



INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA
ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA

Gestão Sustentável da água numa indústria agro-alimentar

Versão final

Joana Patrícia Gomes Blazer Veríssimo

Aluno nº 21402701

Orientador:

Prof. Eng.ª. Lourdes Costa

Co-Orientador:

Prof. Eng.ª Carla Rodrigues

Coimbra, 2017



INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA
ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA

Gestão Sustentável da água numa indústria agro-alimentar

Versão final

Joana Patrícia Gomes Blazer Veríssimo

Aluno nº 21402701

Orientador:

Prof. Eng.ª. Lourdes Costa

Co-Orientador:

Prof. Eng.ª Carla Rodrigues

Relatório de estágio profissionalizante apresentado à Escola Superior Agrária de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre em Gestão Ambiental.

Coimbra, 2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que me ajudaram e acompanharam durante este percurso, criando momentos de alegria e divertimento.

Agradeço à Professora Lourdes Costa e à Professora Carla Rodrigues, por todo o tempo despendido ao longo deste ano, por todo o conhecimento transmitido e por todos os conselhos fornecidos.

Agradeço a toda a equipa da CTGA, que me proporcionou a possibilidade de desenvolvimento desta dissertação de mestrado. Agradeço por todo o conhecimento adquirido ao longo do tempo de desenvolvimento do trabalho.

Agradeço a todos os meus amigos mais próximos, em especial à Diana, à Filipa e ao Pedro, por todos os momentos de discussão de ideias, conhecimento, compreensão e diversão.

Agradeço à minha família e ao meu namorado pela paciência despendida para os momentos de maior empenho e compreensão no desenvolvimento da dissertação.

RESUMO

As críticas necessidades de água existentes no planeta levam a uma conscientização por parte da população em geral. As elevadas taxas de consumo de água na indústria, permitem que os responsáveis apliquem medidas de redução de custos. Nesta dissertação apresenta-se uma introdução sobre medidas aplicáveis à indústria agro-alimentar para uma gestão sustentável da água, processo de tratamento de efluentes industriais provenientes da produção alimentar e uma discussão de resultados teóricos relacionados com o tratamento dos efluentes provenientes dos processos de fabrico. São definidos alguns locais de aplicação do efluente tratado nas imediações da empresa caracterizada. Os resultados, teoricamente, não cumprirão os limites de descarga em meio hídrico aplicados à indústria em estudo.

Palavras-chave: Reutilização, Processo tratamento, Indústria, Gestão sustentável; Azeitona de mesa.

ABSTRACT

The critical water needs on the planet lead to a general awareness of the population. The high water consumption rates in the industry allow those responsible to implement cost reduction measures. This dissertation presents an introduction on measures applicable to the agro-food industry for sustainable water management, process of treatment of industrial effluents from food production and a discussion of theoretical results related to the treatment of effluents from the manufacturing processes. Some places of application of the treated effluent are defined in the vicinity of the company. The results, theoretically, will not meet the discharge limits in water applied to the industry under study.

Keywords: Reuse, Treatment process, Industry, Sustainable management: olive.

ABREVIATURAS

CBO – Carência Bioquímica de Oxigénio

CBO5 – CBO referente a teste de 5 dias

CE – Comunidade Europeia

CMT – condimentos, molhos e temperos

CQO – Carência Química de Oxigénio

DQA – Directiva Quadro Águas

ETARI – Estação de Tratamento de Águas Residuais Industriais

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

GPP – Gabinete de Planeamento, Políticas e Administração Geral

INE – Instituto Nacional de Estatística

LBA – Lei de Bases do Ambiente

MBBR - Sistema de biomassa fixa em leito móvel

MTD – Melhores Técnicas Disponíveis

N– Azoto total

NP – Norma Portuguesa

NUTS – Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

ONU – Organização das Nações Unidas

P – Fósforo total

PCIP – Prevenção e Controlos Integrados da Poluição

pH – Potencial Hidrogeniónico

PNA – Plano Nacional da Água

PNEUA – Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água

POA – Processos de Oxidação Avançados

SST – Sólidos Suspensos Totais

ÍNDICE

Agradecimentos	i
Resumo.....	ii
Abstract	ii
Abreviaturas	iii
Índice	iv
Índice de Figuras.....	v
Índice de tabelas.....	v
1. Introdução	1
2. Revisão Bibliográfica.....	3
2.1. Caracterização do sector	6
2.1.1. Sistemas de tratamento dos efluentes gerados	8
2.2. Legislação aplicável	11
2.3. Reutilização no sector industrial.....	13
3. Caracterização da empresa	17
4. Metodologia	18
5. Caso de estudo	19
5.1. Caracterização dos afluentes da ETAR.....	19
5.2. Caracterização do processo de tratamento.....	21
6. Resultados e Discussão.....	30
7. Conclusão	33
8. Bibliografia.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Ineficiência nacional do uso da água por sector (relativas às perdas no armazenamento, transporte e distribuição) (PNUEA, 2012).....	4
Figura 2 Produção de azeitona de mesa a nível nacional (Adaptado, INE 2017).....	7
Figura 3 - Azeitona galega oxidada (Mendes, 2017).	17
Figura 4 - Esquema processual de tratamento dos efluentes da ETARI.....	22
Figura 5 - Floculador tubular do tipo <i>plug-flow</i> (Lenntech, 2017).	24
Figura 6 - Meio de Suporte de Biomassa.....	27
Figura 7 - Decantador lamelar (esquerda) e lamelas do decantador (direita).....	28
Figura 8 - Filtros multimédia.....	29

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Aplicações da reutilização de água residual tratada no sector industrial. ...	14
Tabela 2 - Problemas e causas gerados pela reutilização de água tratada.....	15
Tabela 3 - Parâmetros e concentrações definidos na licença de descarga em meio hídrico, segundo o Decreto-Lei n.º236/98, de 1 de Agosto.	19
Tabela 4 - Caudais e valores de concentração e carga de efluentes provenientes das diferentes actividades diárias da empresa.	20
Tabela 5 - Eficiências de remoção e valores finais do efluente.	32

1. INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais utilizados pelo Homem e o estabelecimento de agregados populacionais era determinado pela sua presença nas proximidades, desempenhando um papel fundamental na sobrevivência da humanidade. O acesso a água potável é essencial para a manutenção da saúde e bem-estar de todo o ser humano e, sendo este um recurso limitado, a falta de água com qualidade, diminui a qualidade de vida das populações (Pinto, 2012).

As actividades humanas, directa ou indirectamente, podem diminuir a qualidade da água, tornando-a imprópria para determinados fins, ou seja, podem diminuir a quantidade de água com qualidade para ser utilizada em algumas actividades, afectando não só o Homem, como também outros organismos e principalmente a manutenção das funções e integridade dos ecossistemas aquáticos (Pinto, 2012).

É essencial a conservação das condições naturais dos ecossistemas e planear uma forma de mitigar os impactes negativos criados pela utilização deste recurso como receptor de descargas pontuais e difusas, provenientes de efluentes domésticos, industriais e agrícolas.

Uma das principais fontes de poluição são as indústrias, no entanto, recentemente, estas têm um papel importante na sua preservação, devido principalmente ao aumento da monitorização da qualidade das águas, como também da implementação de medidas com o objectivo de minimizar impactes no ambiente, prevenindo a poluição e preservando recursos naturais não renováveis.

Hoje em dia, a indústria é um dos maiores sectores consumidores de água, conduzindo a opções que permitam a poupança nos custos, através da adopção de medidas de reutilização da água em pequenos ou grandes locais no espaço fabril. Estes compreendem a utilização em lavagens de linhas de produção e a rega de espaços verdes.

A protecção do meio ambiente e a utilização racional dos recursos naturais têm assumido um papel cada vez mais relevante na gestão das organizações, fruto da crescente consciencialização das fragilidades do meio ambiente e da consequente pressão mediática (Pinto, 2012).

O tema desenvolvido neste trabalho identifica possíveis locais de aplicação de água reutilizada no espaço fabril de uma indústria agro-alimentar, uma vez que os elevados consumos de água necessários ao processamento dos alimentos levam à sensibilização na empresa para a adopção de medidas que permitem a minimização de impactes ambientais futuros.

Os objectivos principais deste trabalho centram-se nas definições das eficiências de remoção de diferentes processos de tratamento de efluentes da indústria agro-alimentar, caracterização dos processos de tratamento aplicados no caso de estudo e identificação de possíveis locais a integrar o efluente final gerado na indústria agro-alimentar. Ter-se-á em conta o tipo de indústria, e os valores limite máximos admissíveis para a descarga de água de acordo com o Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto.

O trabalho encontra-se estruturado numa primeira fase o Capítulo 1 – Introdução, seguindo para o Capítulo 2 que apresenta uma revisão bibliográfica sobre a caracterização do sector industrial, revisão teórica dos sistemas de tratamento mencionados posteriormente, legislação aplicável ao caso em estudo e identificação de possíveis reutilizações no sector industrial. O Capítulo 3 apresenta a caracterização da indústria agro-alimentar em estudo. A metodologia de obtenção de dados encontra-se no Capítulo 4. O Capítulo 5 caracteriza os afluentes da indústria agro-alimentar e todo o processo de tratamento escolhido para o tratamento dos afluentes identificados. Segue uma apresentação de resultados e discussão dos mesmos identificados no Capítulo 6, e por último a conclusão de toda a dissertação no Capítulo 7.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A água é um recurso cada vez mais escasso no planeta, tornando-se crítico em alguns países face às alterações climáticas, sendo necessário tomar medidas de prevenção para este recurso através de uma boa gestão sustentável. O recurso hídrico deve ser gerido da melhor forma para benefício do Homem sem comprometer as necessidades dos ecossistemas e a continuidade hídrica dos cursos de água (PNUEA, 2012).

