente, a uma dinâmica do sector da produção, quer por via da utilização de técnicas de produção mais adaptadas, nomeadamente com maior recurso ao regadio, quer pela instalação de novas plantações.

Estas, efectuadas no decurso dos vários quadros comunitários de apoio, mantiveram-se relativamente pouco importantes, mesmo após o programa especial de 30 000 ha de novo olival autorizado a partir de 1998, invertendo-se esta situação nos últimos anos, nomeadamente em **2005 e 2006**, com ***acréscimos significativos das áreas plantadas.***

Na transformação, procedeu-se à **concentração, modernização e adaptação tecnológica dos lagares**, correspondendo às exigências da regulamentação comunitária em matéria de higiene e condições ambientais, **tendo-se, desde meados da década de 90, passado de cerca de 1000 lagares para pouco mais que 600.** Os lagares encontram-se espalhados e relativamente bem localizados nas regiões de produção, factor que contribui favoravelmente para a obtenção de produtos de qualidade.

2.2.1.2. Entidades Envolvidas no Sector / Apoios Financeiros

Na execução da Política Agrícola e das Pescas da responsabilidade do Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas (MADRP), o **Instituto de Financiamento e Apoio ao Desenvolvimento da Agricultura e Pescas (IFADAP)** e o **Instituto Nacional de Intervenção e Garantia Agrícola (INGA)** desempenharam um importante papel, canalizando a quase totalidade dos

apoios nacionais e comunitários destinados aos sectores agrícolas e das pescas, tendo no ano de 2005 o conjunto dos seus pagamentos ascendido a 1,6 mil milhões de euros.

A complementaridade de actuação dos dois Institutos tinha já justificado um processo de integração faseado, iniciado com a publicação do Decreto-Lei n.º 250/2002, de 21 de Novembro, criando um Conselho de Administração único para o IFADAP e o INGA.

No quadro das orientações definidas pelo Programa de Reestruturação da Administração Central do Estado (PRACE) e concretizando o esforço de racionalização estrutural consagrado no Decreto-Lei n.º 209/2006, de 27 de Outubro, que aprovou a Lei Orgânica do MADRP, pelo Decreto-Lei n.º 87/2007, de 29 de Março, foi criado o **Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas, I.P.**, abreviadamente designado **IFAP, I.P.**, com extinção do IFADAP e do INGA.

O **IFAP, I.P.**, é um instituto público integrado na administração indirecta do Estado, dotado de autonomia administrativa e financeira e património próprio.

O **IFAP, I.P.**, tem por missão, proceder à validação e ao pagamento decorrente do financiamento da aplicação de diversas medidas definidas a nível nacional e comunitário, no âmbito da agricultura, desenvolvimento rural, pescas e sectores conexos, bem como propor as políticas e estratégias de tecnologias de informação e comunicação do MADRP e garantir o planeamento, concepção, execução e avaliação das iniciativas de informatização e actualização tecnológica dos órgãos, serviços e organismos do Ministério, assegurando uma gestão eficaz e racional dos recursos disponíveis.

Relativamente aos apoios financeiros ao sector, deve-se destacar a criação do **Despacho Normativo n.º 6/2005, de 18 de Janeiro**, que estabeleceu novas regras nacionais e critérios de rateio das áreas constantes da Declaração Prévia de Intenção de Plantação (DPIP) de olival, bem como instituiu uma reserva nacional de plantação de olival constituída pelas áreas subutilizadas, de forma a dar cumprimento integral ao Programa de Plantação de 30 000 ha de novas plantações de olival, com direito a ajuda à produção de azeite, aprovado pela Decisão da Comissão n.º 2000/406/CE, de 30 de Junho.

Neste despacho normativo estabelecia-se um prazo limite de plantação que expirava no final do ano de 2005. Verificou-se, porém, que as condições climáticas adversas decorrentes da situação de seca severa, aliada à escassez de plantas de qualidade que permitissem satisfazer a totalidade dos pedidos dos agricultores, impediam o cumprimento daquele prazo, pelo que se entendeu oportuno conceder uma prorrogação daquele, concedendo mais uma época de plantação.

Neste sentido, foi publicado o Despacho Normativo n.º 52/2005, de modo a alterar o prazo referido no n.º 1 do artigo 8.º do Despacho Normativo n.º 6/2005, de 18 de Janeiro, sendo prorrogado até 30 de Abril de 2006.

Além deste aumento de área de olival que se verificou, devido a estas novas plantações, o Governo quer praticamente duplicar a produção do olival nacional num prazo de 3-4 anos, das actuais 33.000 toneladas para 60.000 toneladas.

Esta fileira é assim considerada uma das prioritárias no Programa de Desenvolvimento Regional (PDR) 2007/2013, pelo Governo, tendo por objectivo apoiar olivais com rega, modernos, bem como a transformação e a promoção, de modo a possibilitar que Portugal, a curto/médio prazo (quatro, cinco anos), produza azeite suficiente para o consumo interno e que o exporte.

A tendência do aumento de produção de azeite deverá acentuar-se nos próximos anos, face à entrada em produção das novas plantações efectuadas ao abrigo e fora do programa nacional de plantação, numa dinâmica que será seguramente mais expressiva na região do Alentejo.

2.2.2. Distribuição Regional e Estrutura das Explorações Agrícolas

A cultura do olival encontra-se distribuída por todas as Regiões Agrárias do Continente, destacando-se o **Alentejo e Trás-os-Montes como principais regiões produtoras, com alguma supremacia do Alentejo em termos de área** (Alentejo – 41,7% e Trás-os-Montes – 20,8%). As regiões da Beira Interior e Ribatejo e Oeste posicionam-se na segunda linha do ranking da produção nacional, com uma ocupação de, respectivamente, 17,9% e 11,3%.

Neste ponto será descrita a distribuição da produção de azeite e da área de olival especializada em olivicultura, por cada região de Portugal.

2.2.2.1. Entre Douro e Minho

O olival tem muito pouca expressão nesta região:

- Área de olival: 994 hectares;

- A percentagem da área de olival na superfície agrícola utilizada é de 9,2%;

- A área de olival em explorações especializadas em olivicultura é de 6 hectares (0,6% da área regional de olival).

2.2.2.2. Trás-os-Montes

Esta região apresenta as seguintes características:

- Área de olival: 72 202 hectares;
- O olival representa 27,6% da superfície agrícola utilizada da região;
- Explorações com especialização em olivicultura representam 16,2% do número de explorações com olival da região e 28,7% da área de olival regional;
- Em termos de dimensão económica, 41,3 % das explorações com olival são muito pequenas, com MBS até 2 UDE, detendo 14,6 % da superfície da cultura.

Deve referir-se que MBS significa Margem Bruta Padrão e 1 UDE significa Unidade Dimensão Económica, e corresponde a 1200 € de Margem Bruta Padrão.

- A área de olival predomina na classe de 4 e 8 UDE (4 800 a 9 600 € de MBS) e apresenta uma área média de olival por exploração de 2,43 hectares.

2.2.2.3. Beira Litoral

Nesta região:

- A área de olival é de 17 381 hectares;
- O olival representa 32,1% da superfície agrícola utilizada da região;
- As explorações especializadas em oliviculturas correspondem a 1,7% do total de explorações com olival, perfazendo 4,2% da área olival da região;
- Em termos de dimensão económica, 65,5% das explorações com olival são muito pequenas (com MBS até 2 UDE), representando 49,8% da superfície da cultura, e apresentando uma área média de olival por exploração de 0,59 hectares. Entre 2 e 4 UDE situam-se 22,5% das explorações e 26% da área de olival.

2.2.2.4. Beira Interior

Nesta região:

- A área de olival é de 60 273 hectares;
- O olival representa 21,6 % da superfície agrícola utilizada da região;
- As explorações especializadas em olivicultura são 25,6% do total de explorações com olival, absorvendo 31,5% da área de olival regional e apresentando uma área média de olival por exploração de 2,17 hectares;
- Em termos de dimensão económica, 50% das explorações com ocupação olival inscrevem-se na classe de mais de 40 UDE, concentrando em termos de área 15,2% do total de olival na região e apresentando uma área média de olival de 27,51 hectares por exploração. A maior fatia da área de olival, 37,5%, pertence a explorações muito pequenas (até 2 UDE), que representam 70,8% do total de explorações com olival.

2.2.2.5. Ribatejo e Oeste

Nesta região:

- A área de olival é de 36 789 hectares;
- O olival representa 32,7 % da superfície agrícola utilizada da região;
- As explorações especializadas em olivicultura perfazem 32,6% do total de explorações com olival, absorvendo 42,5 % da área de olival regional e apresentando uma área média de olival por exploração de 2,51 hectares;
- Em termos de dimensão económica, 42,8% das explorações com olival são muito pequenas (até 2 UDE), mas cobrem apenas 15,9% da área de olival. As classes dominantes em termos de ocupação com olival são as de 2 a 4 UDE (17,9%), de 4 a 8 UDE (18,9%) e mais de 40 UDE, concentrando neste último caso 22,4 % da área de olival da região e apresentando uma área média de olival por exploração de 17,09 hectares.

2.2.2.6. Alentejo

Nesta região:

- A área de olival é de 138 072 hectares;
- O olival representa 11,9 % da superfície agrícola utilizada da região;
- As explorações especializadas em olivicultura são 43,3 % do total de explorações com olival, absorvendo 40,1 % da área de olival regional e apresentando uma área média de olival por exploração de 5,34 hectares;
- Em termos de dimensão económica, 53,7 % das explorações com olival são muito pequenas (até 2 UDE), ainda que representem apenas 14,5 % da área de olival. As classes dominantes em termos de ocupação com olival são as de mais de 40 UDE (36,6 %) e de 16 a 40 UDE (17,8%), que apresentam uma área média de olival por exploração de, respectivamente, 35,94 e 14,93 hectares.

2.2.2.7. Algarve

O olival tem expressão pouco significativa na região:

- A área de olival é de 8 718 hectares;
- O olival representa 14,3 % da superfície agrícola utilizada da região;
- As explorações agrícolas e especializadas em olivicultura representam 2,4 % do total das explorações com olival e 3,5% da área de olival da região.

2.2.3. Produção e Consumo de Azeite em Portugal

O património olivícola tem vindo a reduzir-se nas últimas décadas em Portugal, independentemente de uma evolução positiva da área de olival, de 316 396 hectares (Recenseamento Geral Agrícola – RGA - 89) para 335 000 hectares, em 1999 (RGA 99). A perda deste património está fundamentalmente associada ao abandono e ao arranque de oliveiras, com repercussões numa redução da produção nacional de azeite, de 78 600 toneladas, em 1982, para 35 000 a 40 000 toneladas, em 1999.

A produção de azeitona para azeite concentra-se fundamentalmente em duas regiões, Trás-os-Montes (32,4% da produção no quinquénio 2000-2004) e Alentejo (com 30,4%). Também com alguma

importância são de destacar a Beira Interior (14,6%), a Beira Litoral (10,7%) e o Ribatejo e Oeste (9,2%).

Segundo dados do INE, de Fevereiro de 2007, esta entidade estimou um aumento de cerca de 20%, da produção de 2006 para 2007, situando-se nos 382 mil hectolitros. O INE salientava que a funda (azeite obtido por quintal de azeitona) e os parâmetros de qualidade deveriam ser, em virtude do mau estado sanitário da azeitona, inferiores ao verificado nas campanhas anteriores.

Na tabela seguinte podem ser visualizados os valores de produção de azeite, nos anos de 2001 a 2005, bem como a previsão do INE para a campanha de 2006:

Tabela 2-4 - Valores de Produção de Azeite em Portugal (2001-2005 e previsão para 2006)

Continentes	Produção						Índices	
	1 000 hl						2006 *	2006 *
Culturas							(considerando 100 a média de 2001 a 2005)	(considerando 100 a produção de 2005)
OLIVAL	2001	2002	2003	2004	2005	2006 *		
AZEITE	350	310	365	501	318	382	104	120

Fonte: INE

Em 1987 existiam 1209 lagares em funcionamento, tendo aumentado para 1422 em laboração na campanha de 1991/92. No período 1997-2005 assistiu-se a uma redução, passando de 1073 lagares para 616 na campanha de 2004/2005.

Este processo de encerramento de lagares, que tem sido mais atenuado nos últimos anos, acompanhou as maiores exigências relacionadas com o licenciamento industrial que, vieram tornar mais relevantes uma série de problemas que, para além das questões ambientais, se têm vindo a colocar com alguma pertinência e que são de natureza higio-sanitária e técnico-funcional.

Verifica-se que a partir de 2000, de uma forma geral, a tendência é no sentido de uma certa estabilidade do número de lagares em funcionamento, verificando-se pequenas variações por campanha que se prendem, sobretudo, com a disponibilidade de matéria-prima nas várias regiões.

Na campanha de 2004/2005, que se caracterizou por ter sido uma campanha em que as quantidades de azeitona laborada (300,7 mil toneladas) se situaram 30% acima da média das 5 campanhas anteriores (230,2 mil toneladas), o número de lagares em funcionamento foi de 616.

A tabela seguinte mostra a distribuição dos lagares pelas várias regiões agrárias, a quantidade de azeitona produzida e laborada, bem como o azeite obtido, na **campanha de 2004/2005**.

Tabela 2-5 - Quantidades de azeitona produzida e laborada por região geográfica (campanha 2004/05)

Proveniência	Azeitona Produzida	N.º de lagares		Azeitona Laborada	Azeite Obtido
	ton	n.º	%	ton	ton
Entre Douro e Minho	2464	15	2	3857	461
Trás-os-Montes	79315	118	19	80081	13309
Beira Litoral	31835	101	16	38813	5159
Beira Interior	49923	203	33	47731	6422
Ribatejo e Oeste	29770	96	16	36441	4792
Alentejo	98800	77	13	86103	14585
Algarve	8592	6	1	7672	1132
Total	300699	616	100	300699	45860

Fonte: INE

Nas figuras seguintes podem visualizar-se os dados da tabela anterior:

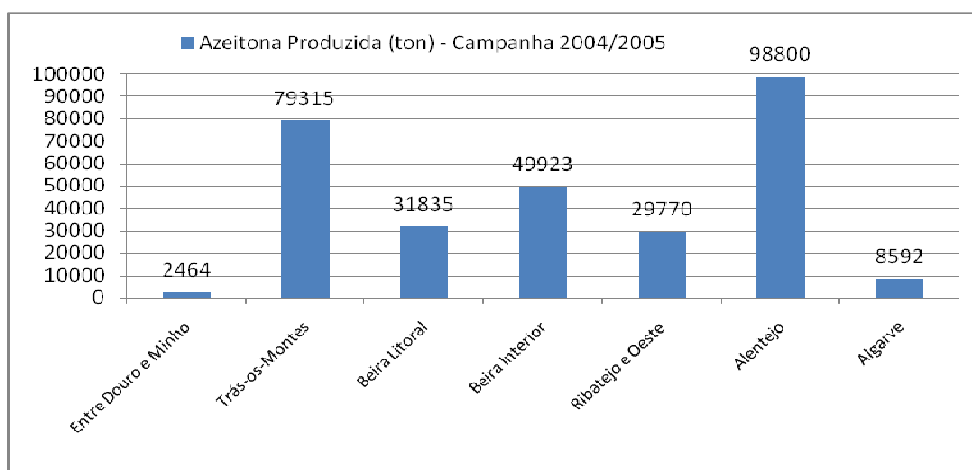


Figura 2-2 – Azeitona Produzida (ton) na Campanha 2004/2005, por região geográfica

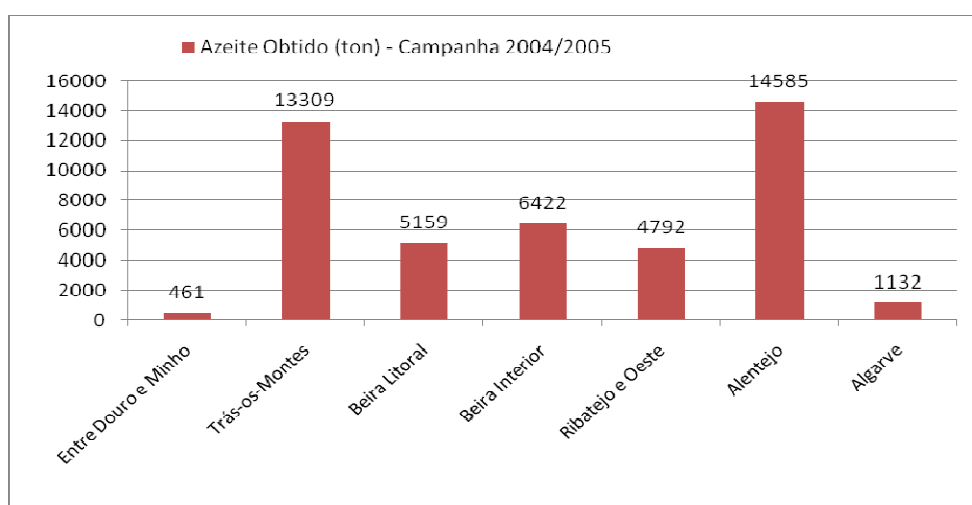


Figura 2-3 - Azeite Obtido (ton) na Campanha 2004/2005, por região geográfica

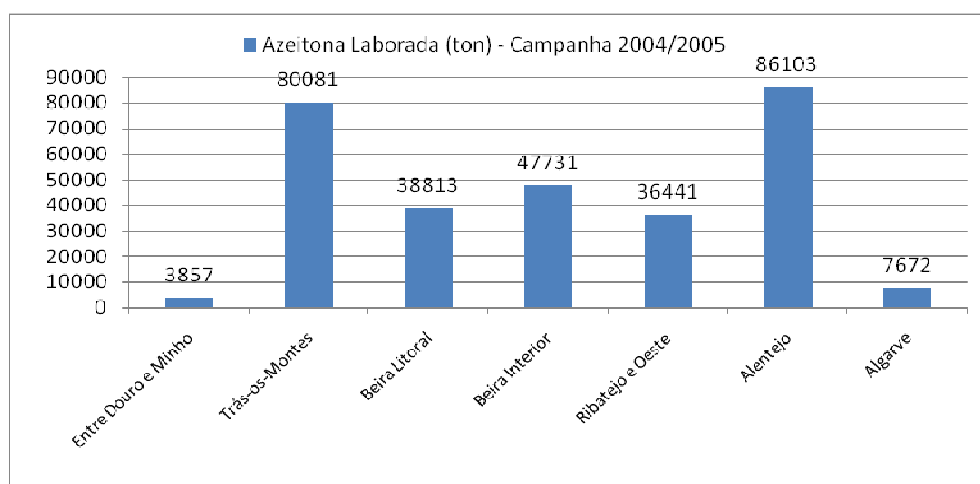


Figura 2-4 - Azeitona Laborada (ton) na Campanha 2004/2005, por região geográfica

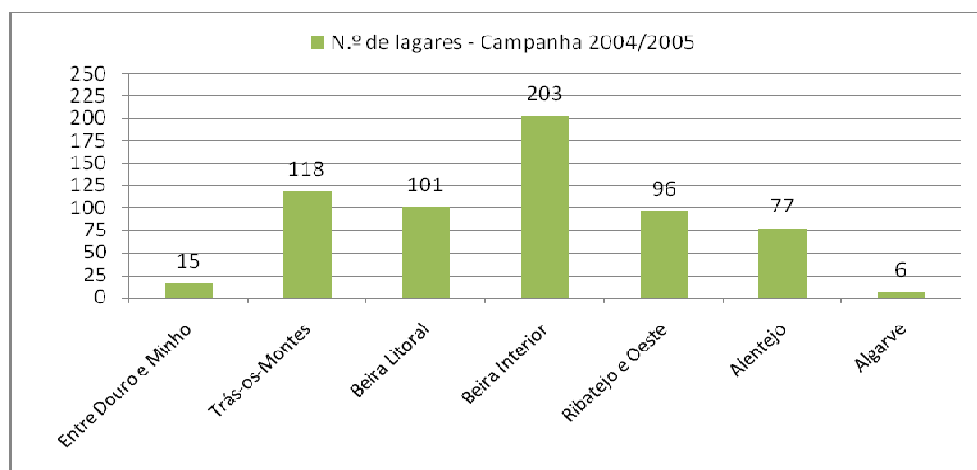


Figura 2-5 - Número de Lagares em funcionamento na Campanha 2004/2005, por região geográfica

Nas tabelas seguintes apresentam-se os valores da produção de azeite em Portugal, no período compreendido entre 1980 e 2006, e por campanhas, entre as campanhas 1986/1987 e 1999/2000:

Tabela 2-6 – Produção de Azeite em Portugal (1980-2006)

Anos	Azeitona oleificada (t)	Azeite (hl)	Azeite obtido por quintal de azeitona (hl/q)
1980	215284	349254	0,16
1981	145094	251115	0,17
1982	509027	864271	0,17
1983	71975	95676	0,13
1984	342670	517059	0,15
1985	219412	360825	0,16
1986	334800	556734	0,17
1987	271468	424834	0,16
1988	110326	157295	0,14
1989	309795	446348	0,14
1990	177476	263288	0,15
1991	420643	668711	0,16
1992	140625	228197	0,16
1993	237511	350775	0,15
1994	222210	345433	0,16
1995	311257	477729	0,15
1996	275143	452040	0,16
1997	309091	423585	0,14
1998	225615	360950	0,16
1999	320865	512265	0,16
2000	167161	249433	0,15
2001	218522	349502	0,16
2002	211574	310474	0,15
2003	232947	364977	0,16
2004	300699	500658	0,17
2005	203911	318174	0,16
2006	362301	518466	0,14

Fonte: INE

Tabela 2-7 - Produção de Azeite em Portugal 1986/1987 e 1999/2000 (1000 ton)

Campanha	Portugal
86/87	41
87/88	35
88/89	23
89/90	41
90/91	20
91/92	62
92/93	22
93/94	32
94/95	32
95/96	44
96/97	45
97/98	42
98/99	35
99/00	50

Fonte: Conselho Oleícola Internacional (COI)

A produção de azeite em Portugal tem verificado um decréscimo, ao longo das últimas décadas, como consequência dos elevados custos de produção, das baixas produtividades, da falta de mecanização na colheita da azeitona e da ausência de mão-de-obra. Estes factores levaram ao abandono de muitas das culturas existentes.

A figura seguinte representa a produção de azeite nos períodos 1986-1990 e 2002-2006, por região geográfica:

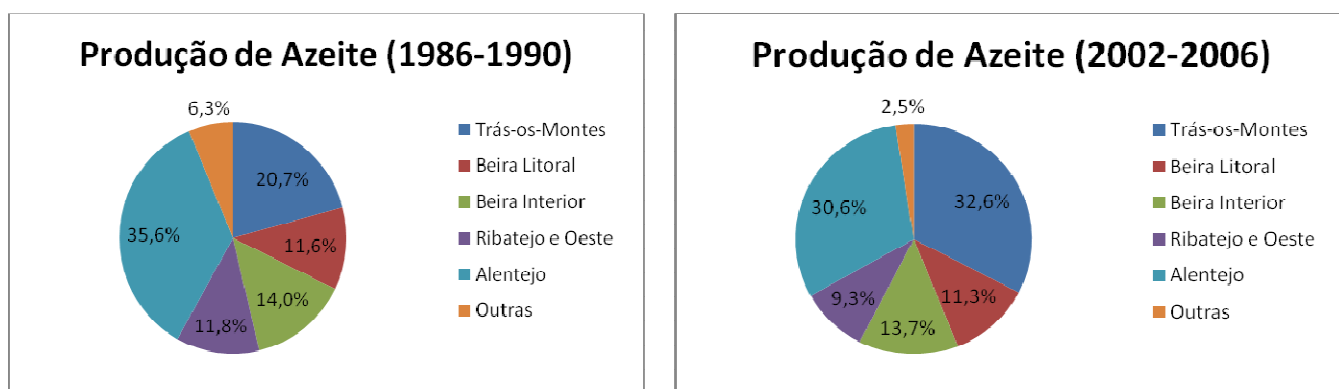


Figura 2-6 – Produção de Azeite – representatividade por região

Fonte: INE

Segundo os dados do INE, **a produção de azeite na campanha de 1997/98 foi de 424.000 hectolitros**, representando uma redução de 7%, relativamente à campanha anterior, sendo no entanto superior em cerca de 3,4% à média do quinquénio (410.000 hectolitros). A produção de azeite em Portugal, na **campanha 2000-2001**, foi da ordem de **42.000 toneladas**, correspondendo a uma área de cultivo de azeitona que ronda os 330.000 hectares (Baeta-Hall *et al*, 2002).

A título indicativo, deve referir-se que, **em média, uma oliveira dá 20 Kg de azeitonas, sendo necessários cerca de 5 a 6 Kg para produzir 1 L de azeite.**

No gráfico da figura seguinte pode visualizar-se as produções de azeite em Portugal no período compreendido entre 1980 e 2006. Deve notar-se que os valores após 1980 foram calculados tendo por base o valor deste ano (considerou-se que este valor correspondia a 100).

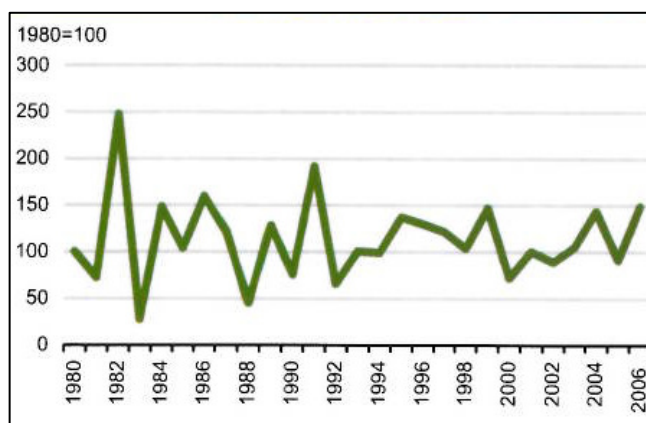


Figura 2-7 – Produção de Azeite em Portugal (1980-2006)

Fonte: INE

Relativamente à área de olival, esta desceu de 570.000 ha, na década de 50, para 330.000 ha, em 1995 (dados do Instituto Nacional de Estatística – INE), originando assim uma queda da produção nacional de azeite, de uma produção máxima de 120.000 ton, em 1953, para 40.000 ton, em 1995 (www.gppaa.min-agricultura.pt).

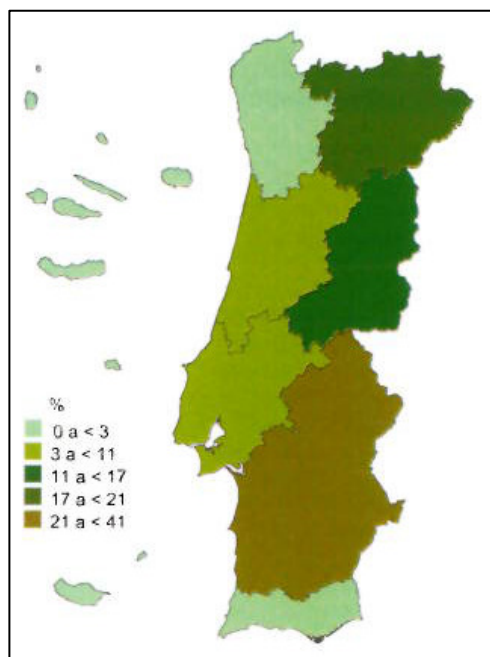


Figura 2-8 – Área de Olival para Produção de Azeite: Representatividade por região em 2006

Fonte: INE

No que se refere ao consumo de azeite, este passou de 10,5 kg/per capita, em 1960, para um mínimo de 3,3 kg/per capita, em 1990 (www.gppaa.min-agricultura.pt). Como se pode verificar na tabela seguinte, o índice de consumo *per capita* de azeite em Portugal, no ano de 2005, esteve bastante aquém dos registados nos outros Estados Membros (Grécia, Espanha e Itália), estando ainda distanciado dos atingidos na década de 60.

Tabela 2-8 - Índice de Consumo per capita de azeite em 2005

País	Índice de Consumo per capita (kg/habitante/ano)
Portugal	7,5
Grécia	25
Espanha	12,6
Itália	12,3
Portugal (na década de 60)	10,5

Fonte: (GPP, 2007)

Na tabela seguinte apresenta-se uma comparação entre o consumo nacional de azeite e a produção nacional, entre 1984 e 2000:

Tabela 2-9 - Consumo de Azeite em Portugal e Comparação com a Produção Nacional (entre 1984 e 2000)

Campanha	Produção (10 ³ ton)	Consumo (10 ³ ton)
84/85	-	42
85/86	-	39
86/87	41	-
87/88	35	35
88/89	23	35
89/90	41	35
90/91	20	27
91/92	62	45
92/93	22	43
93/94	32	59
94/95	32	58
95/96	44	58
96/97	45	62
97/98	42	63
98/99	35	66
99/00	50	70

Fonte: Conselho Oleícola Internacional (COI)

Nas tabelas seguintes pode visualizar-se a quantidade de azeite produzido e de azeitona oleificada, por localização geográfica, tipo de lagar utilizado e sistema de extracção utilizado, em 2007.

Tabela 2-10 - Quantidade de azeite produzido, por localização geográfica, tipo de lagar de azeite e sistema de extracção utilizado, em 2007, em Portugal

		Azeite produzido por quintal de azeitona (hl/ q) por Localização geográfica (Região agrária), Tipo de lagar de azeite e Sistema de extracção utilizado											
		Período de referência dos dados											
		2007											
		Localização geográfica (Região agrária)											
		Portugal	Entre douro e minho	Trás-os-montes	Beira litoral	Beira interior	Ribatejo e oeste	Alentejo	Algarve	Açores	Madeira		
		hl/ q	hl/ q	hl/ q	hl/ q	hl/ q	hl/ q	hl/ q	hl/ q	hl/ q	hl/ q	hl/ q	hl/ q
Tipo de lagar de azeite	Sistema de extracção utilizado												
Total	Total	0,17	0,16	0,18	0,15	0,14	0,16	0,19	0,15	-	-	-	-
	Tradicional	0,15	0,14	0,16	0,14	0,14	0,14	0,17	0,14	-	-	-	-
	Contínuo duas fases	0,18	0,15	0,18	0,17	0,14	0,17	0,19	0,15	-	-	-	-
	Contínuo três fases	0,16	0,17	0,18	0,14	0,15	0,17	0,17	0,15	-	-	-	-
	Outros	0,14	-	-	-	-	0,14	-	-	-	-	-	-
Particular	Total	0,17	0,11	0,18	0,12	0,14	0,15	0,18	0,14	-	-	-	-
	Tradicional	0,15	0,11	0,16	0,12	0,14	0,16	0,14	0,14	-	-	-	-
	Contínuo duas fases	0,16	-	0,18	0,11	0,17	-	0,14	-	-	-	-	-
	Contínuo três fases	0,18	-	0,19	-	0,14	0,14	0,21	-	-	-	-	-
	Outros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cooperativo	Total	0,18	-	0,18	0,15	0,14	0,15	0,19	0,15	-	-	-	-
	Tradicional	0,14	-	0,15	0,16	0,14	0,14	0,12	-	-	-	-	-
	Contínuo duas fases	0,18	-	0,17	0,15	0,14	0,17	0,19	-	-	-	-	-
	Contínuo três fases	0,17	-	0,18	-	0,14	0,12	0,18	0,15	-	-	-	-
	Outros	0,12	-	-	-	-	0,12	-	-	-	-	-	-
Industrial	Total	0,17	0,16	0,18	0,15	0,15	0,16	0,19	0,15	-	-	-	-
	Tradicional	0,15	0,15	0,17	0,14	0,13	0,14	0,17	-	-	-	-	-
	Contínuo duas fases	0,18	0,15	0,18	0,17	0,14	0,16	0,19	0,15	-	-	-	-
	Contínuo três fases	0,16	0,17	0,18	0,14	0,15	0,17	0,15	0,15	-	-	-	-
	Outros	0,16	-	-	-	-	0,16	-	-	-	-	-	-

Fonte: INE

Tabela 2-11 - Quantidade de azeitona oleificada, por localização geográfica, tipo de lagar de azeite e sistema de extracção utilizado, em 2007, em Portugal

		Azeitona oleificada (t) por Localização geográfica (Região agrária), Tipo de lagar de azeite e Sistema de extracção utilizado										
		Período de referência dos dados										
		2007										
		Localização geográfica (Região agrária)										
		Portugal	Entre douro e minho	Trás-os-montes	Beira litoral	Beira interior	Ribatejo e oeste	Alentejo	Algarve	Açores	Madeira	
		t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
Tipo de lagar de azeite	Sistema de extracção utilizado											
Total	Total	203968	1093	59467	10573	22928	18480	85686	5742	0	0	0
	Tradicional	22661	403	6451	1079	7266	6236	1210	15	0	0	0
	Contínuo duas fases	122952	216	39249	5347	4738	3134	68657	1613	0	0	0
	Contínuo três fases	57984	474	13767	4147	10924	8739	15819	4114	0	0	0
	Outros	371	0	0	0	0	371	0	0	0	0	0
Particular	Total	6646	26	2645	37	974	349	2599	15	0	0	0
	Tradicional	977	26	497	13	149	120	157	15	0	0	0
	Contínuo duas fases	1774	0	614	25	8	0	1128	0	0	0	0
	Contínuo três fases	3895	0	1534	0	817	230	1314	0	0	0	0
	Outros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cooperativo	Total	79590	0	22396	317	7105	2508	46738	527	0	0	0
	Tradicional	4689	0	215	173	3894	340	67	0	0	0	0
	Contínuo duas fases	59226	0	17820	144	1938	1479	37844	0	0	0	0
	Contínuo três fases	15528	0	4361	0	1272	542	8827	527	0	0	0
	Outros	147	0	0	0	0	147	0	0	0	0	0
Industrial	Total	117732	1067	34426	10218	14849	15623	36349	5200	0	0	0
	Tradicional	16995	377	5739	893	3223	5776	986	0	0	0	0
	Contínuo duas fases	61952	216	20815	5178	2792	1654	29685	1613	0	0	0
	Contínuo três fases	38561	474	7873	4147	8835	7968	5678	3587	0	0	0
	Outros	224	0	0	0	0	224	0	0	0	0	0

Fonte: INE

Importa então referir que, no âmbito da publicação do Despacho Conjunto n.º 8277/2007, foram identificados os concelhos e as regiões de maior pressão e definidos Núcleos de Acção Prioritária para vários sectores, entre os quais o sector da produção de azeite, considerando diversos critérios, designadamente:

- Quantidade de produto laborado;
- Número de unidades a laborar por concelho;
- Dimensão e características das unidades;
- Proximidade física das várias unidades consideradas nos concelhos abrangidos
- Pressão exercida no solo e nos recursos hídricos.

Na tabela seguinte apresentam-se valores da produção de azeite por cada um dos núcleos prioritários definidos no âmbito do Despacho Conjunto n.º 8277/2007:

Tabela 2-12 - Núcleos de acção prioritária – Lagares e Produção de Azeite

Núcleos	Azeite produzido por núcleo		Lagares por núcleo		Concelho	Lagares (n.º)	Azeite produzido (kg)
	kg	%	N.º	%			
A	10.544.700	23	89	15	Valpaços	12	1.675.800
					Mirandela	22	1.605.800
					Macedo de Cavaleiros	10	1.590.800
					Vila Flor	11	1.208.600
					Vila Nova de Foz Côa	8	830.000
					São João da Pesqueira	6	729.100
					Bragança	8	904.800
					Torre de Moncorvo	3	680.000
					Alfândega da Fé	3	822.900
					Mogadouro	6	496.900
B	2.468.500	5	82	14	Castelo Branco	36	1.16.800
					Fundão	15	1.041.000
					Proença-A-Nova	31	310.700
C	3.920.200	8	85	14	Santarém	21	1.479.700
					Alvaiázere	13	1.169.900
					Ourém	10	642.000
					Torres Novas	12	576.700
					Abrantes	14	540.800
					Tomar	10	525.800
					Ferreira do Zêzere	5	465.000
D	4.840.000	10	17	5	Crato	2	1.659.200
					Sousel	4	1.360.500
					Estremoz	3	818.000
					Elvas	3	542.500
					Portalegre	5	459.800
E	6.650.500	14	16	3	Moura	6	3.665.700
					Serpa	7	2.296.900
					Vidigueira	2	465.900
					Beja	1	222.000
		61	-	48	-	289	28.423.900

Os núcleos A, B, C, D e E representam os núcleos de acção prioritária. Com base nos mesmos critérios considerados para os outros sectores, foram identificadas as zonas de maior pressão e definidos 5 Núcleos de Acção Prioritária, abrangendo 29 concelhos, onde se localizam 289 unidades, as quais processaram cerca de 183 mil toneladas de azeitona triturada (60 % do total referente à campanha de 2004/2005).

Na **campanha de 2004/05**, o **Instituto Nacional de Intervenção e Garantia Agrícola (INGA)** reconheceu 615 lagares em todo o país, dos quais apenas 597 laboraram. Na campanha de 2004/05 foram laboradas, em Portugal Continental, 303 mil toneladas de azeitona, tendo-se obtido mais de 46 mil toneladas de azeite.

Uma vez que a capacidade dos lagares varia muito entre regiões, verificou-se que a azeitona laborada se encontra, principalmente, em duas regiões: as regiões de **Trás-os-Montes** e do **Alentejo** concentram **mais de 56 % da azeitona laborada e de 61 % do azeite obtido**.

Na campanha de 2004/05 laboraram 376 lagares de prensas e 220 lagares em sistemas contínuos, dos quais 106 em duas fases; 99 em 3 fases e 15 em regime misto (lagares de duas fases que laboraram a 3 fases).

Tabela 2-13 - Informação Ambiental do sector dos lagares (por CCDR)

CCDR	Lagares			
	Unidades Licenciadas (Fonte: MADRP)		Informação Ambiental (Fonte: CCDR/INAG)	
	Unidades	Quantidade de azeite produzido (kg)	Unidades	Quantidade de azeite produzido (kg)
Norte	134	13.979.300	149	n.d.
Centro	294	11.623.200	755	n.d.
LVT	91	4.926.100	88	n.d.
Alentejo	72	14.758.200	235	n.d.
Algarve	6	1.131.800	26	n.d.
TOTAL	597	46.418.600	1.253	n.d.

Legenda: LVT – Lisboa e Vale do Tejo; n.d. – não determinado

Tabela 2-14 - Comparação do universo total do sector e dos núcleos de acção prioritária – Lagares

	Campanha 2004/2005			
	N.º de Lagares	%	Azeite produzido (tons)	%
Total Nacional	597	-	46.419	-
Núcleos de Acção Prioritária	289	48	28.424	61

No sector dos Lagares, a produção de efluentes encontra-se disseminada por todo o país, sendo a sua produção concentrada em cerca de três meses, pelo que se tornam problemas significativos em quase

todos os concelhos das zonas de Trás-os-Montes, Douro, Viseu e Tejo, e em alguns concelhos das zonas da Beira Interior e Alentejo.

As perspectivas de evolução para este sector apontam para um crescimento significativo da produção de azeite em Portugal, nomeadamente nas regiões do Alentejo, Trás-os-Montes e Ribatejo, **fazendo prever um crescimento considerável da produção de efluentes nestas regiões que importa considerar, no futuro**. Pelo contrário, é previsível que ocorra uma diminuição do número de pequenas unidades situadas na Beira Interior e em todo o Litoral, zonas pouco problemáticas do ponto de vista da produção deste tipo de efluentes.

2.2.4. Transformação – Lagares

Embora ainda se verifique uma certa mobilidade da azeitona inter-regiões, este fenómeno tem vindo a atenuar-se, como consequência da reestruturação do sector olivícola e oleícola, continuando a verificar-se saídas de azeitona do Alentejo e de Trás-os-Montes para as restantes regiões.

A distribuição dos lagares pelas várias regiões espelha bem a estrutura da produção. ***A Beira Interior é a região agrária com maior número de lagares (33%), embora representando apenas 14% na produção de azeite. As duas principais regiões produtoras, Trás-os-Montes e Alentejo, a que correspondem respectivamente 19% e 13% do número de lagares, representam a principal fatia da quantidade de azeite produzido 29% e 31% respectivamente.***

Quanto à sua natureza jurídica, dos 616 lagares que laboraram na Campanha 2004/2005:

- 26% são cooperativas, a que correspondem 35% da quantidade de azeite produzido;
- os lagares industriais representam em número 67% e em produção 61%;
- os lagares particulares, isto é, que só laboram azeitona do próprio, representam 6% em número e 3% em quantidade.

A maior concentração de lagares cooperativos ocorre na região da Beira Interior (7%), com uma forte expressão regional das quantidades laboradas de azeitona (63%). Nas regiões do Alentejo e Trás-os-Montes, a representatividade do número de lagares cooperativos é respectivamente de 5% e 2%, concentrando os lagares cooperativos da região do Alentejo 34% da azeitona laborada na região. Em Trás-os-Montes esta representatividade é de 14%.

Comparando as realidades das regiões Alentejo e Beira Interior, sobressai que, embora o número de lagares cooperativos seja menos expressivo no Alentejo, o dimensionamento destes lagares permite a laboração de azeitona em quantidades idênticas às da Beira Interior.

A tendência geral de redução do número de lagares tem sido no sentido da sua concentração num menor número de unidades, melhor dimensionadas e melhor equipadas, favorecendo, também, um maior grau de concentração em termos de localização, que contribui para aumentar o tempo de transporte da azeitona ao lagar e que, por isso, tem vindo a ser acompanhada pela criação de postos de recepção de azeitona.

Nos pontos seguintes será efectuada uma descrição de todo o processo da produção do azeite, desde a colheita da azeitona até à extracção de azeite propriamente dita, bem como de vários processos de extracção de azeite.

2.2.5. Tipologia dos Lagares

2.2.5.1. Extracção do Azeite

Até à década de 80, a extracção de azeite realizava-se pelo sistema tradicional de prensas, o qual tem vindo a ser gradualmente substituído pela tecnologia de centrifugação em contínuo.



