



Levantamento de Riscos Ambientais e Elaboração de Planos de Emergência para ETEI's

JOANA GONÇALVES DE MEIRELES

novembro de 2021

LEVANTAMENTO DE RISCOS AMBIENTAIS E ELABORAÇÃO DE PLANOS DE EMERGÊNCIA PARA ETEI'S

Joana Gonçalves de Meireles
1161102

2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



LEVANTAMENTO DE RISCOS AMBIENTAIS E ELABORAÇÃO DE PLANOS DE EMERGÊNCIA PARA ETEI'S

Joana Gonçalves de Meireles
1161102

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Energias Sustentáveis, realizada sob a orientação da Doutora Nídia de Sá Caetano.

2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



JÚRI

Presidente

Doutor Manuel Carlos Malheiro de Carvalho Felgueiras
Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutora Nídia de Sá Caetano
Professora Coordenadora do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Supervisor

Engenheira Rita Fonseca da Mota e Costa
Gestor Recursos Ambiente

Arguente

Doutora Gisela Marta Teixeira de Sousa Oliveira
Investigadora da Universidade Fernando Pessoa

AGRADECIMENTOS

Gostaria de apresentar o meu sincero agradecimento a todos os intervenientes na realização desta dissertação.

À empresa que me acolheu e me permitiu a elaboração deste trabalho, proporcionando-me uma oportunidade de aprendizagem e crescimento não só a nível profissional, mas também pessoal.

A todos os membros desta empresa que sempre demonstraram toda a disponibilidade.

Às minhas orientadoras Rita Fonseca da Mota e Costa e Nídia de Sá Caetano por toda a disponibilidade, dedicação, amabilidade e profissionalismo que tiveram.

Ao diretor de curso Doutor Manuel Carlos Malheiro de Carvalho Felgueiras por todo o empenho na organização do nosso curso.

Ao ISEP e ao IPP pela formação académica, por me abrirem a porta para o mercado empresarial.

Ao Laboratório de Tecnologia Química do ISEP pela disponibilização prestada.

À minha família, em especial aos meus pais pelo apoio incondicional.

Aos meus amigos por sempre acreditarem em mim.

A todos, muito obrigada.

A Prof.^ª Nídia de Sá Caetano, orientadora desta dissertação, é membro integrado do LEPABE – Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente Biotecnologia e Energia, financiado pela Unidade de Investigação UID/EQU/00511/2020 - Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia – LEPABE - financiado por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC).



PALAVRAS-CHAVE

Contaminação; emergência; impacto ambiental; meio hídrico; tratamento de efluentes

RESUMO

O impacto ambiental associado à indústria constitui uma preocupação que importa resolver. Nas unidades fabris são geradas emissões líquidas e gasosas e ainda resíduos sólidos em elevadas quantidades.

As estações de tratamento de efluentes implantadas nas unidades industriais são potenciais soluções, no entanto, têm a si associados riscos ambientais.

O objetivo da presente dissertação foi realizar o levantamento dos riscos ambientais associados a duas estações de tratamento de efluentes industriais e elaborar um plano de emergência para as mesmas.

Os principais riscos ambientais identificados foram a possibilidade de descarga acidental em meio hídrico de efluente não conforme (que não cumpre os valores limite de emissão de concentração de poluentes) e de matéria-prima líquida (produtos lácteos) proveniente das unidades fabris em estudo.

No âmbito desta dissertação foi realizada a avaliação de risco (construção de uma matriz) e a avaliação experimental do impacto associado à contaminação do meio hídrico por efluente não conforme e por produtos lácteos.

A avaliação experimental permitiu concluir que a contaminação poderia provocar um aumento potencialmente significativo na concentração de nutrientes (fósforo e azoto), proteína, matéria orgânica, cor, sólidos suspensos totais, nitratos, nitritos, amónia e cloretos. O aumento da concentração destes compostos pode provocar um desequilíbrio no estado natural do meio hídrico.

O aumento da concentração de matéria orgânica, do teor de nutrientes e de proteína pode resultar no aumento da atividade microbológica e conseqüente diminuição do oxigénio dissolvido na água, causando o fenómeno de eutrofização.

O aumento de nutrientes pode levar ao crescimento inesperado das plantas e microalgas e o aumento no teor de sólidos suspensos pode provocar turvação na água. Ambos estes aumentos resultam na diminuição de luz incidente na água, dificultando a realização da fotossíntese pelas algas, essencial para estabelecer os níveis de oxigénio.

O aumento do teor de nitritos, nitratos e amónia pode causar a morte dos peixes, uma vez que estes compostos são tóxicos para estes seres vivos.

A descarga acidental de poluentes para o meio hídrico é um aspeto ambiental classificado como emergência. Deste modo é importante a elaboração de planos para a prevenção e mitigação dos eventuais danos ambientais provocados.

KEYWORDS

Contamination; emergency; environmental impact; wastewater treatment, water environment

ABSTRACT

The environmental impact associated with the industry is a concern that needs to be addressed. In the manufacturing units, liquid, and gaseous emissions and solid waste are generated, in large quantities.

The wastewater treatment plants implanted in the industrial units are potential solutions, however, they have associated with them environmental risks.

The present work's objective was to identify the environmental risks associated with two treatment plants and to elaborate an emergency plan for them.

The main environmental risks identified were the possibility of accidental discharge into the water of non-conform effluent (that is not within the legal limit values of the allowed concentration of pollutants) and liquid feedstock (dairy products) from the manufacturing units under study.

Within the scope of this work, a risk assessment was carried out (elaboration of a risk assessment matrix) and an experimental evaluation of the impact associated with contamination of the water environment by non-conform effluent and dairy products.

The experimental evaluation allowed to conclude that the contamination could cause an increase of the concentration of nutrients (phosphorus and nitrogen), protein, organic matter, colour, total suspended solids, nitrates, nitrites, ammonia, and chlorides. The increased concentration of these compounds can cause an imbalance in the natural state of the water environment.

The increase in organic matter, nutrient and protein content can result in the increase of the microbiological activity and in the consequent decrease of the dissolved oxygen concentration in the water, causing the phenomenon of eutrophication.

The increase of nutrient content can lead to unexpected microalgae and plant growth and the increase of suspended solids concentration can cause turbidity in the water. Both of these increases result in a decrease of the incident light on the water, making it difficult for the algae to carry out photosynthesis, essential to set oxygen levels.

The increase of nitrites, nitrates and ammonia concentration can cause fish death, as these compounds are toxic to these beings.

The accidental discharge of pollutants into the water medium is an environmental aspect classified as an emergency. Thus, it is important to establish plans for the prevention and mitigation of any environmental damage that can be caused.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Siglas

AIA	Avaliação de Impacte Ambiental
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
CBO	Carência Bioquímica de Oxigénio
Cl	Cloro
CQO	Carência Química de Oxigénio
CO ₂	Dióxido de Carbono
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
ETEI	Estação de Tratamento de Efluentes Industriais
ETRIS	Estação de Tratamento de Resíduos Industriais
FAD	Flotação por Ar Dissolvido
H ⁺	Iões de Hidrogénio
H ₂ O	Água
HCl	Ácido Clorídrico
HNO ₃	Ácido Nítrico
H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico
IA	Índice de Acidez
IT	Instrução de Trabalho
KOH	Hidróxido de Potássio
MO	Matéria Orgânica
MTD	Melhores Técnicas Disponíveis
N	Azoto/Nitrogénio
NaOH	Hidróxido de Sódio
NH ₄ ⁺	Amónia
NH ₃	Amoníaco
NO ₃	Nitrato
NO ₂	Nitrito
O ₂	Oxigénio
OGR	Operador de Gestão de Resíduos
P	Fósforo
PEA	Plano de Emergência Ambiental
pH	Potência de Hidrogénio
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SST	Sólidos Suspensos Totais
UE	União Europeia
VLE	Valor Limite de Emissão

Lista de Abreviaturas

F.d.	Fator de Diluição
N_t	Teor de Azoto Total
p_t	Teor de Proteína
T	Temperatura
V_a	Volume de amostra
V_i	Volume inicial
V_f	Volume final

Lista de Unidades

%	percentagem
°C	grau Celsius
Escala de Sörensen	unidade de medida de pH
g	grama
g/dm^3	grama por decímetro cúbico
g/L	grama por litro
L	litro
μL	microlitro
mg	miligrama
mg/L	miligrama por litro
mg /L Cl	miligrama de cloro por litro
mg/L N	miligrama de azoto por litro
mg /L NH_4^+	miligrama de amónia por litro
mg /L NO_3	miligrama de nitrato por litro
mg/L O_2	miligrama de oxigénio por litro
mg /L P	miligrama de fósforo por litro
min	minuto
mL	mililitro
mol/L	mol por litro
nm	nanómetro
PtCo	unidades Platina-Cobalto
s	segundo
ton	tonelada