A gestão sustentável, as infra-estruturas e o acesso a água potável são factores de aumento de qualidade de vida, que auxilia a expansão da economia local e cria novos postos de trabalho. O crescimento sustentável e o desenvolvimento de populações são factores que monitorizam uma boa gestão sustentável da água (ONU, 2016).

A população mundial torna-se cada vez mais consciente para a reutilização de água residual tratada. Existem cada vez mais casos de sucesso na reutilização da água em Portugal, como o caso da zona Algarvia, uma zona turística no sul de Portugal, que utiliza água residual doméstica tratada para rega de campos de golfe, rega urbanística e limpeza de estradas/pavimentos. A necessidade de uma boa gestão de um recurso escasso em época alta, levou ao desenvolvimento de novas formas de reutilização de água residual tratada.

Em 2012 foi criado um Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), centrado na implementação de medidas de redução das perdas de água e de optimização do uso da água, sendo cada vez mais um instrumento de gestão imprescindível para a protecção dos Recursos Hídricos nacionais, principalmente em locais onde a variabilidade climática gera frequentes situações de stress hídrico. Em Portugal foi definido até 2020 uma redução de 15% de consumo de água no sector industrial, apresentando uma eficiência de uso de 85% do consumo de água (PNUEA, 2012).

Portugal iniciou o século XXI com uma procura anual de água no território continental estimada em cerca de 7.500 milhões de metros cúbicos, no conjunto dos três sectores: urbano, agrícola e industrial. O sector agrícola é, em volume, o maior consumidor (>80%). Em termos de custos de abastecimento, o sector urbano é o mais

representativo, uma vez que a água para consumo humano requer tratamento prévio específico (PNUEA, 2012).

A aplicação de medidas de redução nos vários sectores de actividade, proporcionou a melhoria da eficiência do uso da água entre 2002 e 2010. A ineficiência associada às perdas no sistema de adução e distribuição, a mais facilmente contabilizada, foi mais significativa no sector urbano, conforme indicado na Figura 1 (PNEUA, 2012).



Figura 1 - Ineficiência nacional do uso da água por sector (relativas às perdas no armazenamento, transporte e distribuição) (PNUEA, 2012).

Apesar do aumento verificado na eficiência de utilização da água, existe uma parcela importante de desperdício, associada à ineficiência de usos e perdas, continuando a existir oportunidades para uma melhoria significativa do consumo de água em todos os sectores, diminuindo os impactes ambientais, sociais e económicos (PNUEA, 2012).

Muitos processos industriais dependem da disponibilidade imediata de água em grandes quantidades. Os maiores consumos de água registam-se ao nível dos sectores de transformação, nomeadamente no fabrico de pasta de papel, papel e cartão (39%), produtos alimentares e bebidas (20%), metalúrgicas de base (11%), produtos químicos (10%) e têxteis (4%) (Marecos, 2010).

O crescimento económico ao longo dos anos e devido a uma maior sensibilização por parte das indústrias, através da adaptação das melhores tecnologias disponíveis (MTD) para redução de custos ao nível de eficiência e ao nível de consumo de água este tem sido menor. A extensão do uso de água depende do local, da infra-estrutura, da proximidade de linhas para reutilização de água, da qualidade de água e do custo associado à sua utilização (Casania et al., 2005).

Segundo a Organização das Nações Unidas a indústria representa aproximadamente 4% da captação mundial de água. Prevendo-se até 2050 que a indústria aumente o uso da água em 400%. Com a aplicação de MTD e a maior sensibilização sobre o papel essencial da água na economia, a indústria implementará medidas para reduzir o consumo de água melhorando a produtividade industrial (ONU, 2016).

Na Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu e ao Conselho, COM(2007) 414, “Enfrentar o Desafio da Escassez e das Secas na União Europeia” a Comissão Europeia (CE) desenhou a estratégia comunitária para questões associadas aos efeitos das secas e da escassez e manifesta-se plenamente empenhada em continuar a sua abordagem a nível internacional no âmbito da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas. Recordando que tanto as secas como a escassez têm também impactes “nos recursos naturais em geral devido a efeitos secundários negativos na biodiversidade, na qualidade da água, nos riscos de incêndios e no empobrecimento dos solos”. A CE propõe, uma hierarquia dos recursos hídricos, na qual só serão consideradas opções adicionais de abastecimento de água (p. ex.: dessalinização) depois de terem sido esgotadas todas as outras melhorias (p. ex.: captação de água superficial) a nível da eficiência do lado da procura. Esse processo deverá basear-se numa análise custo-benefício (PNA, 2015).

A nível nacional os recursos hídricos caracterizam-se pela sua relativa abundância, irregular distribuição espacial, acentuada sazonalidade e irregularidade interanual (PNA, 2015).

De acordo com a ONU, até 2030 um dos principais objectivos será alcançar o acesso mundial e equitativo à água potável e segura para todos; alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos e acabar com a defecação a céu aberto; melhorar a qualidade da água reduzindo para metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando a reutilização a nível global. É ainda salientada a necessidade de aumentar a eficiência no uso da água em todos os sectores e assegurar extracções sustentáveis (ONU, 2016).

2.1. CARACTERIZAÇÃO DO SECTOR

Na indústria a reutilização da água residual tratada é aplicada de acordo com o tipo de indústria. Pode ser reutilizada em rega de espaços verdes, refrigeração de equipamentos, refrigeração de locais, entre outros. Desse modo, a redução do consumo de água potável é visível na indústria, podendo, em algumas situações, existir poupanças superiores a 50%.

No sector industrial, os tipos de indústrias mais consumidoras de água estão abrangidas pelo regime PCIP (Prevenção e Controlo Integrados de Poluição) e, portanto, são obrigadas a planos de melhoria e a relatórios ambientais anuais. É muito provável que os cerca de 500 estabelecimentos de dimensão relevante, abrangidos pelo PCIP, tenham apresentado ganhos visíveis de eficiência no uso da água (PNUEA, 2012).

No PNUEA (2012) encontram-se definidos alguns objectivos estratégicos para o sector indústria, sendo enumerados de seguida:

- Optimização do uso da água na unidade industrial, sem que cause prejuízo na eficiência dos processos e operações;
- Aplicação das Melhores Técnicas Disponíveis (MTD) no contexto do regime de Prevenção e Controlo Integrados da Poluição (PCIP);
- Limitação dos impactes no meio ambiente associados às descargas de águas residuais industriais, conseguida através de uma melhor gestão do ciclo da água.

Para além de objectivos estratégicos definidos para o sector industrial, são definidos objectivos específicos para o mesmo sector, enumerando-os de seguida (PNUEA, 2012):

- Redução dos consumos de água e dos volumes de águas residuais geradas, através de adequação de procedimentos.
- Utilização mais eficiente de equipamento e dispositivos;
- Adopção de sistemas de reutilização/recirculação de água, através de alterações efectuadas nos processos de fabrico industrial;

Para os diferentes usos indicados anterior, a reutilização de água tratada pode ser aplicada na agricultura, indústria, recarga de aquíferos e rega paisagística. A poupança

que advém da conjugação das boas práticas a nível dos vários sectores económicos poderá ser uma mais-valia significativa (PNUEA, 2012).

Portugal é um dos maiores produtores de azeitona na zona mediterrânica. A oliveira é uma árvore nativa do clima mediterrâneo, sendo que o seu fruto não pode ser consumido directamente devido à presença de um glicosídeo ácido (Oleuropeína), o qual terá de ser processado.

De acordo com a Figura 2, a produção de azeitona de mesa em 2013 foi maior na zona do Alentejo, seguindo a zona norte do país, mas verifica-se que no ano de 2015 a produção de azeitona de mesa foi maior na zona norte do país do que na zona do Alentejo. Verifica-se ainda que a superfície de cultivo manteve-se estável de 2015 para 2016, excepto na zona do Alentejo, onde aumentou cerca de 296ha. Contudo existiu um decréscimo na produção de azeitona de mesa, sendo a região alentejana a maior produtora no ano de 2016.

NUTS II	Azeitona de mesa (2013)		Azeitona de mesa (2015)		Azeitona de mesa (2016)	
	Superfície (ha)	Produção (t)	Superfície (ha)	Produção (t)	Superfície (ha)	Produção (t)
Norte	3742	6751	3744	10523	3744	7760
Centro	1534	1274	1534	946	1534	573
Lisboa	26	31	26	15	26	8
Alentejo	3254	9355	3254	9094	3550	8864
Algarve	232	121	236	173	236	111

Figura 2 Produção de azeitona de mesa a nível nacional (Adaptado, INE 2017).

Por outro lado, segundo a GPP, a produção de azeitona de mesa na campanha de colheita de 2016/2017 face à campanha de 2015/2016 aumentou, em Portugal, cerca de 14%. Verificando-se uma aposta em campanhas de produção de azeitona de mesa maior, do que em campanhas de produção de azeite, decrescendo a produção de azeite de cerca de 31% na campanha de 2016/2017 face à campanha de 2015/2016 (GPP, 2017).

As azeitonas, fruto da oliveira, são colhidas para consumo, podendo gerar dois tipos de produtos: azeite e azeitona de mesa. A azeitona de mesa terá de sofrer diferentes processos antes de ser consumida. Um dos processos é denominado processo natural, onde as azeitonas não sofrem uma etapa alcalina para remoção de acidez. No processo natural poderá ocorrer diferentes fermentações em água, água acidificada ou

salmoura ou poderá sofrer uma fermentação através de uma salmoura arejada ou colocar a azeitona directamente em sal, sem utilizar nenhuma solução (Olivae,2016).