Figura 2-9 – Extracção de Azeite pelo sistema tradicional de prensas

Esta tecnologia, conhecida por sistema de três fases, separa os três constituintes principais da azeitona: azeite, água de vegetação (em conjunto com a água adicionada durante o processo e as substâncias que são solubilizadas, formando as águas ruças) e o bagaço ou resíduo sólido (constituído por fragmentos de pele, polpa e caroço).

Relativamente às características dos efluentes produzidos, as águas residuais provenientes da utilização do método das três fases apresentam menos gorduras, mas provocam um impacte ambiental importante.

Os problemas ambientais decorrentes da descarga das águas ruças levaram à procura de novas tecnologias de produção de azeite, como é o caso do processo de 2 fases, o qual permite reduzir substancialmente o volume de efluente produzido. No entanto, dá origem à produção de bagaços com um maior grau de humidade, uma vez que grande parte deste efluente líquido fica misturado no bagaço (efluente sólido), obrigando a maiores custos de transporte. Além disso, este bagaço não pode ser utilizado para obtenção de óleo do bagaço da azeitona.

No caso do azeite ser extraído pelo processo de centrifugação contínua de uma mistura de azeitonas e água quente, obtêm-se os seguintes produtos:

- azeite (20%);
- resíduo sólido (40%);
- águas ruças (40%) (Akdemir et al, 2006).

A maior parte dos lagares a laborar em Portugal ainda possui sistema tradicional de prensas (63 %). Os lagares contínuos (de 2 e 3 fases) já são maioritários em algumas regiões, como no Alentejo (70 %) e em Trás-os-Montes (52 %).

Estas diferenças regionais são resultado de uma intensa reestruturação deste sector que se tem vindo a sentir nos últimos 10 anos, com especial intensidade nas últimas 5 campanhas (Despacho Conjunto n.º 8277/2007).

Colheita das Azeitonas

A colheita das azeitonas é uma operação de grande importância, para a obtenção final de um azeite com qualidade. As azeitonas devem ser colhidas directamente das árvores e nesta fase todo o cuidado deve ser tomado, de forma a evitar qualquer tipo de danificação física da azeitona. A colheita pode ser feita manualmente ou mecanicamente.

Em algumas regiões a colheita é feita pelo método tradicional de varejamento, utilizando uma vara para bater nas árvores para que as azeitonas caiam em recipientes ou em redes. Os custos totais da colheita manual para o agricultor podem representar cerca de 50% do valor dos custos totais de produção. Actualmente, são também utilizados meios mecânicos para a realização da colheita. Os

métodos mais frequentes consistem na utilização de máquinas, ligadas ao tronco ou a ramos principais, que fazem vibrar a árvore até que as azeitonas se desprendam. Embora nem sempre aplicável, a colheita mecanizada requer menor mão-de-obra, permitindo uma poupança de tempo e uma maior competitividade. As máquinas que vibram as árvores são normalmente fornecidas com “chapéus receptores” que rodeiam a árvore, recolhendo-se aí as azeitonas.

Transporte e Recepção das Azeitonas

O transporte das azeitonas para os lagares e o seu armazenamento antes da moenda pode, se não for realizado correctamente, também influir na qualidade do azeite obtido. As operações de transporte, armazenamento e moenda das azeitonas devem ocorrer o mais cedo possível.

Segundo a legislação vigente para os azeites com Denominação de Origem Protegida é recomendado um intervalo máximo de 24/48 horas entre a colheita e o processo de extracção. No caso da colheita ser tardia ou se não forem garantidas as condições de temperaturas baixas e humidade adequada (temperatura abaixo dos 25°C e uma humidade relativa inferior a 75%), o intervalo de tempo entre a colheita e o processo de extracção deve ser ainda menor. Quanto maior o intervalo de tempo desde a colheita das azeitonas até ao processo de extracção, maiores as perdas no fruto, o que leva a uma produção de azeite de pior qualidade, pelo aumento do nível de acidez, devido à oxidação do azeite e pelas alterações das características organolépticas (defeitos como bolor, azedo, etc).

Depois da recepção e conclusão da avaliação do estado das azeitonas, estas podem ser limpas e lavadas mecanicamente.

Nos métodos de colheita mecânica, em particular, as folhas e os ramos que são normalmente recolhidos juntamente com as azeitonas, devem ser removidos, de forma a não afectar o sabor da azeitona, podendo proporcionar a esta um gosto desagradável a madeira. No lagar, esta operação é inteiramente mecanizada e consiste na aplicação de uma corrente de ar (gerada por ventiladores de elevada potência) às azeitonas. A operação de lavagem é, de um modo geral, feita por máquinas próprias, consistindo na passagem das azeitonas por um fluxo de água, de forma a que as impurezas sejam separadas, a partir da técnica de flotação.

2.2.5.1.1. Moenda

Nesta fase, os tradicionais moinhos de pedra, de rolos ou moinhos de galgas, podem ser utilizados, bem como uma variedade de moinhos metálicos, como por exemplo o moinho de martelos.

O **moinho de galgas** consiste numa base (pedra granítica circular), onde giram rolos de pedra de forma tronco-cónica (3 ou 4) do mesmo material, em torno de um eixo central, ligado ao centro da base. As azeitonas são colocadas na zona central do moinho, onde são esmagadas e transformadas numa pasta, que é empurrada para o exterior, com a ajuda de um raspador, sendo esta depois conduzida para uma bateadeira.

O moinho de galgas permite uma moenda lenta e regular, evitando a formação de emulsões e incrementos de temperatura significativos na pasta de azeitona. As desvantagens da utilização deste tipo de moinhos reside no elevado custo, na necessidade de grande número de operadores com bom domínio do processo e no aumento das reacções de oxidação, devido à grande quantidade de pasta exposta ao ar, por um longo período de tempo. Os moinhos de galgas são frequentemente encontrados nos lagares com sistemas tradicionais de prensas.

Entre os **moinhos metálicos**, o moinho de martelos é o mais utilizado. Estes moinhos são constituídos por um cilindro no qual são integradas peças metálicas, rodando a uma velocidade elevada no interior de uma câmara perfurada (grelha).

As principais **vantagens** destes moinhos são:

- a realização da moenda em contínuo;
- maior capacidade de laboração;
- menor custo e volume necessários, comparativamente ao moinho de galgas.

Em termos de **desvantagens**, pode referir-se que:

- uma rápida moenda não garante uma adequada preparação da pasta;
- pode haver a criação de emulsões difíceis de quebrar, sendo necessário que a pasta seja batida;
- os moinhos metálicos, em particular se funcionarem a elevada velocidade (2,200-2,900 rps) podem causar uma contaminação pelas peças metálicas, gastas da rotação a alta velocidade e um aumento do nível de clorofila e fenóis no azeite.

A última questão não é necessariamente uma desvantagem, uma vez que pode ser a melhor solução para a moenda de azeitonas maduras ou de variedades de maturação antecipada, que normalmente têm um fraco teor em fenóis.

2.2.5.1.2. Batedura

Nesta fase, a pasta de azeitona é batida lentamente e de forma contínua, para facilitar a agregação das gotas pequenas de azeite em gotas maiores, facilitando a separação do azeite das águas ruças. As bateadeiras são constituídas por cilindros metálicos (geralmente três), com pás giratórias no seu interior, colocados uns por cima dos outros e abertos na parte superior. Estes cilindros estão colocados numa posição específica, para que a pasta possa cair do cilindro superior para o imediatamente abaixo, depois de ter sido submetida a um período de batimento. Os cilindros têm uma câmara externa fechada na qual circula água quente, que permite o aquecimento da pasta, favorecendo a separação do azeite. Durante esta fase do processo, o azeite separado é colocado no último cilindro.

O tempo e a temperatura são parâmetros chave na fase de batedura. A temperatura deve ser mantida abaixo dos 25-30°C, uma vez que valores mais elevados podem causar a oxidação do azeite e defeitos no seu sabor. O tempo da batedura deve ser escolhido de acordo com o cultivar e com o sistema de moenda. Pode variar entre 15 minutos para azeitonas maduras e 30 a 40 minutos para azeitonas “difíceis”. Um processo de batedura prolongado causa certamente uma perda da qualidade do azeite, devido à oxidação dos ácidos gordos não saturados e degradação dos compostos anti-oxidantes.

Nos sistemas tradicionais com moinhos de galgas, enquanto o fruto é esmagado, a pasta é lentamente misturada e a fase de batedura pode ser dispensável. A batedura é absolutamente inevitável quando a moenda é realizada a partir de moinhos metálicos.

2.2.5.1.3. Extração

Actualmente, as tecnologias disponíveis para a extração de azeite oferecem uma grande variedade em equipamentos e sistemas. Os diferentes sistemas existentes podem influir na qualidade do azeite, em termos da sua composição química, sabor e aroma.

SISTEMA DE EXTRACÇÃO TRADICIONAL

Até há pouco tempo, todos os lagares de azeite utilizavam este tipo de sistema de extração por pressão, o qual separa o mosto oleoso (uma mistura de azeite e águas ruças) do bagaço de azeitona ou parte sólida, através de um processo de filtração com ajuda de pressão.

Neste processo, depois da fase da batedura ou directamente do moinho de rolos, a pasta de azeitona é espalhada sobre os capachos. Os capachos são discos porosos, originalmente feitos de fibra vegetal,

em particular de uma planta (*Lygeum spartum*) da família das “Gramineae”. Hoje em dia, são feitos de plástico e devem ser resistentes, permitindo uma passagem fácil do mosto oleoso bem como uma fácil libertação do bagaço depois do processo de prensagem. Devem ser mudados anualmente e lavados com água quente à pressão, sempre que existir uma pausa durante o trabalho.

Os capachos cobertos de pasta são empilhados uns sobre os outros, numa formação designada de castelo. Para manter a posição vertical dos capachos é utilizada uma agulha metálica que atravessa uma abertura central nos capachos. Após o castelo estar preparado, este é sujeito a forte pressão hidráulica. A pressão é aplicada na parte inferior, pressionando os capachos contra a ponte superior. Esta pressão facilita a libertação do mosto oleoso, separando-o do bagaço.

As principais **desvantagens** da aplicação técnica deste sistema são:

- os elevados custos em mão-de-obra;
- a descontinuidade do processo;
- despesas associadas com a utilização de materiais filtrantes.

SISTEMAS DE EXTRACÇÃO CONTÍNUA

Em ambos os sistemas contínuos de duas e três fases, a separação do azeite é feita pela aplicação de uma força centrífuga à pasta de azeitona, resultando na separação das diferentes fases pela diferença de pesos específicos. Depois da fase de batedura, a pasta segue do último cilindro para uma centrífuga horizontal, também conhecida por “*decanter*”.

SISTEMA DE TRÊS FASES

Num sistema de três fases, é adicionada água à pasta de azeitona, antes desta ser introduzida na centrífuga horizontal ou *decanter*, este último consistindo num cilindro horizontal de comprimento e diâmetro variável. Estes parâmetros variam de acordo com o rendimento por hora ou com o modelo do *decanter*. A temperatura da água a ser adicionada pode também variar, de acordo com a quantidade de água adicionada, com as condições da pasta ou ainda com o tipo de centrífuga utilizado, não devendo, no entanto, exceder os 30°C.

A separação de fases ou compostos de diferentes densidades é obtida pela força centrífuga, gerada pela alta velocidade rotativa do *decanter*. O azeite é a fase de menor densidade. O bagaço, sendo um sólido, corresponde à fase de maior densidade. Assim, à medida que o *decanter* roda, o azeite, sendo

mais leve, fica na parte mais interior, próximo do eixo de rotação; o bagaço e as águas ruças vão para a parte mais exterior.

O *decanter* tem uma caixa de aço inox com diferentes aberturas para a recolha do azeite, da água e do bagaço, depois de separados. No interior do *decanter* existe um parafuso sem fim. A sua função é de arrastar o bagaço até ao fim do *decanter*, geralmente a extremidade pela que a pasta é introduzida.

Na extremidade oposta existem duas saídas, que conduzem à separação da água ruça e do azeite.

São formadas três fases:

- uma sólida (**bagaço**), formada a partir do material residual da azeitona;
- duas líquidas, **azeite** e **águas ruças** (água adicionada e água inerente ao fruto).

Esta separação não é completamente perfeita, na medida em que uma pequena percentagem de bagaço e águas ruças permanecem no azeite e uma pequena quantidade de azeite pode ser recuperada das águas ruças.

Esta operação é feita a partir de uma centrífuga vertical, diferindo do *decanter* em alguns aspectos de construção. As centrífugas verticais giram a uma velocidade superior à do *decanter*. O azeite é introduzido na parte superior da centrífuga, adicionando-se água tépida (temperatura máxima de 20-25°C) e pelo efeito da força centrífuga é conseguida uma separação mais exaustiva. Do mesmo modo, a água ruça é introduzida na centrífuga vertical, de forma a proceder-se à extracção completa de uma pequena quantidade de azeite ainda existente.

As principais **vantagens dos sistemas contínuos** são:

- o menor grau de acidez do azeite obtido;
- o menor volume ocupado pelo equipamento;
- o elevado nível de automação do equipamento e a pouca exigência de mão-de-obra.

Os sistemas contínuos requerem um menor esforço na garantia de uma higiene absoluta dos equipamentos utilizados, em relação ao sistema tradicional por prensas.

Tem vindo a ser debatido o facto de os azeites obtidos por sistemas contínuos terem uma perda de fenóis devido à água adicionada, tendo como principal consequência, a exigência de um menor intervalo de tempo de armazenagem.

Recentemente, têm vindo a ser introduzidas **novas soluções de extracção de azeite**. Algumas, consistem em **centrífugas que operam com adição de um volume pequeno de água**, sendo designadas como “ecológicas” uma vez que **reduzem os problemas ambientais associados ao tratamento das águas ruças**. **Outras soluções inovadoras baseiam-se na reutilização das águas ruças**.

Tendo como principal **vantagem** a redução da quantidade de água residual e a contenção da perda de fenóis, a principal **desvantagem** dos sistemas contínuos é o elevado custo de investimento.

SISTEMA DE DUAS FASES

Num sistema de duas fases, o decanter não necessita da adição de muita água à pasta de azeitona, da qual resultam duas fases, uma correspondente ao azeite e outra correspondente ao caudal de mistura de bagaço e águas ruças.

Deste modo, obtém-se um bagaço com um elevado teor de humidade (65-75%) designado por bagaço de duas fases, de pior qualidade do que o obtido por um sistema de três fases.

Para a extracção do óleo de bagaço de azeitona, este tipo de bagaços necessita de ser submetido a uma secagem a partir de secadores especiais ou de duas passagens nos secadores tradicionais, para que o óleo final obtido seja de boa qualidade.

Nas figuras seguintes, apresentam-se dois esquemas que representam um **sistema contínuo de extracção de 3 fases** e um de **2 fases**:

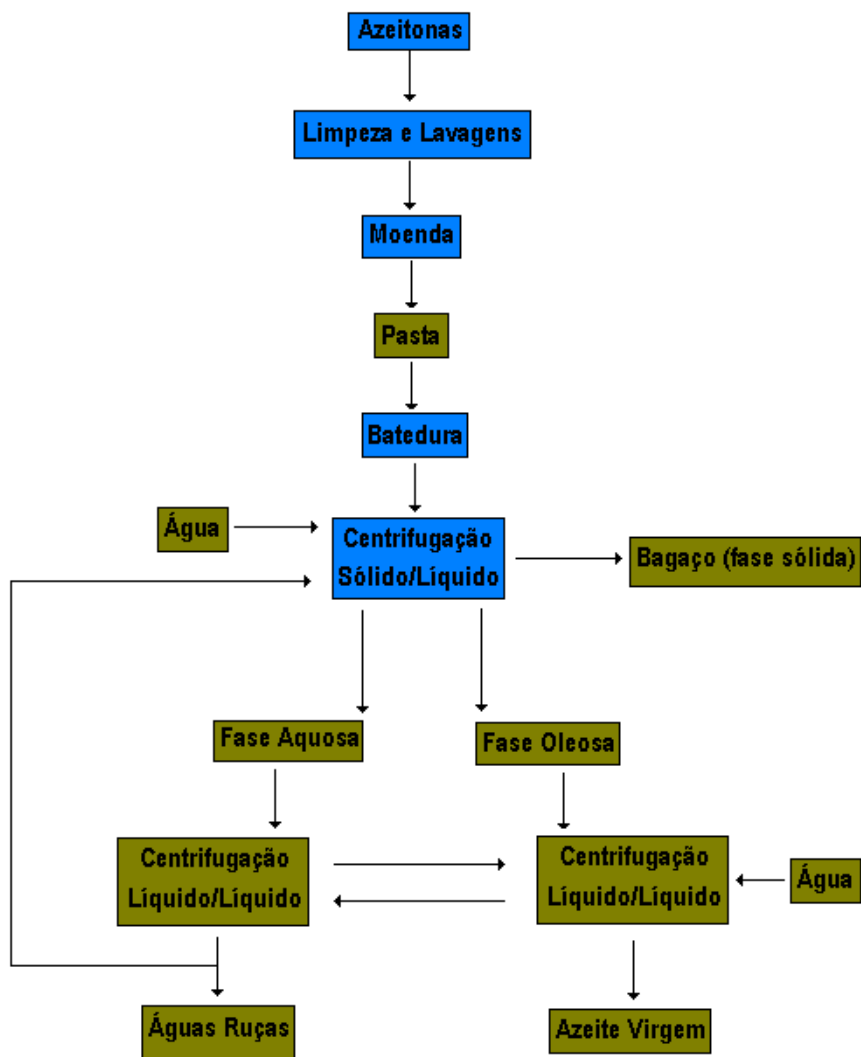


Figura 2-10 – Esquema de um Sistema Contínuo de Extracção de 3 fases

Fonte: (www.e-toon.net, 2008)

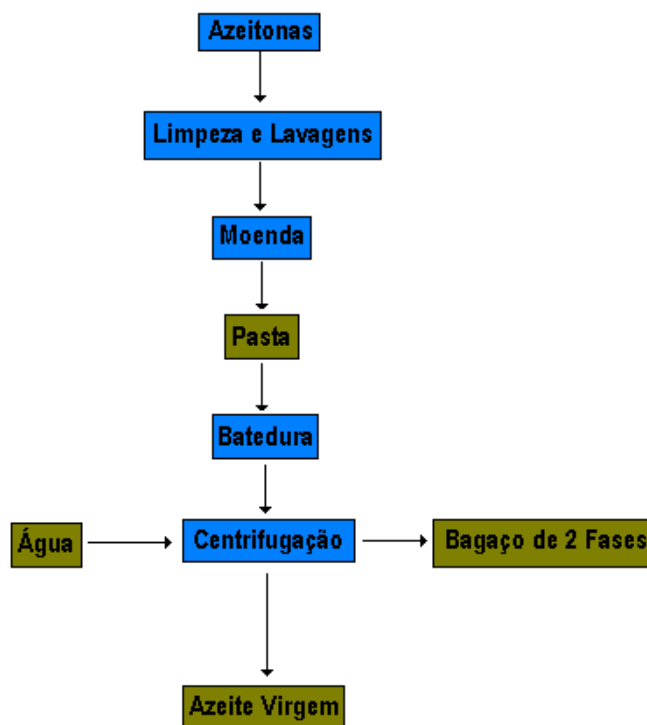


Figura 2-11 – Esquema de um Sistema Contínuo de Extração de 2 fases

Fonte: (www.e-toon.net, 2008)

SISTEMAS MISTOS

Nos sistemas tradicionais de extração de azeite, a linha de processamento é normalmente constituída por um moinho de rolos ou galgas para a moenda, por prensas para a extração e por uma centrífuga vertical, para a separação dos vários componentes obtidos.

Um sistema contínuo apresenta uma linha de processamento constituída por um moinho metálico para a moenda, por uma bateadeira, por um *decanter* para a extração e por uma centrífuga vertical para a separação.

Entre os dois tipos de sistema existem muitos **sistemas mistos**, que podem ser definidos como o grupo de combinações possíveis entre os sistemas tradicionais de prensas e os sistemas contínuos (duas e três fases). Por exemplo, o moinho de galgas, típico de um sistema de prensas, pode substituir um moinho de martelos ou de discos, numa linha de processamento contínuo. Por outro lado, um moinho de discos pode ser colocado numa linha de processamento, antes do sistema de prensas e da bateadeira.

2.2.5.2. Armazenamento

Após a conclusão do processo de extracção, se o azeite não for convenientemente armazenado pode perder o seu aroma. Outros problemas podem acontecer pela fermentação anaeróbia de partículas suspensas ou dos sedimentos nos depósitos de armazenagem, originando graves defeitos na qualidade do azeite.

Na área de armazenamento devem ser consideradas as seguintes medidas de prevenção:

- manter a temperatura baixa e constante (entre 10 e 18 °C);
- deve haver pouca luminosidade;
- evitar o contacto do azeite com materiais de metal;
- minimizar a superfície de contacto entre o azeite e o ar;
- evitar operações que possam aumentar o teor de oxigénio no azeite.

Os depósitos de armazenamento devem ser:

- estanques;
- fáceis de limpar;
- de material inerte: depósitos de aço inoxidável são preferenciais aos de fibra de vidro, uma vez que no último caso, pode haver libertação de troços de resina sintética, em particular se a temperatura na área de armazenagem for elevada;
- ter uma forma cónica para facilitar a extracção de pequenas impurezas e sedimentos que sedimentam no fundo;
- o mais numerosos possível, para que os diferentes lotes de diferentes qualidades possam ser separados. Os depósitos devem ser de pequena capacidade, nunca mais de 50 toneladas, dependendo, no entanto, do tamanho do lagar;
- armazenados separadamente, de acordo com o diferente nível de qualidade do azeite.

2.2.5.3. Extractoras de Óleo de Bagaço de Azeitona

No bagaço de azeitona fica sempre remanescente uma percentagem de azeite que não é possível extrair, nem a partir de sistemas de prensas, nem através de sistemas contínuos. A extracção é apenas possível a partir de uma extracção por solventes químicos, essencialmente a partir da utilização de hexano.

O bagaço é o subproduto sólido obtido dos sistemas de extracção tradicionais e de três fases. O bagaço de azeitona chega às fábricas em camiões e é descarregado em pilha nos pátios da fábrica, normalmente em zonas de armazenamento protegidas. No caso do **bagaço de duas fases**, obtido dos sistemas de extracção de duas fases, como contém um maior teor de humidade, deve ser transportado em camiões cisterna, sendo descarregado em lagoas de recepção, onde fica armazenado para secagem.

Posteriormente, no caso do **bagaço normal** este é submetido a um processo de secagem em grandes secadores cilíndricos rotativos, colocados horizontalmente. Subsequentemente, quando a percentagem de humidade tiver sido reduzida até aproximadamente 8%, o bagaço é levado até um equipamento especial em que o óleo contido no bagaço é recuperado a partir de solventes químicos. Em seguida a mistura solvente (hexano) e o óleo de bagaço é submetida a um processo de destilação, conseguindo-se a separação do óleo de bagaço do solvente hexano, podendo este último ser novamente reutilizado no processo.

O óleo de bagaço obtido, não pode ser utilizado directamente para fins alimentares, sendo necessário recorrer a um processo de refinação. O processo de refinação é idêntico ao dos óleos vegetais, como por exemplo o óleo de girassol, o óleo de soja, etc. Depois é embalado, de forma a ser vendido para fins alimentares.

Este processo de extracção industrial é realizado em fábricas extractoras, resultando como subproduto o **bagaço de azeitona extractado**. Este subproduto é frequentemente utilizado como combustível, devido ao seu elevado poder calorífico.

Os investimentos nos lagares, realizados nos últimos anos, consistiram basicamente na remodelação dos seus equipamentos de recepção de azeitona, extracção e armazenagem de azeite.

3. CARACTERIZAÇÃO DOS LAGARES

3.1. Portugal

SISTEMAS DE EXTRACÇÃO UTILIZADOS NOS LAGARES

Durante os últimos anos, houve um aumento relevante da utilização de sistemas de extracção em contínuo, em detrimento do sistema tradicional de prensas. Isto deveu-se, em parte, aos subsídios e ajudas postos à disposição no âmbito dos contratos de adaptação ambiental para o sector olivícola, os quais permitiram aos industriais realizar investimentos adequados, no sentido de melhorar os seus processos tecnológicos e ir de encontro aos requisitos impostos pela legislação ambiental.

Assim sendo, **a distribuição original de 16% de sistemas contínuos e 84% sistemas de prensas,** que se verificava **em 98/99,** sofreu uma alteração. **Actualmente,** pode-se dizer que, de todos os lagares em funcionamento, **40% tem sistemas de extracção de três fases, 25% sistemas de duas fases e 35% utilizam o sistema tradicional de prensas.**

SUB-PRODUTOS GERADOS PELOS LAGARES

Dependendo do sistema de extracção utilizado, é possível obter as seguintes percentagens de azeite e sub-produtos:

Tabela 3-1 - Sub-produtos dos sistemas de extracção de Azeite (Portugal)

Sistemas	Azeite (%)	Bagaço (%)	Águas Ruças (%)	Bagaço de duas fases (%)
Tradicional	17	47	36	-
3 fases	18	43	39	-
2 fases	18	-	4,5	77,5

Fonte: (www.e-toon.net, 2008)

Nas tabelas seguintes, encontram-se o número de lagares de azeite em Portugal, por sistema de extracção utilizado e por região geográfica, segundo o INE:

Tabela 3-2 - Lagares de Azeite em Portugal, por localização geográfica, tipo de lagar de azeite e sistema de extracção utilizado, em 2007

		Lagares de azeite (N.º) por Localização geográfica (Região agrária), Tipo de lagar de azeite e Sistema de extracção utilizado									
		Período de referência dos dados									
		2007									
		Localização geográfica (Região agrária)									
		Portugal	Entre douro e minho	Trás-os-montes	Beira litoral	Beira interior	Ribatejo e oeste	Alentejo	Algarve	Açores	Madeira
		N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º
Tipo de lagar de azeite	Sistema de extracção utilizado										
Total	Total	534	11	120	75	163	86	73	6	0	0
	Tradicional	257	8	38	31	117	50	12	1	0	0
	Contínuo duas fases	143	1	59	16	18	8	40	1	0	0
	Contínuo três fases	132	2	23	28	28	26	21	4	0	0
	Outros	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Particular	Total	34	2	11	3	9	3	5	1	0	0
	Tradicional	19	2	5	1	6	2	2	1	0	0
	Contínuo duas fases	7	0	2	2	1	0	2	0	0	0
	Contínuo três fases	8	0	4	0	2	1	1	0	0	0
	Outros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cooperativo	Total	143	0	19	10	77	8	28	1	0	0
	Tradicional	82	0	2	8	66	3	3	0	0	0
	Contínuo duas fases	39	0	14	2	5	1	17	0	0	0
	Contínuo três fases	21	0	3	0	6	3	8	1	0	0
	Outros	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Industrial	Total	357	9	90	62	77	75	40	4	0	0
	Tradicional	156	6	31	22	45	45	7	0	0	0
	Contínuo duas fases	97	1	43	12	12	7	21	1	0	0
	Contínuo três fases	103	2	16	28	20	22	12	3	0	0
	Outros	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Fonte: INE

3.2. Espanha

SISTEMAS DE EXTRACÇÃO UTILIZADOS NOS LAGARES

Em Espanha existe um elevado número de lagares. A distribuição do tipo de sistema de extracção dos lagares espanhóis é a seguinte: **5%** corresponde a **lagares com sistemas tradicionais de extracção**, **10%** utilizam **sistemas de extracção de três fases** e, representando uma maior percentagem, os **sistemas de extracção de duas fases**, que correspondem a **85%** da totalidade dos lagares.

Estas percentagens estão relacionadas com o número de lagares, não reflectindo no entanto, a percentagem total de quilogramas de azeitonas processadas em cada um dos sistemas de extracção.

SUB-PRODUTOS GERADOS PELOS LAGARES

Dependendo do sistema de extracção utilizado, são geradas as seguintes percentagens em termos de cada um dos sub-produtos obtidos:

Tabela 3-3 - Sub-produtos dos sistemas de extracção de Azeite (Espanha)

Sistemas	Azeite (%)	Bagaço (%)	Águas Ruças (%)	Bagaço de duas fases (%)
Tradicional	21	47	32	-
3 fases	22	42	36	-
2 fases	23	-		67

Fonte - AEMO (Asociación Española de Municipios del Olivo, 2003)

Estas percentagens referem-se a rendimentos médios de produções industriais. Deve ter-se em consideração que no bagaço de azeitona obtido pelos três sistemas de extracção, permanece uma percentagem de óleo de bagaço, que é normalmente obtida por outros procedimentos.

3.3. Itália

SISTEMAS DE EXTRACÇÃO UTILIZADOS NOS LAGARES

Os principais sistemas de extracção são as tradicionais prensas, a centrifugação contínua (sistemas de duas fases e três fases) e uma variedade de sistemas misturados, e ainda, o sistema de percolação, que é estatisticamente irrelevante.

Os **sistemas de mistura** representam algumas vezes uma solução para certos problemas específicos, e correspondem a **9% do total de sistemas de extracção em Itália**. A nível nacional, **a percentagem de sistemas tradicionais e contínuos é praticamente equivalente (representando os primeiros 44,8% e 45,6% os segundos)**.

Em termos regionais, verifica-se que os sistemas de extracção contínua prevalecem significativamente no sul de Itália, enquanto que os sistemas de prensas desempenham ainda um papel importante na região centro do país. Não existem dados disponíveis relativos à percentagem existente de sistemas de duas fases e de três fases.

SUB-PRODUTOS GERADOS PELOS LAGARES

O primeiro sub-produto é o óleo remanescente no bagaço de azeitona (em média cerca de 8%), independentemente do sistema de extracção empregue. As águas ruças são constituídas pela água inerente ao fruto (azeitona) e água adicionada durante o processo de extracção.

O sistema contínuo de centrifugação de três fases, por exemplo, enquanto parece extrair uma maior quantidade de azeite, por outro lado, necessita de uma maior quantidade de água, em comparação com o sistema de prensas, produzindo assim, mais resíduos.

Dos dados pesquisados pela “Agecontrol” (Agência Pública Italiana para a Agricultura), na campanha 2001/02, o bagaço produzido, corresponde em média, e independentemente do sistema de extracção utilizado, a 44,63% da quantidade de azeitonas processadas.

3.4. Grécia

SISTEMAS DE EXTRACÇÃO UTILIZADOS NOS LAGARES

Existem cerca de 2700 lagares registados na Grécia. A percentagem de lagares, consoante o sistema de extracção utilizado é: **80%** dos lagares utilizam o método de **extracção por três fases**; **18%** utilizam o **método tradicional de prensas** e uma **pequena percentagem** utiliza o método de **extracção de duas fases** ou “método ecológico”. Estas percentagens não se referem aos volumes de produção.

SUB-PRODUTOS GERADOS PELOS LAGARES

Dependendo do método de extracção utilizado, são geradas as seguintes percentagens das quantidades dos sub-produtos, tendo em consideração o volume de água adicionado durante o processo:

Tabela 3-4 - Sub-produtos dos sistemas de extracção de Azeite (Grécia)

Sistemas	Azeite (%)	Bagaço (%)	Águas Ruças (%)	Bagaço de duas fases (%)
Tradicional	20	40	65	-
3 fases	20	45-50	100	-
2 fases	20	-		80

Fonte - CRES (Center for Renewable Energy Sources)

Estas percentagens referem-se a rendimentos de produção industriais médios. Deve ser tido em atenção que o bagaço obtido dos três sistemas de extracção contém uma percentagem de óleo (2-5%) que pode, na maioria dos casos ser extraído a partir de outros procedimentos.

3.5. Modernização dos Lagares

As melhorias introduzidas ao nível das tecnologias de extracção de azeite, através da **substituição dos sistemas tradicionais de prensas por linhas contínuas de extracção por centrifugação de massas, primeiro em três fases e mais recentemente em duas fases foram normalmente acompanhadas por um aumento das escalas de produção.**

Esta modernização, ao contribuir para a redução do tempo de espera da azeitona até ser laborada, tem tido reflexos muito positivos na melhoria da qualidade do azeite obtido. **Tem igualmente contribuído para uma diminuição substancial da incidência ambiental provocada pelos efluentes dos lagares já que, no caso dos sistemas contínuos de duas fases não há produção de água ruça, sendo o efluente apenas resultante das águas de lavagem da azeitona e dos equipamentos.**

Relativamente à produção de azeite por tipo de extracção, **na campanha de 2004/2005**, em que laboraram 616 lagares, para uma produção de azeite de 46,3 mil toneladas, **19% do azeite foi obtido em lagares de prensas, 31% em lagares contínuos de três fases, 49% em lagares contínuos de duas fases.**

Foram 126 os lagares cooperativos que laboraram nesta campanha, contribuindo para 37% do azeite foi obtido: 3% em lagares de prensas, 9% em lagares contínuos de três fases e 25% em lagares contínuos de duas fases.

Em termos de capacidades, na campanha 2004/05, a distribuição das capacidades efectivas por tipologia de lagares foi a seguinte: 14% em prensas, 39% em três fases e 47% em duas fases.

A Beira Interior é a região em que a capacidade de lagares de prensas tem mais expressão (31%). O Alentejo e Trás-os-Montes são as regiões em que a capacidade de lagares de duas fases tem maior representatividade, respectivamente de 41% e 31%. Nas restantes regiões, nomeadamente no Ribatejo e Oeste e na Beira Interior, a maior capacidade está ainda associada aos lagares de três fases.

Cerca de 61% da capacidade utilizada dos lagares de duas fases é imputável a lagares cooperativos. Estes perfazem 31% e 8% da capacidade global dos lagares, respectivamente, de três fases e de prensas.

Os lagares cooperativos têm tido uma forte intervenção no esforço de modernização do sector da transformação, quer em termos de dimensionamento dos lagares, quer na evolução dos sistemas tradicionais de extracção para sistemas contínuos. O Alentejo é a região em que esta tendência tem sido mais marcada.

As quantidades de efluente e subprodutos/resíduos, originados pela laboração dos lagares, dependem para cada campanha, da quantidade de azeitona laborada e da tipologia dos lagares existentes.

A evolução registada no sector, nomeadamente a instalação de maior número de decanter de duas fases em substituição dos de três fases, tem vindo a determinar a diminuição das quantidades de água ruça produzida, aumentando em contrapartida a quantidade de bagaços com teores de humidade bastante elevados, da ordem dos 60-70%.

No que respeita à produção de água ruça, 60% da água ruça foi produzida em lagares de três fases. Relativamente ao bagaço, subproduto da extracção de azeite, 55% é obtido em sistemas contínuos de duas fases.

4. EFLUENTES DA INDÚSTRIA DE PRODUÇÃO DE AZEITE

Como já foi referido anteriormente, podem dividir-se os sub-produtos formados na indústria de produção de azeite, do seguinte modo:

- águas ruças;
- bagaço;

Nos pontos seguintes efectua-se uma caracterização de cada um destes subprodutos.

4.1. Subprodutos/Resíduos

4.1.1. Bagaço

A evolução tecnológica verificada nos últimos anos, originou que se viessem a produzir cada vez mais bagaços húmidos (obtidos nos sistemas contínuos de duas fases) evitando-se a produção de águas ruças.

Enquanto que nos lagares de prensas e contínuos de três fases, o bagaço produzido ainda representa uma mais valia em termos económicos, sendo adquirido pelas fábricas de extracção de óleo de bagaço, o bagaço húmido dos sistemas de duas fases, praticamente não tem valor comercial, dadas as suas características de humidade e viscosidade que tornam difícil o seu transporte, armazenagem e secagem. Tendo em vista a sua utilização como subproduto torna-se necessário proceder a uma pré-secagem.

A valorização conseguida para estes bagaços não chega a compensar os custos adicionais com a secagem, pelo que se têm tentado encontrar alternativas para a sua eliminação (como alternativa possível para a utilização dos bagaços surge a compostagem e a utilização directa nos solos agrícolas, que está a ser estudada).

Estes bagaços, depois de reduzida a sua humidade, tal como os bagaços de prensas e dos sistemas de três fases, são canalizados para as fábricas de extracção de óleo de bagaço, de onde, para além do óleo de bagaço bruto se obtém o bagaço extractado. Este último é valorizado como fonte energética para queima em caldeiras. O óleo de bagaço bruto depois de refinado é comercializado como óleo alimentar de bagaço de azeitona.

É nas regiões do Alentejo e Trás os Montes que a problemática destes bagaços húmidos se fez sentir com maior incidência, dada a relevância do azeite obtido em sistemas de duas fases.

Esta situação foi ultrapassada no Alentejo com a entrada em funcionamento em 2001 de uma grande unidade de secagem (propriedade da UCASUL – União de Cooperativas do Sul, CRL) que processa os bagaços húmidos produzidos na região, quer para extrair óleo, quer para os tratar (o bagaço tratado é usado como combustível no processo de secagem deste sub-produto). Na região Norte existem também duas unidades de secagem que, praticamente, escoam os bagaços húmidos da região.

4.1.2. Águas Ruças

As águas residuais resultantes do processo de extracção de azeite, são normalmente designadas por águas ruças ou águas surras. Estes efluentes caracterizam-se por possuírem uma cor escura, e contêm em suspensão pequenas quantidades de partículas de polpa de azeitona, substâncias péptidas, azeite, etc., tudo em emulsão muito estável.

São águas residuais de difícil biodegradabilidade e de elevado poder contaminante, devido ao facto de conterem **compostos fenólicos e taninos, que inibem o crescimento microbiano**, e também devido a apresentarem um **elevado conteúdo orgânico**.

Presentemente, os lagares de produção de azeite têm estado sujeitos a fortes medidas de adaptação, com o objectivo de minimizar os efeitos negativos, em termos ambientais, da descarga directa de águas ruças nos cursos de água (www.gppaa.min-agricultura.pt).

As águas ruças são caracterizadas por elevadas cargas de CQO (50.000 a 100.000 mg O₂/L), compostos de natureza fenólica e gorduras. Nas tabelas seguintes encontram-se dados genéricos das características das águas ruças:

Tabela 4-1 - Características genéricas das águas ruças, dos efluentes domésticos e VLE

Parâmetro	Águas ruças	Efluente doméstico	VLE
pH	4,3	6,5-7,0	6,0-9,0
CBO ₅ (mg de O ₂ /L)	10 180	220	40
CQO (mg de O ₂ /L)	60 480	500	150
SST (mg de SST/L)	6 780	220	60
SSV (mg/L)	6 470	165	-
Óleos e gorduras (mg/L)	805	100	15
Fenóis (mg/L)	560	-	0,5
N Kjeldahl (mg/L)	410	40	15
CBO ₅ /CQO	0,168	0,5-0,8	-

Fonte: (Peres, 2007)

Tabela 4-2 - Composição Média de Águas Ruças, para dois sistemas de extracção de azeite

Parâmetro	Sistema de Extracção	Mínimo	Máximo	Média
pH	Tradicional	4,20	5,30	4,89
	Contínuo	4,44	5,02	4,85
Sólidos Totais (mg/L)	Tradicional	6500	172500	72700
	Contínuo	8300	103700	64800
Sólidos Fixos Totais (mg/L)	Tradicional	1500	64,300	22500
	Contínuo	1600	28900	18000
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	Tradicional	500	8500	3400
	Contínuo	2000	58200	15600
CQO (mg de O ₂ /L)	Tradicional	26300	144400	90000
	Contínuo	18000	193000	108800
Gorduras (mg/L)	Tradicional	40	16650	2326
	Contínuo	50	6700	1396
Fenóis (mg/L)	Tradicional	500	7400	4100
	Contínuo	800	5500	3800
Azoto Total (mg de N/L)	Tradicional	91	1155	574
	Contínuo	112	826	550
Açúcares Redutores (g/L)	Tradicional	0,4	17,8	5,7
	Contínuo	0,2	14,4	8,6
Açúcares Totais (g/L)	Tradicional	0,8	25,5	8,2
	Contínuo	0,2	19,7	10,6

Fonte: (Adaptado de campus.fct.unl.pt/afr/ipa_9900/grupo0035_aqua/index.htm, 2000)

Os valores de carência bioquímica de oxigénio (CBO) e de carência química de oxigénio (CQO) podem atingir concentrações tão elevadas como 100.000 e 220.000 mg de O₂/l, respectivamente. A fracção orgânica inclui açúcares (20-80 g/l), taninos (8-16 g/l), polifenóis (até 10 g/l), poliálcoois, pectinas e gordura residual (0,3 – 10 g/l), dependendo o último parâmetro, de uma forma significativa, do processo de extracção do azeite.

Pelos valores da tabela anterior, pode concluir-se que o pH e as concentrações de fenóis totais e açúcares redutores, não dependem de forma significativa da técnica de extracção utilizada. Pelo contrário, as concentrações de gordura, sólidos totais e suspensos e CQO apresentam variações relacionadas com o sistema operativo do lagar.

Contudo, a grande dispersão entre alguns dos valores determinados não permitiu ainda estabelecer correlações muito fidedignas. De facto, estas amostras são muito heterogéneas e a sua composição varia fortemente com o tempo de residência nos tanques de armazenagem e com o local, dentro do

lagar, onde as amostras foram recolhidas (saída da linha de extracção, tanques de armazenamento ou outras). Factores como a mistura, ou não, das águas de lavagem das azeitonas com as águas de vegetação dão origem, também, a composições extremamente diferentes das águas residuais.

Numa tentativa de aproveitamento e como uma possível solução dos problemas ambientais provocados pelas águas ruças, é possível a sua eliminação através da utilização na rega de solos agrícolas (Despacho Conjunto n.º 626/2000). Esta tem sido a solução adoptada por uma elevada percentagem de lagares. Outra solução possível é a evaporação em lagoas, ou ainda, a sua rejeição nos colectores municipais após pré tratamento (GPP, 2007).