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO CICLO HIDROLÓGICO (AMBIENTEBRASIL, S.D.).....	6
FIGURA 2. ESQUEMATIZAÇÃO DA CADEIA ALIMENTAR DO ECOSISTEMA TÍPICO PRESENTE EM ÁGUAS DOCES (ADAPTADO DE GRAY, 2005).....	7
FIGURA 3. OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA AGENDA 2030 APROVADA PELA ONU (UNRIC, 2018).....	9
FIGURA 4. EXEMPLO DE MATRIZ DE AVALIAÇÃO DE RISCO (SOLÉ & LINDGREN, 2018).....	21
FIGURA 5. MATRIZ DE AVALIAÇÃO DE RISCO UTILIZADA.	28
FIGURA 6. AVALIAÇÃO DE RISCO REALIZADA A CADA UM DOS RISCOS IDENTIFICADOS.....	41
FIGURA 7. ASPETO DO PEA REALIZADO.....	42
FIGURA 8. MATRIZ DE AVALIAÇÃO DE RISCO.	47
FIGURA 9. INSTRUÇÃO DE TRABALHO PARA A OCORRÊNCIA DE DERRAME DE COMBUSTÍVEL.	52

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. OBJETIVOS DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (ADAPTADO DE UNRIC, 2018)	9
TABELA 2. PARÂMETROS DE CONTROLO DE QUALIDADE DE ÁGUA RESIDUAL	12
TABELA 3. CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE ÁGUAS RESIDUAIS PROVENIENTES DA INDÚSTRIA ALIMENTAR (FABRICO DE LACTICÍNIOS) (ADAPTADO DE GRAY, 2005).....	13
TABELA 4. ETAPAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	13
TABELA 5. VALORES LIMITE DE EMISSÃO PARA DESCARGAS DE ÁGUAS RESIDUAIS TRATADAS.	18
TABELA 6. DIPLOMAS LEGAIS RELACIONADOS COM O AMBIENTE RELATIVOS AO TEMA DA ÁGUA.	19
TABELA 7. FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE ÍNDICE DE RISCO E RESPECTIVA PREFERÊNCIA DA INDÚSTRIA (ADAPTADO DE MACEDO, 2017).....	20
TABELA 8. EXEMPLO DE CRITÉRIO DE PROBABILIDADE/FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA (ADAPTADO DE MACEDO, 2017).	21
TABELA 9. COMPOSIÇÃO DO PRODUTO LÁCTEO UTILIZADO.....	30
TABELA 10. ESCALA DE VOLUMES DE AMOSTRA A UTILIZAR, DE ACORDO COM VALOR ESPERADO DE CBO5 E RESPECTIVO FATOR DE CORREÇÃO PARA CÁLCULO DO RESULTADO.....	33
TABELA 11. KITS LABORATORIAIS UTILIZADOS.....	36
TABELA 12. ESCALA DE VOLUMES DE AMOSTRA A UTILIZAR, DE ACORDO COM VALOR ESPERADO DE CBO.	36
TABELA 13. DESCRIÇÃO DAS AÇÕES A CUMPRIR EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA E RESPECTIVO RESPONSÁVEL	44
TABELA 14. SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS PARA O AMBIENTE PRESENTES NO ESTABELECIMENTO – U.F. 1.	46
TABELA 15. SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS PARA O AMBIENTE PRESENTES NO ESTABELECIMENTO – U.F. 2.	46
TABELA 16. SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA IDENTIFICADAS.....	47
TABELA 17. IDENTIFICAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE ATUAÇÃO PARA CADA SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA IDENTIFICADA.	49
TABELA 18. EXERCÍCIOS DE SIMULACRO - PEA.....	51
TABELA 19. RESULTADOS DO ESTUDO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA DO RIO POR DESCARGA ACIDENTAL DO PRODUTO ALIMENTAR EM ESTUDO.	53
TABELA 20. RESULTADOS DO ESTUDO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA DO RIO POR DESCARGA ACIDENTAL DO PRODUTO ALIMENTAR EM ESTUDO.	54
TABELA 21. RESULTADOS DO ESTUDO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA DA RIBEIRA POR DESCARGA ACIDENTAL DE EFLUENTE NÃO CONFORME.....	55

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Enquadramento geral	1
1.2	Objetivos da Dissertação.....	1
1.3	Conteúdo da Dissertação	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	Conceitos.....	5
2.2	Recursos Hídricos	6
2.3	Desenvolvimento Sustentável.....	9
2.4	Tratamento de Efluentes Líquidos	11
2.4.1	Parâmetros de Qualidade de Água de Efluente	12
2.4.2	Tratamento de Efluentes.....	13
2.4.3	Levantamento da Legislação Aplicável.....	18
2.5	Avaliação de Riscos Ambientais	20
2.5.1	Ferramentas de Análise de Índice de Risco	20
2.6	Plano de Emergência Ambiental	22
3	CASO DE ESTUDO	25
3.1	Tratamento de Efluentes Industriais.....	25
3.1.1	Caracterização das ETEI's	25
3.1.2	Controlo Analítico dos Efluentes	26
3.2	Levantamento dos Riscos Ambientais	26
3.3	Plano de Emergência Ambiental	27
3.3.1	Objetivos	27
3.3.2	Metodologia para Elaboração do PEA.....	28
3.3.3	Conteúdo do PEA.....	29

3.4	Parte Experimental: Identificação do Potencial Impacte Ambiental da Contaminação do Meio Hídrico por Descargas Acidentais de Produtos Alimentares e Efluente Não Conforme ...	29
3.4.1	Contaminação - Produtos Lácteos.....	29
3.4.2	Contaminação - Efluente Não Conforme	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4.1	Elaboração do Plano de Emergência Ambiental	41
4.2	Avaliação do Potencial Impacte Ambiental Resultante da Contaminação do Meio Hídrico por Descargas Acidentais de Produtos Alimentares e Efluente Não Conforme	53
4.2.1	Contaminação por Produtos Alimentares Lácteos	53
4.2.2	Contaminação por Efluente Não Conforme	54
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	59
5.1	Conclusões	59
5.2	Sugestões de Trabalhos Futuros	60
	REFERÊNCIAS.....	63
	Normas.....	65
	Diplomas Legais.....	66
	ANEXOS	69
	Anexo 1 – Valores dos volumes de titulante e titulado relativos à determinação do Índice de Acidez no estudo da contaminação por produtos lácteos.....	69
	Anexo 2 – Instruções de Trabalho para a ocorrência de descarga de efluente não conforme (não cumprimento dos VLE's) e para o derrame de produtos químicos ou resíduos líquidos perigosos (óleos usados)	70
	Anexo 3 – Valores das medições de pH, Temperatura e Densidade no estudo da contaminação por produtos lácteos.	71
	Anexo 4 – Valores das medições de A _z total no estudo da contaminação por produtos lácteos.	72
	Anexo 5 – Valores das medições da Cor no estudo da contaminação por produtos lácteos.	72

Anexo 6 – Valores das medições do Índice de Acidez no estudo da contaminação por produtos lácteos.	73
Anexo 7 – Valores das medições de SST no estudo da contaminação por produtos lácteos.	73
Anexo 8 – Valores das medições de CQO no estudo da contaminação por produtos lácteos. ..	74
Anexo 9 – Cálculo dos resultados obtidos no estudo da contaminação por produtos lácteos (A_z total, p_t , cor, concentração de SST, IA e CQO).	74
Anexo 10 – Valores esperados de CBO_5 no estudo da contaminação por produtos lácteos.....	75
Anexo 11 – Valores de CBO_5 observado no estudo da contaminação por produtos lácteos.	75
Anexo 12 - Cálculo dos resultados obtidos de CBO_5 no estudo da contaminação por produtos lácteos.	75
Anexo 13 – Valores das medições de pH, Temperatura e Oxigénio dissolvido no estudo da contaminação por efluente não conforme.	76
Anexo 14 – Valores das medições do teor de A_z total no estudo da contaminação por efluente não conforme.	77
Anexo 15 – Valores das medições do teor de nitratos, nitritos, fósforo total, amónia e cloretos no estudo da contaminação por efluente não conforme.	77
Anexo 16 – Valores das medições da Cor no estudo da contaminação por efluente não conforme.	78
Anexo 17 – Valores das medições de SST no estudo da contaminação por efluente não conforme.	80
Anexo 18 – Valores das medições de CQO no estudo da contaminação por efluente não conforme.	81
Anexo 19 – Cálculo dos resultados obtidos no estudo da contaminação por efluente não conforme (teor de nitratos, nitritos, fósforo total, amónia, cloretos, A_z total e p_t , cor, concentração de SST e CQO).	82
Anexo 20 – Valores esperados de CBO_5 no estudo da contaminação por efluente não conforme.	84
Anexo 21 – Valores de CBO_5 observado no estudo da contaminação por efluente não conforme.	85

Anexo 22 - Cálculo dos resultados obtidos de CBO ₅ no estudo da contaminação por efluente não conforme.....	85
--	----

INTRODUÇÃO

- 1.1 Enquadramento Geral
- 1.2 Objetivos da Dissertação
- 1.3 Conteúdo da Dissertação

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento geral

A indústria está frequentemente associada a acidentes ambientais com elevado impacte. Assim, torna-se necessária a implementação de medidas de controlo e mitigação que promovam a melhoria da relação entre a indústria e o ambiente.

A implantação de estações de tratamento de efluentes nas unidades industriais tem sido uma medida implementada por diversas indústrias no âmbito das boas práticas ambientais. A água é captada, utilizada nos diversos processos que caracterizam a atividade industrial, tratada e devolvida ao meio hídrico.