A colheita das azeitonas de mesa é uma etapa importante para a produção da azeitona preta natural. As azeitonas são colhidas quando a sua pele começa a tornar-se escura e quando apertada, a pele, estala de ponta a ponta. A colheita manual é um factor decisivo para a qualidade das azeitonas de mesa. Após a colheita esta é escolhida e classificada de acordo com o tamanho, este processo é importante pois a reacção química ocorrida durante a fermentação difere de acordo com o tamanho do fruto, permitindo, desta forma, uma melhor homogeneização do produto final (Olivae, 2016).

De seguida seguem para uma lavagem antes de serem colocadas em salmoura, passa por um controlo de qualidade quanto à sua cor, maturidade, tamanho ou dano, que será eliminado. O processo de lavagem serve para a remoção de substâncias como óleo e poeiras antes de as azeitonas serem introduzidas no tanque de fermentação (Olivae, 2016).

Durante o processo de fermentação o valor de pH do fruto baixa e as azeitonas começam a ganhar cor. Após saírem da salmoura, estas ficam negras através do contacto com o ar durante o pequeno tempo que passa entre o controlo de qualidade e as etapas de embalamento (Olivae, 2016).

No entanto, as diferentes fases referenciadas anteriormente no processo de produção de azeitona de mesa implicam diferentes efluentes com diferentes características dependendo do tipo de fermentação utilizado.

2.1.1. SISTEMAS DE TRATAMENTO DOS EFLUENTES GERADOS

A escolha de um sistema de tratamento é determinada por vários factores: características quantitativas e qualitativas das águas residuais, localização do sistema e objectivos de qualidade que se pretendem, condicionando a extensão do tratamento.

A estação elevatória de um sistema de tratamento, permite a elevação do efluente para outro local, contrariando a acção gravítica. Geralmente, é considerado como um tanque onde aflui os afluentes canalizados, possui dois grupos electrobomba, um em funcionamento e outro de reserva.

A tamisação é um processo físico tendo como finalidade reduzir a quantidade de sólidos em suspensão de maiores dimensões presentes no efluente. É caracterizada através da introdução de um equipamento denominado tamisador estático á entrada do afluente da ETARI, que poderá ter diferentes dimensões de malha.

As malhas existentes no mercado, podem reter sólidos superiores a 6mm, de 6mm a 0,5mm e sólidos com dimensões superiores a 0,5mm. No caso de estudo, a grelha do tamisador estático terá uma malha de 0,5mm, considerada uma malha fina. Nestas condições cerca de 20% de CBO₅, fracção orgânica do efluente, será removido e cerca de 30% de SST (Metcalf, 2013).

O tanque de homogeneização/equalização, tem como principal função minimizar o impacte que as variações de carga poluente dos diferentes afluentes teriam. Deste modo, permite que o efluente de entrada no processo seguinte tenha características uniformes, tornando o processo seguinte mais simples de ser ajustado e eficaz.

A correcção de pH através da adicção de ácidos e bases, tem como finalidade ajustar o pH do efluente para um intervalo de valores óptimo, que permitirá melhorar as reacções de coagulação-floculação. A coagulação-floculação é o processo de destabilização de partículas coloidais, dependente da composição química da água residual, e a formação de partículas maiores através da floculação.

O coagulante é um químico adicionado para destabilizar os colóides, enquanto o floculante actua como um formador de partículas de maiores dimensões. A eficiência de remoção de sólidos suspensos no efluente depende dos constituintes desses sólidos presentes, do valor de pH, do tempo de reacção, da dosagem óptima para ocorrer a coagulação e floculação e da homogeneização da solução (Metcalf, 2013).

Através da coagulação-floculação, teoricamente, consegue-se, as seguintes eficiências de remoção: 80% de sólidos suspensos totais, 50% de CBO₅ e no caso de existência de alguns agentes patogénicos a eficiência de remoção poderá atingir os 80%. A utilização de um floculador tubular do tipo *plug-flow*, permite que a adicção dos reagentes seja feita em série, o tempo de permanência seja idêntico e a mistura ocorra de forma mais homogénea, devido à turbulência causada na tubagem.

A flotação é um processo físico que onde ocorre a separação sólida ou líquida de partículas provenientes do efluente. É auxiliado através da introdução de um gás de bolha fina, usualmente ar atmosférico, em que as bolhas agarram-se às partículas

fazendo com que estas venham para a superfície, denominando o equipamento de flotador de ar dissolvido. A principal vantagem deste processo permite que o tempo para a remoção das partículas formadas seja reduzido, quando estas não possuem uma densidade maior que o efluente. Os sólidos à superfície serão removidos através de uma pá raspadora e serão encaminhados para devido destino (Metcalf, 2013).

Os processos de oxidação avançados (POA) são sistemas de tratamento emergentes e promissores para a degradação de poluentes orgânicos fortemente persistentes e/ou resistentes a outros sistemas de tratamento convencional.

Os processos de oxidação avançada são usados para oxidar constituintes orgânicos complexos que se encontram na água residual e que possuem características de difícil biodegradabilidade por via biológica. Este processo ocorre numa câmara de contacto de ozono, produzindo ozono, onde os compostos de difícil degradação tornam-se mais biodegradáveis por via biológica, permitindo que o efluente seja tratado eficazmente (Metcalf, 2013).

Os POAs podem destruir completamente muitos compostos orgânicos tóxicos contidos nos efluentes formando dióxido de carbono e água.

O oxigénio (O_2), ozono (O_3) e peróxido de oxigénio (H_2O_2) são compostos muito comuns na utilização para os POAs. Envolvem a formação de radicais hidroxilo, com elevado potencial de oxidação, atacando as moléculas orgânicas pela substituição do átomo de hidrogénio ou pela adição de O_2 . Os POAs têm uma elevada versatilidade uma vez que oferecem diferentes possibilidades para a produção de radicais hidroxilo adequando-se a diferentes efluentes.

A adição de ureia e de ácido fosfórico antes da entrada do efluente no reactor biológico de sistema lamas activadas com arejamento prolongado, é feita devido à necessidade de suprimir as carências em nutrientes para os microrganismos, aproximando-se da razão CBO:N:P (100:5:1) necessária ao desenvolvimento biológico adequado (Metcalf, 2013).

A razão de CBO_5/CQO é calculada por forma a verificar se o afluente ao reactor biológico tem características biodegradáveis. Caso o efluente apresente uma razão compreendida no intervalo 0,4 a 0,6, o efluente é considerado biodegradável, podendo ser usado um sistema de tratamento por via biológica. Caso a razão encontre-se fora do

intervalo, será necessário a aplicação de um processo de tratamento diferente (Metcalf, 2013).

O reactor biológico tem como finalidade promover a degradação biológica da matéria orgânica através de acção de microorganismos, através de um sistema de biomassa fixa em leito móvel (MBBR). Este sistema MBBR trata a água residual através da circulação do efluente em meios aeróbios de lamas activadas (Sustainable, 2016). As eficiências de remoção rondam cerca de 70% para CQO, 90% para CBO₅ e 75% para SST.

O decantador lamelar subsequente permitirá que o volume do tanque de decantação seja menor e que a velocidade de decantação seja maior, minimizando tempos de permanência elevados (Metcalf, 2013).

A filtração em areia e carvão activado tem como finalidade a remoção de cor e odores, assim como alguma fracção de CQO de difícil remoção durante os restantes processos (CTGA, 2016). As eficiências de remoção no tratamento por filtração podem chegar a 98% de SST e por carvão activado cerca de 90% de CQO.

2.2. LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

A Lei de Bases do Ambiente (LBA) é uma base legislativa para determinadas questões ambientais do quotidiano. Desta forma a LBA, Lei n.º 19/2014, de 14 de Abril, estabelece no artigo 16º que “constituem instrumentos de planeamento do âmbito da política de ambiente e do desenvolvimento sustentável, as estratégias, os programas e os planos de âmbito nacional, regional, local ou sectorial, que fixam estratégias, objectivos, medidas e acções, metas e indicadores e que determinam as entidades responsáveis pela sua execução e os financiamentos adequados” (LBA, 2014).

O Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio, regula a atribuição de títulos de utilização dos recursos hídricos (TURH) e deu origem ao Sistema Nacional de Informação desses títulos (SNITURH). O SNITURH é uma ferramenta importante para a implementação dos Planos de Gestão de Recursos Hídricos (PGRH) e as suas revisões. Alguns exemplos de medidas a adoptar são: redução da poluição, imposição de caudais ecológicos em albufeiras, limitação de captações quer superficiais quer subterrâneas (PNA 2015).

As licenças obtidas no âmbito do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio, têm carácter temporário e definem os limites impostos ao uso, impondo condições e obrigações de autocontrolo e de monitorização de parâmetros de qualidade e de quantidade (PNA, 2015).

No que concerne à implementação da Directiva Quadro da Água (DQA) importa referir que o Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de Outubro, estabelece o regime de protecção das águas subterrâneas contra a poluição e a deterioração, transpondo para ordem jurídica a Directiva n.º 2006/118/CE. Este Decreto-Lei define ainda aspectos detalhados relativamente à implementação da DQA em relação à protecção e melhoria do estado químico das massas de água (MA) subterrâneas e determina objectivos de qualidade e medidas destinadas a reduzir a poluição das águas subterrâneas (PNA, 2015).

O Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de Junho, regula o Regime Económico e Financeiro (REF) da utilização daqueles recursos. O diploma estabelece o regime económico e financeiro dos recursos hídricos introduzindo a taxa de recursos hídricos (TRH), as tarifas dos serviços públicos de água e os contractos de gestão destes recursos. Desta forma estão implementados e salvaguardados os princípios do poluidor-pagador e do utilizador-pagador (PNA, 2015).

Por sua vez, o Decreto-Lei nº 236/98, de 01 de Agosto, numa perspectiva de protecção da saúde pública, de gestão integrada dos recursos hídricos e de preservação do ambiente, pretende clarificar as competências das várias entidades intervenientes no domínio da qualidade da água.

O Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de Junho e o Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio, preconizam a reutilização como alternativa à descarga no meio hídrico por parte dos sistemas de recolha e tratamento de águas residuais, sempre que possível ou adequado. Este último diploma estabelece ainda que a captação de águas públicas, quando destinada, nomeadamente, a rega de jardins, espaços públicos e campos de golfe, será, sempre que possível, utilizada como complemento de outras origens de água, designadamente o aproveitamento de águas residuais urbanas devidamente tratadas para o efeito ou a reutilização das águas resultantes das escorrências da rega do próprio campo.

A possibilidade de reutilização deve assim ser equacionada tanto no licenciamento das descargas de águas residuais como da captação de águas públicas para rega (Marecos, 2010).

A Norma Portuguesa (NP) 4434 aplica-se exclusivamente à reutilização de águas residuais urbanas na rega de culturas agrícolas, florestais, ornamentais, viveiros, relvados e outros espaços verdes. No que se refere aos requisitos de qualidade agronómica das águas residuais tratadas a utilizar na rega a NP 4434 adoptou os critérios indicados no Anexo XVI do Decreto-lei nº 236/98, de 1 de Agosto, os quais correspondem, de um modo geral, aos padrões recomendados pela FAO (Marecos, 2010).

2.3. REUTILIZAÇÃO NO SECTOR INDUSTRIAL

A reutilização de águas residuais é uma prática vantajosa para a generalidade dos sectores industriais, uma vez que, além das vantagens económicas e ambientais já referidas, se enquadra nas estratégias de gestão eco-eficiente que a generalidade das indústrias utiliza no âmbito da implementação de sistemas de gestão ambiental.

A reutilização industrial de águas residuais é uma opção técnico-económica em que o benefício de dispor de uma origem de água alternativa pode não compensar o custo da sua disponibilização. Na avaliação dos custos incluem-se as seguintes parcelas:

- a) construção ou beneficiação de infra-estruturas: instalações de tratamento eventualmente necessário para possibilitar a reutilização; sistemas de distribuição; reservatórios de armazenamento;
- b) aquisição e reabilitação de equipamentos electromecânicos;
- c) custos de operação e manutenção, incluindo consumíveis e gestão de resíduos (lamas, concentrados de sais, por exemplo);
- d) custos de pessoal (técnico especializado e administrativo);
- e) controlo de qualidade do efluente.

O tratamento necessário para reutilizar a água na indústria é muito variável, mas condiciona em larga medida todos os factores atrás indicados. Na tabela 1 estão descritas algumas aplicações mais comuns da aplicação de água residual tratada no

sector industrial, referindo algumas das industrias onde já é aplicada a reutilização de água residual.

Tabela 1 – Aplicações da reutilização de água residual tratada no sector industrial.

Aplicações	
Água de arrefecimento	
Água para caldeiras de aquecimento	
Água de processo	Indústria do papel e da pasta de papel. Indústria têxtil. Siderurgia. Refinarias de petróleo. Construção pesada (argamassas, controlo de poeiras). Electrónica – semicondutores.
Água de lavagem	Equipamentos (bombas, centrifugas, condutas de lamas, etc.), pavimentos, etc.

Uma das mais promissoras aplicações de água tratada será a recarga de aquíferos, uma vez que as reservas actuais de água subterrânea para consumo, apesar de ter melhor qualidade química e microbiológica, têm vindo a diminuir, podendo mesmo extinguir-se.

A OMS publicou em 2003 uma compilação do estado da arte em matéria de riscos sanitários associados à recarga de aquíferos, como primeiro passo para uma futura recomendação. Nesta publicação, o princípio geral defendido é o de que devem ser identificados os aquíferos utilizados ou a utilizar para fins potáveis, os quais devem ser recarregados apenas com água com características de qualidade de água para consumo humano, enquanto os aquíferos utilizados para fins não potáveis, como por exemplo a rega sem restrições, podem ser recarregados com água com qualidade para rega sem restrições (Marecos, 2010).

Na reutilização de águas residuais tratadas para recarga de aquíferos é importante ter presente que as águas subterrâneas constituem uma parcela importante das captações para abastecimento público e industrial e para actividades agrícolas.

Por consequência, a prática desta recarga deverá ser rigorosamente controlada e monitorizada. A concepção de projectos de recarga de aquíferos deve avaliar criteriosamente diversos aspectos técnicos, nomeadamente os associados à variação do

nível freático e disponibilidade de água no solo, às solicitações para consumo e requisitos de qualidade.

São exemplos de aplicações de uso sem restrição: a lavagem de pavimentos, passeios e vias, a lavagem de colectores, a lavagem de espaços e equipamentos de apoio à construção, humedecimento do solo em obras de terra, controlo de poeiras, produção de materiais de construção (e.g., cimento e estuque), rega de espaços verdes de acesso livre, fontes e espelhos de água, sistemas de ar condicionado e combate a incêndios. Nas aplicações de uso urbano com restrição de acesso e de contacto humano incluem-se: a rega de espaços verdes de acesso condicionado, lavagem de veículos e autoclismos.

Contudo muitas águas tratadas poderão ter constituintes que permitam o aparecimento de diferentes problemas na sua reutilização. Na tabela 2 apresentam-se alguns problemas e causas provocados pelas características de qualidade de água residual tratada e que poderão afectar grande parte das indústrias.

Tabela 2 - Problemas e causas gerados pela reutilização de água tratada.

Problema	Causa
Corrosão	Cloretos, sulfatos, sólidos dissolvidos e em suspensão, amoníaco (principalmente agressivo para ligas com cobre), metais com elevado potencial de oxidação, pH e temperatura.
Incrustações	Fósforo, cálcio, magnésio, ferro, sílica, sulfatos, sólidos dissolvidos, pH e temperatura.
Desenvolvimento de algas, bactérias e de biofilmes	Matéria orgânica, azoto amoniacal, fósforo.
Escumas	Matéria orgânica.

A corrosão é um fenómeno complexo, que consiste num ataque aos metais provocado por reacções físico-químicas entre o metal e o ambiente em que está mergulhado, como a corrosão induzida por águas com elevados teores de sais dissolvidos, caracterizadas por elevados valores de condutividade eléctrica e que é agravada pela presença de oxigénio dissolvido, variações de pH e alcalinidade. (Marecos, 2010).

O problema das incrustações traduz-se num resultado inverso da corrosão, pois corresponde ao aumento de substâncias depositadas sobre as superfícies em contacto com a água, geralmente devido à precipitação de compostos, reduzindo o diâmetro das condutas e a capacidade de transporte (Marecos, 2010).

O desenvolvimento de bactérias põe em causa a saúde pública de populações, de forma a minimizar a situação são implementados sistemas de adicção de desinfectantes ao efluente que se reutiliza para a minimização da propagação das bactérias.

Em Portugal, os projectos de reutilização de águas residuais tratadas constituem ainda práticas inovadoras, o que só por si justifica alguma relutância na sua aceitação pública. Além disso, trata-se de um tipo de projecto susceptível de gerar alguma controvérsia na sociedade, pela origem e características das águas residuais tratadas. Conseguir a aceitação pública dos projectos de reutilização da água constitui, naturalmente, um desafio importante (Marecos, 2010).

3. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa em estudo situa-se numa zona industrial na zona centro de Portugal, ainda encontra-se em construção as novas instalações, onde se situará a ETARI. A necessidade resposta ao mercado levou ao aumento das instalações.

Em meados dos anos 60 inicia um processo de oxidação natural da azeitona. Esta é colhida em verde e oxidada, tomando a cor negra conforme verificado na Figura 3.



Figura 3 - Azeitona galega oxidada (Mendes, 2017).

Nos anos 80, teve a necessidade de aumentar a gama de produtos, inserindo no mercado tremoços e piri-piri. Com o aumento da fiscalização alimentar a empresa teve necessidade de obter certificações nacionais e internacionais. Dessa forma, em 2003, obteve a certificação Kosher indicando aos seus consumidores que cumpre com as estritas acções impostas por esta certificação a nível de limpeza, pureza e qualidade.

Em 2013, certifica-se na norma ISO 22000, especificando um conjunto de requisitos, reconhecidos como essenciais que permitem garantir a segurança alimentar dos seus produtos, desde a matéria-prima até ao produto final obtido. Também em 2013 são criadas melhorias no Sistema de gestão da Qualidade e Segurança Alimentar através da norma IFS Food que permite a garantia da melhoria contínua da eficiência operacional e dos seus processos, produtos e serviços.

A expansão de mercado tem vindo a tornar-se cada vez mais exigente e os grandes desafios do mercado de exportações, têm levado à criação de leis que se deve ter em conta aquando a exportação de um produto.

A missão da empresa é centrada na produção de produtos de elevada qualidade, satisfazendo as necessidades do mercado, criando maior valor para o cliente e para a empresa. Aposta num conjunto de atitudes e valores que possui elevada importância para o bom funcionamento das actividades e das relações de trabalho entre os funcionários. Permite que os colaboradores tenham um estilo de vida seguro, saudável e produtivo, através de uma gestão sustentável e qualidade de trabalho na indústria.