As águas ruças têm valores de CQO elevados (entre 150.000 e 200.000 mg de O₂/l), contendo ainda concentrações elevadas de polifenóis (entre 1 e 10 kg/ton), de natureza tóxica.

Estas águas residuais apresentam valores elevados de nutrientes e de matéria orgânica (1 kg de N/ton; 5 kg de K₂O/ton; 0,5 kg de P₂O₅/ton; 150 kg de matéria orgânica/ton) (D'Acqui *et al*, 2002).

Encontraram-se relatos de estudos que avaliaram o possível tratamento das águas ruças, em que o afluente a tratar apresentou valores de CQO de 15.280 ± 1.450 mg O₂/l e concentrações de fenóis de 820 ± 130 mg/l (Bertin *et al*, 2006).

A concentração de poluentes nas águas residuais provenientes do processo de extracção de azeite depende do processo de extracção usado e das condições de operação. Os principais constituintes orgânicos das águas ruças são os açúcares, compostos nitrogenados, ácidos voláteis, polialcoóis, proteínas, gorduras e polifenóis. A concentração de CBO está compreendida entre 6.000 e 69.000 mg/L e o valor de pH situa-se entre 4,6 e 5,8 (Akdemir *et al*, 2006).

No ponto **8.1.1 - Caso de Estudo – Ensaio Físico-Químicos em Águas Ruças**, apresenta-se um caso de estudo com o efluente de um lagar de produção de azeite, em que se inclui uma caracterização da água ruça a tratar, no que respeita aos principais parâmetros.

5. TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS PROVENIENTES DE LAGARES DE PRODUÇÃO DE AZEITE

Neste ponto serão abordadas e enumeradas algumas das tecnologias utilizadas no tratamento de efluentes de lagar de azeite. No entanto, não se efectuou uma descrição muito exaustiva dos mesmos, fazendo-se apenas referência a alguns casos práticos e aos resultados obtidos.

Hoje em dia já muitos processos foram testados para o tratamento das águas residuais provenientes de lagares de produção de azeite, mas poucos o foram à escala industrial. Os processos de tratamento mais utilizados são:

- tratamento físico;
- precipitação química por adição de cal;
- oxidação química por raios UV;
- tratamento biológico aeróbio por *white rot fungus*;
- tratamento biológico anaeróbio;
- compostagem;
- electrólise;
- evaporação e destilação;
- incorporação no solo;
- fermentação;
- uso como fonte de alimentação animal (Akdemir *et al*, 2006).

De uma maneira geral, pode dizer-se que existem actualmente algumas tecnologias/processos de tratamento/valorização das águas ruças, entre os quais:

5.1. Irrigação de solos agrícolas

É o método mais antigo de eliminação controlada deste tipo de efluentes, consistindo apenas na sua dispersão sob terrenos. Baseia-se na interação física, química e microbiológica entre os componentes da água residual e os microrganismos presentes no solo e no próprio efluente.

Esta solução de tratamento é apoiada pelo **Despacho Conjunto n.º 626/2000, de 6 de Junho de 2000**, documento que será abordado no **ponto 6.1.2.**

5.2. Lagunagem

Consiste em conduzir os efluentes produzidos para lagoas de evaporação, sofrendo estes um processo de evaporação natural. Caracteriza-se por ser uma solução tecnicamente acessível e económica, quando correctamente utilizada.



Figura 5-1 – Sistema de Tratamento de Águas Residuais por Lagunagem

Nestas lagoas dá-se um fenómeno de evaporação natural, no espaço de tempo entre duas campanhas (7-8 meses).

De um modo genérico, pode-se considerar como principais vantagens dos sistemas de lagunagem as seguintes:

- Técnicas de operação e de manutenção simples, não exigindo operadores com elevada qualificação técnica;
- Possibilidade de adaptação das lagoas à topografia do local de implantação;
- Total independência dos recursos energéticos convencionais;
- Grande capacidade de adaptação a variações bruscas de caudal e de cargas aplicadas.

Como principais desvantagens, deve-se referir:

- Necessidade de elevadas áreas de implantação, relativamente aos processos de tratamento convencionais;
- Ocorrência pontual de cheiros desagradáveis e possível proliferação de mosquitos, ou de outros insectos e pragas (Oliveira, 1995).

5.3. Concentração por evaporação

A concentração por evaporação trata-se de um processo de evaporação forçada dos efluentes a tratar.

Existem vários processos de intensificação da evaporação:

- Dispersão;
- Painéis de Evaporação.

As figuras seguintes ilustram os processos acima referidos:



Figura 5-2 – Dispersão



Figura 5-3 – Painéis de Evaporação

Fonte: (Peres, 2007)

Painéis de Evaporação

São painéis construídos em plástico de favo perfurado, para aumentar a área de evaporação, orientados de forma conveniente em relação ao sol e aos ventos dominantes. Nestes sistemas, as águas ruças são diariamente armazenadas em depósitos e pulverizadas intermitentemente sobre os painéis.

Este processo apresenta a desvantagem de produzir alguma poluição atmosférica, em virtude da inevitável dispersão de resíduos na região limítrofe aos painéis.

Relativamente ao processo de lagunagem, a concentração por evaporação apresenta algumas vantagens, pois:

- necessita de menor área disponível;
- o tempo de evaporação é bastante menor;
- a água evaporada pode ser reutilizada (através de condensadores).

No entanto, são sistemas muito mais dispendiosos, não só pelo equipamento necessário, como pela energia dispendida no processo.

5.4. Processos Físico-Químicos

Os Processos Físico-Químicos consistem na adição de floculantes e coagulantes ao efluente, produzindo assim lamas, que se torna necessário eliminar.

Nos próximos parágrafos serão referidos alguns ensaios laboratoriais que já foram efectuados, no tratamento de águas ruças, bem como os resultados obtidos.

O tratamento de águas ruças já foi testado através da utilização de hidróxido de cálcio, sulfato de magnésio e sulfato de alumínio. Nestes testes, verificou-se uma redução de CQO entre 20 e 30%, através da adição de hidróxido de cálcio, quando este foi adicionado até o pH do efluente atingir o valor de 11 (Evcil, 2005).

Em termos de coagulantes, existem registos de ensaios com vários tipos, tais como o cloreto férrico, cloreto de alumínio, sulfato ferroso, hidróxido de cálcio e combinações entre estes, em alguns ensaios com adição de diferentes polielectrólitos aniónicos e ácido sulfúrico, tendo-se conseguido atingir eficiências de redução entre 50 e 90% para os sólidos suspensos totais (Evcil, 2005).

O processo de precipitação com a adição de cal demonstrou resultados de redução de CQO entre 42 e 46%, enquanto que para outros parâmetros analisados obtiveram-se eficiências de remoção de 29-47% para sólidos totais, 41-53% para sólidos voláteis, 74-37% para açúcares, 95-

96% para óleos e gorduras, 74-63% para polifenóis, 38-32% para fenóis voláteis e 61-80% para compostos azotados, respectivamente (Evcil, 2005).

A aplicação do processo de microfiltração ao tratamento de águas ruças também já foi testada, após o efluente ter sofrido previamente tratamentos físicos (filtração) e químicos (coagulação), tendo-se obtido **percentagens de remoção de 98,0% para os sólidos suspensos, 94,0% para os óleos e gorduras, 75,4% para o COT e 74,2% para a CQO** (Akdemir *et al*, 2006).

No Alentejo, existe um lagar cooperativo com uma instalação de osmose inversa em funcionamento, na sequência de um tratamento prévio de floculação-coagulação. Porém, além do investimento inicial elevado, este processo apresenta custos de operação não desprezáveis no que respeita aos produtos químicos utilizados e à manutenção das membranas. Esta instalação está associada a um sistema adicional de secagem das águas ruças por painéis, em virtude das paragens frequentes do primeiro sistema e da sua incapacidade de tratamento do volume total diário de águas residuais produzido.

Um dos processos que podem também ser utilizados no tratamento das águas ruças são os processos de Oxidação Avançada. Os **Processos de Oxidação Avançada** têm sido utilizados com grande interesse no tratamento de efluentes industriais contendo compostos não biodegradáveis. Estes processos são caracterizados pelo uso dos **radicais hidroxilo** (OH[•]), que são espécies altamente reactivas, capazes de oxidar a maioria dos compostos orgânicos.

Os processos oxidativos convencionais utilizam como agentes oxidantes o oxigénio, o ozono, o cloro, o hipoclorito de sódio, o dióxido de cloro, o permanganato de potássio e o peróxido de hidrogénio.

A grande vantagem destes processos é serem processos destrutivos, isto é, os contaminantes são destruídos quimicamente, em vez de sofrerem apenas uma mudança de fase como sucede, por exemplo, em processos de adsorção, filtração, etc. Se a extensão da oxidação for suficiente, pode até atingir-se a total mineralização dos compostos orgânicos e obter CO₂, H₂O e iões inorgânicos.

Os vários processos de oxidação química avançada encontram-se divididos em dois grupos:

- **Processos Homogéneos;**
- **Processos Heterogéneos.**

Os primeiros ocorrem numa única fase e utilizam ozono, peróxido de hidrogénio ou reagente de Fenton como geradores de radicais hidroxilo.

Os segundos utilizam semicondutores como catalisadores (dióxido de titânio, óxido de zinco, etc). A utilização de radiação UV e as propriedades semicondutoras do catalisador permitem a formação dos radicais hidroxilo e a consequente oxidação do efluente. A fotocatálise heterogénea tem sido bastante estudada tanto com o catalisador em suspensão como suportado em reactores.

Reagente de Fenton

Em 1876, H.J.H. Fenton observou pela primeira vez as propriedades fortemente oxidantes de uma solução de peróxido de hidrogénio e iões Fe^{2+} . Utilizando este reagente, muitas moléculas orgânicas podiam ser facilmente oxidadas sem recorrer a altas pressões, altas temperaturas ou equipamentos complexos. A **Reacção de Fenton**, definida como a geração catalítica de radicais hidroxilo a partir da reacção em cadeia entre o ião ferroso (Fe^{2+}) e o peróxido de hidrogénio (H_2O_2), em meio ácido, tem demonstrado ser bastante eficiente na oxidação de compostos orgânicos tóxicos e não biodegradáveis.

O processo de tratamento por **oxidação catalítica**, através da adição de Ozono, peróxido de hidrogénio e reagente de Fenton, também já foi testado no tratamento de águas ruças (Peres, 2007).

Um processo denominado **PuriAgru**, que foi desenvolvido a partir de 1999, com o objectivo de tratar efluentes líquidos de agro-indústrias, tem como princípio de funcionamento a oxidação catalítica do efluente líquido por peróxido de hidrogénio, que conduz a uma importante redução de CQO e CBO₅, eliminando polifenóis e melhorando substancialmente cheiros. A primeira unidade a utilizar este processo de tratamento foi instalada numa indústria de Olivicultura em Estremoz, no Alto Alentejo (Peres, 2007).

Uma das possíveis tecnologias de tratamento testadas foi a utilização de um processo Fotocatalítico, para o tratamento das águas ruças, um projecto desenvolvido na *Plataforma Solar de Almería (Espanha)*. O objectivo principal deste projecto consistia na demonstração da viabilidade do tratamento das águas ruças por Fotocatálise Solar, reduzindo-se desta forma o seu teor em compostos fenólicos, de modo a obter água de rega com compostos orgânicos não tóxicos (Ciemat, 1998).

Um método que teve um desempenho muito bom no tratamento destes efluentes foi o Foto-Fenton (Fe^{2+}/H_2O_2) tendo-se, inclusive, provado a viabilidade da sua utilização como água de rega, através de

ensaio de fitotoxicidade. Este projecto foi desenvolvido pela Universidade Técnica de Viena, pelo Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (INETI) e por uma empresa privada grega (NAIAS S.A.) (Ciemat, 2001).

A eficiência de tratamento por quatro reactores fotoquímicos diferentes foi testada, com o uso de radiação solar capturada por tecnologias simples, baratas e eficientes, tendo-se comparado, de um ponto de vista técnico e económico as várias soluções utilizadas. Os processos fotocatalíticos oxidativos seleccionados foram instalados em instalações à escala piloto, em dois lagares de produção de azeite, em condições reais de funcionamento, um em Portugal e outro na Grécia (Ciemat, 1998).

O facto de conseguirem remover compostos não biodegradáveis constitui uma grande vantagem do processo Foto-Fenton, quando comparado com os processos biológicos tradicionais. Um dos problemas que a aplicação do processo Foto-Fenton, em escala industrial, apresenta, reside no seu custo.

O processo Foto-Fenton pode ser utilizado como uma etapa de pré-tratamento, promovendo a necessária redução da toxicidade do efluente até níveis toleráveis pelos microrganismos, de modo a que o efluente deste pré-tratamento possa depois sofrer um tratamento por via biológica, por exemplo.

Existem registos de resultados experimentais que demonstraram que a oxidação pelo processo Foto-Fenton, utilizando a radiação solar, foi eficiente para o tratamento de efluentes contendo fenol e gasolina, apresentando percentagens de redução satisfatórias, utilizando diferentes projectos de reactores fotoquímicos.

A **degradação de pesticidas e de águas ruças pela reacção de Foto-Fenton** ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$) é possível através da utilização de reactores CPC (concentradores de baixa concentração que utilizam uma óptica de tipo não focante). Verificaram-se eficiências de redução de 80%, para uma concentração inicial de 500 mg/l de pesticidas (como COT), depois de 3 horas, tendo-se obtido resultados similares para o tratamento de águas ruças (Ciemat, 1998).

A **oxidação química utilizando ozono ou tecnologias avançadas de oxidação** baseadas na criação do radical hidroxilo é uma via possível para a redução de CQO e do teor em fenóis das águas ruças. Em estudos já efectuados de tratamento deste tipo de efluentes através da utilização de ozono, ou deste reagente com peróxido de hidrogénio ou radiação UV, obtiveram-se reduções de CQO entre 80 e 90%, com dosagens de ozono entre 3 e 4 g/L, na presença de uma concentração inicial de peróxido de

hidrogénio de 10M e uma radiação UV de 254 nm. Tanto o teor em compostos aromáticos como o parâmetro cor quase que desapareceram, com menos de 0,5 g de ozono aplicado (Evcil, 2005).

5.5. Processos Térmicos

Consistem na eliminação de parte da água residual a tratar, mediante a utilização de concentradores, evaporadores ou secadores.

Sistemas de Concentração Térmica (Evaporação Térmica)

Estes sistemas recorrem ao uso de evaporadores aquecidos, utilizando vapor de uma caldeira que normalmente queima o próprio bagaço de azeitona, já depois de extractado. Este tipo de tratamento tem-se revelado como um dos mais eficazes, tendo a seu desfavor o facto de ser muito oneroso e exigir gastos energéticos elevados, durante a laboração.

A viabilidade económica desta solução de tratamento pode estar relacionada com o facto de um determinado lagar possuir, por exemplo, uma unidade de extracção a partir do bagaço da azeitona. Desta forma, o bagaço extractado pode ser usado nas caldeiras, sem recurso a transporte adicional, e obtém-se a recuperação completa de todo o azeite. Por outro lado, a água evaporada é recuperada por condensação, com arrefecimento forçado, e reutilizada na lavagem da azeitona e nos decantadores do lagar.

5.6. Processos Biológicos

Os Processos Biológicos de tratamento estão relacionados com a utilização de microrganismos (bactérias, leveduras, fungos filamentosos), que se desenvolvem no efluente a tratar, degradando os seus constituintes.

O tratamento de águas ruças apresenta um grau superior de dificuldade, relativamente às águas residuais domésticas, uma vez que, além de serem de difícil biodegradabilidade, o funcionamento dos lagares de produção de azeite é sazonal, o que dificulta uma alimentação contínua a um reactor biológico.

Outro dos processos que tem sido utilizado é o processo de compostagem dos resíduos sólidos provenientes do processo de extracção de azeite, em conjunto com as águas residuais produzidas.

Outros estudos efectuados referem como possível tecnologia viável a digestão anaeróbia, que apresenta ainda a vantagem da possibilidade de aproveitamento do biogás produzido (Bertin *et al*, 2006).

Encontraram-se ainda relatos de estudos, que referem a utilização de um reactor anaeróbio em coluna com carvão activado granulado (CAG) para o tratamento deste tipo de efluentes, apresentando uma maior eficiência na remoção de compostos fenólicos, comparativamente com reactores anaeróbios de crescimento disperso. Este tipo de reactores anaeróbios revelou capacidade de tolerância a elevados caudais afluentes de águas ruças e uma elevada produção de biogás. No entanto, o efluente final ainda apresentava valores de concentração de CQO geralmente muito elevados, não permitindo, dessa maneira, a sua descarga em meio receptor (Bertin *et al*, 2006).

Estudos efectuados na Jordânia, Palestina e Israel, revelaram como melhor solução, em termos de tratamento anaeróbio das águas ruças, a utilização de um **reactor UASB** (*up-flow anaerobic sludge blanket reactor*), que apresentou uma **eficiência de remoção de CQO entre 75 e 85%**, para um **tempo de retenção hidráulico de 5 dias**, uma **concentração de CQO no afluente a tratar de 40.000 mg de O₂/l** (Sobhi *et al*, 2004).

Encontra-se em desenvolvimento uma nova tecnologia de tratamento deste tipo de efluentes, que utiliza a mistura das águas ruças com resíduos da indústria corticeira, intitulado: **“Processo de Tratamento e Valorização de Resíduos e Efluentes das Unidade de Produção de Azeite através da utilização e Valorização de Resíduos da Indústria Corticeira”**, desenvolvido pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) (Peres, 2007).

5.7. Processos Por Membranas

Os processos de membranas que podem ser utilizados no tratamento deste tipo de efluentes incluem:

- **Ultrafiltração;**
- **Osmose Inversa.**

A **ultrafiltração** é um processo de separação por membranas em que a força directriz é a diferença de pressão através da membrana e os poros da membrana conseguem reter macromoléculas.



Figura 5-4 – Sistema de Ultrafiltração

www.ejmaquinas.com.br/ultrafiltracao.html

Como já foi referido, os efluentes das indústrias de lagares de azeite podem ser sujeitos a um tratamento físico-químico. No entanto, o efluente líquido resultante deste processo necessita de um tratamento adicional. Têm sido desenvolvidos industrialmente muitos processos, dos quais se destacam, por exemplo, os sistemas de osmose inversa.

A **Osmose Inversa** é uma solução que utiliza um processo físico para separar a água a tratar em dois produtos, o permeado – água limpa e um concentrado que contém os poluentes.



Figura 5-5 – Sistema de Osmose Inversa

www.solvay.pt

O que distingue a osmose inversa da ultrafiltração é o tamanho das partículas que são retidas pela membrana. Em ultrafiltração, as membranas retêm partículas cujo diâmetro varia entre 10 e 200 Å, as partículas retidas são macromoléculas que contribuem pouco para a pressão osmótica, pelo que esta não é tão elevada como em osmose inversa.

Devido à grande variedade de compostos que constituem este tipo de efluente, toma grande interesse que a tecnologia de tratamento permita, ao mesmo tempo, a redução das cargas poluentes, como sejam as concentrações de CBO e CQO, mas também a selecção e separação de compostos que possam ser utilizados noutras fases do processo de produção de azeite ou mesmo noutras indústrias. Num estudo elaborado por *Turano et al., em 2002*, no qual se utilizaram os processos de centrifugação e de ultrafiltração para o tratamento destes efluentes, conseguiu-se a redução das cargas poluentes e a separação selectiva de alguns compostos de grande utilidade (gorduras, açúcares, polifenóis, etc.), que estão presentes neste tipo de águas residuais. De modo a atingir estes objectivos, o esquema de tratamento seleccionado consistia numa aplicação de um processo preliminar de centrifugação, no qual os sólidos suspensos eram removidos, seguido de um processo de separação de fases através do uso de ultrafiltração (UF) aplicada ao sobrenadante da água residual centrifugada.

Nesta experiência, a redução de CQO foi de cerca de 90%. Além disto, conseguiu-se uma separação entre as gorduras (retidas na membrana) e os sais, açúcares e polifenóis constituintes do permeato.

O grande problema da aplicação de filtração por membranas a este tipo de água residual prende-se com a colmatação da membrana, que reduz drasticamente a eficiência de permeação e também muda a selectividade da membrana. Nestes casos, torna-se necessário uma etapa preliminar que reduza a colmatação das membranas e aumente a eficiência da filtração. Por estas razões é normal a utilização de processos físicos e químicos como pré-tratamento das águas ruças.

Contudo, são processos economicamente dispendiosos e impraticáveis em muitas das unidades de extracção de azeite existentes em Portugal.

5.8. Recuperação de Polifenóis

A Recuperação de polifenóis (subproduto de elevado valor comercial, com utilização nas indústrias de cosmética e farmacêutica), pode ser realizada através de um processo que engloba as seguintes etapas:

- Tamisação/filtração das águas ruças;
- Passagem do filtrado por uma resina selectiva para polifenóis;

- Lavagem da coluna de resina com solvente;
- Evaporação do solvente e concentração dos polifenóis;
- O remanescente da passagem pela resina poderá sofrer nanofiltração ou osmose inversa para reutilização da água.

Em alternativa ao tratamento dos efluentes, podem sempre ser efectuadas alterações no processo produtivo, que permitam a reutilização e/ou redução dos volumes de água residual a tratar.

Uma empresa desenvolveu já uma máquina para produção de azeite que possui um sistema de trabalho em duas fases, com produção mínima de água ruça e tem capacidade de remoção da terra e das folhas de azeitona resultantes do processo de fabrico, constituindo assim um sistema de extracção ecológico. A capacidade desta máquina é de cerca de 500 kg de azeitona por hora.

Este modelo é constituído por um moinho de martelos colocado sobre a batedeira dupla (2 corpos de 350 kg cada) com um *decanter* a 2 fases, uma separadora para purificação do azeite, um grupo de aquecimento e controlo de água e um quadro eléctrico de comando e controlo do equipamento (Tecnologias do Ambiente, 2007).

5.9. Sistemas de Tratamento e Estudos Desenvolvidos em Portugal

Sendo o sector da produção de azeite um sector localizado, na quase totalidade, nos países mediterrânicos, apenas nestes países existe preocupação com os efluentes gerados por esta actividade, o que conduz a um reduzido número de experiências e de soluções de valorização e tratamento. Dos casos estudados é difícil retirar uma conclusão óbvia ou constatar experiências de grande sucesso, sendo de registar o facto das soluções tecnológicas específicas para o tratamento das «águas ruças» terem ainda valores de investimento e custos de operação elevados, contribuindo para este facto, fundamentalmente, a sazonalidade da actividade e a sua elevada carga poluente.

Tendo por base os núcleos de acção prioritária definidos no **Despacho Conjunto n.º 8277/2007**, verifica-se, relativamente ao tratamento das águas ruças, que:

- Para o **núcleo A (na Região Norte)** foi possível identificar, na informação ambiental, cerca de 50 % das unidades. A informação fornecida indica que **a maioria das unidades possui**

ligação ao sistema colector municipal, e que cerca de 46 % das unidades realiza tratamento ou pré-tratamento desses efluentes.

- Para o **núcleo B (na Região Centro)** foi possível identificar cerca de 70 % das unidades, que, de acordo com a informação fornecida, **na sua maioria procedem ao espalhamento dos seus efluentes em solos agrícolas, e apenas cerca de 15 % possui ligação ao colector municipal.**
- Para o **núcleo C (na Região LVT)** foi possível identificar cerca de 70 % das unidades que, de acordo com a informação fornecida, **na sua maioria procedem ao espalhamento dos seus efluentes em solos agrícolas, e apenas cerca de 12 % possui ligação ao colector municipal.**
- Para o **núcleo D (na Região Alentejo)** foi possível identificar praticamente todas as unidades que laboraram, sendo que a informação fornecida indica que **a maioria das unidades possui ligação ao colector municipal.**
- Também para o **núcleo E (na Região Alentejo)** foi possível identificar praticamente todas as unidades que laboraram, sendo que a informação fornecida indica que **a maioria das unidades rejeita os seus efluentes na linha de água (Despacho n.º 8277/2007).**

O **Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (INETI)** tem desenvolvido vários estudos relativos ao tratamento deste tipo de efluentes. As tecnologias em desenvolvimento têm como principais objectivos a diminuição de custos, a optimização dos balanços energéticos e/ou a recuperação de uma porção significativa das águas residuais para reutilização, facto de extrema importância numa indústria que apresenta consumos de água muito elevados e que se situa em regiões que se vêm debatendo com preocupantes problemas de escassez de água. Assim, apresentam-se seguidamente os três processos nos quais o INETI se tem centrado:

- *Processos biológicos;*
- *Tratamento com recuperação de águas;*
- *Tratamento por fotocatalise.*

No caso dos **processos biológicos**, estes processos não são muito vantajosos, devido aos altos consumos de energia mecânica e de nutrientes, à grande produção de lamas secundárias e a um significativo custo de investimento. Apesar disso, vários processos biológicos de tratamento têm sido

estudados, noutros laboratórios, tendo em vista a valorização das águas ruças, para utilização como fertilizante, em rações para animais e na produção de proteína microbiana e de enzimas.

O tratamento de águas ruças por digestão anaeróbia é o processo biológico onde maiores esforços têm sido investidos pelo INETI, em virtude das vantagens que apresenta, pois reduz o consumo de energia bem como a produção de lamas.

Nestes processos biológicos estão integrados o de digestão anaeróbia e o processo integrado com recuperação de energia.

O tratamento com recuperação de água encontra-se em fase de estudo, baseado num processo conjugado de evaporação/condensação, alimentado em termos energéticos pelo próprio processo e pelo recurso a energias renováveis.

A fase de ensaios laboratoriais decorre numa instalação piloto construída nas instalações do INETI, dimensionado para o processamento de 1200 litros de água ruça por dia.

O tratamento por fotocatalise permite a oxidação de compostos orgânicos especialmente resistentes aos tratamentos clássicos de oxidação, pela acção química da luz e na presença de catalisadores apropriados.

Está também em estudo no INETI a aplicação destes processos de detoxificação fotocatalítica ao tratamento das águas ruças, com destruição dos compostos orgânicos e em particular dos polifenóis responsáveis pela grande toxicidade e pela cor negra destes efluentes. Através da utilização da componente UV do espectro solar, captada por colectores solares apropriados do tipo CPC (concentradores de baixa concentração que utilizam uma óptica de tipo não focante), combinada com fotocatalisadores e/ou agentes oxidantes, é possível uma mineralização completa, a dióxido de carbono e água, da carga orgânica contida no efluente com a consequente remoção total da cor e do CQO.

Os resultados até agora obtidos permitem concluir que as águas ruças sujeitas a este tratamento poderão inclusivamente ser recuperadas e reutilizadas no próprio processo de extracção.

Regista-se como tendência uma abordagem mais integrada desta actividade com outras actividades que não sejam sazonais, de modo a que se procurem soluções de tratamento e valorização de efluentes mais adequadas e custos suportáveis para o sector. (Despacho n.º 8277/2007).

6. LEGISLAÇÃO APLICÁVEL / ENQUADRAMENTO LEGAL

A actividade produtiva das agro-industriais exerce um efeito negativo sobre o ambiente. O sector dos lagares de azeite é um dos que inspira maiores preocupações, pois é responsável pelo lançamento de efluentes com elevadas concentrações orgânicas para os cursos de água. Os teores de vários parâmetros de análise das águas ruças ultrapassam largamente os valores limites estabelecidos legalmente (**Decreto de Lei 236/98, de 1 de Agosto** - estabelece normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio hídrico aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos).

6.1. Requisitos Ambientais

A adaptação dos lagares de azeite às novas directrizes ambientais demonstrou ser bastante difícil, quer pela complexidade técnica do assunto, quer pelos investimentos financeiros que implica. A CAP (Confederação de Agricultores de Portugal), em representação dos lagares de azeite, iniciou em 1991 um processo de conversações com o Ministério do Ambiente e o Ministério da Agricultura, manifestando a preocupação deste sector em resolver este problema.

Em 1997, foi celebrado o contrato de adaptação ambiental dos lagares de azeite entre o Ministério do Ambiente, o Ministério da Agricultura e a Confederação dos Agricultores de Portugal, que representava 1300 lagares. O referido contrato durou até ao final de 1999. O contrato previa a elaboração de um estudo sobre o sector, englobando um plano de adaptação às exigências decorrentes da legislação ambiental. Previa também que os lagares efectuassem a sua adaptação efectiva até Dezembro de 1999, prazo que foi posteriormente alargado até 31 de Julho de 2000.

Os lagares ficavam assim obrigados a apresentar um pedido de licenciamento industrial à respectiva Direcção Regional de Agricultura, com uma definição clara da solução para os problemas ambientais existente, tendo em vista a laboração na campanha de comercialização seguinte 2000/2001, de acordo com o **Despacho conjunto dos Ministérios do Ambiente e da Agricultura, nº 118/2000, de 3 de Fevereiro de 2000.**

A adaptação deste sector à legislação ambiental deu um passo importante com a assinatura de contratos de adaptação ambiental (CAA), celebrados em 1997 entre o Estado e a Confederação dos Agricultores Portuguesas (CAP). Com a assinatura destes contratos, os lagares abrangidos

comprometiam-se, de forma voluntária e faseada, ao cumprimento da legislação ambiental, até ao fim de Dezembro de 1999.

Apesar do Governo ter deixado o aviso que os lagares que não procedessem a obras de adaptação e modernização até à data estipulada seriam encerrados, os proprietários reclamaram a dilatação de prazo, já que, no início do ano de 2000, uma grande parte das muitas centenas de lagares ainda não tinham resolvido o processo de licenciamento, para cumprir as normas de adaptação ambiental que o Governo e a União Europeia impunham.

Deste modo, e como se considerou que o vasto conjunto de situações lesivas para o meio ambiente que ainda subsistia, se devia, em parte, à pulverização desta actividade em unidades de muito pequena dimensão, com forte impacto social em regiões mais desfavorecidas, foi definido um programa para a efectiva aplicação de medidas de modernização ambiental deste sector.

6.1.1. Despacho Conjunto n.º 118/2000

Determinou-se, com a publicação do **Despacho Conjunto n.º 118/2000**, de 3 de Fevereiro, que só poderiam funcionar, na campanha de 2000/01, os lagares que satisfizessem um dos seguintes requisitos:

- Tivessem as medidas de adaptação ambiental concluídas;
- Tivessem, em efectiva execução física, as adequadas medidas de adaptação ambiental;
- Tivessem apresentado, até 31 de Julho de 2000, um processo de licenciamento às autoridades competentes, nos termos da lei em vigor, com uma definição clara da solução para os problemas ambientais existentes; entre essas medidas poderiam ser considerados os contratos celebrados com as entidades gestoras de redes de sistemas de saneamento, para o tratamento dos respectivos efluentes.

De modo a acompanhar e dinamizar estas actividades e medidas, foi criada uma comissão de acompanhamento para a modernização ambiental dos lagares de azeite (CA) que, até 30 Setembro de 2000, deveria listar os lagares aptos a funcionar na campanha de 2000 e que, até 31 de Julho de 2001, listaria os lagares aptos a funcionar na campanha de 2001.

6.1.2. Despacho Conjunto n.º 626/2000

Contudo, devido à indefinição das soluções a aplicar, relativamente ao problema das águas ruças, durante o período em que vigorou o contrato, e ainda à escassez de verbas para a concretização dos projectos necessários, foi publicado o **Despacho Conjunto n.º 626/2000, de 6 de Junho de 2000**, autorizando a utilização de águas ruças na rega de solos agrícolas. Esta solução, por ser a mais simples e mais económica, permitiu que um elevado número de pequenos e médios lagares pudessem cumprir o prazo imposto.

A referida solução é desde há largos anos utilizada em Espanha e em Itália, com resultados práticos muito favoráveis. Porém, os industriais têm de cumprir várias limitações (armazenamento, correcção do pH, volume máximo de água por hectare, etc.) e apresentar anualmente um pedido de licença às entidades competentes na matéria.

Em Junho de 2000 foi publicado o **Despacho Conjunto n.º 626/2000, que previa a aplicação de águas ruças nos solos como uma opção susceptível de trazer benefícios agrícolas** e estabelece um conjunto de normas que permitem uma correcta utilização dessas águas nos solos.

Este Despacho determina, pois, que essa aplicação esteja condicionada pela emissão de uma licença que, por sua vez, considerará um conjunto de aspectos tais como:

- A existência de um reservatório ou tanque estanque para o armazenamento da totalidade de águas ruças produzidas numa campanha;
- Que se realize um pré-tratamento para correcção do pH;
- Que a aplicação no solo ocorra, preferencialmente, entre os meses de Março a Novembro de cada ano;
- Que só se faça aplicação sob culturas arbustivas ou arbóreas e que o volume aplicado nunca exceda os 80 m³/ha.ano;
- E que, finalmente, a aplicação se faça com condicionantes em zonas de Reserva Ecológica Nacional (REN), ou próximas de poços, furos, linhas de água, ou habitações.

Em virtude da aplicação das medidas de adaptação ambiental que decorreram entre 2000 e o fim de 2001 e tendo havido uma boa adesão das várias partes envolvidas, estas medidas conduziram a uma importante melhoria das condições ambientais dos lagares.

6.1.3. Despacho n.º 8277/2007

Face às características específicas associadas à problemática do tratamento de efluentes das instalações agro-pecuárias e agro-industriais, e tendo em conta as competências dos Ministérios do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional e da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, foi elaborada uma **Estratégia Nacional para os Efluentes Agro-Pecuários e Agro-Industriais (ENEAPAI)**, abrangendo o território de Portugal continental.

Para a elaboração de uma proposta de estratégia, foi realizado um levantamento das situações mais gravosas, com o envolvimento das associações de produtores, dos municípios e das suas associações e das entidades gestoras de sistemas municipais e multimunicipais com responsabilidade no tratamento de águas residuais urbanas, de modo a tornar possível o desenho de soluções integradas e sustentáveis para a intervenção e a resolução dos problemas ambientais causados pela actividade normal dos sectores em causa. Esse levantamento possibilitou identificar as regiões de elevada concentração territorial de unidades produtivas de sectores específicos, resultado de décadas de um deficiente ordenamento do território que o agravaram e potenciaram, cujo impacte tem conduzido a situações de elevado risco ambiental.

Nos parágrafos seguintes resume-se a informação mais importante presente no **Despacho n.º 8277/2007**, de 9 de Maio (*Estratégia Nacional para os Efluentes Agro-Pecuários e Agro-Industriais - ENEAPAI*), no que respeita à indústria da produção de azeite:

- Dos 1253 lagares identificados pelas CCDR e pelo Instituto da Água (INAG), cerca de 40 % dispõem de informação sobre licenças de descarga para rejeição das águas residuais em linha de água ou no solo e cerca de 12 % estão indicadas como ligando ao colector municipal;
- Relativamente à regulamentação da descarga de efluentes para a água ou solo, aplicam-se as normas técnicas para a valorização agrícola do efluente, constantes no Decreto-Lei n.º 236/98, que condicionam a emissão ou descarga de águas residuais de uma instalação na água e no solo;
- No sector do Azeite, todos os lagares deverão apresentar um pedido de reconhecimento, cuja concessão dependerá:
 - a) Do seu licenciamento, obrigando-se a cumprir as condições higio-sanitárias, técnicas e ambientais exigíveis para o licenciamento industrial;
 - b) Da existência de um sistema de contabilidade de matéria, ligado à contabilidade financeira, de modo a assegurar o registo das quantidades entradas, laboradas e saídas.

6.1.4. Regulamentos de Descarga de Águas Residuais em Colector Municipal

Os Regulamentos Municipais de Descarga são documentos que, como o próprio nome indica, regulam a descarga de efluentes nos colectores municipais de determinado município. Consoante a localização do Município, são definidos limites para os mais variados parâmetros constituintes das águas residuais a descarregar, tendo em conta a especificidade de cada caso, nomeadamente no que diz respeito às indústrias localizadas na zona em questão, em virtude da variabilidade, tanto no que se refere às características dos efluentes, como relativamente à quantidade dos mesmos.

Usualmente, estes regulamentos são criados de modo a proteger o tratamento das águas residuais efectuado nas ETAR Municipais, uma vez que, se este for efectuado por via biológica, qualquer tipo de descarga anómala, relativamente ao que é usual num efluente doméstico, pode comprometer o tratamento efectuado nas instalações, com todos os inconvenientes a nível ambiental que daí advêm.

Os Regulamentos de Descarga de Águas Residuais em Colector Municipal têm por objectivos gerais:

- Definir e estabelecer as regras e condições de descarga de águas residuais de natureza industrial na rede de colectores municipais, dando assim cumprimento ao disposto no Decreto-Lei 236/98, de 1 de Agosto;
- Assegurar que as descargas de águas residuais industriais não afectam negativamente nem o pessoal que opera e mantém os sistemas de drenagem e as estações de tratamento municipais, nem a durabilidade e as condições hidráulicas de escoamento nos colectores municipais e, nos termos da legislação em vigor, nem a qualidade dos seus efluentes, nem a ecologia dos meios receptores nem o destino final das lamas produzidas.

Na tabela seguinte são apresentados parâmetros que podem constar dos Regulamentos de Descarga existentes nos diversos Municípios de Portugal, bem como os seus valores mais usuais:

Tabela 6-1 - Valores Limite de Emissão de vários parâmetros exigidos em Regulamentos de Descarga

Parâmetros	Expressão dos resultados	Valores Limite de Emissão
Aldeídos	mg/L	1,0
Aldrina, dieldrina, endrina e isodrina	µg/L	5,0
Alumínio total	mg/L Al	10
Arsénio total	mg/L As	0,5
Azoto amoniacal	mg/L NH ₄	50
Azoto total	mg/L N	15
Boro	mg/L B	1,0
Cádmio	mg/L Cd	0,2
CBO ₅	mg/L O ₂	500
CQO	mg/L O ₂	1000
Chumbo total	mg/L Pb	1,0
Cianetos totais	mg/L CN	0,5
Cloretos totais	mg/L Cl	500
Cloro residual disponível total	mg/L Cl ₂	1,0
Clorofórmio	mg/L	2,0
Cobre total	mg/L Cu	1,0
Condutividade	µS/cm	3000
Crómio Hexavalente	mg/L Cr (VI)	0,1
Crómio Total	mg/L Cr (VI)	2,0
Detergentes (lauril-sulfato)	mg/L lauril-sulfato	40
1,2 - dicloroetano	mg/L	0,2
Estanho total	mg/L Sn	2,0
Fenóis	mg/L C ₆ H ₅ OH	0,5
Ferro total	mg/L Fe	2,0
Fósforo total	mg/L P	50
Hexaclorobenzeno (HCB)	mg/L	2,0
Hexaclorobitadieno (HCBD)	mg/L	3,0
Hexaclorociclohexano (HCH)	mg/L	4,0
Hidrocarbonetos totais/Óleos Minerais	mg/L	15
Manganês total	mg/L Mn	2,0
Mercurio total	mg/L Hg	0,05
Metais pesados (total)	mg/L	10
Níquel total	mg/L Ni	2,0
Nitratos	mg/L NO ₃	50
Nitritos	mg/L NO ₂	10
Óleos e gorduras (solúveis em éter)	mg/L	100
Pentaclorofenol	mg/L	2,0
Percloroetileno (PER)	mg/L	0,2
Pesticidas	microrg./L	3,0
pH	Escala Sørensen	5,5-9,5
Prata	mg/L Ag	100
Selénio total	mg/L Se	0,05
SST	mg/L	1000
Sulfatos	mg/L SO ₄	2000
Sulfitos	mg/L SO ₃	1,0
Sulfuretos	mg/L S	1,0
Temperatura	(°C)	45
Tetracloroeto de carbono	mg/L	1,5
Tricloroetileno (TRI)	mg/L	0,2
Triclorobenzeno (TCB)	mg/L	0,1
Vanádio total	mg/L Va	10
Zinco total	mg/L Zn	5,0

Fonte: Regulamentos de Descarga de Águas Residuais de vários Municípios

Alguns dos valores da tabela anterior, serão utilizados no ponto **9. Análise e Discussão dos Resultados Obtidos**, de modo a avaliar o cumprimento dos VLE do Regulamento de Descarga, dos efluentes tratados nos vários ensaios realizados.

7. CASO DE ESTUDO - O LAGAR DA COOPOR

7.1. Caracterização Geral da COOPOR

7.1.1. Instalações e Equipamentos Existentes

O Lagar da COOPOR situa-se na freguesia de Portalegre, no concelho do mesmo nome, situando-se no perímetro da Direcção Regional de Agricultura do Alentejo (DRAA), “Zona Agrária de Portalegre”.



Figura 7-1 – Panorâmica Geral da COOPOR

Das instalações da COOPOR constam os seguintes edifícios:

- Casa com área coberta de 387 m², com uma divisão para armazém;
- Casa do lagar de azeite, com uma área coberta de 635 m²;
- Logradouro com 22.179 m².

As instalações incluem:

- Sala de lavadoras;
- Sala de laboração;
- Sala de caldeiras;
- Refeitório;
- Laboratório;
- Instalações sanitárias;
- Posto de transformação, com área coberta de 9 m².

O equipamento actual inclui o seguinte:

- Báscula;
- 10 depósitos para azeite revestidos com uma resina, com uma capacidade de 20.000 litros cada;
- 1 máquina de engarrafamento de azeite da marca Autelec, Mod. DL-190, com uma capacidade de 2.000 litros/hora.

A COOPOR efectuou há uns anos atrás uma modernização do sistema de extracção e adquiriu um sistema contínuo para a recepção, limpeza, lavagem, armazenamento e condução da azeitona, com a capacidade teórica de laboração de 120 ton/dia (PIERALISI modelo V3 duplex) correspondente ao dobro da capacidade até então instalada.

Além disso, adquiriu também uma linha de recepção, limpeza, lavagem, pesagem, transporte e armazenagem da azeitona e bagaço, realizou obras de construção civil para adaptação, melhoramento e reparação das instalações, adquiriu equipamentos para montagem de laboratório, com vista ao controlo de qualidade da matéria-prima e do produto final e adquiriu um tractor e uma cisterna para distribuição do efluente produzido (águas ruças) em terrenos adequados para esse fim.