As estações, referidas no parágrafo anterior, têm a si associados determinados riscos ambientais que podem originar a ocorrência de situações de emergência ambiental que, por sua vez, podem causar danos graves no ambiente.

A possibilidade de ocorrência de acidentes ambientais graves, de impacte adverso significativo, justifica a necessidade de avaliações de risco e da elaboração de planos de controlo e resposta a emergências.

No seguimento da problemática descrita, elaborou-se a presente dissertação na qual foi desenvolvido o levantamento de riscos ambientais associados a duas estações de tratamento de efluentes industriais provenientes de unidades fabris cuja atividade económica está associada ao fabrico de produtos alimentares; e realizada uma avaliação de risco e estruturado um plano de emergência ambiental.

1.2 Objetivos da Dissertação

A presente dissertação tem como principais objetivos o levantamento de riscos ambientais associados a duas estações de tratamento de efluentes industriais provenientes de uma indústria alimentar e a estruturação de um plano de emergência ambiental, incluindo a avaliação experimental da contaminação da água do meio hídrico recetor da descarga de efluente tratado, com produtos lácteos (matéria-prima líquida) e efluente não conforme, em que os valores limite de emissão estipulados na legislação não são cumpridos.

1.3 Conteúdo da Dissertação

A presente dissertação cujos objetivos são o levantamento de riscos ambientais e elaboração de planos de emergência considerando duas estações de tratamento de

efluentes presentes nas instalações industriais em estudo, desenvolve-se ao longo de cinco capítulos.

No primeiro capítulo foi exposta uma breve introdução ao tema de estudo da presente dissertação, seguida dos objetivos e descrição do conteúdo da mesma.

No segundo capítulo insere-se a revisão bibliográfica, na qual se apresentam alguns conceitos base e a contextualização teórica dos diferentes temas abordados: recursos hídricos, desenvolvimento sustentável, tratamento de efluentes líquidos, avaliação de riscos ambientais e plano de emergência ambiental.

No capítulo seguinte, encontra-se a descrição do caso de estudo da presente dissertação, dividindo-se por: tratamento de efluentes industriais, levantamento dos riscos ambientais associados, plano de emergência ambiental e parte experimental sobre o potencial impacte no ambiente da contaminação de água por descarga de produtos alimentares e de efluente industrial não conforme.

No quarto capítulo apresentam-se os resultados do levantamento de riscos ambientais e avaliação dos mesmos, do plano de emergência ambiental elaborado e da parte experimental realizada, relativa ao estudo sobre o potencial impacte ambiental da contaminação do meio hídrico consequente da ocorrência de emergências ambientais.

Por fim, no quinto capítulo, são apresentadas as principais conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- 2.1 Conceitos
- 2.2 Recursos Hídricos
- 2.3. Desenvolvimento Sustentável
- 2.3 Tratamento de Efluentes Líquidos
- 2.4 Avaliação de Riscos Ambientais
- 2.5 Plano de Emergência Ambiental

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo é apresentada a revisão bibliográfica, através da qual se procede à contextualização relativa aos diferentes tópicos abordados na presente dissertação.

2.1 Conceitos

Antes de prosseguir, importa definir um conjunto de conceitos que serão referidos ao longo da dissertação.

- **Acidente Ambiental:** ocorrência não prevista, com capacidade de provocar danos direta ou indiretamente no ambiente (IAT, s.d.).
- **Ambiente:** envolvente na qual uma organização realiza as suas operações, que inclui os elementos: ar, água, solo, flora, fauna, seres humanos, recursos naturais e respetivas interações (ISO 14001:2015).
- **Aspeto Ambiental:** componente dos produtos, serviços e atividades que uma organização contém, que podem interagir com o meio ambiente (ISO 14001:2015).
- **Emergência Ambiental:** ocorrência não prevista e não intencional que causa danos no ambiente e requer ações imediatas de mitigação (ISO 14001:2015).
- **Impacte Ambiental:** alteração no meio ambiente com efeitos benéficos ou adversos, resultante de forma parcial ou total de atividades, serviços ou produtos de uma organização (ISO 14001:2015).
- **Perigo Ambiental:** fonte com a capacidade de causar dano no ambiente (Macedo, 2017).
- **Risco Ambiental:** resultado da combinação da probabilidade/frequência e da magnitude das consequências da ocorrência de um determinado evento, no ambiente (Macedo, 2017).
- **Substância Perigosa:** qualquer substância que, em caso de contacto, coloque em risco a saúde humana e/ou ambiental. Pode ainda definir-se como qualquer substância, mistura ou preparação (sob a forma de matéria-prima, produto, subproduto, resíduo ou produto intermédio – incluindo as geradas em caso de acidente) descrita na parte 1 e na parte 2 do Anexo 1 do Decreto-Lei nº 150/2015 de 5 de agosto.

2.2 Recursos Hídricos

A distribuição da água no planeta não é uniforme, assim como a sua natureza. A água salina dos oceanos, mares e lagos salgados representa 97,5 % da totalidade da água disponível, sendo apenas 2,5 % água doce. A percentagem de água doce divide-se ainda em glaciares e calotas de gelo - 1,875 %, água subterrânea (lençóis freáticos) - 0,6 %, e água superficial - 0,025 % (Gray, 2005).

A água doce superficial representa a fonte de água que pode ser utilizada para consumo humano. Assim sendo, apenas 0,025 % do volume total de água existente no planeta pode ser utilizado para este fim.

Um sistema denominado por ciclo hidrológico (Figura 1) garante a reciclagem natural da água. Neste ciclo a água está num constante movimento conduzido pela energia solar.



Figura 1. Representação esquemática do ciclo hidrológico (Ambientebrasil, s.d.).

O calor proveniente do sol provoca a evaporação oceânica, originando a formação das nuvens e conseqüente ocorrência do fenómeno de precipitação. Adicionalmente o aumento de temperatura na superfície, provocado pela energia solar, origina os fenómenos de evapotranspiração da vegetação e de evaporação superficial de rios, lagos e solos. A ocorrência de precipitação na superfície permite o fornecimento da água necessária para os animais e plantas. A água retorna aos oceanos através das escorrências superficiais e subterrâneas. O fenómeno de precipitação é extremamente importante para o fornecimento de água, se este diminuir a sua frequência, diminui a quantidade de água disponível podendo levar a períodos de seca com elevadas conseqüências a nível ambiental e no desempenho das atividades do ser humano (exemplos: agricultura, indústria e atividades domésticas) (Gray, 2005).

No âmbito da sustentabilidade, a gestão dos recursos hídricos deve ser realizada tendo por base o seu ciclo natural. Após captação e utilização para as diversas atividades humanas, esta deve ser tratada e posteriormente devolvida ao meio, constituindo um processo cíclico. Adicionalmente, deve ser considerada a ecologia presente e as diferentes relações entre os vários níveis dos ecossistemas característicos deste meio.

As principais comunidades que caracterizam o ecossistema presente nos meios hídricos de água doce são fototróficos (autotróficos), heterotróficos, detritívoros, herbívoros e predadores. A cadeia alimentar típica do referido ecossistema apresenta-se na Figura 2 (Gray, 2005).

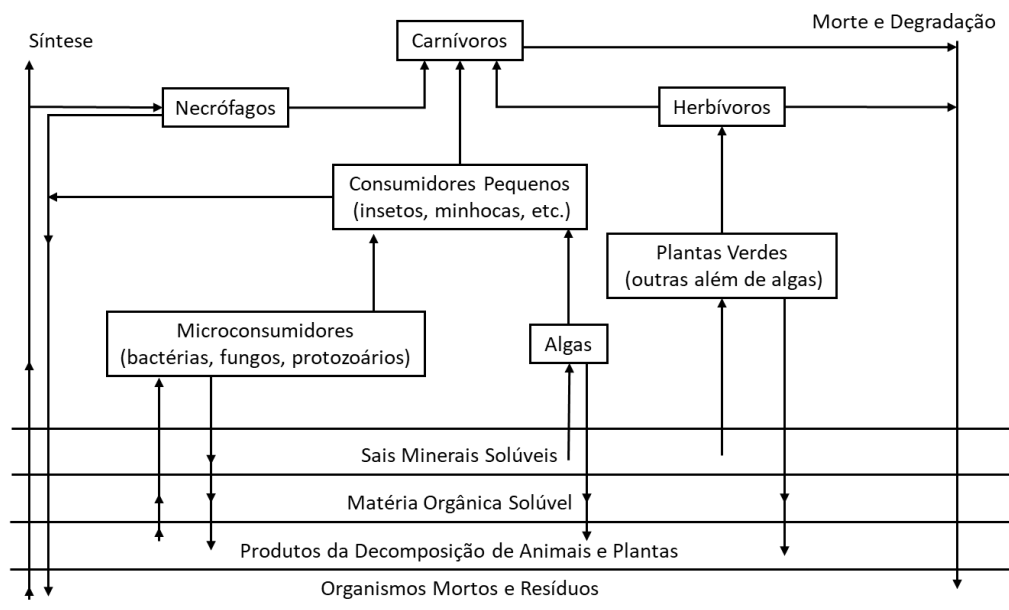
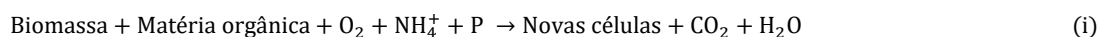


Figura 2. Esquemática da cadeia alimentar do ecossistema típico presente em águas doces (adaptado de Gray, 2005).