A empresa aposta numa melhoria contínua e preza o envolvimento dos colaboradores e dos gestores de todos os níveis funcionais para uma melhor inovação.

4. METODOLOGIA

No caso deste trabalho a metodologia aplicável centra-se num meio teórico uma vez que as das novas instalações encontram-se em fase de conclusão, sem data de termo definida, devido a diferentes burocracias institucionais.

Os dados utilizados foram fornecidos pela empresa em estudo e foram obtidos através de uma média de análises efectuadas aos diferentes efluentes produzidos nas instalações e que afluem à ETARI. Na criação do projecto da ETARI e na identificação dos diferentes processos de tratamento foram utilizados dados, representados na tabela 4, caracterizando as diferentes actividades laborais da empresa. De referir que a ETARI foi dividida em dois locais de entrada uma vez que nem todos os afluentes têm necessidade de passar por todos os processos de tratamento, permitindo reduzir custos no tratamento.

Após a recepção dos dados foi desenvolvido um estudo dos processos de tratamento mais adequado e construído o projecto de concepção de modo que consiga cumprir os limites legais de descarga em meio hídrico.

A definição do nível de exigência de qualidade da água residual tratada e, posteriormente, rejeitada, é fundamental para a concepção da linha de tratamento, reflectindo-se, igualmente, nos custos de investimento e exploração associados à depuração.

A licença de descarga para os efluentes a serem tratados e encaminhados para a linha de água engloba valores de concentrações conforme indicado no Decreto-Lei n.

236/98, de 13 de Dezembro. Apesar da licença de descarga apenas referir os 4 principais parâmetros e respectivas concentrações limites de emissão, indicados na tabela 3, foi também analisado os parâmetros azoto total e fósforo total na maioria dos afluentes à ETAR, para questões de processos biológicos e dimensões em projecto.

Tabela 3 - Parâmetros e concentrações definidos na licença de descarga em meio hídrico, segundo o Decreto-Lei n.º236/98, de 1 de Agosto.

Parâmetro	Concentração
pH (Un. Sorensen)	5.5 a 9.5
CBO ₅ (mg O ₂ /L)	≤ 40
CQO (mg O ₂ /L)	≤ 150
SST (mg/L)	≤ 60

A falta de informação existente neste tipo de indústria agro-alimentar de processamento de tremçoço, azeitona, pimentos, entre outros, limitará a discussão do processo de tratamento, identificando e caracterizando o efluente proveniente das diferentes actividades, através de dados obtidos na empresa em estudo.

5 CASO DE ESTUDO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AFLUENTES DA ETAR.

Na tabela 4, encontram-se alguns valores de referência de parâmetros analisados, para o projecto de concepção da ETARI de acordo com as diferentes actividades da empresa actualmente existentes.

Os efluentes com sal e os efluentes concentrados identificados como dois grupos na tabela 4 definem as maiores actividades produtivas da empresa. Os efluentes diluídos provêm principalmente de lavagens acoplados aos processos produtivos e dos efluentes com características domésticas, como refeitório e casas-de-banho.

A razão CBO₅/CQO foi calculada de forma a compreender melhor se o efluente com que lidamos tem ou não tem características biodegradáveis. Deste modo, valores obtidos entre 0,4 e 0,6 são considerados efluentes de fácil tratamento biológico, e valores abaixo de 0,2 são efluentes considerados de difícil tratamento por via biológica (Metcalf, 2013).

Tabela 4 - Caudais e valores de concentração e carga de efluentes provenientes das diferentes actividades diárias da empresa.

	Caudal	Condutividade	pH	SST		CBO ₅		CQO		CBO ₅ /CQO	Cloretos		Azoto		Fosforo	
	m ³ /dia	mS/cm	U.S.	mg/L	Kg/dia	mg/L	Kg/dia	mg/L	Kg/dia	-	mg/L	Kg/dia	mg/L	Kg/dia	mg/L	Kg/dia
<i>Efluentes com Sal</i>																
Fermentação e cura de hortícolas + Piri Piri	16,74	199,40	3,70	3800,00	63,61	1100,00	18,41	25000,00	418,50	0,04	135936,00	2275,57	-	-	84,00	1,41
Dessalga de Hortícolas	41,70	5,40	7,10	77,00	3,21	760,00	31,69	4300,00	179,31	0,18	4579,20	190,95	-	-	0,30	0,01
Acondicionamento e oxidação de azeitona	84,16	-	-	5000,00	420,80	2000,00	168,32	12000,00	1009,92	0,17	14100,00	1186,66	-	0,00	-	0,00
Saleiro (lavagem)	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	143,60	-	-	8877,00	487,62	3860,00	218,43	41300,00	1607,73	-	154615,2	3653,18	0,00	0,00	84,30	1,42
<i>Efluentes Concentrados</i>																
Hidratação do tremçoço	6,20	4,70	4,40	823,00	5,10	6500,00	40,30	34200,00	212,04	0,19	-	-	699,00	4,33	-	-
Cozimento do tremçoço	6,20	104,50	4,70	535,00	3,32	6500,00	40,30	25350,00	157,17	0,26	-	-	463,00	2,87	-	-
Lavagens de reactores de CMT	10,00	7,00	4,70	6758,00	67,58	4500,00	45,00	22000,00	220,00	0,20	1297,00	12,97	134,00	1,34	12,00	0,12
Concentrado da Regeneração de Salmouras	28,72	-	-	16129,59	463,24	7225,09	207,50	53180,40	1527,34	0,14	25439,95	730,64	0,00	0,00	49,40	1,42
Total	51,12	-	-	24245,59	539,24	24725,09	333,10	134730,4	2116,55	-	26736,95	743,61	1296,00	8,54	61,40	1,54
<i>Efluentes Diluídos</i>																
Adoçamento do tremçoço	44,40	1,10	5,10	200,00	8,88	784,00	34,81	2200,00	97,68	0,36	73,00	3,24	237,00	10,52	8,50	0,38
Lavagem de hortícolas	2,95	500,00	7,00	500,00	1,48	500,00	1,48	1000,00	2,95	0,50	150,00	0,44	10,00	0,03	5,00	0,01
Lavagem de tanques de hortícolas	15,00	500,00	7,00	500,00	7,50	500,00	7,50	1000,00	15,00	0,50	150,00	2,25	20,00	0,30	5,00	0,08
Lavagem parque barricas	3,00	500,00	7,00	500,00	1,50	500,00	1,50	1000,00	3,00	0,50	150,00	0,45	20,00	0,06	5,00	0,02
Lavagem equipamentos/instalações	10,00	500,00	7,00	500,00	5,00	500,00	5,00	1000,00	10,00	0,50	150,00	1,50	20,00	0,20	5,00	0,05
Auxiliares	10,00	500,00	7,00	100,00	1,00	50,00	0,50	150,00	1,50	0,33	150,00	1,50	10,00	0,10	2,00	0,02
Efluentes domésticos (200 hab. eq.)	8,00	500,00	7,00	437,50	3,50	375,00	3,00	750,00	6,00	0,50	-	-	75,00	0,60	18,75	0,15
Total	93,35	-	-	2737,50	28,86	3209,00	53,78	7100,00	136,13	-	823,00	9,38	392,00	11,81	49,25	0,71

Em primeira análise, o caudal diário é de cerca de 288,07 m³/dia, identificamos que a razão CBO₅/CQO, nos efluentes concentrados e nos efluentes com sal é de cariz pouco biodegradável. A razão varia entre 0,04 e 0,25. Identifica-se que o valor de pH é de características ácidas, e o valor de caudal diário é cerca do dobro do caudal produzido de efluentes diluídos. O teor de cloretos é também definido como elevado, podendo causar corrosão nas instalações e dificuldade no tratamento do efluente. Os efluentes concentrados são baixos em azoto e fósforo, não conseguindo cumprir a razão 100:5:1 em função do valor de CBO₅, dificultando o processo de tratamento por via biológica.

Os efluentes diluídos, como o nome indica, são caracterizados por possuírem baixos teores de carga orgânica e sólidos, bem como azoto e fósforo, em comparação com os efluentes descritos anteriormente. Estes efluentes provêm principalmente de lavagens efectuadas nas instalações e todos os efluentes equiparados a domésticos, como casas de banho e cozinhas. Os efluentes domésticos foram calculados com uma base de 200 habitantes, estimando-se que as novas instalações terão cerca de 200 funcionários no activo.

De salientar, que os efluentes diluídos são encaminhados directamente para o processo de tratamento biológico, passando inicialmente por um tamizador, enquanto os restantes efluentes sofreram anteriormente um pré-tratamento e um tratamento primário físico-químico antes de serem introduzidos no segundo tanque de equalização para a degradação por via biológica.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO

Devido à elevada necessidade de se obter efluentes à saída da ETARI com cargas orgânicas baixas, implicando uma elevada eficiência no processo de tratamento, foi estudado o seguinte processo de tratamento, representado na figura 4.

O processo de tratamento engloba duas fases, a líquida e a sólida. Por líquida entende-se todos os efluentes resultantes dos diversos processos produtivos existentes na indústria. A fase sólida corresponde a todas as matérias no estado sólido produzido durante o processo de tratamento da ETARI, conforme pode ser verificado no esquema da ETARI com o processo de tratamento dos diferentes efluentes da unidade fabril.

Os afluentes à ETARI afluem para a estação elevatória de efluentes concentrados, onde são bombeados para um tamisador estático. A estação elevatória é constituída por dois grupos electrobomba dimensionados para um caudal de 6L/s, em que um funcionará como reserva do outro, em caso de emergência ou de avaria.