7.2. Descrição dos processos de fabrico

A matéria-prima utilizada neste processo de extracção é a azeitona, sendo o objectivo principal a extracção de azeite dessa matéria-prima. A extracção do azeite é realizada sem qualquer intervenção de produtos químicos, sendo somente empregues meios mecânicos por processos de moenda e centrifugação, dando origem a um produto final 100% natural.

O esquema seguinte resume a sequência das operações fabris do lagar:

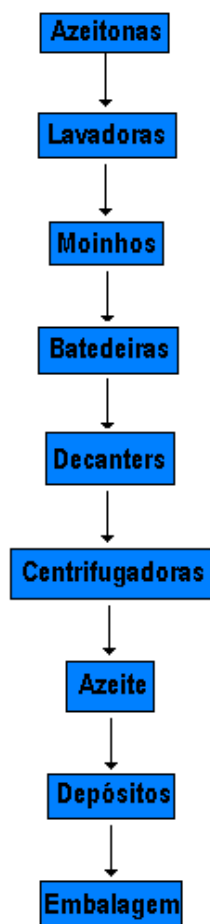


Figura 7-2 – Processo de fabrico da COOPOR

Na página seguinte apresenta-se um diagrama do sistema de fabrico instalado na COOPOR:

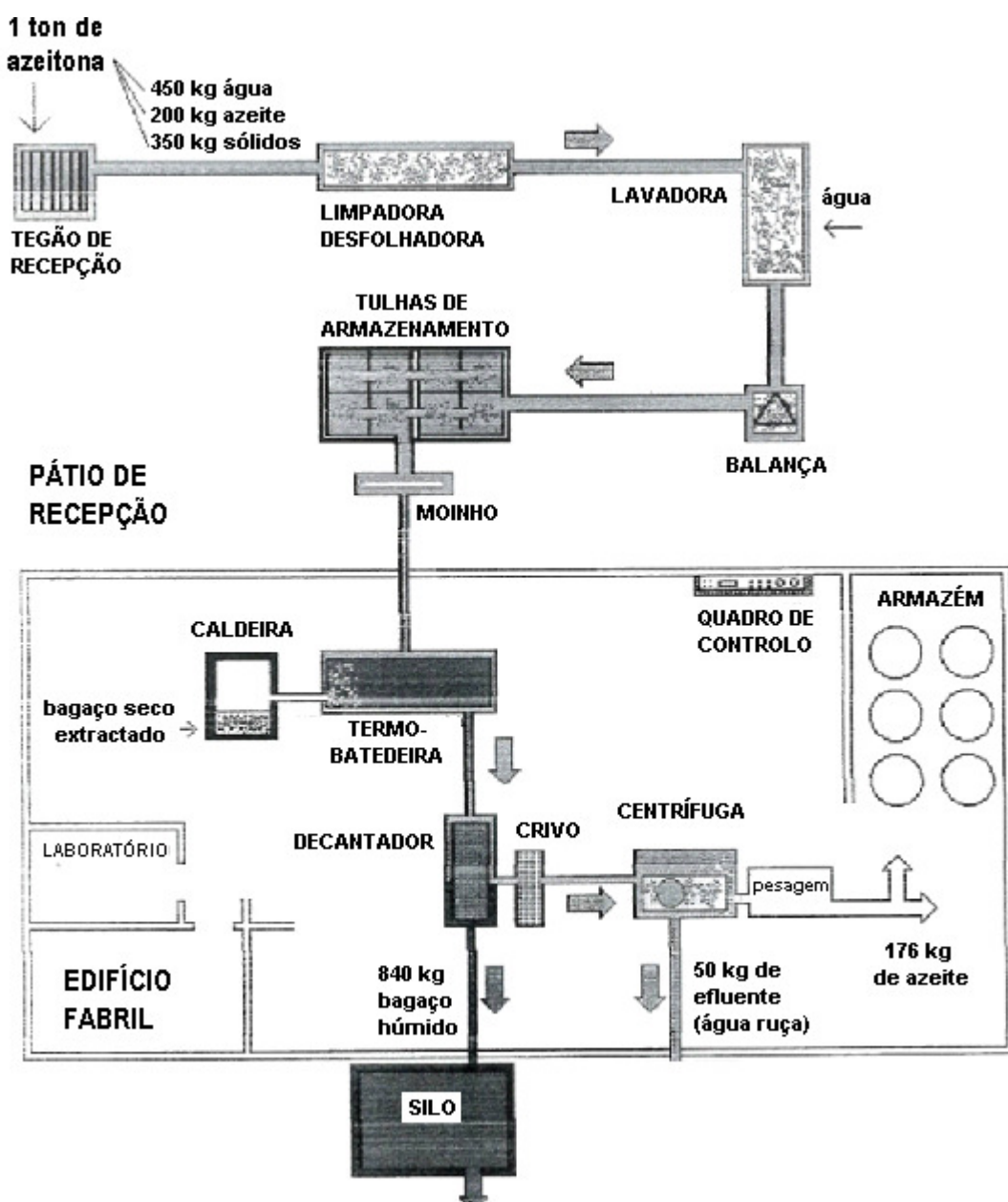


Figura 7-3 – Sistema Contínuo de Duas Fases da COOPOR

Lavadoras

Após a descarga da matéria-prima (azeitona), esta é encaminhada através de tapetes para as lavadoras, tendo estas como função a limpeza de qualquer tipo de sujidade que a matéria-prima possa conter.

Moinhos

Nesta fase de laboração, procede-se à moenda da azeitona, dando origem a uma espécie de massa, que em seguida é encaminhada para as batedoras.

Batedoras

A massa entra nas batedeiras, sendo que estas vão ter como função o batimento e aquecimento da massa, com injeção de água quente no seu interior, provocando uma homogeneização da massa e permitindo assim o início da separação do azeite.

Decanters

É neste equipamento que se vai dar a separação do azeite, da massa (bagaço) e da água. Este processo de separação é realizado por centrifugação, sendo o azeite encaminhado para as centrifugadoras.

Centrifugadoras

Este equipamento tem como função proceder à limpeza do azeite, processo esse que é feito por adição de água quente, sendo a água e o azeite separados por centrifugação.

Depósitos

O azeite, ao sair das centrifugadoras, é encaminhado para uns depósitos, onde ficam armazenados, para posterior embalagem ou venda a granel.

7.2.1. Rendimentos industriais e grau de utilização das capacidades instaladas

Actualmente, o rendimento industrial (utilizando o indicador “grau de extracção”) é da ordem dos 16%, variando com a campanha.

A actual capacidade industrial instalada (120 ton/dia) aparenta ser suficiente para laborar as cerca de 1.500 ton actuais, durante um período de campanha da ordem dos dois meses. Porém, dada a distribuição normal das entregas, com um pico pronunciado, sensivelmente a meio do período da

campanha, a capacidade instalada revela-se muitas vezes insuficiente para atender ao volume de entrega, o que aumenta os tempos de espera da azeitona e reduz a qualidade do produto final.

Contribuiu para o investimento realizado o progressivo encerramento dos lagares tradicionais, que frequentemente obriga os produtores de azeitona a efectuar a venda da sua produção a um preço mais reduzido, a quem disponha de meios de transporte, por estarem impossibilitados de transportar o seu produto para lagares mais distantes.

Além disso, os decantadores da nova geração têm a grande vantagem de possibilitarem a extracção de um azeite de melhor qualidade, principalmente no que diz respeito ao seu grau de acidez, laborando com maiores produtividades.

Esta nova geração de decantadores é designada por “Ecológica”, pela poupança de água que permitem. De facto, **o consumo de água é uma das vantagens dos novos decantadores, os quais podem laborar com cerca de 1/5 da água dos tradicionais sistemas de 3 fases.**

Esta poupança reflecte-se em dois itens:

- menores custos empresariais;
- menores níveis de poluição, em resultado de um menor volume de descarga de efluente.

Por outro lado, o bagaço extraído pelo sistema “Ecológico” terá uma percentagem de humidade similar ao valor que actualmente se obtém no sistema de três fases, continuando assim a obter-se um bagaço transportável e com valor comercial.

O objectivo principal do sistema depurador é a redução da carga poluente das águas ruças. No estado em que estas saem do lagar, têm efeitos altamente nocivos no ambiente, uma vez que contêm sais inorgânicos e matéria orgânica, ácidos, polifenóis, etc.

O sistema contínuo e ecológico de extracção de azeite virgem que foi adoptado pela COOPOR é um sistema de duas fases com características inovadoras. Além das vantagens económicas, técnicas e qualitativas derivadas de uma melhor extracção do azeite, **permite uma redução substancial de águas ruças (de 12 a 18 vezes menos)**, conforme se apresenta na tabela seguinte:

Tabela 7-1 - Taxas por sistema de extracção

Sistemas	Quantidade de águas ruças por Kg de azeitona
Prensas	0,60 kg
Linha 3 fases	0,90 kg
Linha 2 fases	0,05 kg

De seguida, o sistema é descrito nas suas principais operações, **a recepção e a extracção**.

Recepção:

A azeitona é recebida num tegão, sendo de seguida encaminhada para uma máquina limpadora, através de uma cinta transportadora de borracha nervada.

Esta limpadora é constituída por um bloco de aspiração por onde são retirados (devido à diferença de densidade) corpos prejudiciais à extracção do azeite, como sejam as folhas, paus e pedras que acompanham a azeitona desde o olival. Acoplado à limpadora, existe um crivo vibrador para remoção da terra que possa vir agarrada aos frutos. Após esta operação de limpeza, a azeitona é encaminhada para uma outra cinta transportadora, que a leva até à máquina lavadora.

A lavadora possui um sistema “fechado” de circulação de água (apenas renovada quando já se encontra bastante suja) que lava a azeitona e permite que os frutos, já limpos, possam ser pesados numa balança onde se faz o seu registo.

Extracção:

A primeira operação da extracção consiste em moer as azeitonas. O moinho utilizado para tal é constituído por um **rotor com martelos** em aço inox e está assente numa bancada localizada sob os balcões do armazenamento. A azeitona é descarregada dos silos através de um sem-fim, igualmente em aço inox.

O grau de moenda é determinado pelo calibre de furação que o crivo do moinho possui. O funcionamento do moinho está dependente da transmissão (através do painel central) de um sinal emitido pela sonda de nível da bateadeira: quando esta atinge o seu nível máximo, o moinho suspende o funcionamento.

A massa obtida à saída do moinho é então encaminhada por um sem-fim em aço inox até ao topo da bateadeira, equipamento que é o verdadeiro responsável pela extracção do azeite virgem.

A **bateadeira** é constituída por um ou mais corpos cilíndricos verticais, de capacidades variáveis. Através de eixos verticais com pás e satélites que giram coaxialmente em sentido inverso, a massa é

obrigada a fazer uma *maxalagem* entre diferentes correntes, que se originam pelo movimento de rotação dos referidos eixos, o que promove uma dilaceração lenta dos pedaços de frutos, rompendo-se os alvéolos e libertando o azeite.

O batimento deve ser lento e o sistema deve estar dimensionado para um tempo de permanência no interior da bateadeira nunca inferior a duas horas. Só assim se pode obter uma extracção de qualidade e elevado rendimento.

A temperatura da massa não deve exceder os 35 °C, para evitar oxidações, sendo esta temperatura obtida por aquecimento das camisas da bateadeira, através de um sistema com termostato para circulação e mistura de água. **Deve-se referir que não é adicionada água, o que irá reduzir drasticamente a produção de águas ruças no final de processo.**

Terminado o batimento, a massa deve apresentar-se homogénea e com um *sobrenadante* de azeite, não devendo deixar restos aderentes às pás de agitação.

O passo seguinte consiste em separar o azeite do resto da massa, sendo para isso utilizada uma centrífuga de eixo horizontal, conhecida por “**decanter**” (ou decantador) que é alimentada a partir da bateadeira por uma bomba do tipo “mono”, com regulação de velocidade.

O decantador é constituído por um tambor rotativo e por um sem-fim colocado no seu interior, o qual gira a uma velocidade ligeiramente superior. Através da força centrífuga e da velocidade diferencial existente entre os dois elementos do decantador, consegue-se a separação das duas “fases”:

- uma oleosa, constituída por “azeite turvo”;
- outra sólida, constituída pelos sólidos e pela água de vegetação dos frutos.

A parte sólida – habitualmente chamada “bagaço” – é evacuada do decantador e removida da sala de extracção por um sem-fim, sendo depois elevado (através de um “*redler*”) para um silo e sendo passível de aproveitamento posterior.

Depois de separado, o azeite é encaminhado para um depósito que possui um crivo vibrador, onde lhe são retirados eventuais vestígios de bagaço (depois devolvidos à bateadeira). Através de outra bomba “mono”, com variador de velocidade, é então encaminhado para uma **centrifuga clarificadora**. Esta máquina, de eixo vertical, é constituída por um conjunto de discos cilíndrico-cónicos sobrepostos. Nela, o azeite é separado dos sólidos ainda existentes (“borra”) e da água residual.

A centrífuga está preparada para realizar descargas de borra temporizadas, sendo estas descargas isentas de azeite, uma vez que a máquina efectua uma lavagem do tambor para evacuar o azeite que

possa ainda acompanhar as borras. Existe um pequeno depósito à saída da centrífuga, onde normalmente é instalado um equipamento automático de pesagem e registo da produção.

Para além da recepção e extracção, convém fazer algumas breves referências às operações de **controlo, aquecimento e armazenagem.**

O primeiro **controlo** é logo feito na pesagem da azeitona e, depois, na pesagem do azeite obtido. Para a determinação de rendimentos, é usual a existência de um pequeno laboratório onde as amostras de azeite são separadas e se podem obter, por solvente, os valores de teor em gordura e grau de acidez. Todo o sistema de extracção é controlado automaticamente, através de um quadro central de comando composto por um *layout* de instalação sinóptico, composto por comandos e contadores.

O lagar da COOPOR necessita apenas de um único operador a tempo inteiro para supervisão e ajuste do funcionamento normal de todo o equipamento.

O **aquecimento** necessário é assegurado por uma caldeira de água quente, cujo combustível é constituído por bagaço seco extractado. Na caldeira, a água circula em circuito fechado.

A **armazenagem do azeite** é feita em depósitos apropriados: 14 depósitos em aço inox de 20.000 litros cada.

O **bagaço** passa por um transportador horizontal e é armazenado num silo. Uma parte do mesmo é utilizado no queimador de bagaço e o restante vendido às fábricas de extracção de óleos que, por sua vez, o vendem em cru ou refinado, embalando-o directamente ou revendendo-o a embaladores.

7.2.2. Equipamento da linha de extracção de azeite

Para além do equipamento de recepção, armazenagem e laboratório, descreve-se a seguir o **equipamento de extracção da COOPOR**, que é uma linha de extracção de azeite “PIERALISI – sistema integral”, modelo “V 3 DUPLEX (3 x 2,200 KG) + 1 SPI 5” com **capacidade de laboração de 4.500-5.000 kg/hora, ou seja, de 108.000-120.000 kg de azeitona em regime contínuo de 24 horas**, constituída por:

- Transportador-elevador, tipo parafuso sem-fim, para alimentar o grupo moinho termo-batedeira;
- Grupo moinho termo-batedeira, modelo “V 3 duplex”, com três corpos com uma capacidade de 2.200 kg/cada, com sistema contínuo, providos de camisas de aquecimento e bomba MONO, modelo “P 80”;
- Centrifuga de eixo horizontal, modelo “SPI 5”, para a centrifugação da pasta de azeitonas, adaptada ao regime de laboração a duas fases (fase líquida: azeite; fase sólida: bagaço). Esta máquina é concebida para a separação simultânea do bagaço e azeite, e inclui uma estrutura metálica de suporte e depósito em aço inoxidável, com filtro vibratório para a recepção do azeite. Todas as partes da centrifugadora que estão em contacto directo com a pasta de azeitona e com o azeite são fabricadas em aço inoxidável;
- Transportador horizontal, tipo parafuso sem-fim, em aço inox, com o comprimento de 6 metros para a saída do bagaço;
- Grupo de duas electrobombas, modelo EM44 – EM 64, para a alimentação da centrífuga vertical;
- Caldeira para produção de água quente, alimentada a bagaço seco extractado, com uma capacidade de 130.000 kcal/hora;
- Quadro eléctrico geral de protecção a comando, dos equipamentos constituintes da linha.

A linha proposta tem uma capacidade de laboração garantida que se situa entre os 108.000 e os 120.000 kg/24 horas de trabalho real, em função do tipo de azeitona (em termos de qualidade e amadurecimento) que se labore. No bagaço, a percentagem de azeite de residual aparecerá entre os 3,5% e os 5,0% e a humidade à volta de 60% e 70% da matéria total. A potência eléctrica instalada é de aproximadamente 125 CV.

Equipamento de controlo de produção

Aparelho para controlo de produção de azeite da marca “AUTELEC”, modelo CP-504, completo, com estabilizador automático de tensão, depósito em aço inox para recepção do azeite e bomba de trasfega para a armazenagem. Este aparelho tem as seguintes características: visualização de dados em quilos ou em litros, gráficos de produção distintos, armazenamento de dados de toda a campanha, resolução

de 1 kg ou 1 litro; capacidade: até 1.500 kg/hora; erro máximo: 0,01%; todas as peças em contacto com o líquido são em aço inox.

Equipamento de laboratório

Sistema analisador de Gordura/índice de Acidez da azeitona, da marca "AUTELEC", constituído por uma unidade determinadora MG 707, completo com copo inoxidável para preparação das amostras, filtros, contentor de 20 litros de solvente (Heptano), contentor de 10 kg de sulfato de sódio anidro; Unidade extractora HR 302 e respectivos pertences de separação. Inclui ainda kit para medição do índice de acidez e moinho de martelos inoxidável para moenda da azeitona, de accionamento por motor trifásico.

Bomba para trasfega

Bomba para trasfega de azeite, modelo P 120, montada sobre rodas, a utilizar no enchimento dos depósitos de armazenamento ou para expedição do produto do lagar, com as seguintes características (motor trifásico: 3,5 HP; rotação: 750 r.p.m.; caudal: 11.700 l/h, para uma altura manométrica de 10 metros).

Depósitos

4 depósitos, com formato cilíndrico vertical, com fundo plano para assentar em maciço de betão e tampo ligeiramente cónico (Material: Aço inoxidável AISI 304; Capacidade: 20.000 litros).

7.2.3. Sistema actual de tratamento das águas ruças

Conforme já foi referido, a solução adoptada para o tratamento das águas residuais produzidas na COOPOR é a irrigação em solos agrícolas. As águas produzidas são armazenadas num tanque metálico, sendo posteriormente transportadas por camião cisterna até aos terrenos onde serão depositadas. Na figura seguinte pode visualizar-se o tanque circular de armazenamento das águas ruças:



Figura 7-4 – Tanque de Armazenamento das Águas Ruças

As dimensões do tanque de armazenamento das águas ruças produzidas na COOPOR, de formato circular, são as seguintes:

- **Volume – 1273 m³;**
- **Diâmetro – 21,77 m;**
- **Altura – 3,42 m.**

Há alguns anos, equacionou-se a possibilidade de construção de uma ETAR que tratasse este tipo de efluentes. Posteriormente, não se tendo verificado a possibilidade de descarregar o efluente do lagar no colector municipal, e uma vez que existia a possibilidade, ao abrigo da lei, da utilização deste tipo de efluentes na irrigação de solos agrícolas, a COOPOR optou por adoptar este destino final, até à data actual.

A descarga de águas residuais em colector é efectuada segundo Regulamentos específicos, próprios de cada Município, onde são definidos os valores máximos de concentração de parâmetros que o efluente a descarregar pode ter e quais os volumes de água residual que se podem enviar para o colector, num determinado período de tempo, conforme já foi referido.

DESCARGA DE ÁGUAS RUÇAS NO SOLO (IRRIGAÇÃO DE TERRENOS AGRÍCOLAS)

No que respeita aos efluentes de lagares de produção de azeite, existe uma possibilidade de valorização diferente da descarga em colector, ou do tratamento directo dos efluentes, que é a irrigação

de solos agrícolas. Esta solução carece de licença de utilização, a emitir por parte das entidades competentes, nomeadamente as Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regionais (CCDR).

Esta é uma solução que está a ser bastante adoptada no nosso país, em virtude da dificuldade encontrada no tratamento directo deste tipo de efluentes, bem como da sua descarga em colectores municipais, que muita vez leva a problemas no tratamento efectuado nas ETAR Municipais, devido aos compostos fenólicos e outros inibidores do tratamento biológico, bem como das elevadas cargas orgânicas que caracterizam este tipo de efluentes.

Actualmente, a COOPOR possui uma licença de utilização destes efluentes na irrigação de solos agrícolas, nomeadamente olival, ou seja, não descarrega os seus efluentes directamente em meio hídrico ou em colector municipal. A descarga de águas residuais (neste caso águas ruças) para irrigação de solos agrícolas é efectuada mediante o disposto na **Licença n.º 002/REJ/TJ/2008**, de 9 de Janeiro de 2008, emitida pela Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Alentejo (CCDR-A), ao abrigo do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio, e da Lei n.º 58/2005, de 29 de Dezembro, e ainda do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto e do Despacho Conjunto n.º 626/2000, de 6 de Junho.

Esta licença exige a monitorização da aplicação das águas residuais na rega de solos agrícolas e da água de poços localizados nos terrenos onde as águas ruças são descarregadas.

Nesta licença define-se ainda que as estruturas de retenção de águas residuais deverão ser completamente estanques, sem ligação a qualquer linha de água, nos termos da alínea a) do ponto 5 do Despacho Conjunto n.º 626/2000, de 6 de Junho, de modo a evitar prejuízos na qualidade das águas, quer superficiais, quer subterrâneas e como forma de preservação do ambiente, em geral. Caso venha a ser detectada qualquer ruptura/fenda nas estruturas de retenção, deverá proceder-se rapidamente à sua reparação.

Dadas as características das águas residuais, deverá proceder-se à realização de um pré-tratamento adequado, nomeadamente através da correcção do pH, de acordo com a alínea b) do ponto 5 do Despacho Conjunto n.º 626/2000, de 6 de Junho.

O pré-tratamento consistirá na adição de cal às águas ruças para correcção do pH, de modo a que possam ser utilizadas na rega de solos agrícolas.

O bagaço produzido durante a campanha de laboração do lagar de azeite deverá ficar sempre armazenado em local coberto e devidamente impermeabilizado e/ou estanque, a fim de evitar eventuais escorrências, quando ocorrem condições climatéricas adversas.

De seguida apresentam-se algumas informações constantes na Licença:

Tabela 7-2 - Informação relevante da Licença de Descarga de Águas Residuais no Solo

Sistema de extracção instalado	Contínuo de 2 fases
Capacidade de Laboração Instalada	1316 ton azeitona / campanha
Estimativa da produção total de águas residuais, em função da capacidade instalada	500 m ³ / campanha
Sistema de retenção adoptado	Reservatório cilíndrico coberto, em aço galvanizado, com fundo em betão
Tempo de retenção	2,55 campanhas
Capacidade	1277 m ³
Número de Parcelas onde se pretende efectuar a rega	10
Área total	34,21 ha
Validade da Licença	2 anos

- A descarga das águas residuais no solo não deve provocar alteração da qualidade das águas subterrâneas, ficando assim condicionada à natureza do terreno de infiltração, às suas condições de permeabilidade e à altura do nível freático, bem como a outros possíveis factores decorrentes da necessidade de preservação do ambiente e de defesa da saúde pública.

- O titular obriga-se a aplicar as águas residuais apenas em culturas arbustivas ou arbóreas e a utilizar na rega um volume de água residual não superior a **80 m³/ha/ano**.

- O titular obriga-se a aplicar as águas residuais no solo entre os meses de Março e Setembro de cada ano, respeitando os requisitos estipulados no Despacho Conjunto n.º 626/2000, de 6 de Junho, e no Código de Boas Práticas Agrícolas.

- O titular obriga-se a não proceder à rega com águas residuais sob condições climatéricas adversas, designadamente em situações de alta pluviosidade.

- O titular obriga-se a aplicar as águas residuais no solo respeitando as seguintes distâncias mínimas:

- 50 m a habitações isoladas e 200 m a aglomerados populacionais, escolas ou zonas de interesse público;
- 50 m a qualquer captação privada (por exemplo, poços e furos) e pelo menos 100 m de qualquer captação destinada ao abastecimento público, dependendo da natureza e permeabilidade do terreno, devendo, tanto quanto possível, ser praticada a jusante de quaisquer captações;
- 35 m a qualquer linha de água;

- 100 m do nível de pleno armazenamento das albufeiras de águas públicas classificadas, na ausência de plano de ordenamento plenamente eficaz que defina outros limites eventualmente mais restritivos.
- O titular obriga-se a aplicar as águas residuais em terrenos onde a inclinação não ultrapasse os 10%, a fim de minimizar as escorrências.
- O titular obriga-se a manter um registo actualizado da produção de azeite, bem como da aplicação de águas residuais no solo.
- O titular obriga-se a cumprir um programa de monitorização da aplicação das águas residuais na rega estipulado pelo Gabinete de Planeamento e Política Agro-Ambiental, de acordo com o n.º 9 do Despacho Conjunto n.º 626/2000, de 6 de Julho.
- O titular obriga-se a apresentar um documento comprovativo da quantidade e do destino final do bagaço produzido.
- O titular da licença fica responsável pela eficiência dos processos de armazenamento, pré-tratamento, transporte e utilização das águas residuais.
- O titular da licença deverá proceder no sentido de serem efectuadas análises à água dos poços. Os parâmetros a analisar são: pH, óleos e gorduras, fenóis, CQO e oxidabilidade, e a amostra deverá ser anual, realizada entre Outubro e Novembro.
- O titular da licença deverá enviar, anualmente, os resultados do programa de monitorização da aplicação das águas residuais na rega.

Análises de Águas Ruças

Frequência das análises

A análise das águas ruças deverá ter lugar aquando do pedido da primeira licença, mantendo-se válida enquanto não for alterado o sistema de laboração do lagar. Neste caso, deverá ser efectuada nova análise após a primeira produção de águas ruças.

Parâmetros a Analisar

Devem ser analisados os seguintes parâmetros:

- Azoto Total;
- Fósforo Total;

- Potássio Total;
- Cálcio Total;
- Magnésio Total;
- Sódio Total;
- Teor de Humidade;
- Matéria Orgânica;
- pH;
- Condutividade Eléctrica;
- Razão de adsorção de sódio ajustada;
- Razão C/N.

Métodos Analíticos

Azoto Total – EN 13342;

Fósforo Total – Extracção: EN 13346; doseamento: UV/VIS;

Potássio e Sódio – digestão com HCl (6M); doseamento por fotometria de chama;

Cálcio e Magnésio – digestão com HCl (6M); doseamento por espectrofotometria de absorção atómica;

pH – EN 12176;

Condutividade Eléctrica – por condutivimetria.

Análise de Amostras de Solos

Frequência das Análises

A análise dos solos que serão objecto de rega com a água ruça deverá ter lugar aquando do pedido da primeira licença e, depois, de quatro em quatro anos.

Colheita das Amostras

As amostras de terra deverão ser colhidas à profundidade de 0 a 50 cm, seguindo as normas de colheita indicadas pelo Laboratório que realizar a análise.

8. PROPOSTA E ANÁLISE DE SOLUÇÕES COMPLEMENTARES PARA O TRATAMENTO DOS EFLUENTES DA COOPOR

Tal como já foi referido anteriormente, tendo em consideração as possíveis e prováveis alterações da legislação em vigor, tendendo para um maior grau de exigência dos parâmetros de qualidade associados a este tipo de efluentes, urge encontrar soluções de tratamento para este tipo de efluentes, adequadas à realidade das unidades de produção existentes em Portugal. Nesse sentido foram propostos e realizados uma série de ensaios laboratoriais contemplando essencialmente soluções com adição de produtos químicos para o pré-tratamento das águas ruças, bem como a aplicação do processo de electro-coagulação e electro-oxidação, os quais foram aplicados ao caso de estudo da COOPOR. O objectivo da realização deste tipo de ensaios é o de poderem vir a servir como ponto de partida para o desenvolvimento futuro de uma sistema de tratamento eficiente e economicamente viável ou que pelo menos contribuam para a possibilidade de as suas descargas poderem vir a ser efectuadas nos colectores municipais.

O principal objectivo dos ensaios laboratoriais realizados está relacionado com o desbaste de poluentes no efluente a tratar, de modo a averiguar da possibilidade de tratamento, ou pré-tratamento que permita a sua descarga em colectores municipais.

8.1. Ensaio Físico-Químico em Águas Ruças

8.1.1. Caso de Estudo - Ensaio Físico-Químico em Águas Ruças

ENSAIOS LABORATORIAIS COM EFLUENTE DE UM LAGAR DE PRODUÇÃO DE AZEITE

Os ensaios laboratoriais de adição de produtos químicos que a seguir se descrevem tinham como objectivo otimizar e avaliar o funcionamento da ETAR existente num lagar de produção de azeite, no sentido de rentabilizar o seu funcionamento e aferir se a instalação seria capaz de produzir um efluente final com a qualidade desejada e em harmonia com a legislação em vigor, nomeadamente o Regulamento Municipal de Descarga para os Colectores Municipal.

Desta forma, procedeu-se ao estudo da ETAR instalada, bem como à caracterização qualitativa do afluente a tratar. Realizaram-se vários ensaios em laboratório, com diferentes produtos existentes no mercado, para verificar o que melhor se adaptava à água bruta a tratar, de forma a atingir os melhores resultados, em termos de qualidade do efluente tratado.

De uma forma resumida, pode-se dizer que a ETAR do Lagar em causa é constituída pelos seguintes processos unitários:

- **Câmara de desengorduramento;**
- **Tanque de homogeneização;**
- **Tanque de Floculação;**
- **Decantador;**
- **Tanque de efluente pré-tratado;**
- **Filtração**, com um conjunto de dois filtros em paralelo;
- **Sistema de sacos filtrantes**, para desidratação de lamas produzidas.

Efectuou-se uma caracterização do efluente a tratar, bem como um diagnóstico ao funcionamento da instalação, de modo a determinar as principais lacunas de funcionamento e de operação do sistema. Tentaram-se encontrar soluções que se enquadrassem na realidade da instalação e que permitissem otimizar a eficiência do tratamento efectuado.

Procedeu-se, ao longo da campanha, à pesquisa e ao estudo em laboratório, quer dos reagentes, quer das dosagens mais eficientes para o tratamento deste tipo de águas residuais. Foram testados vários reagentes disponíveis no mercado, conotados como agentes coagulantes e floculantes. Foram efectuados testes com Sulfato de Alumínio, Cloreto Férrico, PAX 18 e a combinação de vários reagentes (reacção de Fenton) para várias gamas de concentrações.

Na tabela seguinte apresentam-se os resultados do controlo analítico realizado ao afluente bruto a tratar:

Tabela 8-1 - Controlo Analítico efectuado ao Afluente Bruto do Lagar

Parâmetro	Pontos de amostragem				
	Afluente Bruto				
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Média
pH	5,21	5,35	4,17	4,21	4,74
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	15600	16000	20000	16400	17000
CQO (mg O ₂ /L)	73729	88728	80604	75033	79524
SST (mg SST/L)	43285	45153	56450	37467	45589
Azoto Total (mg N/L)	700	900	1000	800	850
Fósforo Total (mg P/L)	390	410	530	370	425
Óleos e Gorduras (mg/L)	1265	-	116	144	508

Quanto aos resultados obtidos, como se pode verificar no quadro anterior, a água bruta a tratar apresenta concentrações muito elevadas, no que respeita a alguns parâmetros. Em termos médios, obtiveram-se para os principais parâmetros, os seguintes valores:

- **CBO₅ – 17 000 mg de O₂/L;**
- **CQO – 79 524 mg de O₂/L;**
- **SST – 45 589 mg de SST/L;**
- **Óleos e Gorduras – 508 mg/L.**

Estes valores são característicos de efluentes industriais e demonstram a forte concentração poluente deste efluente. Outro aspecto a salientar é que a relação CQO/CBO₅ média é de cerca de 4,68, valor que indica uma fraca biodegradabilidade do efluente a tratar. Em termos comparativos, deve-se referir que num efluente doméstico esta relação é normalmente menor que 2. Desta forma, pode-se constatar a enorme dificuldade existente no tratamento deste tipo de efluentes, através da via biológica.

8.1.1.1. Resultados Obtidos

Da análise dos resultados dos ensaios laboratoriais efectuados verifica-se o seguinte:

- Dos três coagulantes utilizados, verifica-se que entre o Sulfato de Alumínio, o PAX 18 e o Cloreto Férrico, o mais eficiente foi o sulfato de alumínio, mas com dosagens muito elevadas (> 4000 mg/l). No entanto, face aos resultados obtidos, deve-se referir que nenhum dos coagulantes utilizados nos ensaios apresentou os resultados desejáveis, ou seja, uma clarificação total entre a fase líquida e a fase sólida.

Deve-se referir que, neste caso, os efluentes a tratar eram efluentes directos do processo, sem mistura com as águas de lavagem das azeitonas, ao contrário do que acontece no efluente da COOPOR.

Como consequência do descrito anteriormente, o efluente a tratar continha concentrações de CQO, CBO₅ e SST muito elevadas, mesmo comparando com os valores encontrados no efluente da COOPOR, como se poderá verificar nos pontos seguintes.

8.1.2. Ensaio Laboratoriais com Efluente da COOPOR

8.1.2.1. Plano Experimental e Metodologia Adoptada nos ensaios

No dia 21 de Janeiro de 2008, efectuou-se uma recolha de amostra de água ruça do lagar de produção de azeite da COOPOR (cerca de 80 litros), para análise de vários parâmetros, de modo a proceder a uma caracterização do afluente bruto.

O armazenamento da amostra foi efectuado à temperatura ambiente, sem incidência de luz solar. Deve referir-se que o efluente se encontrava armazenado num tanque metálico, não coberto.

Ao afluente bruto foram adicionados vários produtos químicos, de acordo com o seguinte Plano Experimental:

Tabela 8-2– Plano Experimental

Ensaio	Produto adicionado
Ensaio 1	Adição de PAX 18
Ensaio 2	Adição de PAX 18, Albfloc 2152 (floculante) e Peróxido de Hidrogénio
Ensaio 3	Adição de PAX 18 e Albfloc 2152
Ensaio 4	Adição de Cloreto Férrico e Albfloc 2152
Ensaio 5	Adição de Cloreto Férrico e Albfloc 2152
Ensaio 6	Adição de Cloreto Férrico, Albfloc 2152 e Peróxido de Hidrogénio

Os ensaios físico-químicos foram realizados utilizando um aparelho de *jar-test*, em que o volume de cada copo foi de 800 mL. Os ensaios foram realizados com mistura rápida de 150 rpm durante cerca de 2 minutos seguidos de uma fase de mistura lenta com 40 rpm durante 30 minutos.

Os ensaios de “*Jar-Test*”) consistiram em simular em laboratório o funcionamento de um tratamento físico-químico, e com isso determinar as gamas de concentração de reagentes que melhor funcionam na instalação e os melhores resultados de coagulação/floculação e decantação.

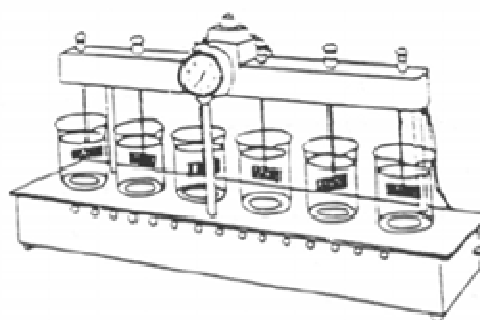


Figura 8-1 – Esquema de um Aparelho para realização de Jar-tests

Inicialmente, foi efectuada uma caracterização do afluente bruto proveniente do Lagar de produção de azeite da **Cooperativa Agrícola do Concelho de Portalegre (COOPOR)**.

Deve referir-se que o efluente a tratar foi disponibilizado pela COOPOR, sendo que os efluentes deste processo produtivo são misturados com águas de lavagem das azeitonas e são armazenados num tanque metálico, situado na instalação, como já foi referido anteriormente.

8.1.2.2. Parâmetros a Monitorizar

A caracterização do afluente bruto e de alguns efluentes dos ensaios realizados englobou a análise aos parâmetros pH, Temperatura, CBO₅, CQO, SST, Azoto Total, Azoto Amoniacal, Nitratos, Fósforo Total, Óleos e Gorduras e Fenóis.

Deve referir-se que todas as análises foram efectuadas no Laboratório da AGS localizado na ETAR de Ribeira de Frades (Coimbra), à excepção das análises dos parâmetros Óleos e Gorduras e Fenóis, que foram realizadas em Laboratório Exterior. Foram utilizadas para a determinação dos ensaios laboratoriais os métodos descritos nos pontos seguintes.

8.1.2.3. Métodos Analíticos e Equipamentos Utilizados

pH e TEMPERATURA

A medição dos parâmetros pH e Temperatura foi efectuada com um potenciómetro portátil.



Figura 8-2 – Potenciómetro Portátil de pH e Temperatura

COR

A cor é uma das características organolépticas da água, em conjunto com o cheiro e o sabor. A presença de cor num efluente industrial, como no caso de indústrias alimentícias e farmacêuticas, em alguns casos não causa danos à saúde, nem ao ecossistema, mas o impacto ambiental é visual e negativo.

O parâmetro cor foi também determinado no efluente de alguns dos ensaios realizados, uma vez que alguns Regulamentos Municipais de Descarga de Águas Residuais em Colector podem apresentar valores limite para este parâmetro. As análises a este parâmetro foram efectuadas em Laboratório Exterior, tendo sido utilizado o método ME-545, apresentando-se as unidades deste parâmetro na **Escala Pt-Co** (escala Platina Cobalto), à semelhança das unidades definidas no Decreto Lei 236/98.

CARÊNCIA QUÍMICA DE OXIGÉNIO (CQO)

O teste da CQO mede a quantidade de oxigénio necessária para oxidar quimicamente, em determinadas condições, a matéria orgânica presente numa água. Para este efeito, o oxigénio equivalente à matéria orgânica é medido pela utilização de um agente oxidante químico forte, como por exemplo o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$).

A Carência Química de Oxigénio foi medida tendo por base o **método colorimétrico**.

De seguida, apresenta-se resumidamente o procedimento adoptado para a determinação deste parâmetro:

- Por cada amostra prepararam-se dois ensaios (2 tubos de reacção);

À partida, as amostras a analisar continham concentrações elevadas de CQO, pelo que se efectuou uma diluição das mesmas, uma vez que no caso de amostras muito concentradas deverá ser efectuada uma diluição prévia da amostra em balão volumétrico, adequada e ajustada a cada tipo de efluente, consoante a concentração de CQO for maior ou menor (1:2, 1:5, 1:10, etc.).

- Adicionou-se ao tubo de reacção 2,5 ml da amostra previamente diluída (no caso de utilização de ampolas padronizadas de 10 ml);
- Colocaram-se as amostras, ou padrões, nos tubos de reacção e adicionaram-se os reagentes, de acordo com a tabela seguinte:

Tabela 8-3 - Volumes de reagentes a adicionar à amostra

Dimensão do Tubo de Digestão	Volume Amostra ou Padrão (ml)	Volume Solução Digestão (ml)	Volume Reagente Ácido Sulfúrico (ml)	Volume Final Total (ml)
16 × 100 mm	2,5	1,5	3,5	7,5
20 × 150 mm	5	3	7	15
25 × 150 mm	10	6	14	30
Tubos padronizados de 10 ml	2,5	1,5	3,5	7,5

- Fecharam-se correctamente todos os tubos de reacção, devidamente identificados, com as respectivas tampas, garantindo a sua total estanqueidade. Agitaram-se bem os tubos e colocaram-se os mesmos no termoreactor durante 2 horas, com uma temperatura de digestão de aproximadamente 150°C;



- Retiraram-se todos os tubos de reacção do termoreactor, homogeneizando o seu conteúdo agitando ligeiramente e deixaram-se arrefecer até à temperatura ambiente;

Se o conteúdo do tubo de reacção apresentar precipitados em suspensão, deve esperar-se que sedimentem, antes de fazer a leitura óptica no fotómetro.

- Selecionou-se no fotómetro a absorvância de 600 nm ou 605 nm, dependendo da absorvância que o equipamento permite ler. Selecionou-se o comprimento de onda, de acordo com as instruções do manual do equipamento;
- Limpou-se o exterior do tubo de reacção com um pano macio e introduziu-se o tubo no fotómetro;
- Registou-se o valor de absorvância;
- Calculou-se o valor da CQO.

CBO₅ (CARÊNCIA BIOQUÍMICA DE OXIGÉNIO)

A Carência Bioquímica de Oxigénio foi medida através do **método Oxitops**.

De seguida, apresenta-se resumidamente o procedimento adoptado para a determinação deste parâmetro:

- Mediu-se para o frasco de análise o volume adequado de amostra, de acordo com o valor esperado para a CBO₅ (geralmente $0,8 \times \text{CQO}$, para efluentes domésticos), correspondendo a um factor (F), de acordo com a seguinte tabela:

Tabela 8-4 - Factor para a determinação da CBO₅

CBO ₅ esperado (mg O ₂ /l)	Volume de amostra a utilizar (ml)	Factor (F)
0 a 40	432	1
0 a 80	365	2
0 a 200	250	5
0 a 400	164	10
0 a 800	97,0	20
0 a 2000	43,5	50

- Colocou-se uma barra magnética no interior de cada frasco de OxiTop;
- Adicionou-se a cada frasco 1 gota de inibidor de nitrificação, por cada 50 ml de amostra;
- Colocou-se a tampa de borracha preta em cada frasco, e colocaram-se, no seu interior, 3 pastilhas de hidróxido de sódio;
- Colocou-se a tampa OxiTop em cada frasco, enroscando bem, e em seguida carregou-se nos dois botões, simultaneamente, até aparecer “00” no mostrador;
- Colocaram-se os frascos devidamente identificados no tabuleiro de agitação e inseriram-se os mesmos na incubadora a 20°C;
- Após 5 dias de incubação, efectuou-se a leitura de CBO₅, pressionando o botão esquerdo do OxiTop, para obter a leitura diária.



SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS (SST)

O parâmetro Sólidos Suspensos Totais foi determinado recorrendo ao definido na **norma EN 872:2005**.

Para a execução desta técnica analítica é necessário o seguinte material:

- Pipetas, provetas;
- Filtros de 47 mm e 1,2 µm, em fibra de vidro borossilicatado, circulares e de diâmetro adequado ao equipamento de filtração. A massa por unidade de área deve estar entre os 50 gm⁻² e os 100 gm⁻²;
- Pinça de pontas finas;
- Equipamento para filtração, adequado aos filtros escolhidos (fonte de vácuo ou de pressão, rampa de filtração, suporte de filtros, etc...);
- Estufa de secagem, com temperatura mantida a 105°C ± 2°C;
- Balança analítica, com uma precisão de pelo menos 0,1 mg;
- Excicador;

De seguida, apresenta-se resumidamente o procedimento a adoptar para a determinação deste parâmetro:

- Colocar o filtro de 47 mm e 0,45 µm no suporte do aparelho de filtração;
- Lavar 3 vezes com porções de 50 ml de água destilada, com o auxílio de vácuo;



- Retirar o filtro com uma pinça de pontas finas e colocar numa cápsula de porcelana (ou outro suporte adequado);
- Secar a cápsula/suporte e o filtro na estufa a uma temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, durante 4 horas;
- Arrefecer em excicador até à temperatura ambiente (no mínimo 30 minutos) e pesar;
- Efectuar a pesagem do filtro na balança analítica;
- Colocar o filtro no suporte do aparelho de filtração com o auxílio da pinça;
- Fazer passar através do filtro um volume de amostra homogeneizada que após secagem do filtro origine um resíduo entre 5 e 50 mg;
- Lavar o resíduo depositado no filtro e no recipiente de medição de volume por 3 vezes com porções de 10 ml de água destilada, deixando esgotar completamente a água entre as lavagens e continuando a aplicação do vácuo durante cerca de 3 min após a filtração completa. No caso de amostras com concentração de SST superior a 1000 mg/l, repetir a lavagem com mais 3 porções de 30 ml de água destilada. Se a filtração se mostrar difícil, com entupimento do filtro, o ensaio deve ser repetido, usando menor volume de amostra;
- Retirar o filtro com o resíduo e colocar na cápsula de porcelana respectiva;
- Secar na estufa, a uma temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, a cápsula com o filtro mais o resíduo de amostra, durante pelo menos 4 horas, mas não mais de 16 horas;
- Arrefecer em excicador até o conjunto atingir a temperatura ambiente (no mínimo 30 minutos) e pesar.

Para a determinação deste parâmetro, foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Balança *Sartorius* BL 210 S;
- Estufa *Memmert* UM 500.

AZOTO TOTAL, AZOTO AMONICAL, NITRATOS E FÓSFORO TOTAL

Os parâmetros Azoto Total, Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total foram determinados pelo método colorimétrico, recorrendo à utilização de um fotómetro modelo *Spectroquant Nova 30* da *WTW*. O termoreactor utilizado para efectuar a digestão das amostras foi o *Tr 320* da *Merck*.

A metodologia de análise é definida consoante o fabricante do equipamento de medição. No laboratório, foi seguida a técnica para medição de azoto total, azoto amoniacal, nitratos e fósforo total, incluída no equipamento de medição.

FENÓIS E ÓLEOS E GORDURAS

Conforme já foi referido, os parâmetros Fenóis e Óleos e Gorduras foram analisados em Laboratório Exterior, sendo que os métodos de análise utilizados foram o ME-437 e o Tecator (ME-68), respectivamente.

Para o parâmetro fenóis, os resultados analíticos apresentam-se em mg/L C₆H₅OH.

8.1.2.4. Caracterização do Afluente Bruto

Os resultados obtidos para as análises efectuadas ao afluente bruto (deve referir-se que a água residual analisada resulta da mistura de águas provenientes do processo produtivo com águas de lavagens das azeitonas) apresentam-se na tabela seguinte:

Tabela 8-5– Características do Afluente Bruto da COOPOR

Parâmetro	Ponto de Amostragem
	Afluente Bruto
pH	5,80
Temperatura (°C)	16,3
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	850
CQO (mg O ₂ /L)	9144
SST (mg SST/L)	930
Azoto Total (mg N/L)	230
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	129
Nitratos (mg NO ₃ /L)	80
Fósforo Total (mg P/L)	64
Óleos e Gorduras (mg/L)	490
Fenóis (mg C ₆ H ₅ OH /L)	17,0
Relação CQO/CBO ₅	10,7

Como se pode verificar pelas características do afluente bruto, o parâmetro pH apresenta um valor baixo (5,80), fora dos valores definidos geralmente nos regulamentos de descarga de águas residuais em colector (5,5-9,5).

A relação CQO/CBO₅ é extremamente elevada (10,7), o que indica que o efluente é muito dificilmente biodegradável.

Os valores dos parâmetros de Azoto e Fósforo e de Óleos e Gorduras, bem como de Fenóis, são extremamente elevados, comparativamente com os valores normalmente encontrados num efluente doméstico.

O controlo analítico efectuado ao afluente bruto da COOPOR indica um efluente de tratamento extremamente difícil, no que se refere a um tratamento biológico convencional.

Nos próximos pontos, serão descritos os procedimentos adoptados e os resultados dos ensaios Físico-Químicos realizados, com o objectivo de efectuar o pré-tratamento da água ruça.

8.1.2.5. Ensaio 1, 2 e 3 – Adição de PAX 18, Albfloc 2152 e Peróxido de Hidrogénio

PROCEDIMENTO

O aparelho de Jar-Test utilizado tinha capacidade para 6 copos em cada ensaio. Foram utilizados copos de 1000 mL, sendo que apenas se colocou cerca de 800 mL do efluente a tratar.

ENSAIO PRÉVIO

Como ensaio prévio, testaram-se várias dosagens de **PAX 18 (entre 1000 e 3000 ppm)**, de modo a aferir em que gama de concentrações se verificava uma maior e melhor formação de flocos, bem como a eficiência de decantação dos mesmos. Dos resultados obtidos, optou-se por adicionar **2250 e 2500 ppm**, uma vez que foram as dosagens que melhores flocos tinham formado.

PAX 18

O reagente **PAX 18** é uma solução de polihidroxicloreto de alumínio. É um polímero solúvel em água, sendo que os seus precipitados de polihidróxido de alumínio adsorvem poluentes em suspensão na água, que assim podem ser removidos dela.

O PAX 18 é uma solução límpida amarelada, com cheiro insignificante, completamente solúvel em água (a 20°C) e insolúvel em solventes orgânicos, com a seguinte **fórmula química tipo:**

- $Al_n(OH)_mCl_{(3n-m)}$.

As **principais aplicações do PAX 18** são:

- Como coagulante no tratamento de água potável e industrial, bem como em efluentes industriais;

- Como agente de colagem e retenção no fabrico de papel;
- Como matéria-prima no fabrico de formulações para tratamento de efluentes industriais (Ex. Cerâmica, Têxtil, ...).

As **principais vantagens do PAX 18** são:

- Apresenta excelente comportamento em águas com elevada contaminação orgânica, e actua num amplo intervalo de pH (5-10);
- Tem comportamento satisfatório a baixas temperaturas;
- Permite a colagem de papel a pH neutro.

Na tabela seguinte apresentam-se algumas das propriedades físicas e químicas do PAX 18:

Tabela 8-6 - Propriedades do PAX 18

Aspecto	Líquido
Cor	Amarelado límpido
Odor	Insignificante
Temperatura de Ebulição	110 ± 10°C
Temperatura de decomposição	200°C
pH	3,9 ± 0,5
Massa volúmica aparente (25 °C)	1,36 ± 0,02 g/cm ³
Solubilidade em água	Completamente solúvel
Solubilidade em solventes orgânicos	Insolúvel

ENSAIO 1

De seguida, adicionou-se o PAX 18 nas dosagens seleccionadas no ensaio prévio (2250 e 2500 ppm), e colocaram-se os copos com uma **agitação rápida (150 rpm)**, durante cerca de **2 minutos**, de modo a promover a mistura do reagente com o efluente a tratar.

Após os 2 minutos de agitação rápida, passou-se a uma **agitação lenta (40 rpm)**, durante cerca de **30 min**. Passados estes 30 min, e após decantação aferiu-se da dosagem que melhor clarificado produzia, e quais os flocos que estavam melhor formados e que apresentavam uma decantação eficiente.

Uma das primeiras conclusões que se retiraram foi que o clarificado produzido tinha sempre uma cor esverdeada e um aspecto brilhante, sendo que se formava uma grande quantidade de lamas decantadas, não se conseguindo, no entanto, a formação de flocos de grande estabilidade.

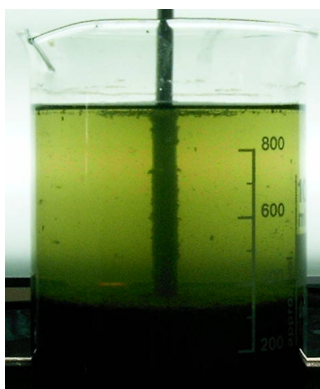


Figura 8-3 – Aspecto do clarificado

Na tabela seguinte apresentam-se os resultados obtidos no ensaio de adição de **PAX 18 (2500 e 2250 ppm)** ao efluente a tratar (**Ensaio 1**):

Tabela 8-7 - Resultados do Ensaio 1: Adição de PAX 18

Parâmetro	Afluente Bruto	Ensaio 1 – PAX 18 (2500 ppm e 2250 ppm)		Rendimentos	
		Copo 1 - 2500 ppm	Copo 2 - 2250 ppm	Copo 1 - 2500 ppm	Copo 2 - 2250 ppm
pH	5,80	5,66	5,64		
Temperatura (°C)	16,3	15,9	15,9		
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	850	361	223	58%	74%
CQO (mg O ₂ /L)	9144	4297	3915	53%	57%
SST (mg SST/L)	930	215	175	77%	81%
Azoto Total (mg N/L)	230	20	40	91%	83%
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	129	3,9	10,3	97%	92%
Nitratos (mg NO ₃ /L)	80	13,3	17,7	83%	78%
Fósforo Total (mg P/L)	64	1,5	1,8	98%	97%
Fenóis (mg C ₆ H ₅ OH /L)	17,0	16,2	16,5	5%	3%
Cor (mg /L Escala Pt-Co)		510	630		

As figuras seguintes ilustram as concentrações nos efluentes do **Ensaio 1**, bem como as percentagens de redução, relativamente aos parâmetros CQO, CBO₅, SST, Azoto Total, Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total.

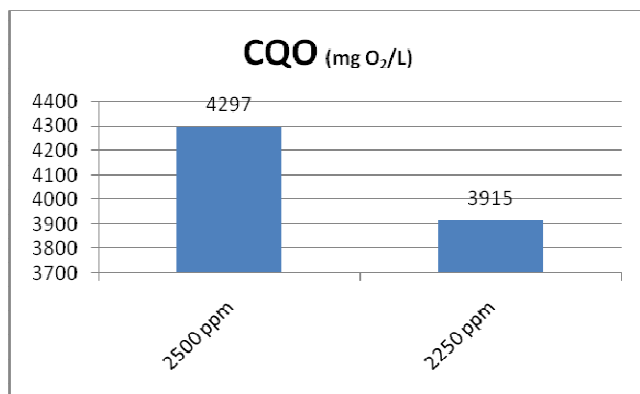


Figura 8-4 – Variação da CQO com a adição de PAX 18 (2500 e 2250 ppm)

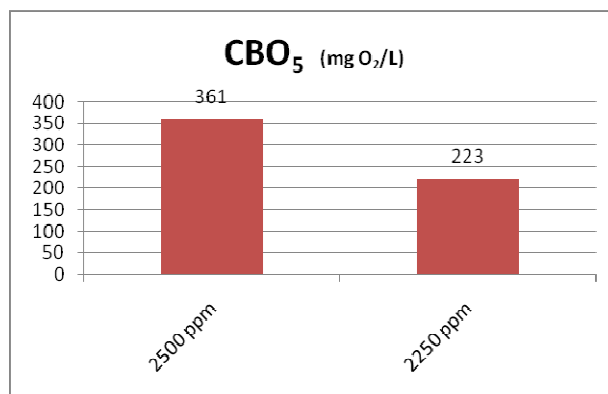


Figura 8-5 – Variação da CBO₅ com a adição de PAX 18 (2500 e 2250 ppm)

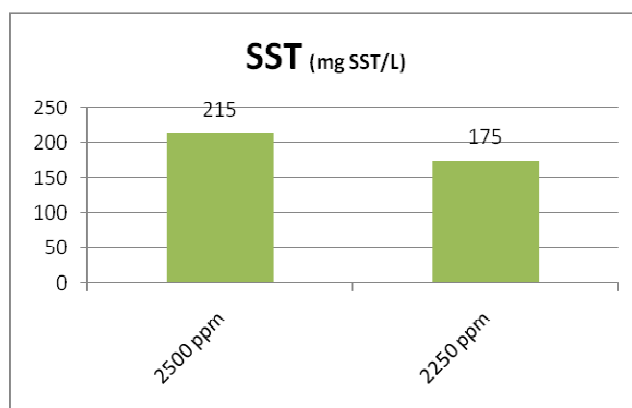


Figura 8-6 – Variação dos SST com a adição de PAX 18 (2500 e 2250 ppm)

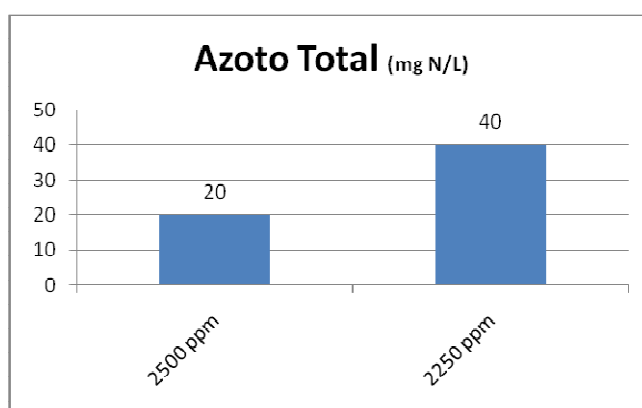


Figura 8-7 – Variação do Azoto Total com a adição de PAX 18 (2500 e 2250 ppm)

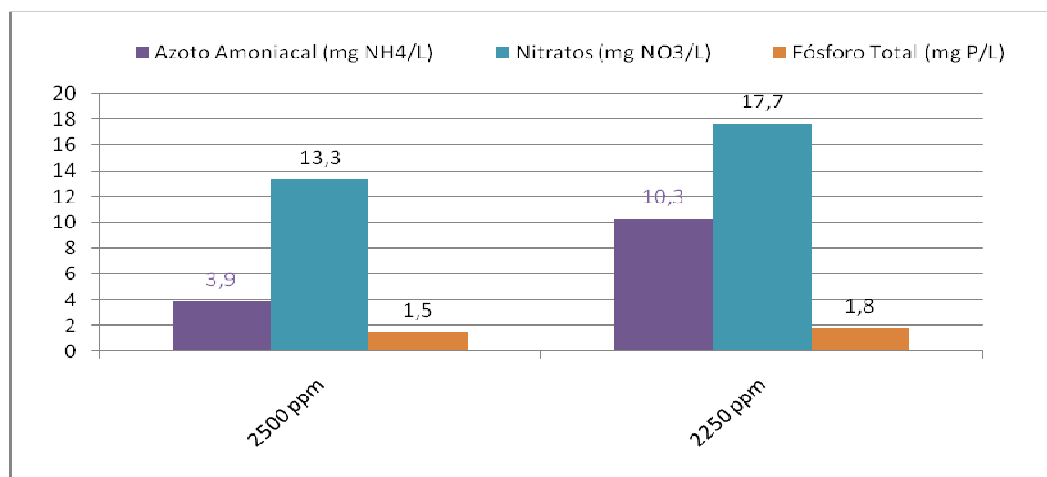


Figura 8-8 – Variação do Azoto Amoniacoal, Nitratos e Fósforo Total com a adição de PAX 18 (1500 e 2250 ppm)

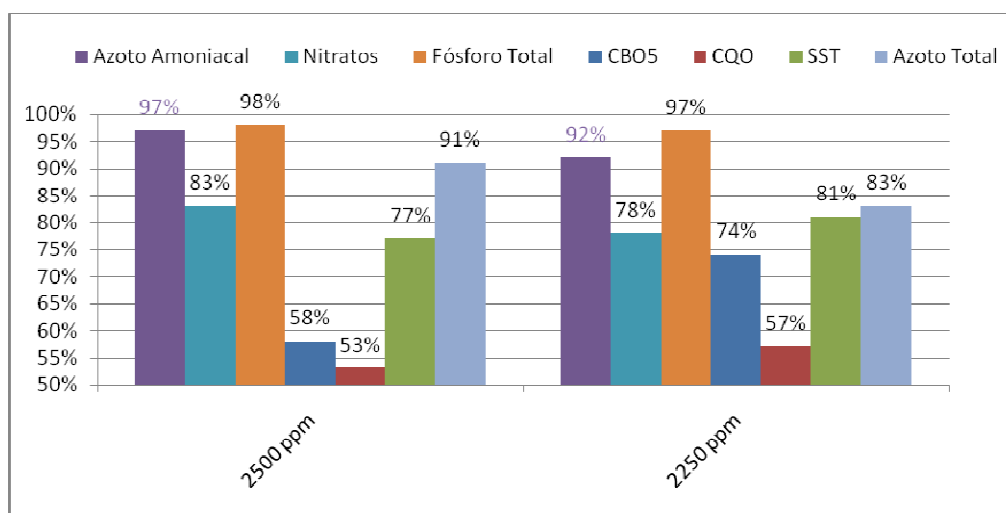


Figura 8-9 – Percentagens de Redução dos parâmetros CQO, CBO₅, SST, Azoto Total, Azoto Amoniacoal, Nitratos e Fósforo Total com a adição de PAX 18 (2500 e 2250 ppm)

Uma análise mais aprofundada dos resultados obtidos neste ensaio será efectuada no ponto **9. Análise e Discussão dos Resultados Obtidos.**

ENSAIO 2

Em virtude dos resultados obtidos, no **Ensaio 2** adicionaram-se **2250 ppm de PAX 18**, em conjunto com um floculante (**Albafloc 2152**), doseando-se cerca de **1 ppm** deste produto. No mesmo ensaio, adicionaram-se **várias dosagens de peróxido de hidrogénio**, de modo a aferir o efeito oxidativo deste reagente, nomeadamente no que respeita à redução de CQO.

Seguidamente apresentam-se algumas das características do floculante utilizado (Albafloc 2152) e do peróxido de hidrogénio.

ALBAFLOC 2152

O **Albafloc 2152** é um polímero aniónico, solúvel em água, utilizado para flocular as partículas orgânicas e inorgânicas, em combinação com sais de ferro e alumínio e outros coagulantes.

Os seus campos típicos de aplicação são a indústria alimentar e a precipitação química para tratamento de água potável. Na tabela seguinte são apresentadas algumas das características deste produto:

Tabela 8-8 - Características do Albafloc 2152

Aparência	Composto branco, granulado e higroscópico
Densidade	Aproximadamente 800
Carácter Iónico	Ligeiramente Aniónico
Conteúdo do Monómero	< 0,05%
pH	4-9

PERÓXIDO DE HIDROGÉNIO

Os processos de aplicação de peróxido de hidrogénio dividem-se em três categorias distintas:

- Aplicações simples, com injeção directa de peróxido;
- Processos avançados de oxidação, com a formação de radicais hidroxilo, sem a presença de catalisadores metálicos (por exemplo, com utilização de ozono ou luz UV);
- Catalíticas, onde se enquadra o Reagente de Fenton, e que compreendem o recurso a um catalisador metálico.

Efeito da dosagem de peróxido de hidrogénio

Devido à forma indiscriminada com que os radicais hidroxílicos oxidam a matéria orgânica, torna-se essencial avaliar o perfil da reacção de oxidação, a nível laboratorial. No caso do Ensaio 2,

adicionaram-se vários volumes de Peróxido de Hidrogénio, após a adição de PAX 18 (2250 ppm) e Albafloc 2152 (1 ppm).

Com a adição de Peróxido de Hidrogénio, geralmente observa-se uma redução contínua mas lenta da CQO, à medida que se aumenta a dosagem de H_2O_2 , até que se aumenta a dosagem de peróxido de hidrogénio, de modo a atingir um ponto em que se verifica uma redução drástica. Durante a primeira fase dá-se a oxidação dos produtos iniciais e dos sub-produtos que entretanto se vão criando.

Efeito do tempo de reacção

O tempo necessário à reacção geralmente varia entre os 15 minutos e uma hora.

A conclusão da reacção pode ser controlada através do aumento do potencial redox da solução, ou simplesmente, através da observação da mudança de cor da solução. Geralmente a água residual escurece com a adição do peróxido de hidrogénio e perde a coloração com o fim da reacção.

A presença de H_2O_2 interfere com a determinação analítica da CQO na água residual oxidada por via química. O H_2O_2 residual pode ser removido aumentando-se o pH para a gama de 7 a 10 na amostra a analisar.

O peróxido de hidrogénio utilizado apresenta as seguintes características:

Tabela 8-9 - Características do Peróxido de Hidrogénio

Peso Molecular	34
Concentração mínima (% peso)	50
Densidade a 20°C	1,195
Ponto de Congelação (°C)	-51
Ponto de ebulição (760 mm Hg, °C)	114

Na tabela seguinte apresentam-se os resultados obtidos neste ensaio:

Tabela 8-10 - Resultados do Ensaio 2: Adição de PAX 18, Albfloc 2152 e Peróxido de Hidrogénio (H₂O₂)

Parâmetro	Afluente Bruto	Ensaio 2 - PAX 18 (2250 ppm) + Albfloc 2152 (1 ppm) + Peróxido de Hidrogénio (H ₂ O ₂)											
		Copo 1 – 0,125 mL de H ₂ O ₂	Copo 2 – 0,25 mL de H ₂ O ₂	Copo 3 – 0,375 mL de H ₂ O ₂	Copo 4 – 0,5 mL de H ₂ O ₂	Copo 5 – 0,625 mL de H ₂ O ₂	Copo 6 – 0,75 mL de H ₂ O ₂	Rendimentos					
								Copo 1	Copo 2	Copo 3	Copo 4	Copo 5	Copo 6
pH	5,80	4,65	4,59	4,57	4,56	4,54	4,57						
Temperatura (°C)	16,3	15,9	16,1	15,8	15,6	15,7	15,8						
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	850	129	100	125	115	110	109	85%	88%	85%	86%	87%	87%
CQO (mg O ₂ /L)	9144	5316	4564	5291	4995	4798	4921	42%	50%	42%	45%	48%	46%
SST (mg SST/L)	930	500	510	493	527	445	450	46%	45%	47%	43%	52%	52%
Azoto Total (mg N/L)	230	50,0	31,0	33,0	125,0	100,0	70,0	78%	87%	86%	46%	57%	70%
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	129	15,4	16,7	5,1	18,0	9,0	14,0	88%	87%	96%	86%	93%	89%
Nitratos (mg NO ₃ /L)	80	31,9	26,6	26,6	35,4	31,0	39,9	60%	67%	67%	56%	61%	50%
Fósforo Total (mg P/L)	64	13,5	14,8	10,4	13,1	17,4	17,2	79%	77%	84%	80%	73%	73%

Como se pode verificar nas figuras seguintes, não se podem tirar grandes conclusões acerca da variação da redução dos parâmetros CQO, CBO₅, SST, Azoto Total, Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total, uma vez que não se verifica nenhuma tendência com a adição de um maior ou menor volume de peróxido de hidrogénio, após a adição de PAX 18 e de Albafloc 2152:

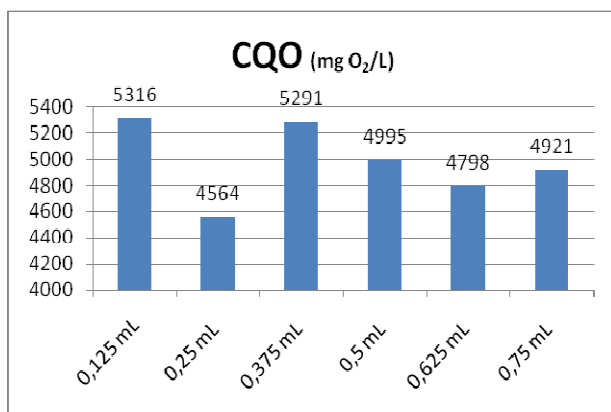


Figura 8-10 – Variação da CQO com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de PAX 18 e Albafloc)

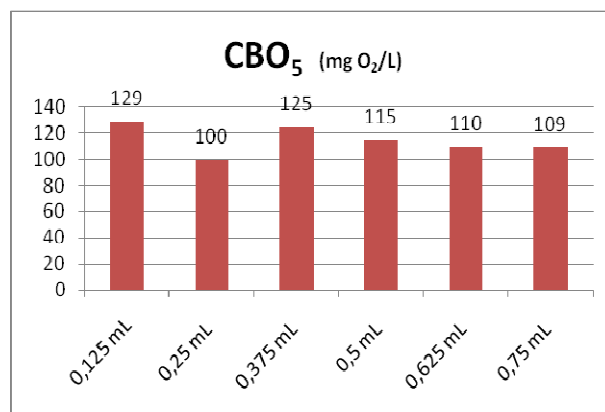


Figura 8-11 – Variação da CBO₅ com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de PAX 18 e Albafloc)

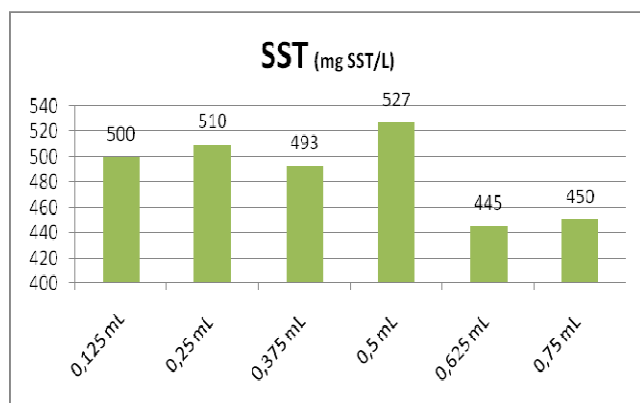


Figura 8-12 – Variação dos SST com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de PAX 18 e Albafloc)

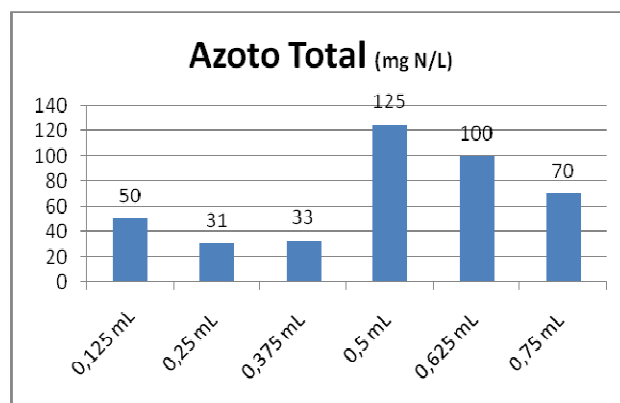


Figura 8-13 – Variação do Azoto Total com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de PAX 18 e Albafloc)

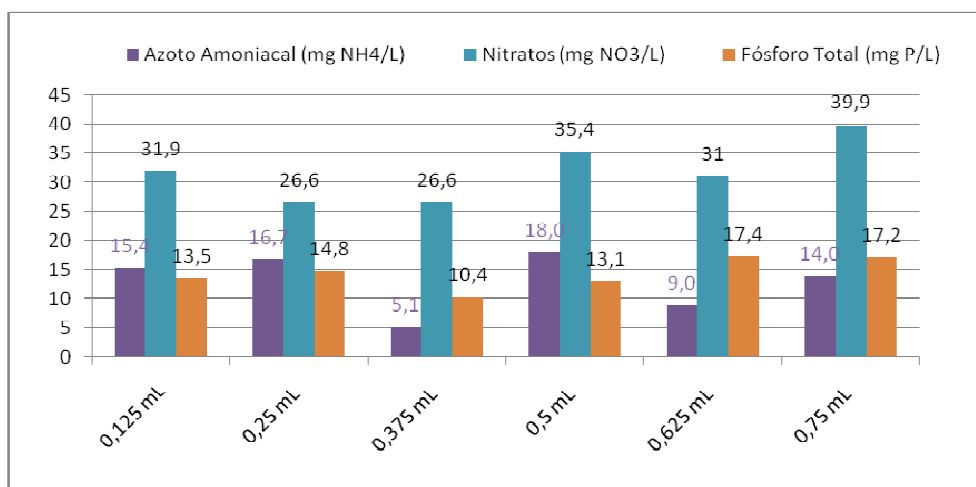


Figura 8-14 – Variação do Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de PAX 18 e Albafloc)

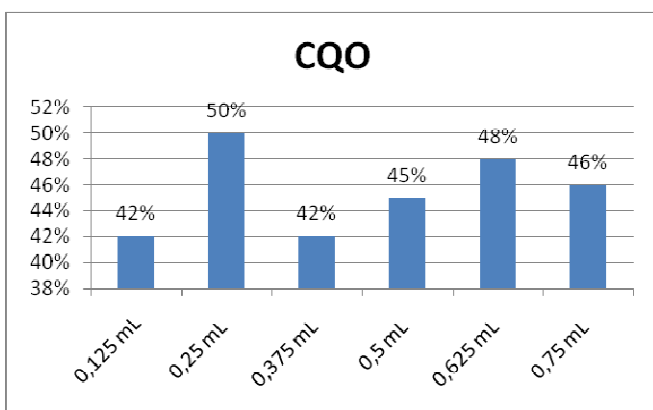


Figura 8-15 – Variação da percentagem de redução da CQO com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de PAX 18 e Albfloc)

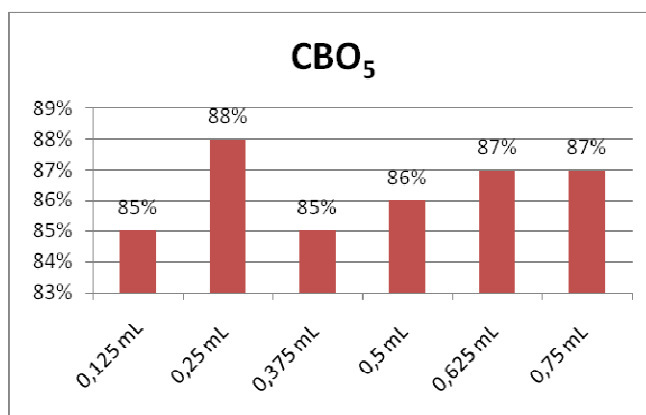


Figura 8-16 – Variação da percentagem de redução da CBO₅ com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de PAX 18 e Albfloc)

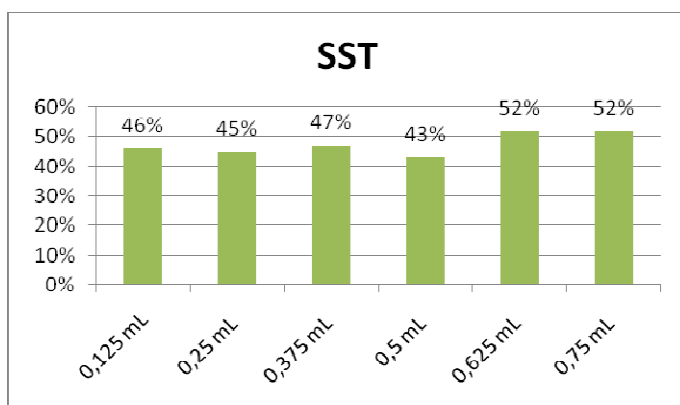


Figura 8-17 – Variação da percentagem de redução dos SST com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de PAX 18 e Albfloc)

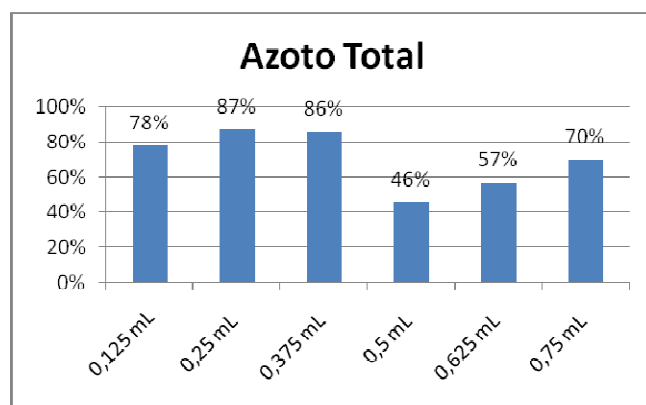


Figura 8-18 – Variação da percentagem de redução do Azoto Total com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de PAX 18 e Albfloc)

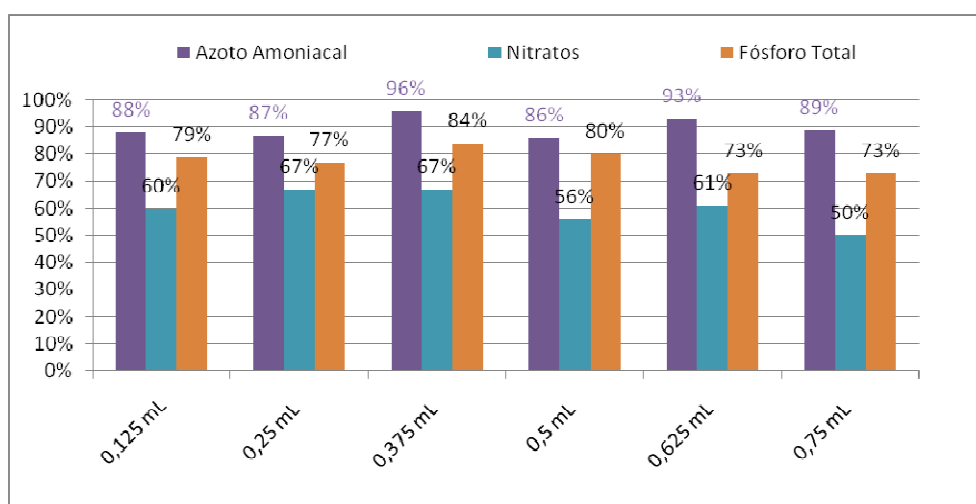


Figura 8-19 – Variação da percentagem de redução do Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de PAX 18 e Albfloc)

Com a adição de PAX 18, Albafloc 2152 e Peróxido de Hidrogénio, verificou-se uma diminuição de pH (mais acentuada do que a verificada no Ensaio 1, apenas com a adição de PAX 18).

Uma análise mais aprofundada dos resultados obtidos neste ensaio será efectuada no ponto **9. Análise e Discussão dos Resultados Obtidos.**

ENSAIO 3

Em virtude dos resultados relativos à adição de peróxido de hidrogénio não terem sido conclusivos, após adição de PAX 18 e Albfloc, efectuou-se um novo ensaio (**Ensaio 3**), apenas com a adição de **PAX 18 (2250 ppm)** e de **Albfloc 2152 (várias dosagens)**. Os resultados deste ensaio são apresentados na tabela seguinte:

Tabela 8-11 - Resultados do Ensaio 3: Adição de PAX 18 e Albfloc 2152

Parâmetro	Afluente Bruto	Ensaio 3 – PAX 18 (2250 ppm) + Albfloc (1, 1,5 e 2 ppm)					
		Copo 1 – PAX 18 + Albfloc (1 ppm)	Copo 2 – PAX 18 + Albfloc (1,5 ppm)	Copo 3 – PAX 18 + Albfloc (2 ppm)	Rendimentos		
					Copo 1	Copo 2	Copo 3
pH	5,80	4,61	4,60	4,59			
Temperatura (°C)	16,3	15,7	15,8	16,2			
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	850	550	600	550	35%	29%	35%
CQO (mg O ₂ /L)	9144	4426	4562	4457	52%	50%	51%
SST (mg SST/L)	930	487	490	580	48%	47%	38%
Azoto Total (mg N/L)	230	40	44	51	83%	81%	78%
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	129	4,2	4,1	4,2	97%	97%	97%
Nitratos (mg NO ₃ /L)	80	36,8	30,1	27,9	54%	62%	65%
Fósforo Total (mg P/L)	64	22,2	16,1	19,4	65%	75%	70%
Óleos e Gorduras (mg/L)	490	< 5	< 5	< 5	99%	99%	99%
Cor (mg /L Escala Pt-Co)		1020	1080	1170			

As figuras seguintes ilustram as concentrações nos efluentes do **Ensaio 3**, bem como as percentagens de redução, relativamente aos parâmetros CQO, CBO₅, SST, Azoto Total, Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total.