A atividade dos seres vivos presentes no meio hídrico está dependente da presença de oxigénio, que pode ser proveniente de fontes orgânicas ou inorgânicas. A concentração de oxigénio dissolvido é influenciada pela temperatura (estes fatores são proporcionalmente inversos) e pela salinidade (Wetzel, 2001).

A atividade microbiológica nos meios aquáticos caracteriza um dos níveis mais importantes em todo o ecossistema.

A componente microbiana dos ecossistemas presente na água permite à mesma, a capacidade natural de auto-purificação, ou seja, de reposição das condições normais quando ocorrem distúrbios. Os microrganismos utilizam a matéria orgânica (MO) como fonte de alimento e nutrientes para a produção de energia por respiração celular e para a síntese de proteínas e outros componentes celulares na produção de novas células. Esta reação pode traduzir-se pela Equação i (Gray, 2005).



Em meios aquáticos existem populações de microrganismos autotróficos e heterotróficos. A sua classificação difere pela fonte de nutrientes usada, no caso dos

autotróficos, estes utilizam MO enquanto os heterotróficos utilizam compostos inorgânicos. A classificação dos microrganismos subdivide-se ainda em dois grupos, aeróbios e anaeróbios. Os aeróbicos necessitam de oxigénio dissolvido livre, os anaeróbios não requerem a presença deste, utilizam o oxigénio presente em outros compostos como nitratos (Nicolau, 2016).

Outro fator importante para a gestão adequada deste recurso é a qualidade da água existente nos meios hídricos. Esta pode ser influenciada pelas próprias características do meio e ainda pela atividade humana que, muitas vezes, provoca a poluição aquática.

A tipologia do solo e da geologia que caracterizam o meio hídrico afetam a qualidade da água, nomeadamente na sua composição mineralógica. Ao longo do seu fluxo, a água dissolve os mais variados compostos à medida que contacta com o solo, rochas e com a vegetação presente (Nicolau, 2016).

A poluição aquática provocada pelo ser humano, nomeadamente, por descargas de água não tratada após utilização, tem consequências no meio hídrico. O impacto da poluição caracteriza-se pela carga, tipologia e exposição do poluente.

A descarga de águas residuais em meio aquático pode diminuir a concentração de oxigénio dissolvido e originar a formação de depósitos de lamas (favorável ao crescimento de bactérias filamentosas). A matéria orgânica introduzida no meio hídrico pela descarga é oxidada pelos microrganismos, verificando-se um aumento no seu crescimento e no consumo de oxigénio, diminuindo a sua disponibilidade. Esta descarga provoca também um aumento no teor de nutrientes (eutrofização), favorável ao crescimento de plantas e algas verdes, levando ao aumento do revestimento das rochas por estas espécies. No caso de águas mais paradas como, por exemplo, lagos, o crescimento destas algas é consideravelmente estimulado, estas provocam um cheiro desagradável e podem desenvolver toxinas que aumentam a mortalidade dos animais terrestres e peixes (Ramalho, 1983).

O teor de sólidos suspensos, também provocado pela descarga, resulta num aumento na turvação do meio aquático, desfavorável ao crescimento das algas que necessitam de luz solar. Por contraste, este aumento é favorável ao crescimento de algas verdes (Ramalho, 1983).

A contaminação do meio hídrico com cloretos pode ter impacto negativo nos seres vivos que nele habitam, alterando as taxas de reprodução, aumentando a mortalidade das espécies, alterando todo o ecossistema pelo desequilíbrio provocado (EEA, 2019).

Os compostos de azoto, como nitratos, nitritos e amónia, contaminantes introduzido no meio pela descarga, podem ser tóxicos para os peixes presentes no meio hídrico. Esta toxicidade deve-se à possibilidade de estes compostos provocarem alterações bioquímicas e ao nível dos tecidos celulares, causando a diminuição da capacidade de transporte de oxigénio no sangue, que por sua vez pode levar a problemas de crescimento, de mobilidade e a nível físico (Araújo et al 2021).

2.3 Desenvolvimento Sustentável

A 25 de setembro de 2015 foi aprovada pela organização das Nações Unidas (ONU) a resolução “Transformar o nosso mundo: Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável” composta por 17 objetivos e 169 metas.

Na Figura 3 apresentam-se os 17 objetivos do desenvolvimento sustentável, definidos na Agenda 2030 aprovada pela ONU (UNRIC, 2018).



Figura 3. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 aprovada pela ONU (UNRIC, 2018).

Os referidos 17 objetivos do Desenvolvimento Sustentável, apresentam-se listados, de modo mais completo, na Tabela 1.

Tabela 1. Objetivos do desenvolvimento Sustentável (adaptado de UNRIC, 2018)

N.º	Objetivo
1	<i>Erradicar a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares.</i>
2	<i>Erradicar a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável.</i>
3	<i>Garantir o acesso à saúde de qualidade e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.</i>
4	<i>Garantir o acesso à educação de qualidade, inclusiva e equitativa, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.</i>
5	<i>Alcançar a igualdade de género e empoderar as mulheres e meninas.</i>
6	<i>Garantir a disponibilidade e a gestão sustentável de água potável e saneamento para todos.</i>
7	<i>Garantir o acesso a fontes de energia fiáveis, sustentáveis e modernas para todos.</i>
8	<i>Promover o crescimento económico sustentável e inclusivo, o emprego pleno e produtivo e o trabalho decente para todos.</i>
9	<i>Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização sustentável e inclusiva e fomentar a inovação.</i>
10	<i>Reduzir as desigualdades no interior dos países e entre países.</i>
11	<i>Tornar as cidades e comunidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis.</i>

N.º	Objetivo
12	<i>Garantir padrões de consumo e produção sustentáveis.</i>
13	<i>Adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos.</i>
14	<i>Conservar e utilizar de forma sustentável os oceanos, mares e os recursos marinhos, para o desenvolvimento sustentável.</i>
15	<i>Proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, travar e reverter a degradação dos solos e travar a perda de biodiversidade.</i>
16	<i>Promover sociedades pacíficas, inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça e para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas a todos os níveis.</i>
17	<i>Reforçar os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.</i>

Nos objetivos do desenvolvimento sustentável, a água e as problemáticas associadas a este recurso são temas presentes de forma direta ou indireta.

A utilização de água para as atividades antropogénicas como agricultura, indústria e para consumo humano é um tema presente nos objetivos n.º 2, 6 e 9. No âmbito de uma agricultura e industrialização sustentáveis (objetivos n.º 2 e 9) é importante uma utilização eficiente e controlada dos recursos hídricos. Adicionalmente é importante considerar o tratamento de água pré e pós utilização, de modo a garantir o acesso a água potável e saneamento (objetivo n.º 6), o que, por sua vez, se relaciona a sustentabilidade das cidades (objetivo n.º 11).

A gestão dos recursos hídricos referida no parágrafo anterior é também importante no âmbito do crescimento económico sustentável (objetivo n.º 8) e da garantia de padrões de consumo e produção sustentáveis (objetivo n.º 12)

A disponibilidade de água no planeta não é uniforme, o que dificulta a sua acessibilidade em determinados locais, no âmbito do desenvolvimento sustentável é importante adotar medidas de gestão adequadas de modo a garantir o acesso deste recurso a todos. A falta de acessibilidade a recursos hídricos com a qualidade necessária para consumo humano, pode ter consequências a nível da saúde humana (objetivo n.º 3).

O desenvolvimento de energias renováveis (objetivo n.º 7) é importante no âmbito da sustentabilidade, sendo a água uma fonte natural renovável, a aposta na energia hídrica pode ser uma alternativa viável, no entanto esta utilização deve ser realizada de forma criteriosa para não inviabilizar a utilização de água para outros fins.

As atividades desenvolvidas pelo ser humano têm consequências a nível da poluição dos meios hídricos e dos ecossistemas presentes nestes meios e na sua envolvente, a sua proteção é essencial, passando por medidas de prevenção e mitigação da poluição (objetivos n.º 14 e 15). Um outro fator com consequências graves nos meios hídricos e envolventes são as alterações climáticas (objetivo n.º 13), em parte provocadas pela poluição, por isso é também importante atuar neste sentido com o objetivo de alcançar a sustentabilidade e mitigar as consequências das alterações climáticas.

No âmbito de cumprir o disposto nos objetivos do desenvolvimento sustentável, em relação aos recursos hídricos, na Agenda 2030 da ONU foram estabelecidas metas para acabar com doenças transmitidas pela água; reduzir a contaminação e a poluição da água; garantir acesso a água potável e ao saneamento, melhorando a qualidade da água, nomeadamente através da redução de descargas de água não tratada para o meio hídrico e aumento do tratamento de águas residuais; aumentar a eficiência de utilização deste recurso nas atividades desenvolvidas pelo ser humano; e de proteção dos ecossistemas (UNRIC, 2018).