O funcionamento das electrobombas é controlado por sensores de nível, tipo bóia, instalados no poço de bombagem. Os grupos electrobomba serão submersíveis, de instalação em poço seco, sendo que a voluta e impulsor serão protegidos contra a corrosão com um revestimento resistente ao teor de sal elevado.

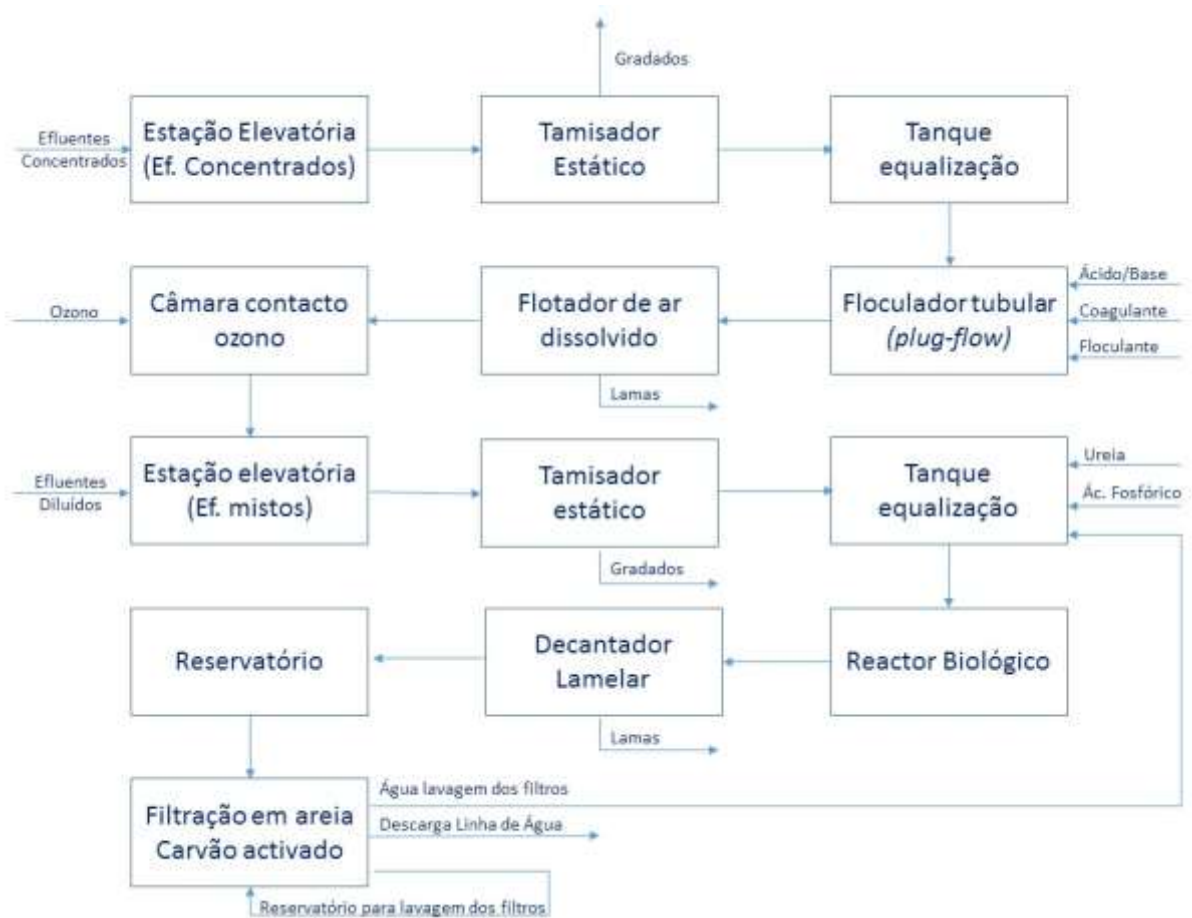


Figura 4 - Esquema processual de tratamento dos efluentes da ETARI.

O tamisador estático terá uma abertura de malha de cerca de 0,5mm por forma a reter todas as partículas de tamanho superior no crivo. É construído integralmente em aço inox AISI 316, com características de prevenção contra a corrosão devido ao elevado nível de cloretos presente no efluente.

Os efluentes concentrados entram no tamisador estático pela parte superior, enchendo a câmara de entrada e são descarregados por excesso na parte superior do equipamento. Por acção da gravidade, ao longo da grelha do tamisador, os efluentes concentrados serão filtrados, e os sólidos retidos na malha sairão na parte inferior através do seu próprio peso para dentro de um contentor. O efluente é descarregado no tanque de equalização/homogeneização, instalado no piso térreo por baixo do tamisador estático.

O tanque de equalização/homogeneização de efluentes concentrados tem uma capacidade útil de 64m^3 , possibilitando o tratamento de mais de $80\text{m}^3/\text{dia}$, segundo as previsões de entrada de caudal por dia. A utilização deste tanque tem como principal função o amortecimento de variações de carga elevada nos sistemas de tratamento físico-químico e biológico. Por outro lado permite uma alimentação contínua do processo de tratamento a jusante.

No tanque de equalização/homogeneização encontram-se instalados um sensor de nível, que dá informações sobre o nível de efluente existente no tanque, e um sistema de agitação, que permite uma homogeneização completa dos efluentes concentrados a tratar, impedindo que os sólidos sedimentáveis fiquem depositados no fundo do tanque. O sistema de agitação é constituído por um agitador submersível instalado no fundo do tanque de equalização/homogeneização.

De seguida, passamos a um sistema de floculador tubular do tipo *plug flow* (Figura 5). O processo ocorre sob condições bem controladas e optimizações bem definidas, uma vez que ocorre uma mistura uniforme nas secções transversais da tubagem, não existindo retorno da mistura, e o tempo de retenção dos efluentes concentrados na referida tubagem é constante, decorrendo um desenvolvimento de flocos de forma uniforme.



Figura 5 - Flocculador tubular do tipo *plug-flow* (Lenntech, 2017).

O flocculador tubular é alimentado através de dois grupos electrobomba de parafuso excêntrico, com regulação de velocidade, a partir do tanque de equalização/homogeneização de efluentes concentrados. São adicionados três produtos químicos, dependendo da situação. O primeiro será um neutralizante: Soda caustica (aumento de pH) ou ácido clorídrico (baixa de pH) em caso de o valor de pH não se encontrar dentro da gama de neutralização espectável. O segundo será um coagulante, PAX (nome comercial) e um flocculante, polielectrólito.

Uma das fases mais importantes de todo o processo de tratamento é a neutralização. Os valores de pH dos efluentes concentrados condicionam a eficiência do processo de tratamento de separação nos diversos órgãos de funcionamento a jusante. Este valor de pH deverá manter-se dentro da gama de valores óptima para assegurar uma boa coagulação-floculação, dependendo das características poderá variar entre 6,5 e 8,0.

O armazenamento dos compostos para a neutralização é feito no interior do edifício da ETARI, e a sua dosagem é controlada através de um eléctrodo de pH instalado no flocculador tubular, com a finalidade de avaliar os valores de pH dos efluentes concentrados sujeitos ao processo de coagulação-floculação. A dosagem é feita através de bombas doseadoras que se regem pelo controlador de pH instalado. Assim sempre que o valor de pH for elevado será adicionado ácido clorídrico e sempre que o valor de pH for baixo será adicionado soda caustica. O coagulante, por sua vez, terá como principal função a destabilização das partículas coloidais em suspensão, enquanto o flocculante garantirá a aglutinação de partículas em suspensão, tornando-as de maiores dimensões, mas como essas partículas continuam com a sua densidade menor que o efluente, será necessária a acção das bolhas de ar para elevarem as partículas mais acima.

O sistema de tratamento físico/químico de efluentes concentrados está dimensionado para um caudal de até 8 m³/h.

A próxima fase é constituída por um flotador de ar dissolvido que se encontra dimensionado para um caudal de 8m³/h. As microbolhas produzidas (20-40µm de diâmetro) são misturadas com o material em suspensão. Estas microbolhas aderem à superfície das partículas formando flocos de matéria sólida-gás, que se tornam mais leves do que a água, ascendendo à superfície. Na superfície é formada uma camada espessa de sólidos que é removida por acção de um raspador de superfície para uma tremonha que terá ligação ao tanque de armazenamento de lamas.

O flotador terá duas descargas de fundo, ambas encaminhadas para o tanque de armazenamento de lamas e uma bomba de recirculação. Estes efluentes serão pressurizados a 6 bar e encaminhados para a entrada do flotador, onde irá ocorrer a depressurização e conseqüente formação de microbolhas.

O funcionamento do tratamento físico-químico poderá ser otimizado através do painel de controlo instalado para verificação dos seguintes parâmetros: pressão do caudal de ar do sistema de recirculação e pressão do dispositivo de arejamento anti-colmatação do flotador. A fase líquida fica separada da fase sólida, passando a primeira a ser descarregada na câmara de contacto de ozono, terminando neste ponto o tratamento físico-químico da fase líquida da ETARI.

Após a separação da fase líquida, esta irá ser encaminhada para a câmara de contacto de ozono onde os efluentes concentrados serão ozonizados, com o intuito de aumentar a sua biodegradabilidade a montante do tratamento biológico. A ozonização de efluentes concentrados está dimensionada para um caudal máximo de 8 m³/h.

O ozono será gerado no local, através de uma descarga eléctrica silenciosa sobre um gás de alimentação oxigenado, habitualmente ar ou oxigénio puro, num gerador de ozono. Esta descarga eléctrica acelera os electrões o suficiente para partir, através do impacto, as ligações da molécula de oxigénio (O₂). Os átomos de oxigénio livres (O) reagem com outras moléculas de oxigénio dando origem à molécula de ozono (O₃) e à libertação de calor, o qual deve dissipar-se por refrigeração com água.