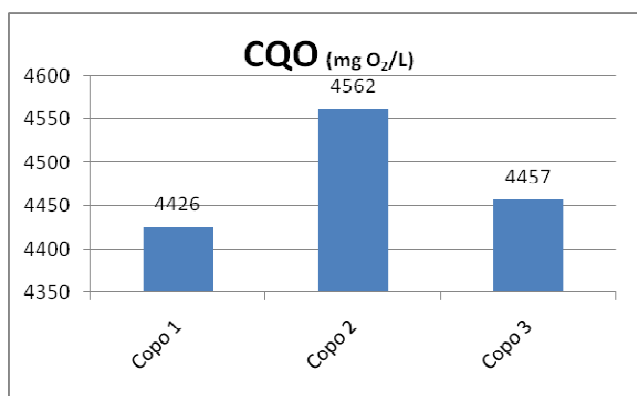


Figura 8-20 – Variação da CQO com a adição de PAX 18 (2250 ppm) e Albfloc (1, 1,5 e 2 ppm)

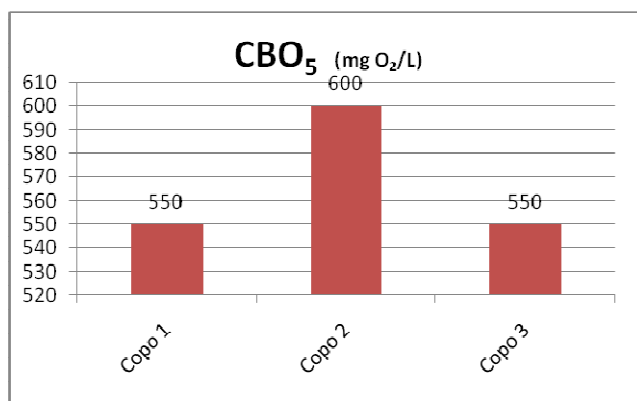


Figura 8-21 – Variação da CBO₅ com a adição de PAX 18 (2250 ppm) e Albfloc (1, 1,5 e 2 ppm)

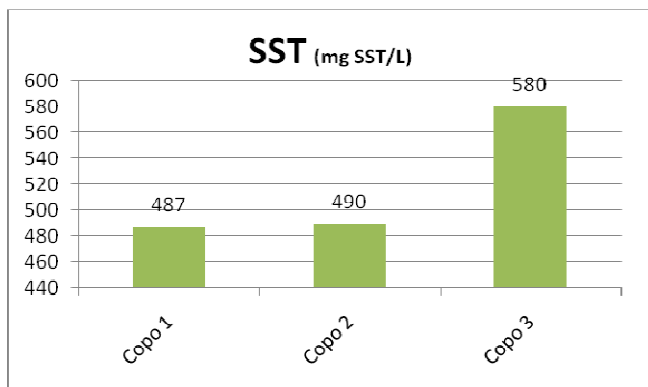


Figura 8-22 – Variação dos SST com a adição de PAX 18 (2250 ppm) e Albfloc (1, 1,5 e 2 ppm)

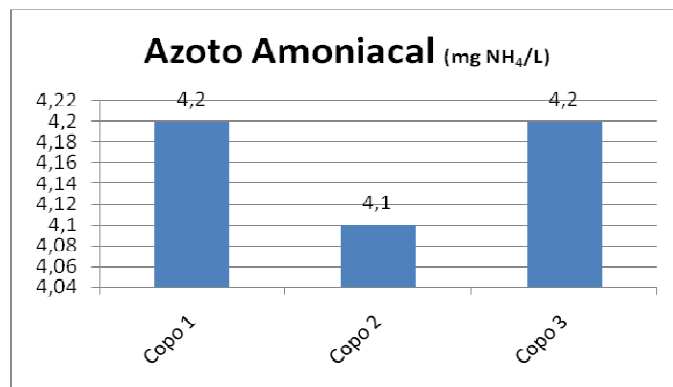


Figura 8-23 – Variação do Azoto Amoniacal com a adição de PAX 18 (2250 ppm) e Albfloc (1, 1,5 e 2 ppm)

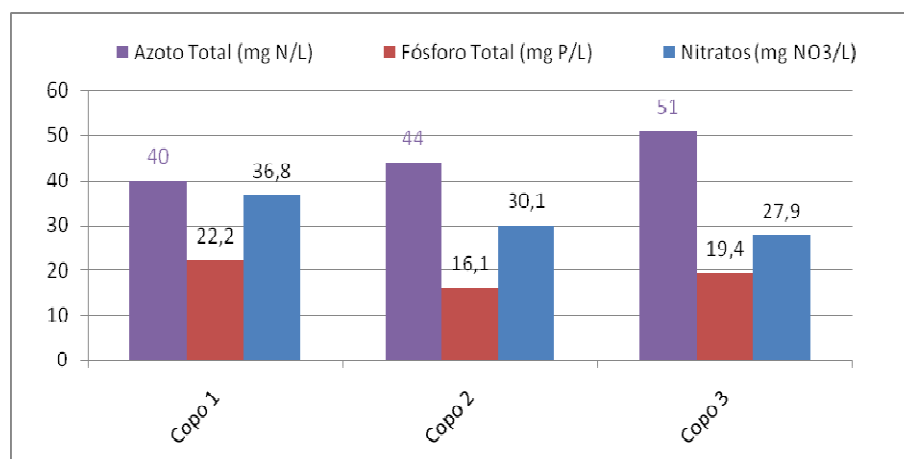


Figura 8-24 – Variação do Azoto Total, Nitratos e Fósforo Total com a adição de PAX 18 (2250 ppm) e Albfloc (1, 1,5 e 2 ppm)

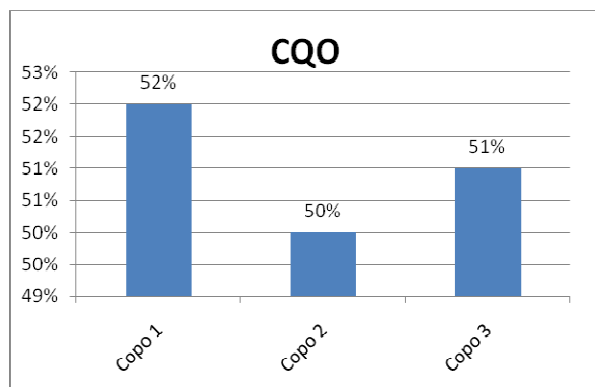


Figura 8-25 – Variação da percentagem de redução da CQO com a adição de PAX 18 (2250 ppm) e Albfloc (1, 1,5 e 2 ppm)

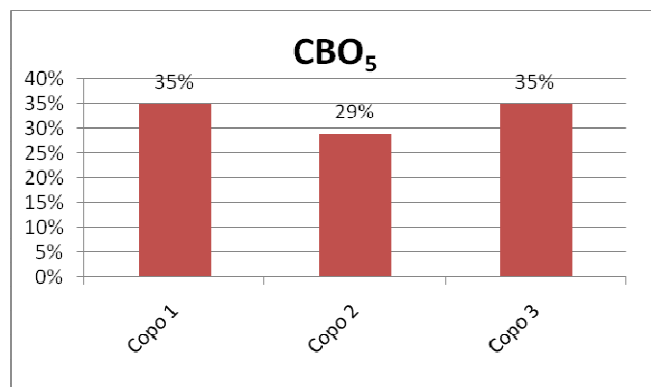


Figura 8-26 – Variação da percentagem de redução da CBO₅ com a adição de PAX 18 (2250 ppm) e Albfloc (1, 1,5 e 2 ppm)

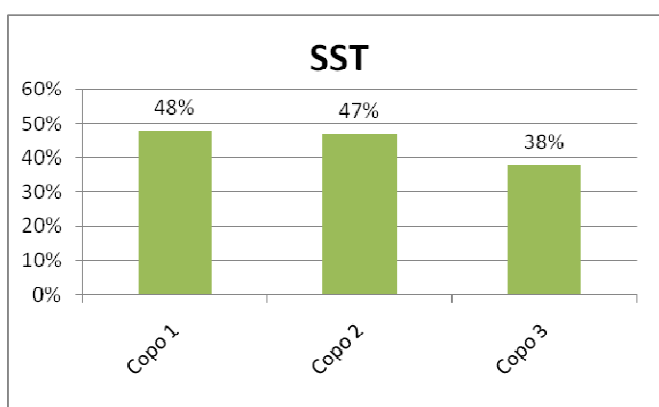


Figura 8-27 – Variação da percentagem de redução dos SST com a adição de PAX 18 (2250 ppm) e Albfloc (1, 1,5 e 2 ppm)

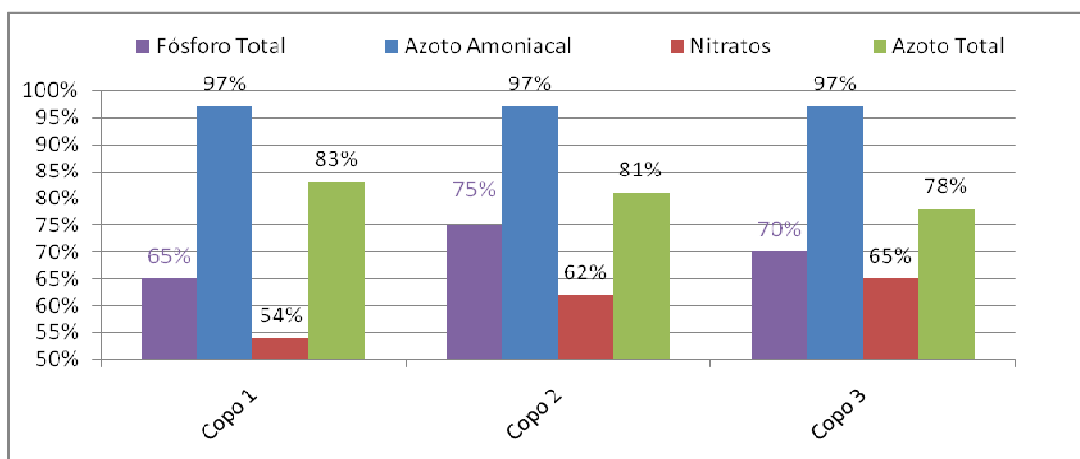


Figura 8-28 – Variação da percentagem de redução do Azoto Total, Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total com a adição de PAX 18 (2250 ppm) e Albfloc (1, 1,5 e 2 ppm)

Neste ensaio também se verificou uma diminuição do valor de pH no efluente tratado (apesar de não se ter adicionado peróxido de hidrogénio, comparativamente com o ensaio 2).

No ponto **9. Análise e Discussão dos Resultados Obtidos** será efectuada uma análise mais exhaustiva dos resultados obtidos nestes 3 primeiros ensaios.

8.1.2.6. Ensaio 4, 5 e 6 – Adição de Cloreto Férrico, Albaloc 2152 e Peróxido de Hidrogénio

Além dos Ensaio com o PAX 18, testou-se outro coagulante, usualmente utilizado no tratamento de águas residuais, o **Cloreto Férrico**. Este coagulante foi também testado em conjunto com o floculante **Albaloc 2152**, e com a adição de **Peróxido de Hidrogénio**, nos **Ensaio 4, 5 e 6**.

ENSAIO PRÉVIO

À semelhança do que foi efectuado para o PAX 18, também foi realizado um ensaio prévio, em que se adicionaram várias dosagens de **Cloreto Férrico** ao efluente a tratar (também **entre 1000 e 3000 ppm**), de modo a aferir em que gama de concentrações se verificava uma maior e melhor formação de flocos, bem como a eficiência de decantação dos mesmos. Dos resultados obtidos, optou-se por adicionar **1800 e 2100 ppm**, uma vez que foram as dosagens que melhores flocos tinham formado.

Seguidamente apresentam-se algumas das características do Cloreto Férrico utilizado, bem como algumas das suas aplicações.

CLORETO FÉRRICO

O Cloreto Férrico é utilizado como floculante para eliminar as impurezas dificilmente filtráveis e que decantam facilmente. É um produto inorgânico, não combustível, solúvel em água, sendo uma solução fracamente ácida. Faz parte da família dos sais inorgânicos. A sua utilização no tratamento de águas residuais reduz drasticamente a CBO_5 , os teores em metais pesados, ovos de insectos, bactérias patogénicas, etc.

Adicionado numa água que contém materiais coloidais com carga eléctrica negativa, o Cloreto Férrico hidrolisa-se em hidróxido Férrico, composto electro-positivo. Desta forma, provoca rapidamente a precipitação dos colóides:

- pela formação de flocos electricamente neutros;
- pela aglomeração desses flocos em consequência da turbulência do fluido;
- pela adsorção das impurezas sobre os flocos de hidróxido Férrico.

Além disto, o Cloreto Férrico tem outras **vantagens**:

- a sua eficiência é pouco afectada pelo pH e pela temperatura;
- evita a pós-floculação nos filtros de areia ou de carvão;
- o seu uso pode não requerer a utilização de um adjuvante de floculação.

O Cloreto Férrico é utilizado no tratamento de águas residuais para eliminar os fosfatos, que precipita na forma de fosfato de ferro, numa faixa de pH entre 6,5 a 9. Além disto, uma parte do fósforo e dos polifosfatos orgânicos e inorgânicos é eliminada por adsorção nos flocos de hidróxido Férrico.

O cloreto férrico é um reagente químico que altera o pH da água a tratar, uma vez que, através da sua adição, o pH da água tratada diminui. Este reagente pode eliminar até 97% de fósforo e diminuir a CBO₅ até 70%.

Nos parágrafos seguintes, apresentam-se diversos casos de aplicação do Cloreto Férrico.

O Cloreto Férrico no Tratamento de Água Potável

Actualmente, para atender à crescente necessidade de água potável, torna-se necessário muitas vezes tratar águas de origem superficial bastante contaminadas. A utilização do Cloreto Férrico diminui drasticamente a turvação e a CBO₅, elimina os fosfatos e uma boa parte dos metais pesados e outros elementos (mercúrio, chumbo, arsénio, selénio e bário).

Se a água bruta contém ferro e/ou manganês, ou, se durante o ano ela tem um pH muito variável, o uso do FeCl₃ garantirá um elevado padrão de água tratada sem causar problemas na rede de distribuição.

O Cloreto Férrico também é utilizado no Tratamento de Água Industrial, onde a pureza da água é um factor crítico, ou seja, a água de alimentação do processo deve ter pelo menos as mesmas propriedades que uma água potável.

O Cloreto Férrico no Tratamento das Águas Residuais Municipais

Nos tratamentos de águas residuais, aproveitam-se as propriedades excepcionais do Cloreto Férrico como floculante. Este reagente é muito utilizado na precipitação química do fósforo, no tratamento de águas residuais.

O Cloreto Férrico no Tratamento das Águas Residuais Industriais

A utilização do Cloreto Férrico no tratamento de águas residuais industriais, representa um campo vasto e promissor. O FeCl₃ pode ser utilizado nas indústrias de curtumes, eliminando os sulfetos dos resíduos.

Na Siderurgia, o Cloreto Férrico é utilizado para precipitar as lamas provenientes da lavagem dos gases de altos-fornos, tendo em vista a recuperação e reciclagem no processo. Nas águas de refrigeração dos laminadores, o Cloreto Férrico permite separar os óxidos metálicos, os óleos e gorduras, antes da descarga.

Na indústria alimentar (matadouros, fábricas de refinação de óleos, de margarina, de farinha de peixe, etc.), o Cloreto Férrico baixa o teor de gorduras e de matéria orgânica das águas residuais.

Nas indústrias de matérias plásticas (PVC), o Cloreto Férrico elimina completamente o PVC dos efluentes.

Outros Campos de Aplicação do Cloreto Férrico

O Cloreto Férrico em solução dissolve a maioria dos metais como o cobre, o níquel, o estanho, o chumbo, o manganês, o ferro, o cobalto, etc.

No tratamento de superfícies ou gravura em metais, o Cloreto Férrico é utilizado nas seguintes áreas:

- Produção de circuitos impressos;
- Gravação em relevo do cobre (rotogravura);
- Visualização da textura cristalográfica nos estudos metalográficos;
- Gravação de desenhos, mostradores de relógio, placas, etc.;
- Polimento químico de aços químicos;
- Fabricação de peças metálicas com um altíssimo nível de precisão.

Nas indústrias de tintas e pigmentos, o Cloreto Férrico é usado:

- Para coloração de vidros, artigos de cerâmica, telhas e tijolos, etc.;
- Como matéria-prima para preparação de pigmentos como o ocre, o azul de Berlim, tintas e pigmentos para superfícies de estrada;
- Como mordentes para tintas, sobretudo para as tintas pretas e tintas gráficas.

O Cloreto Férrico pode ser utilizado também:

- Para purificação da glicerina bruta antes da destilação;
- Para aumentar a resistência no uso em superfícies betuminosas;
- Como inibidor de emulsões em betumes.

Algumas das características do cloreto férrico utilizado nestes ensaios, encontram-se presentes na tabela seguinte:

Tabela 8-12 - Características do Cloreto Férrico

Concentração	≥ 39%
Densidade a 20°C	≥ 1,415 g/cc
HCl	≤ 0,5%
FeCl₂	≤ 1%

Os resultados obtidos nos Ensaio 4, 5 e 6 apresentam-se nas páginas seguintes.

ENSAIO 4

Na tabela seguinte apresentam-se os resultados do ensaio com adição de Cloreto Férrico ao efluente a tratar, em conjunto com o Albfloc 2152 (Ensaio 4):

Tabela 8-13 - Resultados do Ensaio 4: Adição de Cloreto Férrico e Albfloc 2152

Parâmetro	Afluente Bruto	Ensaio 4 – Cloreto Férrico (1800 e 2100 ppm) + Albfloc 2152 (1 ppm)		Rendimentos	
		Copo 1 - 1800 ppm	Copo 2 - 2100 ppm	Copo 1 - 1800 ppm	Copo 2 - 2100 ppm
pH	5,80	4,41	4,30		
Temperatura (°C)	16,3	16,3	15,8		
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	850	122	110	86%	87%
CQO (mg O ₂ /L)	9144	3687	4371	60%	52%
SST (mg SST/L)	930	205	185	78%	80%
Azoto Total (mg N/L)	230	50	40	78%	83%
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	129	22	18	83%	86%
Nitratos (mg NO ₃ /L)	80	18	9	78%	89%
Fósforo Total (mg P/L)	64	1,2	1,0	98%	98%
Cor (mg /L Escala Pt-Co)		600	420		

Tal como já se tinha verificado para os ensaios com adição de PAX 18 e de Albfloc 2152, também a adição de Cloreto Férrico e de Albfloc 2152 provocou uma diminuição do valor de pH no efluente do tratamento físico-químico (baixou de 5,80 para 4,41 e 4,30, consoante a dosagem de Cloreto Férrico utilizada).

As figuras seguintes ilustram as concentrações nos efluentes do **Ensaio 4**, bem como as percentagens de redução, relativamente aos parâmetros CQO, CBO₅, SST, Azoto Total, Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total.

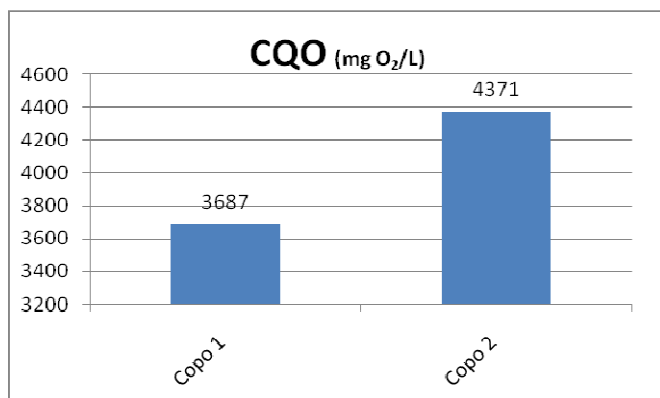


Figura 8-29 – Variação da CQO com a adição de Cloreto Férrico (1800 e 2100 ppm) e Albfloc 2152 (1 ppm)

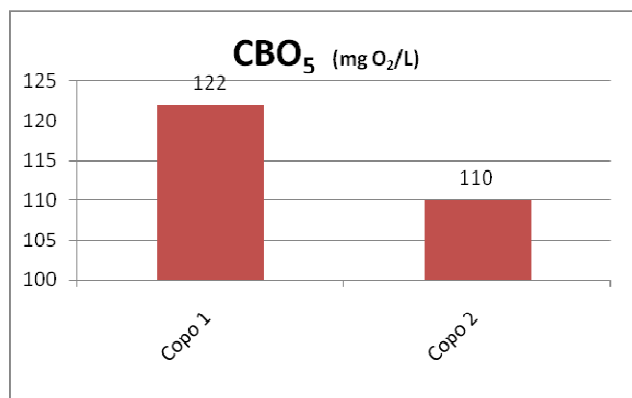


Figura 8-30 – Variação da CBO₅ com a adição de Cloreto Férrico (1800 e 2100 ppm) e Albfloc 2152 (1 ppm)

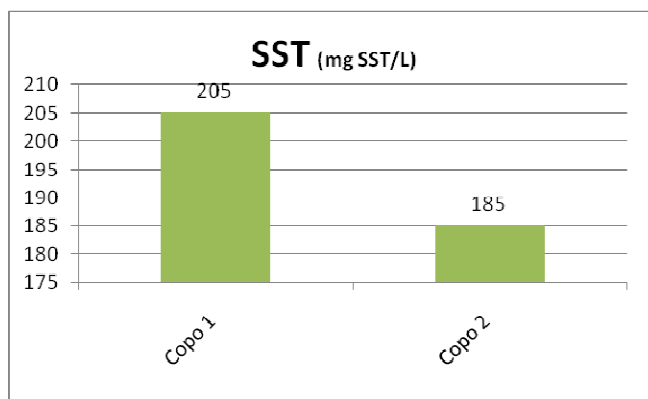


Figura 8-31 – Variação dos SST com a adição de Cloreto Férrico (1800 e 2100 ppm) e Albfloc 2152 (1 ppm)

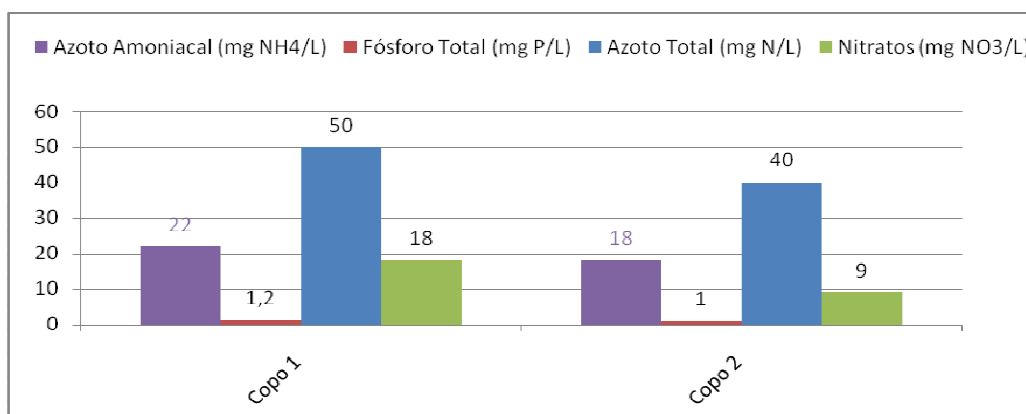


Figura 8-32 – Variação do Azoto Total, Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total com a adição de Cloreto Férrico (1800 e 2100 ppm) e Albfloc 2152 (1 ppm)

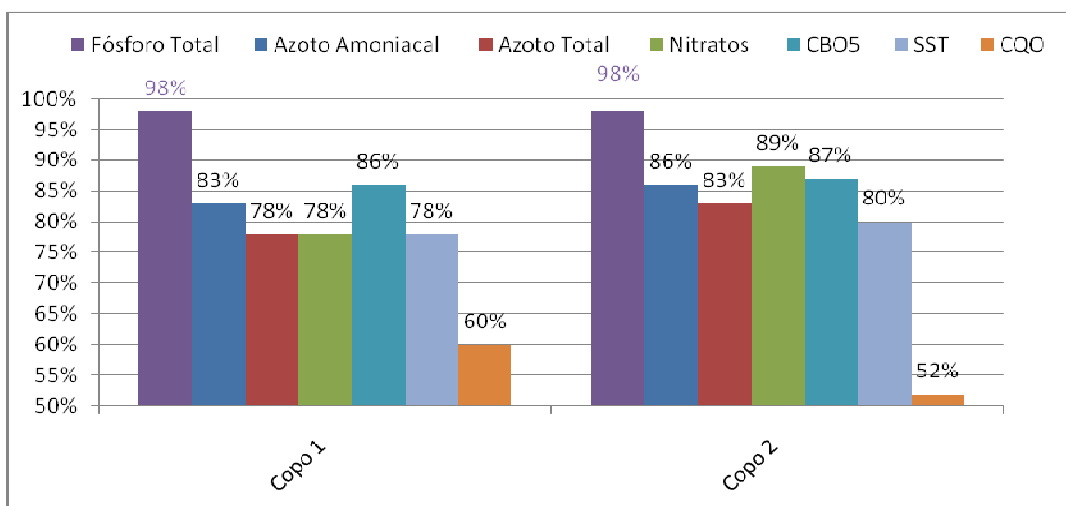


Figura 8-33 – Variação da percentagem de redução da CQO, CBO₅, SST, Azoto Total, Azoto Amoniacoal, Nitratos e Fósforo Total com a adição de Cloreto Férrico (1800 e 2100 ppm) e Albfloc 2152 (1 ppm)

No ponto **9. Análise e Discussão dos Resultados Obtidos**, será efectuada uma análise mais exhaustiva dos resultados obtidos neste Ensaio.

ENSAIO 5

No **Ensaio 5** efectuou-se a adição de uma dosagem fixa de **Cloreto Férrico (1800 ppm)**, utilizando várias dosagens do **floculante Albafloc 2152 (1, 1,5 e 2 ppm)**.

Os resultados deste Ensaio apresentam-se na tabela seguinte:

Tabela 8-14 - Resultados do Ensaio 5: Adição de Cloreto Férrico e Albafloc 2152

Parâmetro	Afluente Bruto	Ensaio 5 – Cloreto Férrico (1800 ppm) + Albafloc 2152 (1, 1,5 e 2 ppm)					
		Copo 1 – FeCl ₃ + Albafloc (1 ppm)	Copo 2 – FeCl ₃ + Albafloc (1,5 ppm)	Copo 3 – FeCl ₃ + Albafloc (2 ppm)	Rendimentos		
					Copo 1	Copo 2	Copo 3
pH	5,80	4,40	4,40	4,40			
Temperatura (°C)	16,3	15,9	16,2	16,5			
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	850	249	214	190	71%	75%	78%
CQO (mg O ₂ /L)	9144	4305	4552	3627	53%	50%	60%
SST (mg SST/L)	930	215	120	180	77%	87%	81%
Azoto Total (mg N/L)	230	29,0	21,0	24,0	87%	91%	90%
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	129	4,9	5,0	5,3	96%	96%	96%
Nitratos (mg NO ₃ /L)	80	15,9	16,4	16,4	80%	80%	80%
Fósforo Total (mg P/L)	64	1,5	1,0	1,8	98%	98%	97%

As figuras seguintes ilustram as concentrações nos efluentes do **Ensaio 5**, bem como as percentagens de redução, relativamente aos parâmetros CQO, CBO₅, SST, Azoto Total, Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total.

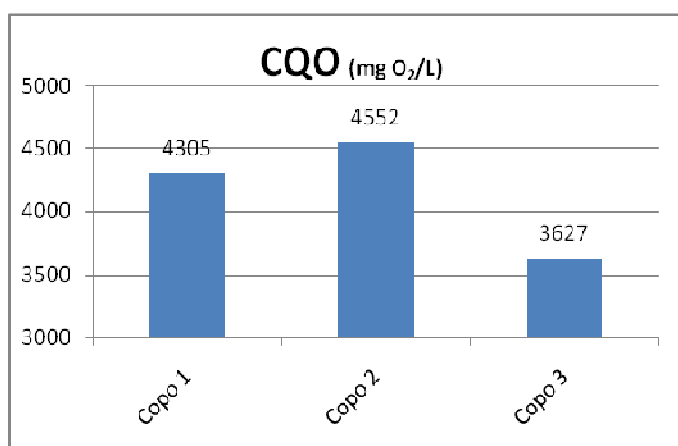


Figura 8-34 – Variação da CQO com a adição de Cloreto Férrico (1800 ppm) e Albafloc 2152 (1, 1,5 e 2 ppm)

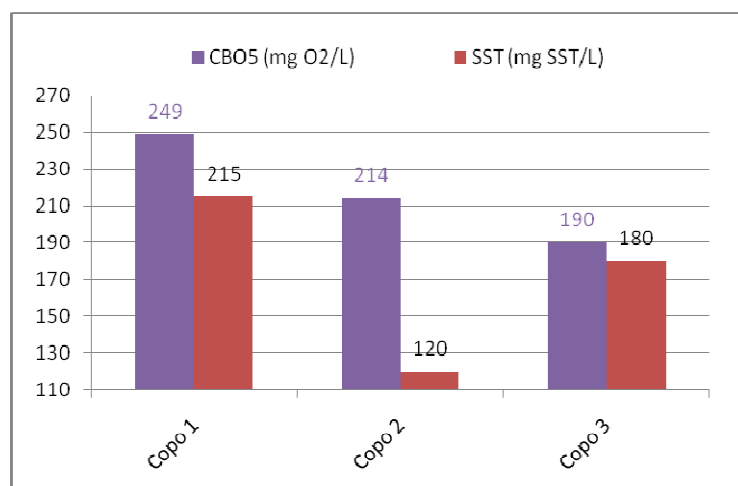


Figura 8-35 – Variação da CBO₅ e dos SST com a adição de Cloreto Férrico (1800 ppm) e Albfloc 2152 (1, 1,5 e 2 ppm)

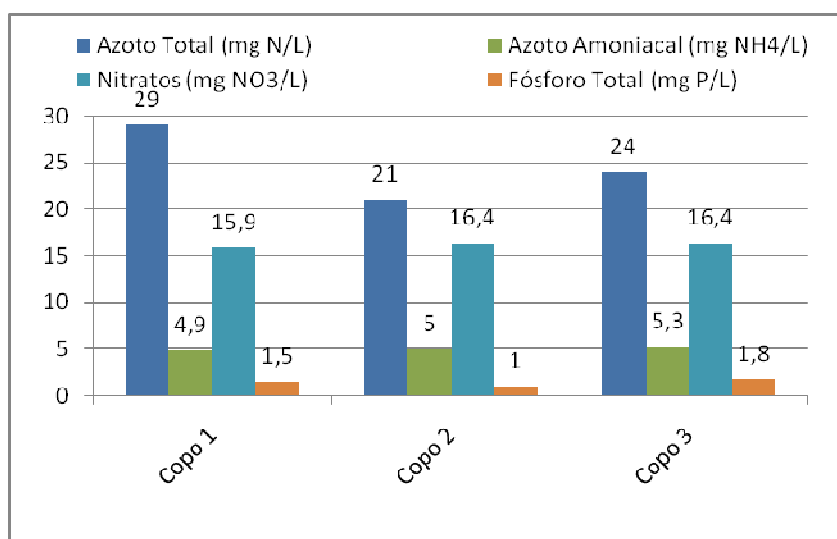


Figura 8-36 – Variação do Azoto Total, Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total com a adição de Cloreto Férrico (1800 ppm) e Albfloc 2152 (1, 1,5 e 2 ppm)

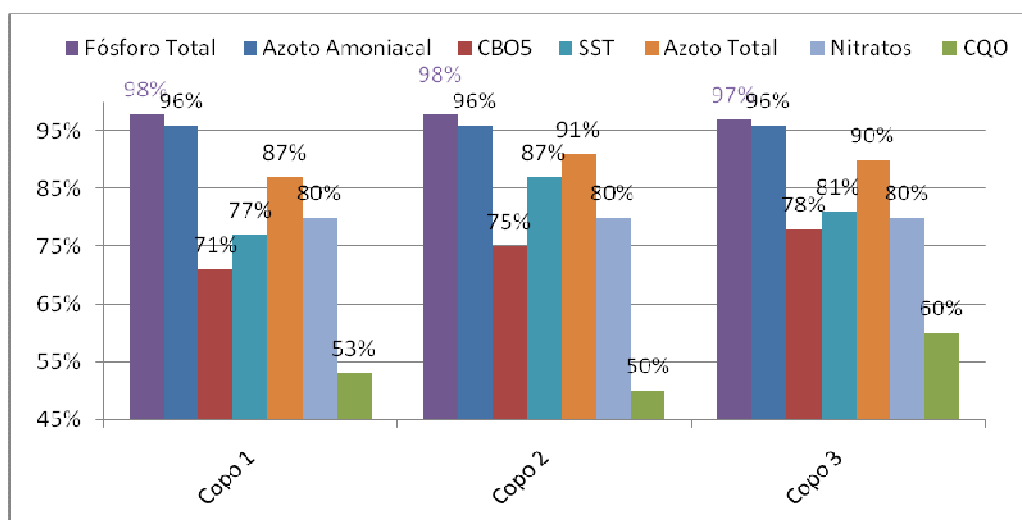


Figura 8-37 – Variação da Percentagem de redução da CQO, CBO₅, SST, Azoto Total, Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total com a adição de Cloreto Férrico (1800 ppm) e Albfloc 2152 (1, 1,5 e 2 ppm)

Também neste ensaio se verificou uma diminuição significativa do valor de pH, com a adição de produtos químicos.

No ponto **9. Análise e Discussão dos Resultados Obtidos** será efectuada uma análise mais exhaustiva dos resultados obtidos neste ensaio.

ENSAIO 6

No Ensaio 6 tentou-se simular a **reacção de Fenton**, através da adição de Cloreto Férrico e de Peróxido de Hidrogénio (além da adição do floculante Albafloc 2152).

O mecanismo da reacção de Fenton através da combinação de Ferro (II) (ou Ferro (III)) com o peróxido de hidrogénio consiste na oxidação química dos compostos orgânicos e um eventual processo de coagulação, se entretanto for adicionado Fe^{2+} em quantidades suficientes, não só para a catálise da reacção, mas também para agregação da CQO solúvel de origem coloidal.

Aplicado a este tipo de águas residuais, com este processo de oxidação avançado, a matéria orgânica reage com o peróxido de hidrogénio na presença de sais de ferro em ambiente moderadamente ácido para reduzir CQO e cor.

A reacção de Fenton já foi descrita no ponto 5.4., em que se referiam processos de tratamento físico-químicos aplicados às águas ruças.

Os resultados obtidos no Ensaio 6 encontram-se na tabela seguinte:

Tabela 8-15 - Resultados do Ensaio 6: Adição de Cloreto Férrico, Albfloc 2152 e Peróxido de Hidrogénio

Parâmetro	Afluente Bruto	Ensaio 6 – Cloreto Férrico (1800 ppm) + Albfloc 2152 (2 ppm) + Peróxido de Hidrogénio (H ₂ O ₂)												
		FeCl ₃ (1800 ppm) + Albfloc (2 ppm)	Copo 1 - 0,25 mL de H ₂ O ₂	Copo 2 - 0,5 mL de H ₂ O ₂	Copo 3 - 0,75 mL de H ₂ O ₂	Copo 4 - 1 mL de H ₂ O ₂	Copo 5 - 1,25 mL de H ₂ O ₂	Rendimentos						
								FeCl ₃ + Albfloc	Copo 1	Copo 2	Copo 3	Copo 4	Copo 5	
pH	5,80	4,44	4,41	4,25	4,19	4,15	4,12							
Temperatura (°C)	16,3	15,9	15,9	16,1	15,9	15,9	16,1							
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	850	234	409	191	106	110	101	72%	52%	78%	88%	87%	88%	
CQO (mg O ₂ /L)	9144	4229	4469	4112	4248	4198	4020	54%	51%	55%	54%	54%	56%	
SST (mg SST/L)	930	225	413	340	295	250	270	76%	56%	63%	68%	73%	71%	
Azoto Total (mg N/L)	230	23	30	33	41	40	70	90%	87%	86%	82%	83%	70%	
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	129	3,7	4,6	4,5	3,9	4,6	3,1	97%	96%	97%	97%	96%	98%	
Nitratos (mg NO ₃ /L)	80	18,0	25,7	29,2	47,8	55,4	87,2	78%	68%	64%	40%	31%	-9%	
Fósforo Total (mg P/L)	64	1,9	2,2	2,0	1,4	1,1	1,2	97%	97%	97%	98%	98%	98%	
Óleos e Gorduras (mg/L)	490	< 5						99%						
Fenóis (mg C ₆ H ₅ OH /L)	17,0	12						29%						
Cor (mg /L Escala Pt-Co)		660												

As figuras seguintes ilustram as concentrações nos efluentes do **Ensaio 6**, bem como as percentagens de redução, relativamente aos parâmetros CQO, CBO₅, SST, Azoto Total, Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total.

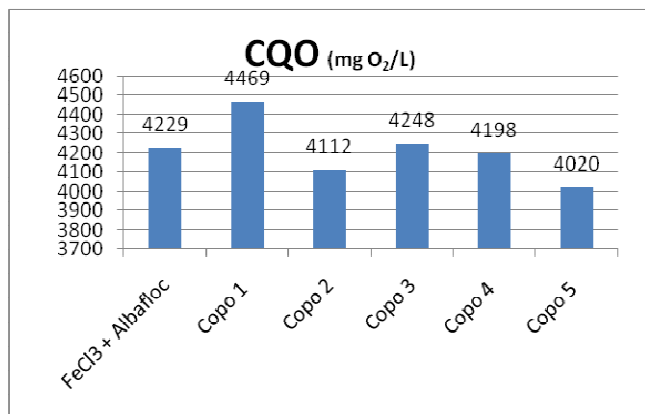


Figura 8-38 – Variação da CQO com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de cloreto férrico e Albatfloc)

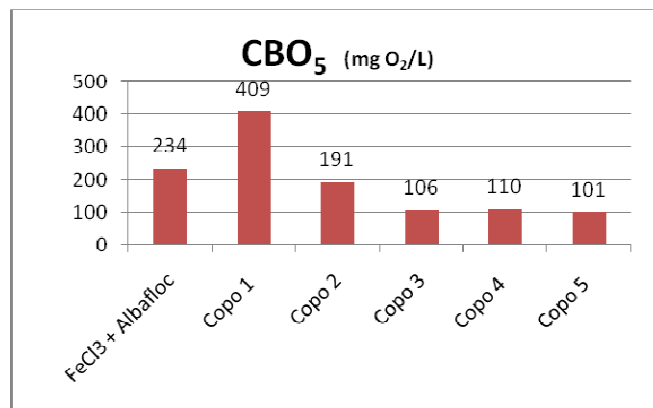


Figura 8-39 – Variação da CBO₅ com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de cloreto férrico e Albatfloc)

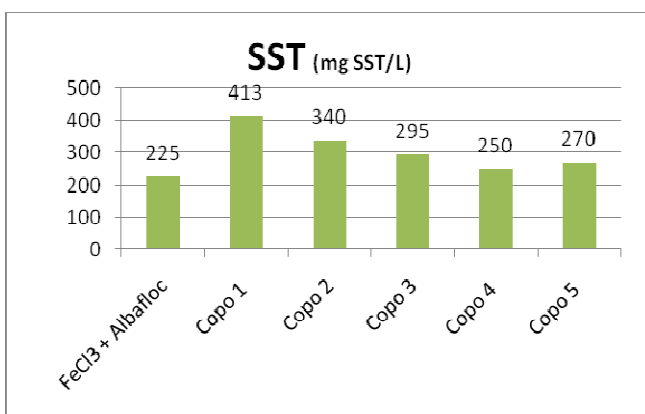


Figura 8-40 – Variação dos SST com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de cloreto férrico e Albatfloc)

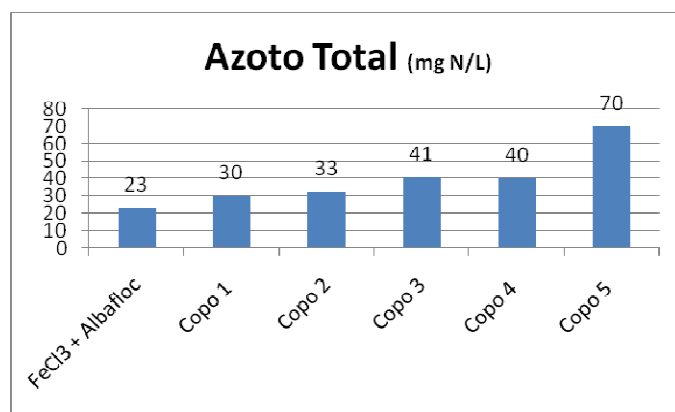


Figura 8-41 – Variação do Azoto Total com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de cloreto férrico e Albatfloc)

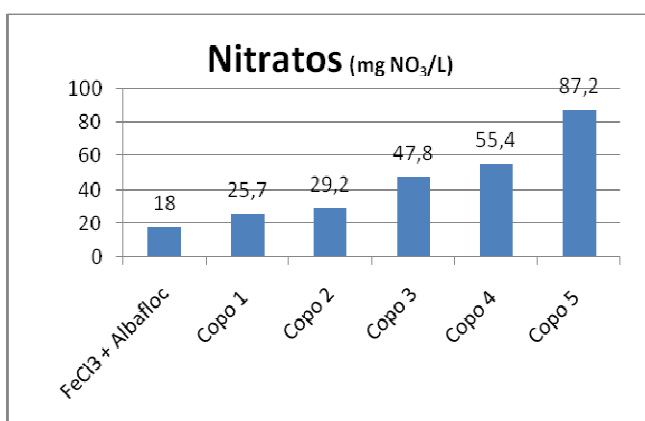


Figura 8-42 – Variação dos Nitratos com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de cloreto férrico e Albatfloc)

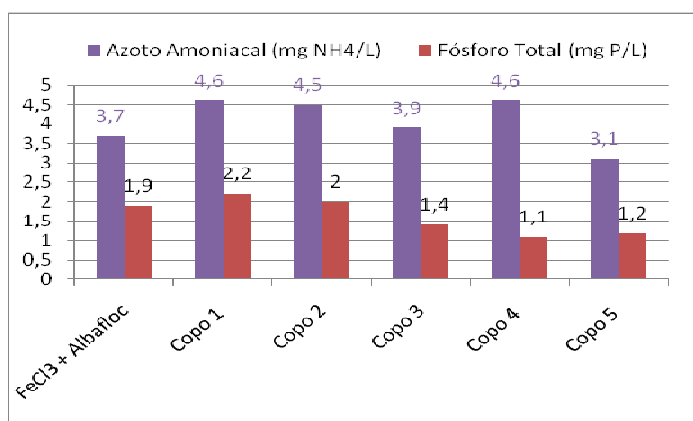


Figura 8-43 – Variação do Azoto Amoniacal e Fósforo Total com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de cloreto férrico e Albatfloc)

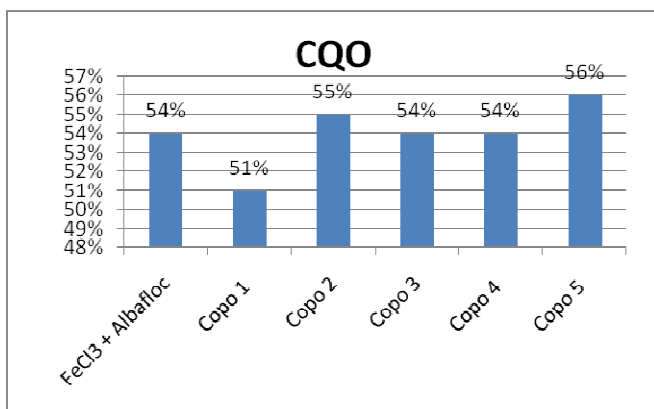


Figura 8-44 – Variação da Percentagem de redução da CQO com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de cloreto férrico e Albaflor)

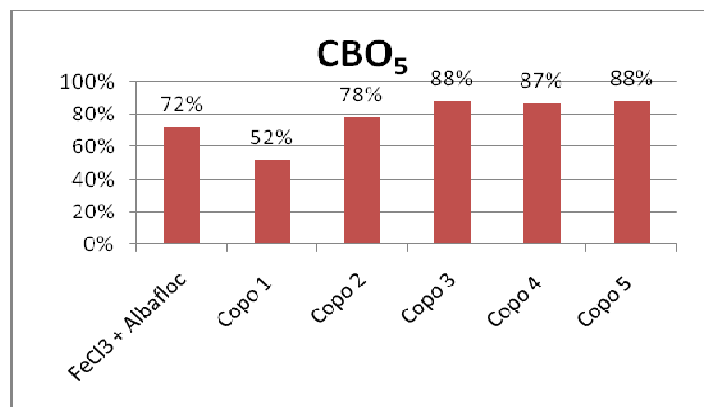


Figura 8-45 – Variação da Percentagem de redução da CBO₅ com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de cloreto férrico e Albaflor)

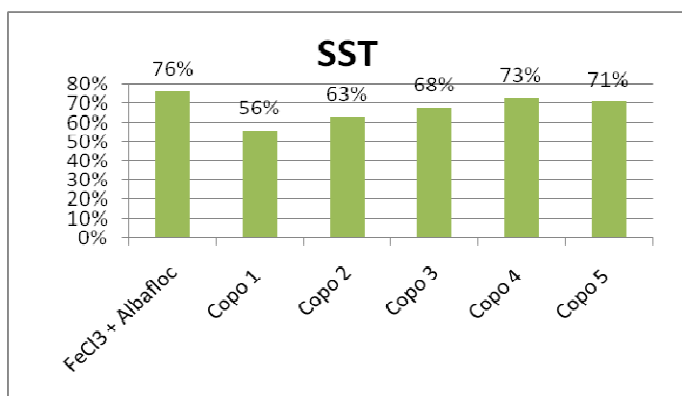


Figura 8-46 – Variação da Percentagem de redução dos SST com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de cloreto férrico e Albaflor)

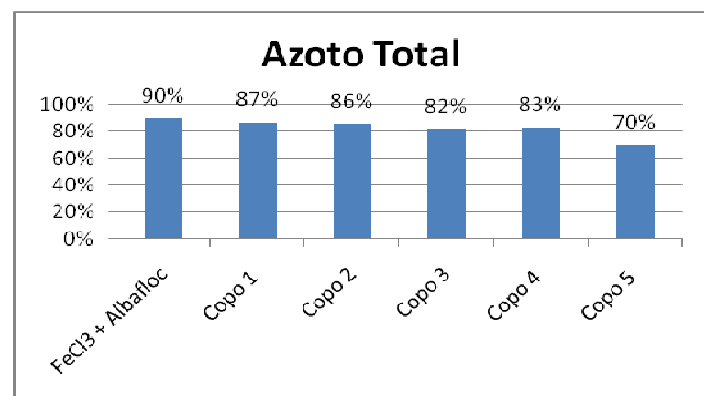


Figura 8-47 – Variação da Percentagem de redução do Azoto Total com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de cloreto férrico e Albaflor)

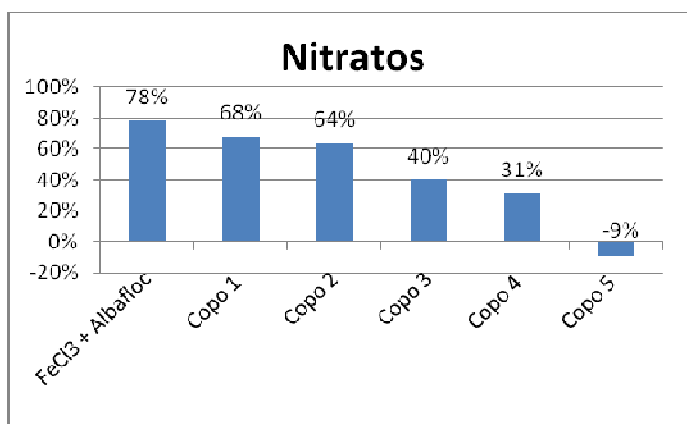


Figura 8-48 – Variação da Percentagem de redução dos Nitratos com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de cloreto férrico e Albaflor)

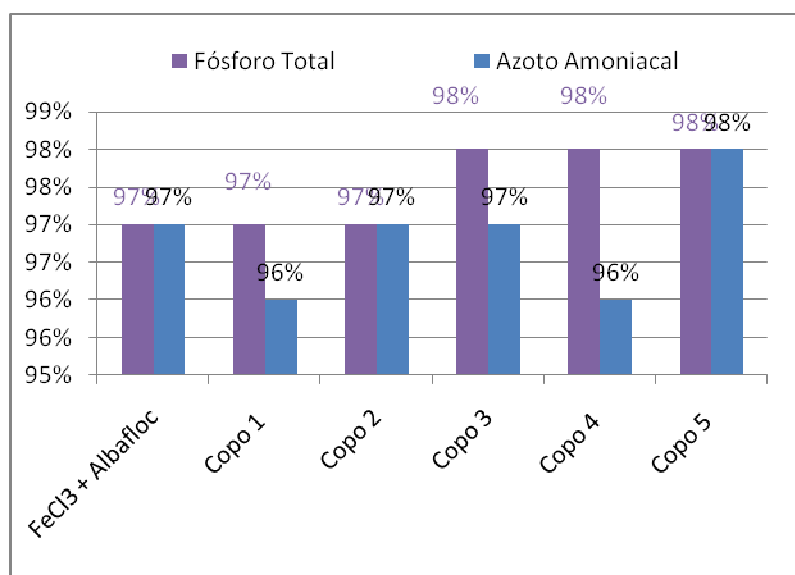


Figura 8-49 – Variação da Percentagem de redução de Fósforo Total e de Azoto Amoniacal com a adição de vários volumes de H₂O₂ (após adição de cloreto férrico e Albafloc)

Deve salientar-se a diminuição do valor de pH que se verificou, com a adição dos reagentes, à semelhança dos ensaios anteriores.