2.4 Tratamento de Efluentes Líquidos

Numa estação de tratamento de águas residuais (ETAR), o processo é realizado através da sequência de operações físicas, químicas e/ou biológicas que se dividem em fase líquida (tratamento preliminar, primário, secundário e terciário) e fase sólida (desidratação, espessamento e estabilização de lamas). O tratamento deve ser adequado à tipologia da água residual a tratar, existem três tipos de águas residuais: domésticas, industriais e urbanas.

A águas residuais domésticas são provenientes de atividades do quotidiano (como limpeza, preparação de alimentos e lavagem de roupa) e do metabolismo humano. As industriais, tal como o nome indica, são provenientes da atividade industrial. No caso das águas residuais urbanas, estas são a mistura de águas residuais domésticas com águas residuais industriais e/ou pluviais (escorrências consequentes da precipitação) (Cruz, 1997).

As águas residuais são maioritariamente compostas por água (99,9 %), o restante caracteriza-se por sólidos orgânicos (proteínas, hidratos de carbono e gorduras) e inorgânicos (sais, metais e partículas sólidas). Existem diversos fatores que influenciam esta composição, nomeadamente, o clima (a própria estação do ano tem influência), o local e a utilização dada à água (Gray, 2005).

A carga de poluentes que contaminam as águas residuais e o caudal da mesma são alguns dos fatores mais importantes nos processos de uma ETAR.

Os contaminantes existentes nas águas residuais dividem-se em três categorias: químicos, físicos e biológicos. A presença de poluentes como os compostos químicos pode resultar na redução da concentração de oxigénio dissolvido na água, adicionalmente, estes compostos podem apresentar toxicidade. Os poluentes físicos caracterizam-se por variações acentuadas de temperatura e/ou de cor, pelo aumento da turvação e pela presença de espumas (provenientes de detergentes). Em terceiro, os poluentes biológicos caracterizam-se pela possibilidade de transmissão de doenças pela água (Ramalho, 1983).

A composição das águas residuais industriais é diferente para cada setor. Os efluentes industriais provenientes do setor alimentar são tipicamente biodegradáveis e livres de toxicidade uma vez que a sua composição é idêntica à verificada em águas residuais

domésticas. O tratamento pode ser realizado através de uma ligação entre os coletores industriais e os municipais ou a organização pode construir a sua própria estação de tratamento (EEA, 2019).

Os efluentes líquidos tratados devem apresentar determinadas características de acordo com a regulamentação existente de valores limite para os poluentes típicos destes efluentes.

2.4.1 Parâmetros de Qualidade de Água de Efluente

Os parâmetros de qualidade dos efluentes tratados numa ETAR, são estabelecidos no Decreto-Lei n.º 236/1998. Dentre estes, os mais relevantes para este trabalho são os apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros de Controlo de Qualidade de Água Residual.

Químicos	Físicos	Microbiológicos	Biológicos	Radiológicos
CBO	Turvação	Bactérias	Degradação da Matéria Orgânica	Absorção de Radioatividade
CQO	Condutividade			
pH	Viscosidade			
O ₂ dissolvido	Temperatura			
Substâncias biodegradáveis	SDT	Vírus		
Substâncias não biodegradáveis	SST			
Dureza	Cor	Algas		
Salinidade, metais alcalinos, halogénios	Densidade			
Alcalinidade e equilíbrio cálcico – carbónico	Tensão Superficial	Fungos		
Ciclo de N (azoto e compostos azotados)				
Ciclo de P (fósforo e compostos fosfatados)	Características organolépticas	Protozoários		
Ciclo de S (enxofre, sulfetos, sulfitos, sulfatos e tiosulfatos)				

Dos parâmetros apresentados, destacam-se a carência bioquímica de oxigénio (CBO), o oxigénio dissolvido, a degradação da MO, a alcalinidade, o pH, o teor de nutrientes (azoto – N e fósforo – P) e o teor de sólidos suspensos totais (SST) (Richter, 2009).

A CBO quantifica a MO biodegradável (hidratos de carbono, gorduras, proteínas) através da quantificação do oxigénio utilizado na oxidação bioquímica da MO (oxigénio dissolvido) pelos microrganismos presentes, num determinado intervalo de tempo e

valor de temperatura. O intervalo de tempo suficiente para a metabolização é, habitualmente, 5 dias para uma temperatura ambiente de 20 °C (Richter & Netto, 1991).

Numa indústria alimentar, em que a atividade é a produção de laticínios, as características típicas dos efluentes industriais apresentam-se na Tabela 3 (Gray, 2005).

Tabela 3. Características típicas de águas residuais provenientes da indústria alimentar (fabrico de laticínios) (Adaptado de Gray, 2005).

Parâmetro	
Caudal	Intermitente
CBO	Média – Alta
SST	Baixo – Médio
CQO	Média – Alta
pH	Ácido – Alcalino
N	Presente
P	Presente

2.4.2 Tratamento de Efluentes

O tratamento de efluentes, como referido anteriormente, divide-se em duas fases: fase líquida e fase sólida, as diferentes etapas de cada fase encontram-se descritas na Tabela 4.

Tabela 4. Etapas de tratamento de efluentes.

Fase	Tratamento
Líquida	Preliminar
	Primário
	Secundário
	Terciário
Sólida (Lamas)	Espessamento
	Estabilização
	Desidratação

2.4.2.1 Tratamento em fase Líquida

No tratamento em fase líquida existem diferentes etapas, sendo essas as a seguir enumeradas:

1. Tratamento Preliminar;
2. Tratamento Primário;
3. Tratamento Secundário;
4. Tratamento Terciário.

O primeiro nível de tratamento consiste num processo físico de eliminação e/ou remoção elementos grosseiros que possam interferir nas etapas seguintes, causando, por exemplo, obstrução nas tubagens de circulação de água e nos equipamentos de bombagem (Maulin et al, 2021).

As operações unitárias características desta etapa de tratamento são:

- Gradagem: remoção de sólidos de dimensão significativa – gradados (exemplos: papel, folhas, relva, pequenos ramos, plásticos e pedras). A metodologia consiste na separação dos sólidos através de uma grade de limpeza (Serrano, 2014).
- Tamisação: remoção de sólidos de dimensão significativa. Trata-se de um processo complementar à gradagem, através da utilização de uma grelha de malha mais fina (Serrano, 2014).
- Desarenamento/Desengorduramento: remoção das areias e gorduras presentes no efluente através da passagem do efluente no tanque com velocidade reduzida de modo a permitir a ação da gravidade para remover as areias por sedimentação e através da injeção de fluxo ascendente no centro do tanque de efluente de modo a acumular as gorduras na superfície do mesmo e proceder à sua remoção e posterior eliminação (Serrano, 2014).

No caso particular de águas residuais provenientes de instalações industriais, o pré-tratamento envolve tecnologias de remoção de óleos e gorduras, se estes estiverem presentes em grandes quantidades e envolve, adicionalmente, processos de equalização e de neutralização (Gray, 2005).

A neutralização antes da realização de uma descarga no meio hídrico é um processo importante uma vez que, os elementos presentes na vida aquática são sensíveis a variações de pH além de $\text{pH} = 7$. Adicionalmente, a neutralização antes do tratamento secundário (biológico) é também importante de forma a garantir as condições ótimas para a atividade biológica. Neste caso os valores de pH devem encontrar-se entre os valores de 6,5 e 8,5 (Ramalho, 1983).

Os métodos utilizados para a neutralização são a equalização, que consiste na mistura de agentes alcalinos e ácidos num tanque; o controlo direto pH por adição de ácidos ou bases de modo a obter o estado neutro. O caudal de água é enviado para os tanques de equalização que alimentam a estação de tratamento. Este processo é também utilizado para controlar as variações de caudal de modo a alimentar um caudal relativamente constante à ETAR, e ainda para controlar as variações dos valores de carência química de oxigénio (CQO) (Cruz, 1997).

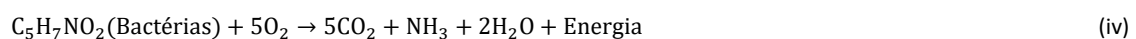
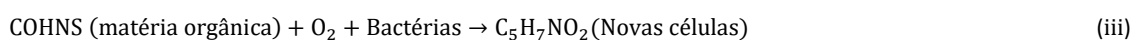
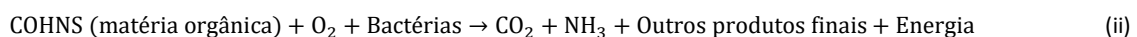
No nível de tratamento seguinte, tratamento primário, procede-se a processos físicos e químicos de modo a remover os sólidos suspensos e a MO presente no efluente a tratar (Cruz, 1997). Este nível de tratamento é composto pelas operações unitárias de seguida descritas:

- Decantação: remoção de MO e sólidos suspensos através da ação de sedimentação, a metodologia consiste na existência de um decantador onde o efluente permanece o tempo necessário para que ocorra a sedimentação das partículas sólidas no fundo do decantador, as mesmas são posteriormente removidas. Existem medidas complementares cujo objetivo é o aumento da eficiência do processo, algumas destas são, por exemplo, a adição de reagentes químicos como coagulantes e ou floculantes (Monte et al, 2016).
- Flotação: remoção de sólidos suspensos através da injeção de um fluxo de ar ascendente no interior do tanque de efluente, fazendo as partículas sólidas ascenderem à superfície, formando uma camada flutuante de lamas a remover posteriormente para o tratamento em fase sólida (Monte et al, 2016).