A formação do ozono ocorre entre dois eléctrodos, um de alta voltagem e outro ligado à terra, que estão isolados por meio de um dieléctrico de cristal ou material cerâmico e ligeiramente separados. Aplica-se uma alta voltagem, média frequência,

entre os eléctrodos. O gás oxigenado que flui entre estes passa a ozono no campo eléctrico. O ozono é colocado em contacto com o efluente a tratar através do sistema de dissolução de ozono, que contempla difusores cerâmicos de bolha fina, presente na câmara de contacto. Por questões de segurança, o gás à saída da câmara de contacto será conduzido a um destruidor catalítico de ozono onde se destruirá o ozono não transferido para a água convertendo-o em oxigénio.

Após o processo de oxidação, os efluentes concentrados afluirão graviticamente à estação elevatória de efluentes mistos.

Os dois grupos electrobomba submersíveis, dimensionados para um caudal de 6 L/s, instalados na estação elevatória, em que um funcionará como reserva do outro, irão elevar os efluentes mistos até ao segundo tamisador estático. O funcionamento das electrobombas será controlado por sensores de nível, tipo bóia, instalados no poço de bombagem. Tal como os grupos electrobomba de efluentes concentrados, estes serão submersíveis, de instalação em poço seco, sendo que a voluta e impulsor serão protegidos contra a corrosão com um revestimento resistente a cloretos, assegurando a máxima durabilidade dos equipamentos.

Na conduta elevatória estará instalado um medidor de caudal electromagnético que terá a finalidade de medir o caudal de águas residuais mistas afluentes à ETARI. Esta estação elevatória localizar-se-á no exterior do edifício da ETARI, adjacente ao tanque de equalização/homogeneização de efluentes mistos.

A partir dos grupos electrobomba submersíveis supramencionados, os efluentes mistos a tratar serão elevados para o segundo tamisador estático, construído em aço inox AISI 316, com uma abertura de malha de 0,5 mm, instalado no piso 1 do edifício da ETARI, com o mesmo princípio de funcionamento do tamisador já descrito para os efluentes concentrados.

Os sólidos retidos serão descarregados, através do próprio peso, para dentro de um contentor. Os efluentes mistos tamisados serão descarregados para o tanque de equalização/homogeneização de efluentes mistos, instalado no piso térreo debaixo do segundo tamisador estático. O tanque de equalização/homogeneização de efluentes mistos será colocado no interior do edifício da ETARI, adjacente ao seu alçado direito. Este tanque terá uma capacidade de 182 m³.

A finalidade deste tanque de equalização é a mesma que a descrita para o tanque de equalização de efluentes concentrados. O tanque de equalização compreenderá um sensor de nível e um sistema de agitação, com dois agitadores submersíveis no fundo do tanque, para garantir uma homogeneização completa dos efluentes mistos a tratar impedindo que os sólidos sedimentáveis se depositem no fundo do tanque.

O tratamento biológico preconizado consistirá num sistema de biofilme aderente aos suportes em leito móvel, em que devem ser criadas as condições propícias ao desenvolvimento de microrganismos em volta e no interior do meio de suporte, normalmente caracterizado por peças de plástico de formato cilíndrico com septos interiores, como identificado na Figura 6.

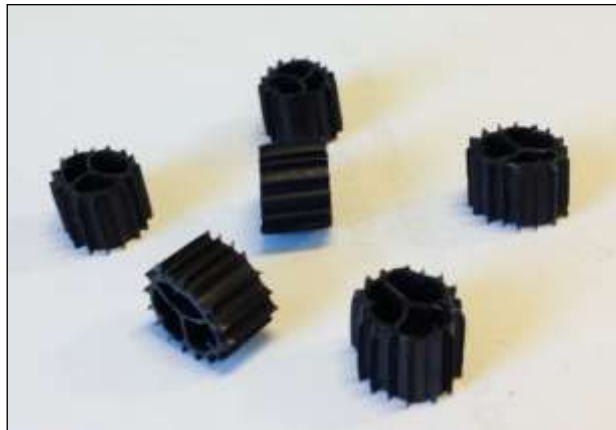


Figura 6 - Meio de Suporte de Biomassa.

Para que os microrganismos degradem os compostos de carbono remanescentes do tratamento físico-químico, é necessário garantir, ao longo do percurso no reactor biológico, um ambiente aeróbio (rico em oxigénio dissolvido), para além de suprir as carências de nutrientes (azoto e fósforo).

O reactor biológico da ETARI será composto por dois estágios em série, sendo que ambos integram a conversão aeróbia heterotrófica da matéria orgânica. Cada estágio terá um volume de 192 m³. Para cada estágio, o fornecimento de oxigénio será assegurado por um sobreprensor de êmbolos rotativos, com injeção de ar de bolha grossa. Os dois sobreprensos estarão localizados sob o telheiro e terão canópias de insonorização que permitirão reduzir os níveis de ruído ambiente.

A regulação dos períodos de funcionamento dos sobreprensos será efectuada através dos valores de oxigénio dissolvidos medidos pela sonda de oxigénio instalada no reactor biológico.

Os efluentes provenientes do tanque de equalização de efluentes mistos darão entrada no reactor biológico por uma câmara de recepção de caudal. Nesta câmara serão adicionados dois produtos químicos, a ureia e o ácido fosfórico. Para isso, estarão contemplados mais dois sistemas de preparação, armazenamento e dosagem de reagentes químicos, um para cada reagente químico. Estes sistemas estarão localizados no exterior do edifício principal da ETARI. A passagem dos efluentes do primeiro para o segundo estágio é feita graviticamente, através de um crivo metálico com malha em aço inox. No segundo estágio encontra-se instalada uma tubagem de descarga, permitindo que os efluentes sejam conduzidos para a decantação lamelar.

A sedimentação da biomassa proveniente do reactor biológico será realizada num decantador lamelar. Este decantador encontra-se dimensionado para um caudal máximo de 10 m³/h, pelo que este é o caudal máximo a elevar para o tratamento biológico.

Os efluentes mistos, depois de tratados nos dois estágios do reactor biológico, afluirão ao decantador secundário lamelar, para que ocorra a separação entre as fases líquida (efluentes mistos tratados) e sólida (lamas em suspensão resultantes do desprendimento do biofilme). O decantador lamelar a instalar será um equipamento pré-fabricado, executado em aço inox, apoiado. A figura 7 ilustra o equipamento a considerar para esta etapa.



Figura 7 - Decantador lamelar (esquerda) e lamelas do decantador (direita).

O decantador é constituído por lamelas para aumentar a superfície de decantação, reduzindo assim a dimensão do equipamento. Dispõe de descarregadores periféricos, por onde sai o efluente decantado. Este efluente secundário decantado será

escoado pela caleira periférica e encaminhado para o depósito tampão de alimentação da filtração.

Por sua vez, as lamas biológicas decantadas são removidas automaticamente, por gravidade, e conduzidas ao tanque de armazenamento de lamas.

O efluente secundário é encaminhado para um reservatório, a partir do qual será alimentado o sistema de filtração em areia e carvão activado. Esta bateria de filtração servirá para que alguma fracção de CQO difícil de ser removida pelo tratamento biológico seja eliminada.

Assim, serão instalados dois grupos de bombas distintos, 1(+1) bomba de alimentação dos filtros e 1(+1) bombas de lavagem dos filtros de Multimédia (figura 8). Os filtros funcionam automaticamente, controlado por microprocessadores integrados que comunicam com o sistema de supervisão.



Figura 8- Filtros multimédia.

Após a filtração o excesso de efluente tratado será encaminhado para a linha de água. O efluente filtrado será armazenado num tanque de água de serviço, que poderá ser utilizado para lavagem dos filtros de areia. Posteriormente, a água de lavagem do filtro de areia será encaminhada directamente para o tanque de equalização de efluentes diluídos.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma vez que a ETARI se encontra em fase de construção, os resultados obtidos de efluente final, encontram-se de acordo com o definido teoricamente. Na tabela 5 são apresentados os valores obtidos com base nas eficiências de remoção ao longo dos diferentes processos definidos para o tratamento do efluente da ETARI, apresentando-se como valores finais $CBO_5=41,7\text{mgO}_2/\text{L}$; $CQO=329\text{mgO}_2/\text{L}$ e $SST=25,8\text{mg}/\text{L}$.

Considerando o valor de pH dentro da gama, uma vez que a coagulação-floculação necessitará de ajuste de pH para próximo da neutralidade, $\text{pH}=7$, considerou-se apenas os parâmetros CBO_5 , CQO e SST .

De acordo com os valores limite de emissão de descarga na linha de água, o parâmetro SST será o único a cumprir a legislação. Quanto ao valor de CBO_5 ($41,7\text{mg}/\text{L}$) encontra-se muito próximo do valor legislativo imposto, pelo que com uma boa gestão do processo de tratamento, as eficiências poderão melhorar, permitindo que esse valor fique abaixo do valor limite de emissão para o curso de água.

O CQO será o parâmetro com maior dificuldade de cumprimento legal de descarga. Contudo pode vir a obter-se boas eficiências ao nível dos processos de tratamento de filtração e de carvão activado removendo a fracção de CQO que ainda persiste.

Por outro lado, poderá existir o factor diluição, podendo ser aproveitada a água que se encontra no reservatório para criar o factor de diluição no efluente antes da descarga em meio hídrico, em casos mais críticos e/ou de efluentes com maior probabilidade de não serem possíveis o seu cumprimento.