No ponto **9. Análise e Discussão dos Resultados Obtidos**, será efectuada uma análise mais exaustiva dos resultados obtidos neste Ensaio e nos ensaios anteriores, bem como uma comparação entre os resultados obtidos nos vários ensaios.

8.2. Ensaio de Electro-Coagulação e Oxidação Avançada

8.2.1. Descrição da Tecnologia e do Sistema Utilizado

Os equipamentos testados são equipamentos de tecnologia electroquímica própria, nomeadamente equipamentos de **Electro-coagulação** e **Electro-oxidação**, constituindo uma inovação no desenvolvimento de novas tecnologias para a solução dos problemas industriais no tratamento das águas residuais e de resíduos líquidos.

Os equipamentos que utilizam esta tecnologia são orientados para a produção de um mínimo de resíduos possíveis, na minimização dos líquidos vertidos e na reutilização das águas tratadas, sempre que seja viável.

Esta tecnologia apresenta como grandes vantagens:

- Garantia do tratamento/rendimento;
- Ocupação mínima de espaços,
- Versatilidade;
- Possibilidade de transferência e fácil ampliação dos sistemas, uma vez que se tratam de unidades compactas.

O sistema que foi utilizado para a realização dos ensaios, que é descrito de seguida, é designado por “SIELEC” e foi desenvolvido pelo grupo SIMA 11 SL.

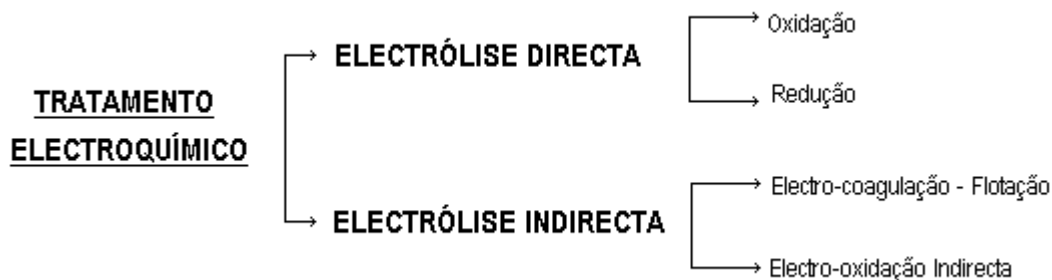
8.2.1.1. Sistema de Electro-Coagulação “SIELEC”®

A tecnologia electroquímica baseia-se nos mesmos princípios químicos que a oxidação-redução e coagulação química, mas utilizando energia eléctrica. Neste campo eléctrico é onde ocorrem os processos de:

- Ionização;
- Coagulação;
- Destabilização;
- Oxidação-redução dos contaminantes a tratar nas águas residuais ou resíduos líquidos.

A electro-coagulação é a passagem de corrente eléctrica pelo efluente, sendo responsável por diversas reacções que ocorrem no meio: a oxidação de compostos; a substituição iónica entre os electrólitos inorgânicos e os sais orgânicos, com a consequente redução da concentração da matéria orgânica dissolvida na solução; a desestabilização das partículas coloidais (Giordano, 1999).

De um modo geral, as diferentes vias de aplicação do tratamento electroquímico podem ser esquematizadas do seguinte modo:



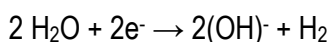
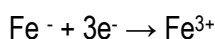
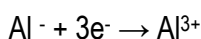
Em função da água a tratar, aplica-se uma ou ambas as tecnologias (Electro-Coagulação e/ou Electro-Oxidação), de forma a alcançar os objectivos definidos. **No caso do efluente de lagar de produção de azeite, foram testados os processos de Electro-Coagulação e de Electro-Oxidação Avançada.**

Seguidamente são descritos cada um dos sistemas referidos.

SISTEMA DE ELECTRO-COAGULAÇÃO – FLOTAÇÃO

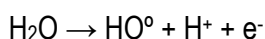
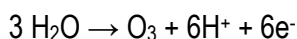
É um processo electroquímico onde os iões Al^{3+} e Fe^{2+} são gerados pela corrente eléctrica através de ânodos solúveis, formando coágulos/flóculos que podem ser removidos do sistema através de flotação. Neste sistema existem processos de oxidação e redução da água e dos seus contaminantes.

Electro-geração dos coagulantes

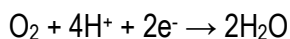


Electro-geração de oxidantes a partir da água

Oxidação Aniónica



Redução Catiónica



SISTEMA DE ELECTRO-OXIDAÇÃO

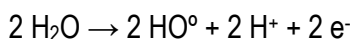
A electro-oxidação de compostos orgânicos e inorgânicos pode ser directa ou indirecta, em função do ânodo aplicado.

A oxidação directa realiza-se através de ânodos especiais, que na sua superfície geram radicais hidroxilos (HO°), altamente oxidativos.

Na oxidação indirecta utilizam-se ânodos e cátodos especiais (com ou sem catálise fotoquímica) para a electro-geração de oxidantes:

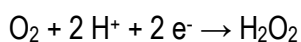
- Peróxido de hidrogénio;
- Ozono;
- Radicais hidroxilos.

a) **OXIDAÇÃO DIRECTA**

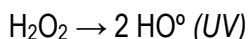


b) **OXIDAÇÃO INDIRECTA**

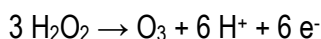
1. Peróxido de hidrogénio



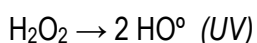
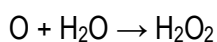
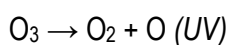
Se se aplicar a catálise fotoquímica:



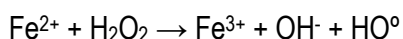
2. Ozono



Se se aplicar a catálise fotoquímica:



3. Radicais hidroxilos HO^o por meio dos processos electro-fenton/peroxi-coagulação



Este sistema de Electro-Oxidação (AOP) realiza-se em reactores electroquímicos, que são equipamentos de uma nova tecnologia, baseados nos princípios electroquímicos de dissociação de moléculas, mediante uma descarga eléctrica. Estes equipamentos são compactos e vêm instalados dentro de um contentor, permitindo ligar-se em paralelo com outros reactores do mesmo modelo. Esta característica permite uma diversidade de caudais de tratamento muito elevados, já que, se a produção de águas residuais aumentar, apenas se devem instalar mais reactores em paralelo.

Este processo adequa-se essencialmente a efluentes industriais com elevada toxicidade e carga orgânica. Noutros casos, a utilização de outros processos requer condições muito restritas para um bom funcionamento dos mesmos, tornando-se muito sensíveis a variações das condições iniciais do efluente. Pelo contrário, este processo de oxidação avançada é bastante robusto e permite tratar os efluentes com uma elevada percentagem de CQO refractária, utilizando um sistema de electro-oxidação que elimina a matéria orgânica solúvel (oxidável), completando assim outros sistemas, que eliminam essencialmente a matéria coagulável.

A oxidação avançada permite não só a eliminação quase total da carga orgânica, amónia e cloretos presentes no efluente, como também uma eliminação total da cor e cheiro característico dos efluentes.

As figuras seguintes ilustram a aparência de vários tipos de efluentes industriais, antes de serem sujeitos a tratamentos através dos processos de electro-coagulação e de electro-oxidação avançada e o aspecto dos efluentes tratados:

Matadouro Industrial



Figura 8-50 – Afluente Bruto, Efluente Intermédio e Efluente Tratado (Ind. Matadouro)

Aterro Sanitário – Lixiviado



Figura 8-51 – Afluente Bruto e Efluente Tratado (Lixiviado)

Indústria de Lavagem de Legumes



Figura 8-52 – Afluente Bruto e Efluente Tratado (Ind. Lavagem de Legumes)

Lagar de Azeite



Figura 8-53 – Afluente Bruto e Efluente Tratado (Lagar de Azeite)

Tinturaria



Figura 8-54 – Afluente Bruto e Efluente Tratado (Tinturaria)

Suicultura



Figura 8-55 – Afluente Bruto, Efluente Intermédio e Efluente Tratado (Suicultura)

Indústria de Conservas / Gorduras



Figura 8-56 – Afluente Bruto, Efluente Intermédio e Efluente Tratado (Ind. Conservas/Gorduras)

A electro-oxidação de águas residuais ou resíduos líquidos apareceu recentemente, como uma técnica limpa e ecológica, denominada **Processo de Oxidação Avançada** (*Advanced electrochemical*

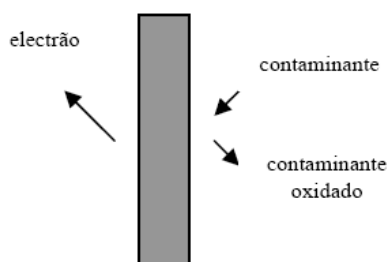
oxidation process). Aplica-se tanto a águas residuais normais como a outros resíduos líquidos ou contaminantes tóxicos ou não biodegradáveis.

É aplicada só ou combinada com a electro-coagulação. Também é utilizada para melhorar o tratamento biológico de um contaminante.

Na tabela seguinte pode-se observar os potenciais de oxidação de vários oxidantes:

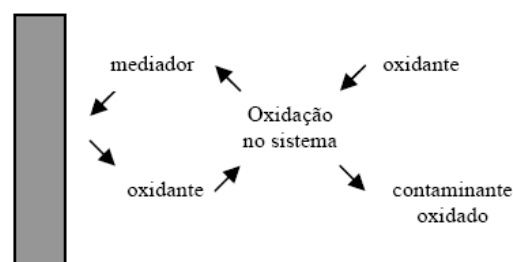
Tabela 8-16 - Potenciais de Oxidação de vários oxidantes

Oxidante	Potencial de Oxidação (V)
Flúor	3,03
Radical hidroxilo	2,80
Ozono	2,07
Peróxido de hidrogénio	1,76
Permanganato	1,67
Cloro	1,36



OXIDAÇÃO DIRECTA

Figura 8-57 – Esquema da Oxidação Directa



OXIDAÇÃO INDIRECTA

Figura 8-58 – Esquema da Oxidação Indirecta

O elevado rendimento dos processos electroquímicos faz com que, na maioria dos casos, por si só, a **água fique apta para descarga (directamente em meio receptor ou em Colector) ou até mesmo para reutilização.**

Os tratamentos electroquímicos têm um **baixo custo de exploração** e um moderado investimento (quando comparadas as eficiências de tratamento e os custos dos processos convencionais). A rapidez de tratamento e a sua capacidade de ampliação convertem-nos em tratamento muitos competitivos e versáteis, face aos sistemas de tratamento convencionais.

Nas figuras seguintes pode-se visualizar algumas das particularidades deste tipo de sistemas (neste caso trata-se de um sistema instalado em Bedmar, na Andaluzia (Espanha), num lagar de azeite:



Figura 8-59 – Detalhe do Ânodo e do Cátodo



Figura 8-60 – Grupo em Linha de Reactores Electroquímicos



Figura 8-61 – Reactores em Linha



Figura 8-62 – Automatismo e Controlo

Durante este **processo de tratamento** produzem-se os seguintes **efeitos**:

- eliminação de metais pesados;
- eliminação e separação de óleos e gorduras;
- oxidação da matéria orgânica ou ruptura das moléculas orgânicas;
- redução e/ou eliminação de ecotoxicidade;
- redução e/ou eliminação de Compostos Orgânicos Halogenados (AOX);
- eliminação de bactérias, vírus e parasitas;
- eliminação e separação de sólidos suspensos ou colóides;
- eliminação de odores.

A lama produzida é separada na maioria dos casos por flotação, aproveitando a geração de micro-bolhas no tanque de recepção da água tratada. Estas micro-bolhas fazem flutuar a lama até a uma unidade de extracção de lamas.

A água clarificada de lamas é recolhida na parte intermédia do tanque. Esta água tem qualidade própria para ser reutilizada, em muitos casos, para ser utilizada em rega, para ser descarregada em linhas de água, ou em colectores de águas residuais. **Neste contexto, a electro-coagulação pode ser aplicada em casos extremos de emergência, para a obtenção de água potável, a partir de águas residuais ou contaminadas.**

O sistema utilizado introduz toda uma série de **inovações e vantagens** sobre outros processos de electro-coagulação já existentes:

- Utilização de diferentes ligas e materiais de ânodos, em função da água a tratar, assegurando-se o ânodo mais indicado para cada processo;
- Ânodo e cátodo posicionados na vertical, o que facilita o fluxo e a limpeza automática do ânodo e cátodo, o que permite baixos custos de manutenção;
- Regulação automática da distância entre o ânodo e o cátodo, o que proporciona a possibilidade de tratar diferentes caudais ou obter determinados rendimentos;
- Regulação automática da intensidade e da voltagem em função da condutividade, o que assegura a obtenção de um rendimento constante;
- Aproveita-se a formação de micro-bolhas no mesmo tanque de recepção de água tratada para a flutuação e separação de lamas automaticamente.

MODELOS INDUSTRIAIS SIELEC®

Tabela 8-17 - Gamas de Caudais e de Amperagem dos vários modelos

Modelo	Caudal (m ³ /h)	Regulação da Amperagem (máx)
Modelo I	1 – 1,5	250 A
Modelo II	2 – 3,5	350 A
Modelo III	3 – 5	550 A

No caso do modelo testado, a oxidação é efectuada indirectamente, através da utilização de Ozono.

O ozono (O_3) é um gás instável e altamente reactivo. A sua reactividade possibilita a conversão de muitos compostos químicos, e a sua aplicação no tratamento de águas residuais pode melhorar a sua biodegradabilidade.

O ozono pode reagir com as substâncias de duas maneiras diferentes, directamente sobre as moléculas ou indirectamente sobre os radicais e sobre as cadeias de elementos presentes na água.

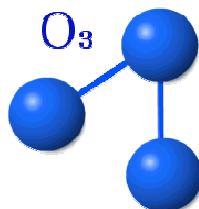


Figura 8-63 – Molécula de Ozono

Algumas aplicações do Ozono

- A Ozonização catalítica é uma tecnologia de tratamento que se tem desenvolvido nos últimos anos. Já foram efectuados ensaios, em que se utilizou Mn^{+2} como catalisador, no processo de ozonização de um efluente da indústria papelreira, com o objectivo de aumentar a capacidade de remoção de Carbono Orgânico Dissolvido (COD), principal factor limitante de aplicação deste processo no tratamento deste tipo de efluente. Além disto, a remoção de fenóis totais e de cor também foram testadas. Pelos resultados obtidos, foi possível observar que a presença do manganês influencia na eficiência do processo. A remoção de fenóis totais aumentou de 58 %, obtida pelo processo de ozonização convencional, para 61 %, no caso da ozonização catalítica (Assalin *et al*, 2003);
- Noutro trabalho efectuou-se a aplicação de ozonização e reagente de Fenton na redução de CQO de um efluente proveniente de processos de fabricação de produtos fotográficos. Os resultados demonstraram que a concentração de ozono foi o factor mais influente na redução da CQO, seguido pelo reagentes de Fenton e pelo tempo de ozonização, respectivamente. Conseguiu-se obter uma redução da CQO de 60,5% (Pacheco *et al*, 2003).

8.2.1.2. Eliminação de Contaminantes

MATERIA ORGÂNICA

A redução da matéria orgânica é obtida pelos diferentes efeitos do processo:

- floculação de matéria orgânica;
- oxidação de matéria orgânica;
- fractura de grandes moléculas;
- oxidação indirecta por geração de oxidantes químicos fortes.

ÓLEOS E GORDURAS

A redução electroquímica produz a ruptura e separação dos óleos e gorduras presentes na água, quer estejam emulsionadas ou não. Estas são separadas por floculação, devido à formação de microbolhas.

METAIS PESADOS

Eliminação de metais pesados por processo de oxidação-redução, que produzem hidróxidos metálicos insolúveis que se vão juntar à lama.

SÓLIDOS SUSPENSOS E COLÓIDES

O processo electroquímico provoca alterações ao nível da estabilidade das partículas sólidas dos efluentes. Quando isto ocorre, os contaminantes formam componentes hidrofóbicos em forma de flóculos maiores, que se podem remover facilmente por floculação ou decantação, se for o caso.

ECOTOXICIDADE

A eliminação de componentes orgânicos tóxicos e/ou metais pesados produz uma eliminação da ecotoxicidade da água, o que permite uma descarga e/ou reutilização. Em alguns casos, pode ser uma aplicação como passo prévio ao tratamento biológico.

ELIMINAÇÃO DA DUREZA DA ÁGUA

A eliminação dos cations tipo, cálcio ou magnésio, e de sais como carbonatos, sulfatos e fosfatos, por precipitação electroquímica, permite baixar a dureza da água e evitar a formação de incrustações em tubagens e instalações. É de grande utilidade como passo prévio para processos de osmose inversa (para aumentar a vida das membranas) e na manutenção das instalações de água de refrigeração (evita-se a colonização e contaminação por *Legionella*).

ELIMINAÇÃO E DESINFECÇÃO DE BACTÉRIAS, VIRUS E PARASITAS

O efeito de descarga eléctrica, temperatura e geração de oxidantes é um efeito altamente germicida, o que possibilita que todos os efluentes tratados por electro-coagulação estejam isentos de patogénicos.

Esta virtude da electro-coagulação é de interesse no campo de:

- desinfecção de águas com concentrações elevadas de *Legionella*;
- potabilização de águas residuais ou potáveis.

Tabela 8-18 - Eficiências de Redução da Tecnologia de electro-coagulação e electro-oxidação, para vários parâmetros

Parâmetros	Concentração inicial	Depois da electro-coagulação e electro-oxidação	Percentagem de redução
Aldrina (pesticida)	0,063 mg/l	0,001 mg/l	98,40%
Alumínio	224,00 mg/l	0,69 mg/l	99,69%
Arsénio	0,30 mg/l	< 0,01 mg/l	96,70%
Bactérias	110,000,000 cfu	2,700 cfu	99,99%
Bário	0,0145 mg/l	< 0,0010 mg/l	93,10%
Boro	4,86 mg/l	1,41 mg/l	70,98%
Cádmio	0,1252 mg/l	< 0,0040 mg/l	96,81%
Cálcio	1,321.00 mg/l	21,40 mg/l	98,40%
Crómio	139,00 mg/l	< 0,10 mg/l	99,92%
Cobalto	0,1238 mg/l	0,0214 mg/l	82,71%
Cobre	0,7984 mg/l	< 0,0020 mg/l	99,75%
DDT (pesticida)	0,261 mg/l	0,002 mg/l	99,20%
E. coli (bacteria)	> 2,419,2 mpn	0,0 mpn	99,99%
Flúor	1,1 mg/l	0,415 mg/l	62,27%
Ferro	68,34 mg/l	0,1939 mg/l	99,72%
Chumbo	0,3497 mg/l	< 0,0250 mg/l	92,85%
Lindane (pesticida)	0,143 mg/l	0,001 mg/l	99,30%
Magnésio	13,15 mg/l	0,0444 mg/l	99,66%
Manganês	1,061 mg/l	0,0184 mg/l	98,27%
Mercurio	1,15 mg/l	< 0,03 mg/l	97,39%
Molibdénio	0,18 mg/l	0,04 mg/l	80,60%
Níquel	183 mg/l	0,07mg/l	99,96%
Nitrato	11,7 mg/l	2,6 mg/l	77,78%
Nitrito	21 mg/l	12 mg/l	42,86%
Azoto Kjeldhal	1,118,88 mg/l	59,08 mg/l	94,72%
Hidrocarbonetos	72,5 mg/l	< 0,2 mg/l	99,72%
Fosfato	28 mg/l	0,2 mg/l	99,28%
Potássio	200 mg/l	110 mg/l	45,00%
Rádio	1093,0 pCi/L	0,1 pCi/L	99,99%
Selénio	68 mg/l	38 mg/l	44,00%
Silício	21,07 mg/l	0,10 mg/l	99,50%
Sódio	8,690 mg/l	5,770 mg/l	33,60%
Sulfato	104 mg/l	68 mg/l	34,61%
Estanho	0,213 mg/l	< 0,0200 mg/l	90,61%
Coliformes totais	> 2.419,2 mpn	0,0 mpn	99,99%
Vanádio	0,2621 mg/l	< 0,0020 mg/l	99,24%
Zinco	221,00 mg/l	0,14 mg/l	99,90%

MPN – número mais provável;
 Cfu – Unidades Formadoras de Colónias;
 pCi - *picocuries per liter* (unidade de radioactividade).

Fonte: Fornecedor do equipamento

8.2.1.3. Aplicações da Electro-Coagulação e Electro-Oxidação

INDÚSTRIA METALÚRGICA

- oxida e precipita **metais pesados**.

TORRES DE REFRIGERAÇÃO

- evita incrustações e elimina a *Legionella*.

INDÚSTRIA ALIMENTAR

- desinfecção e reutilização de águas;
- tratamento de águas ruças do fabrico de óleos e azeites;
- tratamento e eliminação de gorduras em descargas;
- eliminação de altas cargas orgânicas e sólidas;
- tratamento de efluentes com sangue.

INDÚSTRIA MINEIRA

- eliminação de metais, sais e sólidos em suspensão.

INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

- eliminação de ecotoxicidade em descargas;
- destruição e eliminação de moléculas orgânicas e redução da CQO e da CBO₅.

DESCONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

- eliminação de metais, hidrocarbonetos, pesticidas e fitosanitários, etc.

TRATAMENTO DE LIXIVIADOS

- reduz e elimina metais pesados, matéria orgânica, compostos azotados, sais e outros contaminantes, dando aos lixiviados uma qualidade que possibilita a sua reutilização em regas ou limpezas e descargas em colectores.

INDÚSTRIA COSMÉTICA

- redução de carga orgânica, eliminação de cores e gorduras.

INDÚSTRIA DE PAPEL

- eliminação de fibras, sólidos e carga orgânica.

INDÚSTRIA TÊXTIL

- eliminação de cor e carga orgânica.

INDÚSTRIA QUÍMICA

- eliminação de metais, sais, matéria orgânica, odor, cor, redução de ecotoxicidade, etc...

INDÚSTRIA DE CURTUMES

- eliminação de CQO, gorduras, proteínas, sulfuretos, crómio, etc...

INDÚSTRIA GALVÂNICA E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES

- eliminação de metais pesados, cianetos, fosfatos, etc.

INDÚSTRIA PETROLÍFERA - PETROQUÍMICA

- eliminação de hidrocarbonetos, metais, etc...

A electro-coagulação / electro-oxidação pode ser aplicada também como:

- *melhoramento de processos biológicos já saturados de carga orgânica, evitando a ampliação dos reactores biológicos existentes e utilizando um espaço mínimo;*
- *eliminação de tóxicos e ruptura electroquímica de compostos orgânicos complexos, melhorando significativamente os rendimentos e reduzindo os seus tempos de tratamento no reactor biológico;*
- *pré-tratamento antes de tecnologias de membrana, osmose inversa e fotocatalise;*

8.2.1.4. Vantagens da Electro-Coagulação

- *Tratamento múltiplo de contaminantes;*
- *Baixa produção de lamas;*
- *Baixo custo de instalação e montagem;*
- *Baixo custo de exploração;*
- *Eliminação de cor e odor;*
- *Tratamento instantâneo;*
- *Possibilidade de módulos de ampliação;*
- *Não requer obra civil;*
- *Automatizada e de baixo custo de manutenção;*
- *Necessidade de pouco espaço e possibilidade de tratamentos dentro do circuito de produção.*

8.2.1.5. Análise Comparativa com outros Sistemas de Tratamento

- *Tratamento múltiplo de contaminantes.*
- *Requer muito menos espaço e obra civil.*
- *Gera entre 50 a 90% menos de lamas em comparação com o tratamento físico-químico tradicional e estas são fáceis de filtrar;*
- *Tende a levar as águas tratadas para um pH próximo da neutralidade;*
- *Precipita metais pesados como o Crómio VI, que necessitaria de tratamento diferenciado dos outros metais;*
- *Higieniza e desinfecta a fracção líquida final;*
- *Produz lamas inertes e higienizadas, aptas para compostagem, por exemplo;*
- *Eliminação de incrustações e Legionella;*
- *Custos de operação entre 50-60% mais baixos, comparados com sistemas de tratamento físico-químicos tradicionais.*

8.2.1.6. Casos de Estudo – A Electro-Coagulação / Electro-Oxidação Avançada aplicada ao tratamento de efluentes de queijarias

À semelhança do que foi efectuado para o efluente de tratamento dos efluentes de lagar de produção de azeite, esta tecnologia de tratamento já havia sido testada no tratamento de efluente de queijarias. Os resultados obtidos nos ensaios referidos são apresentados na tabela seguinte:

Tabela 8-19 - Características do afluente bruto, efluente da electro-coagulação e electro-oxidação (efluente de queijaria)

Parâmetro	Pontos de amostragem					
	Afluente Bruto	Efluente da Electro-coagulação		Efluente da Oxidação Avançada		
		Valor	% redução	Valor	% redução	% redução global
pH	12,23	8,59	-	7,08	-	-
CQO (mg O ₂ /L)	6003	2688	55 %	272	90 %	95%
CQO solúvel (mg O ₂ /L)	1698	-	-	-	-	-
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	-	1300	-	160	88 %	-
SST (mg SST/L)	1080	71	93 %	11	85 %	99%
Azoto Total (mg N/L)	165	67	59 %	12	82 %	93%
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	40	40	0 %	1	98 %	98%
Nitratos (mg NO ₃ /L)	105	90	14 %	30	67 %	71%
Fósforo Total (mg P/L)	35	14	60 %	3	79 %	91%

Na figura seguinte pode-se visualizar o aspecto do afluente bruto, do efluente da etapa de electro-coagulação e da electro-oxidação avançada:



Figura 8-64 – Aspecto do afluente bruto, efluente da electro-coagulação e da electro-oxidação (efluente de queijaria)

Deve referir-se as elevadas percentagens de redução que foram obtidas, tanto na etapa de electro-coagulação como na electro-oxidação. As percentagens de redução globais pode dizer-se que foram muito boas.

8.2.1.7. Casos de Estudo – A Electro-Coagulação aplicada ao tratamento de lixiviados

O processo de Electro-Coagulação foi também já testado com água residual proveniente de um aterro de resíduos sólidos urbanos (lixiviado), tanto ao lixiviado bruto, como após sofrer um tratamento biológico (lamas activadas), como será descrito de seguida.

Na tabela seguinte apresentam-se os resultados do estudo referido:

Tabela 8-20 - Características do lixiviado bruto e do efluente da electro-coagulação

Parâmetro	Pontos de amostragem		
	Lixiviado Bruto	Efluente da Electro-coagulação	
		Valor	% redução
pH	7,93	6,94	-
Temperatura (°C)	13,7	16,8	-
Condutividade (mS/cm)	15,4	16,6	-
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	1090	633	42%
CQO (mg O ₂ /L)	3417	1433	58%
SST (mg SST/L)	370	340	8%
Azoto Total (mg N/L)	1800	175	90%
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	2262	50	98%
Nitratos (mg NO ₃ /L)	71	66	6%
Fósforo Total (mg P/L)	17	1,9	89%
Ferro Total (mg Fe/L)	19	3	84%

O tratamento por electro-coagulação directa do lixiviado bruto é pouco eficiente na remoção de CBO₅ e CQO, tendo-se verificado percentagens de redução de 42% e 58%.

A capacidade de remoção do processo de electro-coagulação relativamente aos SST é muito reduzida, tendo atingido apenas os 8%. No que respeita aos parâmetros azoto total, azoto amoniacal e fósforo total, verificaram-se bons resultados, em termos da redução das concentrações (percentagens que rondam os 90%).

Os nitratos são o parâmetro com menor percentagem de redução no processo de electro-coagulação (cerca de 6%).

No caso do ferro total, o processo de electro-coagulação apresentou uma boa percentagem de redução deste parâmetro (cerca de 84%).

O processo de electro-coagulação foi ainda aplicado ao lixiviado após uma etapa de tratamento por via biológica, mediante um sistema de lamas activadas (regime de baixa carga – arejamento prolongado).

Na tabela seguinte apresentam-se os resultados deste ensaio:

Tabela 8-21 - Características do lixiviado após tratamento biológico e do efluente da electro-coagulação

Parâmetro	Pontos de amostragem		
	Efluente do Tratamento Biológico	Efluente da Electro-coagulação	
		Valor	% redução
pH	7,31	6,39	-
Temperatura (°C)	16,3	16,3	-
Condutividade (mS/cm)	9,7	4,6	-
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	340	12	96%
CQO (mg O ₂ /L)	1169	466	60%
SST (mg SST/L)	2383	164	93%
Azoto Total (mg N/L)	780	720	8%
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	774	723	7%
Nitratos (mg NO ₃ /L)	1236	1196	3%
Fósforo Total (mg P/L)	25	1,1	96%
Ferro Total (mg Fe/L)	227	2	99%

Analisando os resultados da tabela anterior, verifica-se que as percentagens de redução de CBO₅, SST, Fósforo Total e Ferro Total, foram muito boas, superiores a 93%.

No que respeita aos parâmetros Azoto Total, Azoto Amoniacal e Nitratos, o processo de electro-coagulação revelou-se ineficiente, tendo-se apenas obtido percentagens de redução inferiores a 8%.

No que respeita ao parâmetro CQO, verificou-se uma percentagem de redução de 60%, valor que não pode ser considerado satisfatório, apesar de se ter atingido uma concentração no efluente tratado que permite a sua descarga em colector municipal, no que respeita a este parâmetro.

A título indicativo, deve referir-se que o valor de condutividade diminuiu, de 9,7 para 4,6 mS/cm, após a etapa de electro-coagulação.

Na aplicação da tecnologia de electro-coagulação, esta revelou ser mais eficaz quando aplicado directamente no lixiviado bruto, apesar dos valores de concentração de CQO e CBO₅ no efluente tratado continuarem elevados e não cumprirem com o definido normalmente nos Regulamento de Municipais de Descarga.

8.2.2. Ensaio 7 - Electro-Coagulação / Electro-Oxidação Avançada no tratamento do efluente de lagar de azeite

Após a realização de ensaios com adição de produtos químicos, foram realizados ensaios com aplicação das tecnologias de Electro-Coagulação e Oxidação Avançada. Nos pontos seguintes são apresentados os objectivos que se pretendiam atingir, bem como os resultados obtidos neste ensaio.

8.2.2.1. Objectivos a Atingir

Tal como para os ensaios efectuados com adição de produtos químicos, os objectivos a atingir com os ensaios de electro-coagulação e oxidação avançada prendiam-se com o objectivo da redução de poluentes, de modo a permitir a descarga do efluente tratado em colector municipal, funcionando este esquema de tratamento como um pré-tratamento, para posterior tratamento em ETAR Municipal, em conjunto com efluentes domésticos.

8.2.2.2. Resultados Obtidos

Na tabela seguinte apresentam-se os resultados obtidos, após os ensaios de electro-coagulação e electro-oxidação avançada ao efluente a tratar:

Tabela 8-22 - Afluente Bruto, Efluente da electro-coagulação e da electro-coagulação e electro-oxidação (Ensaio 7)

Parâmetro	Pontos de amostragem					% redução da Electro-Oxidação
	Afluente Bruto	Efluente da Electrocoagulação		Efluente da Electro-Coagulação e Electro-Oxidação Avançada		
		Valor	% redução	Valor	% redução	
pH	5,64	6,40	-	9,49	-	-
Temperatura (°C)	16,6	16,5	-	16,4	-	-
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	1117	159	86%	51	95%	68%
CQO (mg O ₂ /L)	9115	3686	60%	965	89%	74%
SST (mg SST/L)	1088	110	90%	70	94%	36%
Azoto Total (mg N/L)	120	55	54%	10	92%	82%
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	45	10,3	77%	2,2	95%	79%
Nitratos (mg NO ₃ /L)	75,3	19,9	74%	9,3	88%	53%
Fósforo Total (mg P/L)	47	7,5	84%	2,2	95%	71%

Como se pode verificar pelos resultados da tabela anterior, a etapa da electro-coagulação não é, por si só, suficiente para se atingirem valores de concentração no efluente de acordo com os valores que são exigidos normalmente nos Regulamentos Municipais de Descarga.

No entanto, se após a etapa de electro-coagulação existir uma etapa de oxidação avançada, verifica-se o cumprimento das normas de descarga exigíveis habitualmente nos Regulamentos de Descarga.

Deve notar-se que o valor do parâmetro pH aumentou bastante após a etapa de oxidação avançada, situando-se no limite máximo do intervalo de valores normalmente exigidos (entre 6,5 e 9,5, por norma). Se esta situação se verificar futuramente, em ensaios a realizar, deve ser previsto um sistema de correcção de pH do efluente tratado, de modo a serem garantidos os valores de pH normalmente exigidos na legislação aplicável (se o valor de pH for superior a 9,5).

9. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

9.1. Ensaio Físico-Químicos

Nos pontos seguintes será efectuada uma análise crítica aos resultados obtidos nos ensaios físico-químicos, bem como, quando justificável, uma comparação entre os vários resultados obtidos.

9.1.1. Ensaio 1 – Adição de PAX 18

Relativamente aos resultados do **Ensaio 1**, há a referir o seguinte:

- O valor de pH no efluente tratado diminuiu ligeiramente (de 5,80 para cerca de 5,65);
- À excepção dos parâmetros de Azoto (Azoto Total, Azoto Amoniacal e Nitratos), todos os outros parâmetros analisados apresentam percentagens de redução mais elevadas com uma dosagem de PAX 18 menor (2250 ppm);
- No que respeita aos parâmetros Fósforo Total e Fenóis, as percentagens de redução obtidas com as duas dosagens testadas foram semelhantes.

Comparando os valores de concentração do efluente tratado com os valores usualmente definidos nos Regulamentos de Descarga, e tomando como referência os valores da **tabela 6-1**, tem-se:

Tabela 9-1 - Comparação dos resultados do Ensaio 1 com os VLE de Regulamentos de Descarga

Parâmetro	Afluente Bruto	Ensaio 1 – PAX 18 (2500 ppm e 2250 ppm)		VLE	Cumprimento do Regulamento de Descarga	
		Copo 1 - 2500 ppm	Copo 2 - 2250 ppm		Copo 1 - 2500 ppm	Copo 2 - 2250 ppm
pH	5,80	5,66	5,64	5,5 – 9,5	✓	✓
Temperatura (°C)	16,3	15,9	15,9	45	✓	✓
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	850	361	223	500	✓	✓
CQO (mg O ₂ /L)	9144	4297	3915	1000	✗	✗
SST (mg SST/L)	930	215	175	1000	✓	✓
Azoto Total (mg N/L)	230	20	40	15	✗	✗
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	129	3,9	10,3	50	✓	✓
Nitratos (mg NO ₃ /L)	80	13,3	17,7	50	✓	✓
Fósforo Total (mg P/L)	64	1,5	1,8	50	✓	✓
Fenóis (mg C ₆ H ₅ OH /L)	17,0	16,2	16,5	0,5	✗	✗

- ✗ Incumprimento do Regulamento de Descarga
 ✓ Cumprimento do Regulamento de Descarga

Como se pode ver pela tabela anterior, os valores de concentração no efluente tratado, são superiores aos VLE dos Regulamentos de Descarga, para os parâmetros:

- CQO;
- Azoto Total;
- Fenóis.

9.1.2. Ensaio 2 – Adição de PAX 18, Albfloc 2152 e Peróxido de Hidrogénio

Relativamente aos resultados do **Ensaio 2**, há a referir o seguinte:

- O valor de pH no efluente tratado diminuiu consideravelmente (de 5,80 para valores entre 4,54 e 4,65);
- No que respeita à CBO₅, as percentagens de redução obtidas para as diferentes dosagens não diferem significativamente entre si (situaram-se entre 85 e 88%);
- Para a percentagem de redução da CQO, não se verificou uma tendência definida, com o aumento das dosagens de Peróxido de Hidrogénio;
- Para os SST, verificaram-se percentagens de redução superiores nos Copos 5 e 6, correspondentes a uma maior dosagem de Peróxido de Hidrogénio;
- As elevadas percentagens de redução obtidas para o parâmetro Azoto Amoniacal, nos Copos 3 e 5, de 96 e 93%, respectivamente;
- Relativamente aos parâmetros Azoto Total e Nitratos, as percentagens de redução mais elevadas verificaram-se nos Copos 2 e 3;
- No que respeita ao parâmetro Fósforo Total, as maiores percentagens de redução obtidas verificaram-se nos primeiros 4 Copos.

Comparando os valores de concentração do efluente tratado com os valores usualmente definidos nos Regulamentos de Descarga, e tomando como referência os valores da **tabela 6-1**, tem-se:

Tabela 9-2 - Comparação dos resultados do Ensaio 2 com os VLE de Regulamentos de Descarga

Parâmetro	Afluente Bruto	Ensaio 2 - PAX 18 (2250 ppm) + Albafloc 2152 (1 ppm) + Peróxido de Hidrogénio (H ₂ O ₂)						VLE	Cumprimento do Regulamento de Descarga					
		Copo 1 – 0,125 mL de H ₂ O ₂	Copo 2 – 0,25 mL de H ₂ O ₂	Copo 3 – 0,375 mL de H ₂ O ₂	Copo 4 – 0,5 mL de H ₂ O ₂	Copo 5 – 0,625 mL de H ₂ O ₂	Copo 6 – 0,75 mL de H ₂ O ₂		Copo 1 – 0,125 mL de H ₂ O ₂	Copo 2 – 0,25 mL de H ₂ O ₂	Copo 3 – 0,375 mL de H ₂ O ₂	Copo 4 – 0,5 mL de H ₂ O ₂	Copo 5 – 0,625 mL de H ₂ O ₂	Copo 6 – 0,75 mL de H ₂ O ₂
pH	5,80	4,65	4,59	4,57	4,56	4,54	4,57	5,5 – 9,5	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Temperatura (°C)	16,3	15,9	16,1	15,8	15,6	15,7	15,8	45	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	850	129	100	125	115	110	109	500	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CQO (mg O ₂ /L)	9144	5316	4564	5291	4995	4798	4921	1000	✗	✗	✗	✗	✗	✗
SST (mg SST/L)	930	500	510	493	527	445	450	1000	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Azoto Total (mg N/L)	230	50,0	31,0	33,0	125,0	100,0	70,0	15	✗	✗	✗	✗	✗	✗
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	129	15,4	16,7	5,1	18,0	9,0	14,0	50	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Nitratos (mg NO ₃ /L)	80	31,9	26,6	26,6	35,4	31,0	39,9	50	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Fósforo Total (mg P/L)	64	13,5	14,8	10,4	13,1	17,4	17,2	50	✓	✓	✓	✓	✓	✓

✗ Incumprimento do Regulamento de Descarga

✓ Cumprimento do Regulamento de Descarga

Como se pode ver pela tabela anterior, os valores de concentração no efluente tratado, são superiores aos VLE dos Regulamentos de Descarga, para os parâmetros:

- pH;
- CQO;
- Azoto Total.