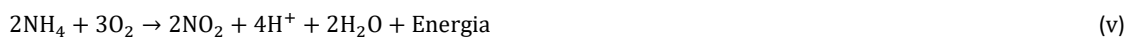
As matérias flutuantes, denominadas por lamas primárias, são recolhidos nesta fase e posteriormente tratadas na fase sólida, as partículas removidas do fundo do decantador, as escumas, são reencaminhadas novamente para o tratamento preliminar. Assim, o volume de carga a tratar na etapa seguinte – tratamento secundário – é menor (Monte et al, 2016).

O nível de tratamento secundário consiste em processos biológicos cujo objetivo é remover os sólidos em suspensão e a MO solúvel e coloidal ainda presentes no efluente a ser tratado. Este processo pode ser também usado para a remoção de nutrientes como fósforo e azoto. Os processos biológicos referidos consistem na colocação do efluente, proveniente do tratamento primário, em contacto com microrganismos capazes de metabolizar a MO. Este processo pode ocorrer na presença (aeróbio) ou na ausência (anaeróbio) de oxigénio e/ou na presença de compostos de nitrogénio como nitritos e nitratos (anóxico), pode conjugar-se o tratamento entre aeróbio, anaeróbio e anóxico (Cruz, 1997).

Os métodos utilizados nesta fase do tratamento são semelhantes ao que ocorre na natureza em meios hídricos, envolvendo os mesmos microrganismos, maioritariamente bactérias. Os microrganismos decompõem a MO, removendo-a da solução através de dois processos: oxidação biológica (Equação ii) e biossíntese (Equação iii). O processo de oxidação (ou respiração) origina a formação de minerais; a biossíntese converte os coloides e a MO solúvel em partículas de biomassa que podem ser removidas por liquidação. No caso de insuficiência de alimento para os microrganismos, pode ocorrer auto-oxidação (Equação iv) para a obtenção de energia. Estes processos ocorrem simultaneamente, traduzindo-se nas Equações seguintes (Gray, 2005).



Adicionalmente, à ocorrência de oxidação da MO, pode ainda ocorrer a oxidação da amónia pelas bactérias autotróficas, esta reação denomina-se por nitrificação (Equações v e vi). Este processo requer a presença de oxigénio (Gray, 2005).



Neste nível de tratamento, os processos biológicos podem classificam-se em processos de biomassa fixa (microrganismos que metabolizam a MO ligados a um meio inerte) e de biomassa suspensa (microrganismos que metaboliza a MO mantidos em suspensão). Os sistemas de tratamento de efluentes por processos biológicos de biomassa suspensa são:

- Lamas ativadas: os microrganismos metabolizam a MO na presença de oxigénio fornecido por arejamento constante (adição de ar ou oxigénio puro). Uma vez metabolizada a MO, esta etapa é complementada por um processo físico de separação, num decantador secundário, da fase líquida (efluente tratado) e da fase sólida (lamas secundárias). O sistema de arejamento constante é mais usado nas estações uma vez que a produção de lamas é menor, no entanto, podem ser produzidas lamas em excesso que devem ser separadas para o tratamento em fase sólida (Simões et al, 2017).
- Lagoas: a degradação da MO ocorre em condições idênticas às condições naturais em que os responsáveis pela metabolização são os microrganismos e as algas presentes nas lagoas. Este processo de tratamento consiste na passagem gravítica do efluente por várias lagoas de profundidade e dimensão diferentes e consequente degradação da MO. Existem diferentes tipos de lagoas: anaeróbias (pré-tratamento de efluente com maior quantidade de carga poluente); aeróbias; de maturação/estabilização (remoção de patogénicos e nutrientes); facultativas (intermédias no tratamento de efluente com carga poluente inferior à inicial) e arejadas (com fornecimento de oxigénio por processos mecânicos aumentando a eficiência do processo) (Simões et al, 2017).

Os sistemas de tratamento de efluentes por processos biológicos de biomassa fixa são:

- Leitões Percoladores: o meio inerte que suporta a biomassa é um material de enchimento, colocado no tanque, composto por pedras ou material sintético granulado. Os microrganismos presentes nesse meio degradam a MO e os nutrientes presentes. De modo a garantir o crescimento dos microrganismos que desempenham um papel de elevada importância na degradação da MO, é frequentemente realizada a recirculação do ar (Simões et al, 2017).
- Discos Biológicos: o meio inerte que suporta a biomassa é composto por discos colocados paralelamente e unidos por um eixo permitindo uma maior área de contacto, os microrganismos aderem aos discos rugosos criando um biofilme. Os

discos em rotação mergulham parcialmente no efluente, ficando parte em contacto com o ar, promovendo a eficiência de degradação de MO pelos microrganismos (Simões et al, 2017).

- Biofiltros: o processo baseia-se na filtração cujo meio filtrante é composto por pequenas esferas colocadas em contacto com o efluente a tratar e arejadas com ar que se movimenta em contra-corrente com o efluente. Este material filtrante tem a si associado uma flora bacteriana característica, responsável pela eliminação do carbono solúvel e dos sólidos suspensos e ainda pela retenção do nutriente de fósforo (WEF, 2010).

Por fim, o último nível de tratamento do efluente, o tratamento terciário ou de afinação complementa todos os níveis anteriores, de modo ao efluente contemplar todos os valores exigidos a nível de qualidade para se proceder à descarga no meio hídrico recetor. Neste nível de tratamento são removidos todos os poluentes que possam não ter sido removidos anteriormente de modo a garantir a eficiência do tratamento.

As operações unitárias frequentemente utilizadas nesta fase são precipitação química (remoção de fósforo); tratamento biológico (remoção de azoto); filtração (remoção de partículas em suspensão); desinfecção por adição de agentes químicos como o cloro e o hipoclorito de sódio ou por radiação ultravioleta (remoção de microrganismos patogénicos); adsorção em carvão ativado; permuta iónica; osmose inversa, decantação e floculação (Maulin P. Shah, 2021).

2.4.2.2 Tratamento em Fase Sólida

Nesta fase do tratamento realiza-se o espessamento, a estabilização e a desidratação das lamas produzidas e separadas durante o tratamento de efluente em fase líquida.

O espessamento consiste na redução do volume de lamas através de processos de espessamento gravítico, por flotação e mecânico (centrifugação). A estabilização das lamas tem como objetivo a remoção de microrganismos patogénicos, a eliminação de odores e do potencial de putrefação através de processos de digestão anaeróbia e aeróbia; esterilização química ou térmica e compostagem. A desidratação de lamas consiste, tal como o nome indica, na remoção de água presente nas mesmas (Ramos, 2011).

2.4.2.3 Sistemas de Desodorização

Os sistemas de desodorização têm como principal objetivo a eliminação dos odores característicos do tratamento de águas residuais.

As principais metodologias utilizadas são a lavagem química (com, por exemplo, ácido sulfúrico, hipoclorito de sódio e/ou hidróxido de sódio), biofiltros, adsorção em carvão ativado e arejamento com oxigénio para oxigenação (Saraiva, 2011).

2.4.2.4 Descarga de Efluente Tratado

A descarga de efluente tratado processa-se através de uma linha de água, que transporta o efluente tratado até ao local de descarga no meio hídrico.

Os valores limite de emissão para a descarga de águas residuais, após o seu tratamento, apresentam-se na Tabela 5.

Tabela 5. Valores limite de emissão para descargas de águas residuais tratadas.

Parâmetro	VLE	Unidade	Referência
CBO ₅	40 (*) ¹	mg/L	A
	≤ 20 (*) ²		B
CQO	125	mg/L	A
SST	50	mg/L	B
pH	6 a 9	Escala de Sörensen	A
T	Aumento de 3°C	°C	A
p total	4	mg/L P	B
N total	15	mg/L	A
Óleos e Gorduras	15	mg/L	A
Nitratos	50	mg/L NO ₃	A
Amónia	10	mg/L NH ₄	A
Cor	Não detetável em diluição 1:20	-	A
Cl residual disponível	0,5	mg/L Cl ₂	A

A – Decreto-Lei n.º 236/1998 de 1 de agosto (Anexo XVIII). B – *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Food, Drink and Milk Industries* (2019). (*)¹ - a 20 °C. (*)² – Nenhuma MTD se aplica à CBO. Como indicador, é utilizado o valor do nível médio anual de CBO₅ no efluente de uma estação de tratamento biológico de águas residuais.

2.4.3 Levantamento da Legislação Aplicável

A união europeia tem vindo a desenvolver legislação no âmbito da proteção do meio aquático ao longo dos anos.

A Diretiva 2000/60/CE de 23 de outubro estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água. O principal objetivo desta diretiva é estabelecer um enquadramento, no âmbito da proteção do meio aquático, que:

- Evite a degradação dos ecossistemas aquáticos, terrestres e de zonas que dependam direta ou indiretamente do meio aquático;
- Promova o consumo sustentável, considerando a proteção a longo prazo dos recursos hídricos;
- Considere metodologias para a redução gradual das descargas, de emissões poluentes e as perdas de substâncias essenciais como nutrientes.
- Assegure a diminuição e eventual eliminação da poluição dos meio hídricos;

- Contribua para a minimização de efeitos adversos de fenómenos de seca e/ou inundações.