Considerou-se que diariamente existem os efluentes identificados, mas o planeamento do processo produtivo poderá ser alterado, de forma que os efluentes poderão ter uma concentração de CBO_5 , CQO e SST menor. Obtendo-se uma melhor qualidade do efluente final para descarga no meio hídrico.

De notar que para esta complexidade de instalações, os processos terão de funcionar correctamente e no ponto mais alto de eficiência para conseguir alcançar melhores resultados.

O efluente produzido diariamente é elevado (288m³/dia), o que implica que as dimensões da ETARI sejam elevadas. Uma forma de redução de espaço nas instalações, é a criação dos tanques de equalização enterrados, permitindo a construção acima da superfície. A reutilização de todo este efluente produzido diariamente não é possível, uma vez que o efluente tratado apenas poderá ser utilizado para regas e limpezas de espaços que não se encontrem em contacto com o processo produtivo. Deste modo, mais de 75% do efluente tratado diariamente será enviado para o meio hídrico.

Conforme se sabe, uma ETARI não tem o seu arranque todo ao mesmo tempo. Isto é, terá de passar por uma fase de pré-arranque onde todos os equipamentos da ETARI são testados. Na fase de arranque segue-se o acerto do processo produtivo por diferentes fases.

Na primeira fase o processo tratamento arranca com o tratamento primário, considerado como o processo de tratamento afecto aos efluentes concentrados e aos efluentes com sal. De seguida, temos o arranque da fase dois, pertencente ao processo biológico, que incorpora os efluentes provenientes da primeira fase e os efluentes diluídos. Nesta fase considera-se efluentes mistos, que seguirão numa terceira fase para o tratamento terciário. Contudo, dependendo da qualidade de efluente que sai do tratamento biológico, poderá ser autorizado a descarga em meio colector, caso exista acordo com as entidades reguladoras do colector.

A fase terciária do processo de tratamento tem como principal papel um tratamento terciário que permite a remoção da fracção de CQO de difícil tratamento, permitindo que a qualidade do efluente seja melhor, podendo esta ser reutilizada nas instalações.

Tabela 5 - Eficiências de remoção e valores finais do efluente.

Efluentes	Local	CBO5			CQO			SST		
		Entrada (mg/L)	Efic. Rem. %	Saída (mg/L)	Entrada (mg/L)	Efic. Rem. %	Saída (mg/L)	Entrada (mg/L)	Efic. Rem. %	Saída (mg/L)
Efluente concentrado e Efluente c/ sal (Efluentes mistos)	Tamisador estático	28585,1	25	21438,9	176030,4	25	132022,3	33122,9	30	23185,8
	Floculador tubular plug-flow	21438,9	50	10719,4	132022,3	50	66011,4	23185,8	80	4637,2
Efluentes diluídos e Efluentes mistos	Tamisador estático (2)	13928,4	25	10446,3	73111,4	25	54833,5	7374,6	30	5162,3
	Reactor Biológico	10446,3	96	417,8	54833,5	70	16450,0	5162,3	75	1290,6
	Filtração em areia e carvão activado	417,8	90	41,7	16450,0	98	329,0	1290,6	98	25,8

7 CONCLUSÃO

O aumento dos padrões de vida das populações, por meio do desenvolvimento industrial resultará no esgotamento e poluição dos recursos hídricos. Foram criados regulamentos cada vez mais rigorosos que forçaram as indústrias a implementar formas de redução de consumo de água e de tratamento adequado para os seus efluentes. Actualmente, existem diversas tecnologias de ponta, que permitem elevadas eficiências de remoção de diferentes constituintes caso a sua utilização seja implementada e melhorada.

A qualidade da água para reutilização é determinada em função do seu destino final. Para além da recuperação da água para fins de utilização não potável, a escassez de água presente no planeta poderá ser diminuída através de determinados usos e acções que advêm da população em geral e não só do sector industrial.

De acordo com o trabalho realizado, este efluente tratado, para além de ser descarregado em meio hídrico, poderia ser reutilizado para rega, e lavagem de superfícies, desde que não se encontrem em contacto com os produtos a serem processados para alimentação, devido aos agentes patogénicos ainda presentes.

Alguns autores defendem que a estratégia de implementação de uma central de tratamento de efluentes num parque industrial deve ser incentivado, principalmente porque permite acolher diferentes tipos de efluentes industriais, permitindo que o processo de tratamento seja melhorado, e permitindo, também, que dependendo das condições exigidas para reutilização de água, essas fossem melhoradas, o que no caso de estudo identificado não se verifica.

Os factores patogénicos não se encontram definidos como um parâmetro necessário para controlo, uma vez que os agentes patogénicos sofrem um factor de diluição aquando a entrada na ETARI juntamente com os efluentes concentrados.

O processo de filtração, pertencente à etapa terciária do tratamento, permite que a qualidade da água seja melhor, o que poderá levar ao reaproveitamento dessa água tratada. De acordo com o identificado nas instalações, essa água poderia ser reaproveitada para pré-lavagens de tanques de armazenamento, sendo necessário posteriormente uma lavagem com água potável, aproveitamento para reabastecimento das perdas de água nas torres de arrefecimento das instalações (tendo em conta os

microrganismos), lavagem de utensílios e equipamentos acoplados à ETARI, rega de espaços verdes, gota-a-gota ou microaspersão e para lavagem de pavimentos e pré-lavagem de veículos de mercadorias.

Uma sugestão para redução de custo pode estar afecta à venda ou disponibilização de água para limpezas no município onde as instalações se inserem, trazendo benefícios para ambas as partes, nomeadamente, por redução de custos na captação e redução de custos no tratamento da água para consumo, uma vez que a quantidade de água captada seria menor.

O reaproveitamento do efluente produzido não poderá ser introduzido nos processos produtivos, uma vez que a conservação dos produtos, não poderá ter qualquer contaminação, quer química quer biológica, sob pena de ser instituído um processo de saúde pública na indústria em causa.

Um tema a abordar posteriormente, pode vir a ser a caracterização dos diferentes efluentes de acordo com as etapas de produção dos mais diversos produtos obtidos, uma relação de custos por tonelada de produto produzido, quer a nível de tratamento da ETARI quer a nível de captação. Caso se justifique poderá ser criado um projecto base de instalação de uma rede de água tratada ao longo das instalações para os diversos fins identificados.

É de salientar que a dificuldade por parte de indústrias de se conseguir obter dados reais e informações mais completas traduz-se num tabu, em que “O segredo é a alma do negócio”.

O reaproveitamento do efluente produzido não poderá ser introduzido nos processos produtivos, uma vez que a conservação dos produtos, não poderá ter qualquer contaminação, quer química quer biológica, sob pena de ser instituído um processo de saúde pública na indústria em causa.

8 BIBLIOGRAFIA

Casania 2005. Casania, S., Rouhanyb, M., Knøchela, S., 2005, A discussion paper on challenges and limitations to water reuse and hygiene in the food industry; Water Research 39 pp.1134–1146.

Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto. Diário da República n.º 176/1998, Série I-A. Ministério do Ambiente.

Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio. Diário da República n.º 105/2007, 2º Suplemento, Série I, Ministério do Ambiente.

Decreto-Lei n.º 208/2008, de 28 de Outubro. Diário da República n.º 209/2008, Série I, Ministério do Ambiente.

Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de Junho. Diário da República n.º 85/2017, Série I, Ministério do Ambiente.

INE, 2013. Relatório Estatísticas Agrícolas 2013, Instituto Nacional de Estatística, Edição 2014.

INE, 2015. Relatório Estatísticas Agrícolas 2015, Instituto Nacional de Estatística, Edição 2016.

INE, 2016. Relatório Estatísticas Agrícolas 2016, Instituto Nacional de Estatística, Edição 2017.

GPP, 2017. Gabinete de Planeamento, políticas de administração geral, SIAZ – sistema de informação do azeite e azeitona de mesa, <http://www.gpp.pt/index.php/estatisticas-e-analises/siaz-sistema-informacao-sobre-azeite-e-azeitona-de-mesa>. Consultado em: 01-05-2017.

Lenntech, 2017. <http://www.lenntech.com.pt/sistemas/clarifiers/floculador.htm>, Consultado em 23-09-2017.

Marecos, 2010. Guia técnico 14 – Reutilização de águas residuais, Helena Marecos, 2010, ERSAR.

Mendes, 2017. <http://www.mendesgoncalves.pt/pt/produtos/azeitonas/azeitona-preta-oxidada-340360>, Consultado em 23-09-2017.

Metcalf 2013. Metcalf and Eddy, 2013. Wastewater Engineering – treatment and resource recovery, 5ª Edição, McGraw-Hill.

Olivae, 2016. “What are natural olives? How are they produced?”, Revista Olivae, nº 123, Novembro 2016.

Olivae, 2016. “Zero discharge of olive waste: green energy application”. Revista Olivae, n.123, Novembro 2016.

ONU, 2016. Organização das Nações Unidas; Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2016 – Água e Emprego: Factos e Números; UNESCO, pp.3.

Pinto, F. (2012). A rede de monitorização da qualidade da água da ARH Norte, I.P. Páginas 1 – 5. Mestrado em Ciências e Tecnologia do Ambiente. Faculdade de Ciências, Universidade do Porto.

PNA 2015. Plano Nacional da Água (PNA) 2015, Agência Portuguesa do Ambiente, Junho 2015 pp. 5.

PNUEA, 2012. Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), 2012. *Implementação 2012-2020*; Agência Portuguesa do Ambiente, Junho 2012, pp. 9 - 10 e 23.

Sustainable 2016. Sustainable Water, <http://sustainablewater.com/mbbr/>, Consultado em 13-12-2016.