9.1.3. Ensaio 3 – Adição de PAX 18 e Albafloc 2152

Relativamente aos resultados do **Ensaio 3**, há a referir o seguinte:

- O valor de pH no efluente tratado diminuiu consideravelmente (de 5,80 para valores entre 4,59 e 4,61);
- No que respeita à CBO₅, as percentagens de redução obtidas para as diferentes dosagens foram insuficientes, e bastante inferiores às obtidas nos ensaios anteriores (máximo de 35%);
- Para a percentagem de redução da CQO, os valores obtidos para as diferentes dosagens de floculante situaram-se entre 50 e 52%, mantendo-se semelhantes aos do ensaio 2 (adição de peróxido de hidrogénio, além do PAX 18 e do Albafloc 2152);
- Para os SST, verificaram-se percentagens de redução superiores nos Copos 1 e 2, correspondentes a uma menor dosagem de Albafloc 2152, mas ligeiramente inferiores aos melhores resultados obtidos no ensaio 2;
- As elevadas percentagens de redução obtidas para os parâmetros Azoto Amoniacal e Óleos e Gorduras, em todos os Copos, de 97 e 99%, respectivamente;
- Relativamente ao parâmetro Azoto Total, as percentagens de redução mais elevadas verificaram-se nos Copos 1 e 2, tendo estas mostrado uma tendência de diminuição, com o aumento da dosagem de floculante;
- Relativamente ao parâmetro Nitratos, as percentagens de redução mais elevadas verificaram-se nos Copos 2 e 3, tendo estas mostrado uma tendência de aumento, com o aumento da dosagem de floculante;
- No que respeita ao parâmetro Fósforo Total, as maiores percentagens de redução obtidas verificaram-se nos Copos 2 e 3.

Comparando os valores de concentração do efluente tratado com os valores usualmente definidos nos Regulamentos de Descarga, e tomando como referência os valores da **tabela 6-1**, tem-se:

Tabela 9-3 - Comparação dos resultados do Ensaio 3 com os VLE de Regulamentos de Descarga

Parâmetro	Afluente Bruto	Ensaio 3 – PAX 18 (2250 ppm) + Albfloc (1, 1,5 e 2 ppm)			VLE	Cumprimento do Regulamento de Descarga		
		Copo 1 – PAX 18 + Albfloc (1 ppm)	Copo 2 – PAX 18 + Albfloc (1,5 ppm)	Copo 3 – PAX 18 + Albfloc (2 ppm)		Copo 1 – PAX 18 + Albfloc (1 ppm)	Copo 2 – PAX 18 + Albfloc (1,5 ppm)	Copo 3 – PAX 18 + Albfloc (2 ppm)
pH	5,80	4,61	4,60	4,59	5,5 – 9,5	✗	✗	✗
Temperatura (°C)	16,3	15,7	15,8	16,2	45	✓	✓	✓
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	850	550	600	550	500	✗	✗	✗
CQO (mg O ₂ /L)	9144	4426	4562	4457	1000	✗	✗	✗
SST (mg SST/L)	930	487	490	580	1000	✓	✓	✓
Azoto Total (mg N/L)	230	40	44	51	15	✗	✗	✗
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	129	4,2	4,1	4,2	50	✓	✓	✓
Nitratos (mg NO ₃ /L)	80	36,8	30,1	27,9	50	✓	✓	✓
Fósforo Total (mg P/L)	64	22,2	16,1	19,4	50	✓	✓	✓
Fenóis (mg C ₆ H ₅ OH /L)	17,0	< 5	< 5	< 5	0,5	-	-	-
Cor (mg /L Escala Pt-Co)	-	1020	1080	1170		✗	✗	✗

✗ Incumprimento do Regulamento de Descarga

✓ Cumprimento do Regulamento de Descarga

Como se pode ver pela tabela anterior, os valores de concentração no efluente tratado, são superiores aos VLE dos Regulamentos de Descarga, para os parâmetros:

- pH;
- CBO₅;
- CQO;
- Azoto Total.

Como se pode constatar pelos resultados do quadro anterior, no que respeita ao parâmetro pH, a adição de PAX 18 e de Albfloc 2152 promove uma diminuição do valor deste parâmetro (de 5,80 até cerca de 4,60), à semelhança do que acontece no Ensaio 2. Este facto não pode ser desprezado num hipotético tratamento de efluentes de lagares de azeite através da adição destes produtos químicos, uma vez que pode promover a necessidade de instalação de um sistema de correcção de pH.

Relativamente ao Ensaio 1, no qual apenas se adicionou PAX 18, esta diminuição de pH é muito ligeira (diminuiu de 5,80, no afluente bruto, para cerca de 5,65), pelo que a diminuição mais acentuada deste parâmetro pode estar relacionada com a adição de Albafloc 2152.

9.1.4. Ensaio 4 – Adição de Cloreto Férrico e Albafloc 2152

Relativamente aos resultados do **Ensaio 4**, há a referir o seguinte:

- O valor de pH no efluente tratado diminuiu consideravelmente (de 5,80 para valores entre 4,30 e 4,41);
- No que respeita à CBO₅, as percentagens de redução obtidas para as duas dosagens de cloreto férrico utilizadas foram bastante boas (86 e 87%);
- Para a percentagem de redução da CQO, os valores obtidos para as duas dosagens de cloreto férrico foram superiores a 52%, sendo que se atingiu um valor de 60%, para a menor dosagem;
- Para os SST, verificaram-se percentagens de redução semelhantes para as duas dosagens, de 78 e 80%, respectivamente;
- Relativamente aos parâmetros Azoto Total e Nitratos, as percentagens de redução mais elevadas verificaram-se no Copo 2, ou seja, com uma maior dosagem de Cloreto Férrico, de 83 e 89%, respectivamente;
- Para os parâmetros Azoto Amoniacal e Fósforo Total obtiveram-se percentagens de redução semelhantes para as duas dosagens, de 83 e 86%, para o Azoto Amoniacal e de 98% para o Fósforo Total;

Comparando os valores de concentração do efluente tratado com os valores usualmente definidos nos Regulamentos de Descarga, e tomando como referência os valores da **tabela 6-1**, tem-se:

Tabela 9-4 - Comparação dos resultados do Ensaio 4 com os VLE de Regulamentos de Descarga

Parâmetro	Afluente Bruto	Ensaio 4 – Cloreto Férrico (1800 e 2100 ppm) + Albfloc 2152 (1 ppm)		VLE	Cumprimento do Regulamento de Descarga	
		Copo 1 - 1800 ppm	Copo 2 - 2100 ppm		Copo 1 - 1800 ppm	Copo 2 - 2100 ppm
pH	5,80	4,41	4,30	5,5 – 9,5	✗	✗
Temperatura (°C)	16,3	16,3	15,8	45	✓	✓
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	850	122	110	500	✓	✓
CQO (mg O ₂ /L)	9144	3687	4371	1000	✗	✗
SST (mg SST/L)	930	205	185	1000	✓	✓
Azoto Total (mg N/L)	230	50	40	15	✗	✗
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	129	22	18	50	✓	✓
Nitratos (mg NO ₃ /L)	80	18	9	50	✓	✓
Fósforo Total (mg P/L)	64	1,2	1,0	50	✓	✓

✗ Incumprimento do Regulamento de Descarga

✓ Cumprimento do Regulamento de Descarga

Como se pode ver pela tabela anterior, os valores de concentração no efluente tratado, são superiores aos VLE dos Regulamentos de Descarga, para os parâmetros:

- pH;
- CQO;
- Azoto Total.

9.1.5. Ensaio 5 – Adição de Cloreto Férrico e Albfloc 2152

Relativamente aos resultados do **Ensaio 5**, há a referir o seguinte:

- O valor de pH no efluente tratado diminuiu consideravelmente (de 5,80 para 4,40);
- No que respeita à CBO₅, a percentagem de redução obtida para o Copo 3 foi superior (78%);
- No que respeita à CQO, a percentagem de redução obtida para o Copo 3 foi superior (60%);
- Para os SST, verificaram-se percentagens de redução máximas, para o Copo 2, de 87%;
- Relativamente ao parâmetro Azoto Total, verificou-se que as percentagens de redução obtidas variaram entre 87 e 91%, sendo superiores nos Copos 2 e 3;
- Para os parâmetros Azoto Amoniacal e Nitratos e Fósforo Total obtiveram-se percentagens de redução semelhantes para todos os Copos, por parâmetro, tendo-se obtido 96% de redução para o Azoto Amoniacal e 80% para os Nitratos;
- Para o parâmetro Fósforo Total obtiveram-se percentagens de redução semelhantes para todos os Copos, tendo-se obtido um máximo de 98%.

Comparando os valores de concentração do efluente tratado com os valores usualmente definidos nos Regulamentos de Descarga, e tomando como referência os valores da **tabela 6-1**, tem-se:

Tabela 9-5 - Comparação dos resultados do Ensaio 5 com os VLE de Regulamentos de Descarga

Parâmetro	Afluente Bruto	Ensaio 5 – Cloreto Férrico (1800 ppm) + Albfloc 2152 (1, 1,5 e 2 ppm)			VLE	Cumprimento do Regulamento de Descarga		
		Copo 1 – FeCl ₃ + Albfloc (1 ppm)	Copo 2 – FeCl ₃ + Albfloc (1,5 ppm)	Copo 3 – FeCl ₃ + Albfloc (2 ppm)		Copo 1 – FeCl ₃ + Albfloc (1 ppm)	Copo 2 – FeCl ₃ + Albfloc (1,5 ppm)	Copo 3 – FeCl ₃ + Albfloc (2 ppm)
pH	5,80	4,40	4,40	4,40	5,5 – 9,5	✗	✗	✗
Temperatura (°C)	16,3	15,9	16,2	16,5	45	✓	✓	✓
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	850	249	214	190	500	✓	✓	✓
CQO (mg O ₂ /L)	9144	4305	4552	3627	1000	✗	✗	✗
SST (mg SST/L)	930	215	120	180	1000	✓	✓	✓
Azoto Total (mg N/L)	230	29,0	21,0	24,0	15	✗	✗	✗
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	129	4,9	5,0	5,3	50	✓	✓	✓
Nitratos (mg NO ₃ /L)	80	15,9	16,4	16,4	50	✓	✓	✓
Fósforo Total (mg P/L)	64	1,5	1,0	1,8	50	✓	✓	✓

✗ Incumprimento do Regulamento de Descarga

✓ Cumprimento do Regulamento de Descarga

Como se pode ver pela tabela anterior, os valores de concentração no efluente tratado, são superiores aos VLE dos Regulamentos de Descarga, para os parâmetros:

- pH;
- CQO;
- Azoto Total.

9.1.6. Ensaio 6 – Adição de Cloreto Férrico, Albfloc 2152 e Peróxido de Hidrogénio

Relativamente aos resultados do **Ensaio 6**, há a referir o seguinte:

- O valor de pH no efluente tratado diminuiu consideravelmente (de 5,80 para valores entre 4,12 e 4,44). Diminuiu com a adição de Cloreto Férrico e Albfloc 2152 e ainda mais com a adição de Peróxido de Hidrogénio (quanto maior a dosagem de peróxido, maior a diminuição de pH);
- No que respeita à CBO₅, as percentagens de redução obtidas para os Copos 3, 4 e 5 foram bastante boas (88, 87 e 88%, respectivamente);
- À excepção do parâmetro CBO₅, obtiveram-se sempre percentagens de redução superiores no Copo em que não se adicionou peróxido de hidrogénio, pelo que a adição deste reagente não traz grandes vantagens;
- Para o parâmetro CQO, os valores obtidos de percentagem de redução para os copos em que se adicionou peróxido de hidrogénio situaram-se entre 51 e 56%;
- Para os SST, verificaram-se percentagens de redução máximas, para os copos em que se adicionou peróxido de hidrogénio, de 73%;
- Relativamente aos parâmetros Azoto Total e Nitratos, as percentagens de redução obtidas, para os copos em que se adicionou peróxido de hidrogénio, foram sempre menores do que no Copo em que não se adicionou peróxido;
- Para os parâmetros Azoto Amoniacal e Fósforo Total obtiveram-se percentagens de redução semelhantes para os ensaios sem e com adição de peróxido, com máximos de 98%, para ambos os parâmetros;

Comparando os valores de concentração do efluente tratado com os valores usualmente definidos nos Regulamentos de Descarga, e tomando como referência os valores da **tabela 6-1**, tem-se:

Tabela 9-6 - Comparação dos resultados do Ensaio 6 com os VLE de Regulamentos de Descarga

Parâmetro	Afluente Bruto	Ensaio 6 – Cloreto Férrico (1800 ppm) + Albfloc 2152 (2 ppm) + Peróxido de Hidrogénio (H ₂ O ₂)						VLE	Cumprimento do Regulamento de Descarga					
		FeCl ₃ (1800 ppm) + Albfloc (2 ppm)	Copo 1 - 0,25 mL de H ₂ O ₂	Copo 2 - 0,5 mL de H ₂ O ₂	Copo 3 - 0,75 mL de H ₂ O ₂	Copo 4 - 1 mL de H ₂ O ₂	Copo 5 - 1,25 mL de H ₂ O ₂		FeCl ₃ (1800 ppm) + Albfloc (2 ppm)	Copo 1 - 0,25 mL de H ₂ O ₂	Copo 2 - 0,5 mL de H ₂ O ₂	Copo 3 - 0,75 mL de H ₂ O ₂	Copo 4 - 1 mL de H ₂ O ₂	Copo 5 - 1,25 mL de H ₂ O ₂
pH	5,80	4,44	4,41	4,25	4,19	4,15	4,12	5,5 – 9,5	×	×	×	×	×	×
Temperatura (°C)	16,3	15,9	15,9	16,1	15,9	15,9	16,1	45	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	850	234	409	191	106	110	101	500	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CQO (mg O ₂ /L)	9144	4229	4469	4112	4248	4198	4020	1000	×	×	×	×	×	×
SST (mg SST/L)	930	225	413	340	295	250	270	1000	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Azoto Total (mg N/L)	230	23	30	33	41	40	70	15	×	×	×	×	×	×
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	129	3,7	4,6	4,5	3,9	4,6	3,1	50	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Nitratos (mg NO ₃ /L)	80	18,0	25,7	29,2	47,8	55,4	87,2	50	✓	✓	✓	✓	×	×
Fósforo Total (mg P/L)	64	1,9	2,2	2,0	1,4	1,1	1,2	50	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Óleos e Gorduras (mg/L)	490	< 5	-	-	-	-	-	100	✓	-	-	-	-	-
Fenóis (mg C ₆ H ₅ OH /L)	17,0	12	-	-	-	-	-	0,5	×	-	-	-	-	-

× Incumprimento do Regulamento de Descarga

✓ Cumprimento do Regulamento de Descarga

Como se pode ver pela tabela anterior, os valores de concentração no efluente tratado, são superiores aos VLE dos Regulamentos de Descarga, para os parâmetros:

- pH;
- CQO;
- Azoto Total;
- Nitratos (apenas para os Copos 4 e 5);
- Fenóis (para o Copo com adição de Cloreto Férrico e Albufloc).

Deve notar-se que o parâmetro Fenóis apenas foi analisado no ensaio com adição de Cloreto Férrico e Albufloc.

9.1.7. Comparação Entre Ensaio

Ensaio 2 e 3 (Adição de PAX 18, Albufloc 2152 e Peróxido de Hidrogénio)

Na tabela seguinte apresentam-se as percentagens de redução mais elevadas atingidas para cada parâmetro, nos Ensaio 2 e 3.

Tabela 9-7 - Comparação das Percentagens de Redução dos Ensaio 2 e 3

Parâmetro	Rendimentos		Critérios de avaliação		
	Ensaio 2 - PAX 18 (2250 ppm) + Albufloc 2152 (1 ppm) + Peróxido de Hidrogénio (H ₂ O ₂)	Ensaio 3 – PAX 18 (2250 ppm) + Albufloc (1, 1,5 e 2 ppm)	Mau	Aceitável	Muito Bom
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	88%	35%	< 60 %	60 – 79 %	≥ 80%
CQO (mg O ₂ /L)	50%	52%	< 60 %	60 – 79 %	≥ 80%
SST (mg SST/L)	52%	48%	< 60 %	60 – 79 %	≥ 80%
Azoto Total (mg N/L)	87%	83%	< 60 %	60 – 79 %	≥ 80%
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	96%	97%	< 60 %	60 – 79 %	≥ 80%
Nitratos (mg NO ₃ /L)	67%	65%	< 60 %	60 – 79 %	≥ 80%
Fósforo Total (mg P/L)	84%	75%	< 60 %	60 – 79 %	≥ 80%
Óleos e Gorduras (mg/L)	-	99%	< 60 %	60 – 79 %	≥ 80%



Muito Bom



Aceitável



Mau

Pelos resultados da tabela anterior, verifica-se que a adição de Peróxido de Hidrogénio, em conjunto com o PAX 18 e com o Albfloc 2152, contribui para se atingirem maiores percentagens de redução dos vários parâmetros.

Ensaio 3 e 4 (Adição de PAX 18 (ou Cloreto Férrico) e Albfloc 2152)

Na tabela seguinte apresentam-se as percentagens de redução mais elevadas atingidas para cada parâmetro, nos Ensaio 3 e 4.

Tabela 9-8 -Comparação das Percentagens de Redução dos Ensaio 3 e 4

Parâmetro	Rendimentos	
	Ensaio 3 – PAX 18 (2250 ppm) + Albfloc (1, 1,5 e 2 ppm)	Ensaio 4 – Cloreto Férrico (1800 e 2100 ppm) + Albfloc 2152 (1 ppm)
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	35%	87%
CQO (mg O ₂ /L)	52%	60%
SST (mg SST/L)	48%	80%
Azoto Total (mg N/L)	83%	83%
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	97%	86%
Nitratos (mg NO ₃ /L)	65%	89%
Fósforo Total (mg P/L)	75%	98%
Óleos e Gorduras (mg/L)	99%	-



Muito Bom



Aceitável



Mau




Pelos resultados da tabela anterior, verifica-se que o Cloreto Férrico é mais eficiente na redução da concentração destes parâmetros, à excepção do Azoto Amoniacal. No entanto, a percentagem de redução obtida com o cloreto férrico para este parâmetro pode ser considerada elevada.

Ensaio 2 e 6 (Adição de PAX 18 (ou Cloreto Férrico), Albafloc 2152 e Peróxido de Hidrogénio)

Na tabela seguinte apresentam-se as percentagens de redução mais elevadas atingidas para cada parâmetro, nos Ensaio 2 e 6 (para o ensaio 6 apenas se consideraram os resultados dos copos onde se adicionou peróxido de hidrogénio).

Tabela 9-9 -Comparação das Percentagens de Redução dos Ensaio 2 e 6

Parâmetro	Rendimentos	
	Ensaio 2 - PAX 18 (2250 ppm) + Albafloc 2152 (1 ppm) + Peróxido de Hidrogénio (H ₂ O ₂)	Ensaio 6 – Cloreto Férrico (1800 ppm) + Albafloc 2152 (2 ppm) + Peróxido de Hidrogénio (H ₂ O ₂)
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	88%	88%
CQO (mg O ₂ /L)	50%	56%
SST (mg SST/L)	52%	73%
Azoto Total (mg N/L)	87%	87%
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	96%	98%
Nitratos (mg NO ₃ /L)	67%	68%
Fósforo Total (mg P/L)	84%	98%

 Muito Bom
  Aceitável
  Mau

Pelos resultados da tabela anterior, verifica-se que, dos coagulantes utilizados, em conjunto com o Albafloc 2152 e peróxido de hidrogénio, o mais eficiente é o Cloreto Férrico.

Ensaio 4, 5 e 6 (Adição de Cloreto Férrico e Albafloc 2152)

Na tabela seguinte apresentam-se as percentagens de redução mais elevadas atingidas para cada parâmetro, nos Ensaio 4, 5 e 6 (para o Ensaio 6, apenas se considerou o teste sem adição de peróxido de hidrogénio).

Tabela 9-10 - Comparação das Percentagens de Redução dos Ensaio 4, 5 e 6

Parâmetro	Rendimentos		
	Ensaio 4 – Cloreto Férrico (1800 e 2100 ppm) + Albfloc 2152 (1 ppm)	Ensaio 5 – Cloreto Férrico (1800 ppm) + Albfloc 2152 (1, 1,5 e 2 ppm)	Ensaio 6 – Cloreto Férrico (1800 ppm) + Albfloc 2152 (2 ppm)
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	87%	78%	72%
CQO (mg O ₂ /L)	60%	60%	54%
SST (mg SST/L)	80%	87%	76%
Azoto Total (mg N/L)	83%	91%	90%
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	86%	96%	97%
Nitratos (mg NO ₃ /L)	89%	80%	78%
Fósforo Total (mg P/L)	98%	98%	97%
Óleos e Gorduras (mg/L)	-	-	99%



Muito Bom



Aceitável



Mau

Pelos resultados da tabela anterior, verifica-se que, com uma dosagem inferior de Albfloc, conseguiram-se melhores percentagens de redução de CBO₅ e CQO. No que respeita aos parâmetros de Azoto e Fósforo, uma maior dosagem do Albfloc permite obter melhores percentagens de redução destes parâmetros, à excepção dos Nitratos.

9.1.8. Considerações Finais: Ensaio Físico-Químicos

O presente trabalho foi desenvolvido na perspectiva de proceder a uma caracterização do afluente produzido numa indústria de produção de azeite, tendo como objectivos principais aferir do possível tratamento físico-químico deste tipo de água residual, uma vez que o tratamento biológico encontra-se, à partida, inviabilizado, devido à elevada concentração de compostos fenólicos presentes.

Mediante os resultados analíticos obtidos, a principal conclusão a retirar prende-se com a extrema dificuldade de atingir graus de eficiência elevados no tratamento físico-químico utilizado, ou seja, através da metodologia utilizada, é possível a redução da concentração de alguns dos poluentes existentes neste tipo de efluentes, mas é muito difícil atingir concentrações no efluente tratado que permitam a sua descarga directa em meio hídrico, ou mesmo a descarga em colector municipal.

Este facto, que seria à partida expectável, em virtude da bibliografia encontrada e da experiência existente no tratamento deste tipo de efluentes, leva a que se verifique a necessidade de testar novas tecnologias de tratamento de águas residuais, que permitam o tratamento das águas ruças, minimizando o problema ambiental que elas hoje apresentam.

Desvantagens do Tratamento Físico – Químico:

Além de não se conseguir atingir as eficiências de redução desejadas, ou seja, que permitissem a descarga da água ruça em colector municipal, uma das maiores desvantagens da aplicação deste tratamento é a **elevadíssima produção de lamas** que se verifica, como consequência dos processos de coagulação-floculação.

Em virtude desta produção, verifica-se a necessidade de dar um destino final adequado a estas lamas, o que implica a instalação de um sistema de desidratação de lamas, bem como os custos associados ao destino final definido / imposto.

Na figura seguinte pode-se visualizar a quantidade de lamas produzidas, num dos ensaios de adição de químicos, relativamente ao clarificado produzido:

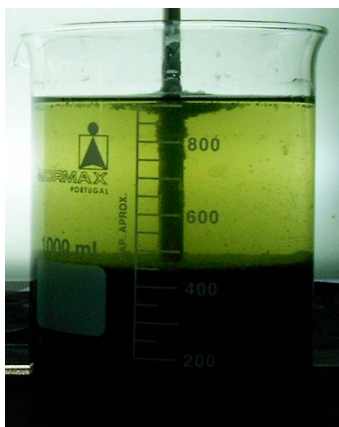



Figura 9-1 – Aspecto do clarificado e quantidade de lamas formadas nos ensaios de adição de produtos químicos

Deve ser referida a **interferência do peróxido de hidrogénio na análise do parâmetro CQO**, uma vez que se verificou que, com a adição deste oxidante ao efluente a tratar, o valor do parâmetro CQO aumentava, para várias dosagens de peróxido, pelo que a inclusão deste produto químico numa linha de tratamento deste tipo de efluentes deve ser encarada com algum espírito crítico.

Na tabela seguinte, apresentam-se as percentagens de redução máxima, para cada parâmetro, que se conseguiram obter com cada um dos coagulantes utilizados, independentemente da sua dosagem e da utilização de floculante e/ou peróxido de hidrogénio.

Tabela 9-11 - Comparação das Percentagens de Redução obtidas com PAX 18 e Cloreto Férrico

Parâmetro	Rendimentos	
	PAX 18	Cloreto Férrico
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	88%	88%
CQO (mg O ₂ /L)	57%	60%
SST (mg SST/L)	81%	87%
Azoto Total (mg N/L)	91%	91%
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	97%	98%
Nitratos (mg NO ₃ /L)	83%	89%
Fósforo Total (mg P/L)	98%	98%
Óleos e Gorduras (mg/L)	99%	99%
Fenóis (mg C ₆ H ₅ OH /L)	5%	29%

 Percentagem de Redução mais elevada

Neste contexto, a adição de cloreto férrico mostrou ser mais eficiente, embora as diferenças encontradas não sejam muito relevantes, à excepção do que se refere ao parâmetro Fenóis, onde com o Cloreto Férrico se conseguiu atingir uma percentagem de redução de 29%, sendo que com o PAX 18 apenas se tinha atingido os 5%. No entanto, deve ser referido que a análise ao parâmetro Fenóis só foi efectuada em alguns ensaios, pelo que esta conclusão pode não ser a mais correcta. Para uma melhor avaliação do funcionamento destes dois coagulantes, na redução do teor de fenóis de águas ruças, deveriam ser efectuadas mais ensaios laboratoriais.

Em virtude dos resultados da tabela anterior, a realização de novos ensaios com adição destes coagulantes, em conjunto com dosagens diferentes do floculante testado (Albafloc 2152), bem como a utilização de outros floculantes e oxidantes (além do peróxido de hidrogénio) fazem sentido, pois os resultados obtidos, apesar de não serem extraordinários, são bastante satisfatórios, tendo em conta que estamos a tratar de ensaios físico-químicos e do pré-tratamento (e não tratamento) das águas ruças.

9.2. Ensaio de Electro-Coagulação e Electro-Oxidação Avançada

Seguidamente será efectuada uma análise crítica aos resultados obtidos nos ensaios de **Electro-Coagulação e Electro-Oxidação (Ensaio 7)**.

9.2.1. Ensaio 7

Relativamente aos resultados do **Ensaio 7 - Electro-Coagulação e Electro-Oxidação Avançada**, há a referir o seguinte:

- O valor de pH no efluente tratado aumentou bastante, de 5,64 para 6,40 e 9,49, para o efluente da electro-coagulação e da electro-coagulação e electro-oxidação avançada, respectivamente;
- No que respeita à CBO₅, as percentagens de redução obtidas para os dois ensaios foram bastante boas (86 e 95%, respectivamente);
- Para a percentagem de redução da CQO, os valores obtidos para os dois ensaios foram de 60 e 89%;
- Para os SST, verificaram-se percentagens de redução semelhantes para os dois ensaios, de 90 e 94%, respectivamente;
- Relativamente ao parâmetro Azoto Total, as percentagens de redução obtidas foram de 54 e 92%, para cada um dos ensaios efectuados;
- No que respeita ao parâmetro Azoto Amoniacal, as percentagens de redução obtidas foram de 77 e 95%, para cada um dos ensaios efectuados;
- Relativamente ao parâmetro Nitratos, as percentagens de redução obtidas foram de 74 e 88%, para cada um dos ensaios efectuados;
- No que respeita ao parâmetro Fósforo Total, as percentagens de redução obtidas foram de 74 e 88%, para cada um dos ensaios efectuados;

Comparando os dois ensaios, verifica-se que com a aplicação da electro-oxidação após electro-coagulação atingem-se percentagens de redução muito mais elevadas do que apenas com a electro-coagulação.

Comparando os valores de concentração do efluente tratado com os valores usualmente definidos nos Regulamentos de Descarga, e tomando como referência os valores da **tabela 6-1**, tem-se:

Tabela 9-12 - Comparação dos resultados do Ensaio 7 com os VLE de Regulamentos de Descarga

Parâmetro	Afluente Bruto	Ensaio 7		VLE	Cumprimento do Regulamento de Descarga	
		Efluente da Electrocoagulação	Efluente da Oxidação Avançada		Efluente da Electrocoagulação	Efluente da Oxidação Avançada
pH	5,64	6,40	9,49	5,5 – 9,5	✓	✓
Temperatura (°C)	16,6	16,5	16,4	45	✓	✓
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	1117	159	51	500	✓	✓
CQO (mg O ₂ /L)	9115	3686	965	1000	✗	✓
SST (mg SST/L)	1088	110	70	1000	✓	✓
Azoto Total (mg N/L)	120	55	10	15	✗	✓
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	45	10,3	2,2	50	✓	✓
Nitratos (mg NO ₃ /L)	75,3	19,9	9,3	50	✓	✓
Fósforo Total (mg P/L)	47	7,5	2,2	50	✓	✓

✗ Incumprimento do Regulamento de Descarga

✓ Cumprimento do Regulamento de Descarga

O aspecto visual do efluente obtido após a etapa de electro-coagulação e posteriormente da etapa de oxidação avançada (através da adição de ozono) apresenta-se na figura seguinte:



Figura 9-2 – Aspecto visual da água ruça e dos efluentes das etapas de electro-coagulação e oxidação avançada

Apenas pelo aspecto visual dos efluentes, é possível constatar que existe, de facto, um tratamento eficiente, ou seja, uma redução da carga poluente existente na água ruça.

Como se pode ver pela tabela anterior, os valores de concentração no efluente tratado, são superiores aos VLE dos Regulamentos de Descarga, para os parâmetros:

- CQO;
- Azoto Total.

No entanto, estes incumprimentos verificam-se apenas para o efluente da Electro-Coagulação, sendo que para o Efluente da Electro-Oxidação após Electro-Coagulação, os parâmetros analisados encontram-se todos de acordo com os valores definidos nos Regulamentos de Descarga.

Na tabela seguinte apresenta-se uma comparação entre as melhores percentagens de redução obtidas com o cloreto férrico (coagulante que apresentou melhores resultados) e com os ensaios de electro-coagulação e electro-oxidação avançada:

Tabela 9-13 – Comparação dos Ensaio com Cloreto Férrico e dos Ensaio de Electro-Coagulação e Electro-Oxidação Avançada

Parâmetro	Pontos de amostragem		
	Cloreto Férrico	Efluente da Electro-coagulação	Efluente da Electro-Coagulação e Electro-Oxidação Avançada
	% redução	% redução	% redução
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	88%	86%	95%
CQO (mg O ₂ /L)	60%	60%	89%
SST (mg SST/L)	87%	90%	94%
Azoto Total (mg N/L)	91%	54%	92%
Azoto Amoniacal (mg NH ₄ /L)	98%	77%	95%
Nitratos (mg NO ₃ /L)	89%	74%	88%
Fósforo Total (mg P/L)	98%	84%	95%

 Maior % de Redução
  2ª Melhor % de Redução
  % de Redução mais baixa

Como se pode constatar, **as percentagens de redução mais elevadas foram conseguidas com a aplicação da tecnologia de electro-coagulação e oxidação avançada**, à excepção dos parâmetros Azoto Amoniacal, Nitratos e Fósforo Total, em que como Cloreto Férrico se conseguiram obter percentagens superiores.

Deve notar-se, no entanto, que as diferenças verificadas nas percentagens de redução destes três parâmetros são muito ligeiras, sendo os valores obtidos neste ensaio muito semelhantes aos valores mais elevados que se conseguiram atingir nos ensaios com Cloreto Férrico.

10. Conclusões

Sendo o sector da produção de azeite um sector localizado, na quase totalidade, nos países mediterrânicos, apenas nestes países existe preocupação com os efluentes gerados por esta actividade, nomeadamente águas ruças, o que conduz a um reduzido número de experiências e de soluções de valorização e tratamento.

Dos casos estudados é difícil retirar uma conclusão óbvia ou constatar experiências de grande sucesso, sendo de registar o facto de as soluções tecnológicas específicas para as águas ruças terem ainda valores de investimento e custos de operação elevados, contribuindo para este facto, fundamentalmente, a sazonalidade da actividade e a sua elevada carga poluente. Regista-se como tendência uma abordagem mais integrada desta actividade com outras actividades que não sejam sazonais, de modo a que se procurem soluções de tratamento e valorização de efluentes mais adequadas e a custos suportáveis pelo sector.

A solução actual de tratamento / valorização do efluente da COOPOR (efluente utilizado na irrigação de terrenos agrícolas) está de acordo com a legislação vigente em Portugal, pelo que se considera adequada.

No entanto, num futuro próximo, esta situação pode deixar de ser possível, pelo que novas alternativas de tratamento devem ser testadas / equacionadas, de modo a existir *know how* nesta matéria, que permita dar solução a um problema futuro. Neste sentido, a realização de ensaios à escala piloto desta natureza parecem apresentar-se como ponto de partida para alcançar uma solução técnica e economicamente viável.

Analizando os resultados obtidos nos vários ***ensaios físico-químicos realizados, bem como os resultados do ensaio realizado aplicando a tecnologia de Electro-coagulação / Electro-Oxidação Avançada***, pode concluir-se:

- O tratamento físico-químico pode ser encarado como um pré-tratamento, mas havendo sempre a necessidade de ser aplicada outra etapa de tratamento, de modo a obter-se um efluente com características que permitam a sua descarga em colector ou a descarga directa em meio hídrico.

- **apenas na segunda hipótese, o tratamento deste tipo de efluentes apresenta viabilidade, tendo em conta a descarga da água ruça em colector municipal.**

De seguida apresentam-se algumas das desvantagens do **Sistema de Electro-Coagulação e Oxidação Avançada:**

Os custos de exploração que dependem directamente dos caudais diários do afluente e das eficiências pretendidas, o que altera, por exemplo o valor da potência módulo de electro-coagulação instalado.

Em termos de desvantagens deste tipo de tecnologia, há ainda a referir:

- o seu elevado custo, comparativamente com as soluções de tratamento tradicionais (embora estas sejam muito menos eficazes no tratamento deste tipo de efluentes, comprometendo, muitas vezes, a defesa dos meios receptores);
- a necessidade de substituição do ânodo de alumínio de 6 em 6 meses (com os seus custos associados). Esta periodicidade pode variar, com as características do efluente a tratar;
- a sua limitação em termos do caudal tratado (o que neste caso, desde que exista um dispositivo de armazenamento das águas residuais produzidas, não representa problema).

Deve referir-se o valor elevado de pH no efluente da etapa do ensaio de electro-oxidação avançada (9,49), que se situa no limite máximo da gama de valores normalmente definida nos Regulamentos de Descarga de Águas Residuais em Colector Municipal.

Neste sentido, será de se antever a instalação de um sistema de correcção de pH (com adição de um ácido, por exemplo), de modo a baixar o pH do efluente descarregado, num sistema de tratamento através desta tecnologia. É óbvio que esta situação carece da realização de mais ensaios, de modo a permitir a constatação deste facto.

Deve ter-se em consideração as limitações dos ensaios efectuados, no que respeita ao facto das variáveis a considerar nos ensaios laboratoriais serem diferentes das verificadas numa instalação de tratamento (condições de mistura dos reagentes químicos com o efluente a tratar, por exemplo). Os resultados obtidos respeitam ao efluente que foi utilizado, podendo estes variar no tempo, uma vez que o próprio efluente pode sofrer alterações, além das diferenças que se podem verificar entre efluentes de diferentes indústrias.

Uma análise que seria interessante e importante de se realizar, no futuro, seria uma análise económica, tanto de um sistema de tratamento físico-químico, como de um sistema de electro-coagulação e electro-oxidação avançada. Se, por um lado, os custos de investimento inicial da segunda hipótese se apresentam como bastante mais elevados, seria interessante uma comparação entre este custo (englobando também o custo de operação do sistema), com os custos relativos ao consumo de produtos químicos e aquisição de equipamentos de um sistema físico-químico.

Há, no entanto, uma ressalva que deve ser feita na análise aos resultados obtidos, uma vez que as concentrações de poluentes encontradas no efluente da COOPOR são consideravelmente inferiores às concentrações de efluentes de outros lagares de produção de azeite de que tenhamos conhecimento, bem como de valores médios encontrados em bibliografia.

11. Perspectivas de Trabalhos Futuros e Considerações Finais

Um dos estudos a desenvolver futuramente, que se afigura como promissor, pode ser o tratamento deste tipo de efluentes em duas etapas, uma através de tratamento com recurso à tecnologia da electro-coagulação e electro-oxidação avançada e uma segunda etapa através de tratamento físico-químico convencional, consistindo em processos de coagulação / floculação / sedimentação, ou mesmo através de tratamento por via biológica (sistema de lamas activadas, por exemplo). De acordo com os resultados obtidos, poder-se-ia considerar também um sistema de tratamento que englobasse um tratamento físico-químico a montante, e posteriormente um processo de electro-coagulação e oxidação avançada.

Outra das possíveis soluções a testar futuramente, para este tipo de efluentes, poderia englobar uma etapa de Electro-coagulação e Electro-Oxidação Avançada a montante, seguida de um tratamento convencional por via biológica (tipo lamas activadas, por exemplo). Um esquema de tratamento deste tipo permitiria, seguramente, atingir valores de concentração de vários poluentes de acordo com os valores médios definidos nos Regulamentos Municipais de Descarga de Águas Residuais em Colector.

Num futuro próximo, esta seria uma alternativa a testar, uma vez que os resultados obtidos apontam para o sucesso desta alternativa. É óbvio que a inclusão de um sistema de tratamento biológico a jusante careceria sempre de uma análise exaustiva, mediante avaliação das características do afluente ao tratamento biológico, até porque poderia ser testado o funcionamento da primeira etapa de tratamento com águas ruças com vários graus de diluição, ou seja, com mistura ou não de águas provenientes de processos de lavagens das azeitonas, por exemplo.

É convicção de que o presente trabalho pode representar uma mais-valia aos intervenientes nesta área de actividade (tanto para os produtores de azeite, como para as empresas especializadas na área do tratamento de águas residuais industriais), podendo servir de ponto de partida para a realização de novos ensaios, tendo sempre presente que este tipo de efluentes varia de instalação para instalação, em virtude das diferentes capacidades de produção e do sistema de extracção de azeite utilizado.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akdemir, E.O.; Ozers, A. (2006) – *Application of microfiltration process to the treatment of olive oil mill wastewater*, Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, 2006.
- Baeta-Hall, L.; Sáágua, M.C.; Bartolomeu, M.L.; Anselmo, A.M.; Rosa, M.F. (2002) – *A compostagem como processo de valorização dos resíduos produzidos na extracção de azeite em contínuo*, Biotecnologia Ambiental, 2002.
- Bertin, L.; Colao, M.C.; Ruzzi M.; Marchetti L.; Fava, F. (2006) – *Performances and microbial features of an aerobic packed-bed biofilm reactor developed to post-treat an olive mill effluent from an anaerobic GAC reactor*, Microbial Cell Factories. BioMed Central, 2006.
- Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat) (1998) - *Plataforma Solar de Almería Annual Report '97* – Almería, Spain, 1997.
- Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Ciemat) (2001) - *Plataforma Solar de Almería Informe Anual (2001)* – Almería, Spain, 2001.
- D'Acqui, L.P.; Sparvoli, E.; Agnelli A.; Santi (2002) – *Olive oil mills wastewaters and clay minerals interactions: organics transformation and clay particles aggregation*, 17th WCSS, Thailand, August 2002.
- e-toon, Electronical Technical Transfer Olive Oil Network (2008) – *Métodos de Extracção de Azeite*; www.e-toon.net, 2008.
- Evcil, H. (2005) – *Pretreatment of olive oil mill wastewater*, Dokuz Eylul University, September, 2005.
- GPP, Gabinete de Planeamento e Políticas (2007) – *Olivicultura: Diagnóstico Sectorial*, MADRP, Fevereiro, 2007.
- INETI (2001) – *Guia Técnico: Sector dos Óleos Vegetais Derivados e Equiparados*, Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, Lisboa, Setembro 2001.
- *Tecnologias do Ambiente (2007)*, n.º 76, Março – Abril 2007.
- *A problemática das águas ruças*, campus.fct.unl.pt/afr/ipa_9900/grupo0035_agua/index.htm, 2008.
- *O Azeite e o Ambiente*, www.gppaa.min-agricultura.pt, Julho 2000.
- Oliveira, J.F.S. (1995) - *A Lagunagem em Portugal: Conceitos Básicos e Aplicações Práticas*; Edições Universitárias Lusófonas, 1995.
- Peres, J.A. (2007) – *Processos de Tratamento e Valorização dos Resíduos e Efluentes das Unidades de Azeite*, UTAD, 2007.
- Sobhi, B.; Isam, S.; Ahmad, Y.; Jacob, H.; Ahlam, S. (2004) – *Reducing the environmental impact of olive mill wastewater in Jordan, Palestine and Israel*, Israel, 2004.
- Assalin, M.; Freire, R.; Durán, N. (2003) - *Aplicação da Ozonização Catalítica na Remediação do Efluente papeleiro Ktaft E1* - Encontro sobre aplicações ambientais de Processos Oxidativos Avançados, Campinas, Agosto, 2003.

- Pacheco, E.D.; Teixeira, C.; Chaim, R.; Almeida, C.; Silva, M. (2003) - *Uso dos Processos Oxidativos Avançados na redução de DQO de efluente proveniente de processos de fabricação de produtos fotográficos através do uso da quimiometria* - Encontro sobre aplicações ambientais de Processos Oxidativos Avançados, Campinas, Agosto, 2003.
- TDC-Olive (2004) – *By-Product Resusing from olive and olive oil production*, Technology Dissemination Centres – Olive, 2004.