Na Tabela 6 apresentam-se os principais diplomas legais relacionados com o Ambiente relativos ao tema da Água.

Tabela 6. Diplomas legais relacionados com o Ambiente relativos ao tema da Água.

Subtema	Diploma Legal	Descrição
Geral	Lei n.º 58/2005 de 29 de dezembro	<i>Aprova a Lei da Água, transpondo para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro, e estabelecendo as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas.</i>
	Diretiva 2000/60/CE de 23 de outubro	<i>Estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água.</i>
	Lei n.º 54/2005 de 15 de novembro	<i>Estabelece a titularidade dos recursos hídricos.</i>
Regime de Utilização e de Recursos Hídricos	Decreto-Lei n.º 97/2008 de 11 de junho	<i>Estabelece o regime económico e financeiro dos recursos hídricos previsto pela Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, disciplinando a taxa de recursos hídricos, as tarifas dos serviços públicos de águas e os contratos-programa em matéria de gestão dos recursos hídricos.</i>
	Decreto-Lei n.º 226-A/2007 de 31 de maio	<i>Estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos.</i>
	Decreto-Lei n.º 119/2019 de 21 de agosto	<i>Estabelece o regime jurídico de produção de água para reutilização, obtida a partir do tratamento de águas residuais, bem como da sua utilização.</i>
Água para Consumo Humano	Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de agosto	<i>Estabelece o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano, revendo o Decreto-Lei n.º 243/2001, de 5 de setembro, que transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 98/83/CE, do Conselho, de 3 de novembro.</i>
Normas de Qualidade de Águas	Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de agosto	<i>Estabelece normas, critérios e objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos. Revoga o Decreto-Lei n.º 74/90, de 7 de março.</i>
	Decreto-Lei n.º 152/97 de 19 de junho	<i>Transpõe para o direito interno a Diretiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de maio de 1991, relativamente ao tratamento de águas residuais urbanas.</i>
Diversos	Decreto regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto	<i>Aprova o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais.</i>

2.5 Avaliação de Riscos Ambientais

A avaliação de riscos ambientais consiste no processo de identificação e caracterização de riscos ambientais e respetiva tolerabilidade. A sequência de ações que constituem este processo é (Macedo, 2017):

1. Identificação de eventuais perigos;
2. Determinação da probabilidade/frequência com que podem vir a ocorrer;
3. Avaliação das possíveis consequências (impacte) da eventual ocorrência;
4. Determinação do risco por avaliação dos níveis de probabilidade e de impacte de ocorrência;
5. Avaliação do risco, ou seja, determinar se o mesmo é aceitável e procede-se à sua gestão, ou se não é aceitável e é necessária a sua correção.

2.5.1 Ferramentas de Análise de Índice de Risco

Existem diversas ferramentas de avaliação de risco, a escolha deve ser realizada de acordo com os dados pretendidos (qualitativos ou quantitativos) e a informação, recursos e tempo disponível. Algumas destas ferramentas encontram-se apresentadas na Tabela 7, onde é também indicada a preferência da indústria (Macedo, 2017).

Tabela 7. Ferramentas de Análise de Índice de Risco e respetiva preferência da indústria (Adaptado de Macedo, 2017).

Ferramenta	Aplicação
<i>Hazard and Operability</i>	29%
<i>Structured What-if Technique</i>	21%
Listas de verificação	19%
Árvores de falhas	16%
<i>Failure Mode Effects Analysis</i>	9%
Outras (consulta bibliográfica; histórico da organização; revisão da segurança; auditoria da segurança; análise de fiabilidade humana; Índice Dow de Exposição Química; Índice Mond de Incêndio e Explosão)	6%

No caso da presente dissertação, a análise de risco foi estudada de acordo com uma metodologia qualitativa definida na elaboração da mesma, sendo essa uma matriz de avaliação de risco.

2.5.1.1 Matriz de Avaliação de Risco

No intuito de determinar o nível de risco ambiental associado a uma determinada ocorrência são, frequentemente, utilizadas matrizes nas quais o risco resulta do produto entre a probabilidade ou frequência de uma dada ocorrência e as consequências da mesma.

Na matriz de risco apresentam-se os níveis de probabilidade/frequência e de severidade. Os níveis de probabilidade/frequência caracterizam o número de vezes em que determinada ocorrência se verifica, num determinado período de tempo. Na avaliação deste critério deve ser considerado o histórico de ocorrências.

Na Tabela 8 apresenta-se um exemplo de critério de probabilidade/frequência de ocorrência.

Os níveis de severidade dizem respeito à caracterização do dano (magnitude do impacto provocado e capacidade de recuperação) causado por uma determinada ocorrência de impacto ambiental negativo, os diferentes níveis de severidade podem ser, por exemplo: reduzido (magnitude reduzida e elevada capacidade de recuperação), grave e catastrófico (magnitude muito elevada e capacidade de recuperação praticamente nula) (Macedo, 2017).

Tabela 8. Exemplo de critério de probabilidade/frequência de ocorrência (Adaptado de Macedo, 2017).

Histórico de Ocorrência	Probabilidade
Ocorre uma vez em cada 5 anos ou mais	Muito Baixa
Ocorre entre 2 a 5 anos	Baixa
Ocorre entre 1 a 2 anos	Moderada
Ocorre a cada 2 meses	Alta
Ocorre pelo menos uma vez por mês	Muito Alta

Na Figura 4 apresenta-se um exemplo de uma matriz de avaliação de risco considerando os critérios de probabilidade e impacto da ocorrência (Solé & Lindgren, 2018). Na figura, a cor vermelha traduz o nível de risco alto, a cor verde o risco baixo e a cor amarela o risco médio.

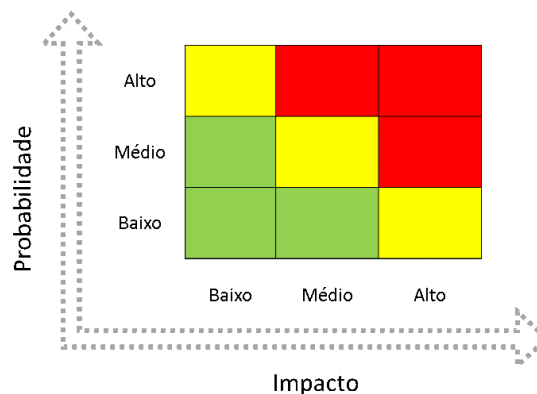


Figura 4. Exemplo de Matriz de Avaliação de Risco (Solé & Lindgren, 2018).

O risco, determinado a partir dos níveis de probabilidade/frequência e de severidade (consequência/impacto) adequados, também apresenta diferentes níveis, podendo ser, por exemplo: baixo (aceitável, sendo as medidas de controlo suficientes), médio (não desejável, sendo necessárias medidas de controlo complementares) e alto (não aceitável, sendo necessária a implementação de novas medidas de controlo e a suspensão da respetiva atividade/processo) (Macedo, 2017).

Concluída a estruturação de uma matriz de risco, é possível determinar se o risco é tolerável ou não, avaliando a necessidade de implementar medidas complementares, de modo a diminuir o nível de risco ambiental associado a uma determinada ocorrência.

2.6 Plano de Emergência Ambiental

Visando mitigar os efeitos e dar resposta a potenciais ocorrências de risco ambiental, as organizações recorrem à elaboração de planos de emergência ambiental (PEA).

Existem três fases que caracterizam as situações de emergência: a fase da normalidade em que decorrem as atividades normais; a fase de emergência em que ocorre um acidente grave e a fase final de reposição da normalidade.

Na elaboração de um plano de emergência é necessário definir as medidas imediatas, de controlo, prevenção e ainda de correção a serem tomadas relativamente à ocorrência de emergências ambientais que possam provocar danos significativos no ambiente. Adicionalmente às medidas referidas, no PEA encontram-se enumerados os meios/recursos (humanos e materiais) utilizados; as normas estabelecidas que devem ser respeitadas; as diferentes fontes de perigo, como, por exemplo, as substâncias perigosas presentes nas instalações; as plantas da instalação que sejam consideradas adequadas (aquelas que podem auxiliar na atuação em caso de ocorrência de emergência ambiental); as responsabilidades atribuídas; as informações gerais das instalações (relevantes ao PEA, como, por exemplo, a localização e respetivas vizinhanças que possam sofrer qualquer impacte em caso de uma ocorrência) e os canais de comunicação adequados para uma correta e eficaz transferência de informação (Pires, 2005).

Tomando em consideração o exposto anteriormente, estão reunidas as condições para se expor o caso de estudo.

CASO DE ESTUDO

- 3.1 Tratamento de Efluentes Industriais
- 3.2 Levantamento dos Riscos Ambientais
- 3.3 Plano de Emergência Ambiental
- 3.4 Parte Experimental: Identificação do Potencial Impacte Ambiental da Contaminação do Meio Hídrico por Descargas Acidentais de Produtos Alimentares e Efluente Não Conforme

3 CASO DE ESTUDO

Neste capítulo é apresentado o caso de estudo da presente dissertação e as metodologias aplicadas durante a elaboração da mesma.

O presente trabalho foi desenvolvido em colaboração com uma empresa cuja atividade económica desenvolvida é o fabrico de produtos alimentares. A empresa tem já implementadas medidas de otimização dos consumos energéticos, porém detetou que ainda existem potenciais riscos ambientais.

3.1 Tratamento de Efluentes Industriais

A atividade industrial gera efluentes líquidos que necessitam de tratamento, antes de serem descarregados no meio hídrico recetor.

3.1.1 Caracterização das ETEI's

No estudo realizado foram consideradas duas unidades fabris (U.F. 1 e 2) onde são produzidos produtos alimentares cuja matéria-prima são produtos lácteos, estas apresentam, em cada uma das suas instalações, uma estação de tratamento de efluente industrial, sendo essas as ETEI 1 e a ETEI 2.

No caso da ETEI 1, o meio hídrico recetor é um rio (para termo de comparação, trata-se de um rio de caudal inferior ao do rio Douro).

Na ETEI 2, o meio hídrico recetor é uma ribeira caracterizada por épocas de estio e normal, entre as quais a variação de caudal é significativa. A época de estio da ribeira ocorre entre junho e outubro, sendo que na época normal o caudal volta a aumentar.

O processo de tratamento nas ETEI's em estudo é semelhante, no entanto, a ETEI 1 apresenta maior dimensão relativamente à ETEI 2, uma vez que trata um maior caudal fabril.

Na ETEI 1 o efluente industrial proveniente da fábrica é direcionado para a estação, iniciando o tratamento pela fase preliminar em que são removidos os sólidos e a MO presentes, através de processos físicos. Os contaminantes removidos, areias, gradados e gorduras, são separados e encaminhados para o devido operador de gestão de resíduos (OGR).

Na etapa seguinte, tratamento primário, o efluente é colocado em tanques de equalização. De seguida procede-se ao tratamento secundário em que o efluente sofre

tratamento anóxico, processos de clarificação (flotação por ar dissolvido – FAD), tratamento biológico na presença de cultura microbiana com adição de oxigénio, e decantação. Desta fase do tratamento resultam as lamas secundárias que sofrem processos de recirculação e de espessamento para serem recolhidas no final do tratamento. Ainda nesta fase, após a decantação, o efluente tratado é descarregado no meio hídrico recetor. Parte do efluente tratado, após um processo de desinfecção, é utilizado para limpeza da máquina de desidratação de lamas e posteriormente encaminhado para novo tratamento (recirculação).

Terminada a fase líquida de tratamento que engloba os tratamentos preliminar, primário e secundário, segue-se a fase sólida. Nesta fase as lamas sofrem processos de depuração e no final são removidas e encaminhadas para o OGR adequado.

Durante todo o processo de tratamento são recolhidas amostras para o controlo analítico.

3.1.2 Controlo Analítico dos Efluentes

Numa ETEI é realizado, diariamente, o controlo analítico de modo a monitorizar o funcionamento da estação e a garantir que a descarga para o meio hídrico recetor é realizada cumprindo os VLE's estabelecidos na legislação.

Nas ETEI's em estudo, o controlo analítico é realizado de forma semelhante. As amostras são recolhidas e analisadas diariamente de acordo com o plano de monitorização dos parâmetros estabelecidos. Adicionalmente, são realizadas, periodicamente, análises por entidades externas.

Nas estações as amostras são recolhidas nos seguintes pontos: entrada de efluente bruto; tanque de equalização; tratamento anóxico; FAD; tratamento biológico (reatores) decantador; saída de efluente tratado e equipamento de desidratação lamas. Periodicamente são ainda recolhidas amostras a montante e a jusante da descarga no meio hídrico, para controlo do mesmo.

Os principais parâmetros analisados para a fase de tratamento líquido nas ETEI's 1 e 2 são o pH, a temperatura, a CQO, os SST, o N_t , os teores de P total, de amónia, nitritos e nitratos. No caso da fase de tratamento sólida são avaliados o pH, e a percentagem de matéria seca nas lamas.

3.2 Levantamento dos Riscos Ambientais

A identificação dos riscos ambientais foi realizada através da avaliação dos aspetos ambientais, elaborada para cada uma das unidades fabris.

Numa unidade industrial, as atividades realizadas, os produtos e os serviços desenvolvidos podem interagir com o ambiente através de, por exemplo, descargas e emissões. As interações referidas designam-se por aspetos ambientais que podem ser controláveis ou influenciáveis pela organização. (ISO 14001:2015)

A organização deve estabelecer a sua metodologia de identificação e avaliação de aspetos ambientais, considerando uma perspectiva de ciclo de vida. (ISO 14001:2015)

Os aspetos ambientais podem resultar em impactes benéficos ou adversos para o ambiente, caracterizam-se por situações de carácter normal, anormal ou de emergência e classificam-se de acordo com a sua significância (significativos ou não significativos).

Na determinação dos riscos ambientais foram considerados os aspetos ambientais de impacte ambiental adverso, categorizados como emergência e classificados como significativos. Os aspetos referidos apresentam-se discriminados na seguinte listagem:

- Incêndio/Explosão;
- Derrame de Produtos Químicos;
- Derrame de Matérias-primas Líquidas;
- Descarga acidental de Efluente Não Conforme (incumprimento dos VLE);
- Emissões gasosas de amoníaco;
- Derrame de Combustível;
- Derrame de Resíduos Líquidos Perigosos (óleos usados).

O levantamento dos riscos ambientais foi realizado considerando a globalidade das unidades fabris, no entanto, no âmbito da presente dissertação, foram estudadas as situações de emergência que podem influenciar as ETEI's, sendo essas, o derrame de matéria-prima líquida e a descarga acidental de efluente não conforme (não cumprimento dos VLE's).

3.3 Plano de Emergência Ambiental

O PEA define as orientações para a atuação em caso de ocorrência de situações de emergência. O plano inclui a resposta à emergência e ainda a metodologia de reposição da normalidade.

3.3.1 Objetivos

Os objetivos do PEA são identificar as potenciais situações de emergência e apresentar metodologias de atuação rápida e eficiente em caso de ocorrência de situações de emergência; prevenir e minimizar eventuais impactes adversos da ocorrência; identificar os meios para dar resposta à emergência; estabelecer responsabilidades e definir os procedimentos e canais de comunicação para um fluxo de informação eficaz.

3.3.2 Metodologia para Elaboração do PEA

A elaboração de um plano de emergência requer, em primeiro lugar, a identificação das possíveis situações de emergência. Tal como foi referido anteriormente, esta identificação foi realizada de acordo com a avaliação dos aspetos ambientais.

Uma vez identificadas as possíveis emergências, devem ser determinadas as suas possíveis causas. A identificação da origem da emergência é fulcral na minimização e prevenção desta.

No intuito de identificar as emergências e respetivas causas, procede-se à avaliação de risco ambiental.

A metodologia de avaliação de risco ambiental baseia-se, como referido no ponto 2.4.1., na relação entre a probabilidade de ocorrência e a gravidade do dano causado, conforme apresentado na matriz da Figura 5.

		Risco		
Probabilidade	Alta	Médio	Alto	Alto
	Média	Baixo	Médio	Alto
	Baixa	Baixo	Baixo	Médio
		Reduzida	Moderada	Elevada
		Gravidade		

Figura 5. Matriz de avaliação de risco utilizada.

Os níveis de probabilidade foram definidos de acordo com o seguinte:

- Baixa: Com registo de menos de 2 ocorrências nos últimos 10 anos ou sem registo desde a implementação de medidas de controlo/correção/melhoria.
- Média: Com registo de 2 ocorrências nos últimos 10 anos ou com registo desde a implementação de medidas de controlo/correção/melhoria.
- Alta: Com registo de mais de 2 ocorrências nos últimos 10 anos ou com registo desde a implementação de medidas de controlo/correção/melhoria.

Os níveis de severidade definiram-se do modo seguinte:

- Reduzida: Dano ambiental restrito ao local de ocorrência; totalmente reversível.
- Moderada: Dano ambiental não restrito ao local de ocorrência, mas sem ultrapassar os limites da instalação; não totalmente reversível.

- Elevada: Dano ambiental não restrito aos limites da instalação; não totalmente reversível.

Os níveis de risco foram definidos de acordo com o apresentado em seguida:

- Baixo: Risco aceitável; as medidas de controlo existentes são suficientes; revisão periódica.
- Médio: Risco não desejável; elaboração de um plano de ação calendarizado para implementação de medidas de controlo suplementares.
- Alto: Risco não aceitável; suspensão da atividade/processo até a implementação de novas medidas de controlo eficazes (que resultem na redução do nível de risco).

3.3.3 Conteúdo do PEA

O PEA inclui os seus objetivos e o âmbito de aplicação; as definições de conceitos como emergência, incidente, perigo, risco e emissão; a listagem de referências relevantes; a distribuição das responsabilidades; a descrição das unidades fabris (dados gerais, confrontações e presença de substâncias perigosas para o ambiente); a identificação das situações de emergência; a metodologia de avaliação de risco utilizada; o método de ativação do plano e sistemas de alerta; a descrição da metodologia de comunicação; medidas de reabilitação após uma ocorrência; plantas de emergência; a estruturação de simulacros e a metodologia de registo de ocorrência.

3.4 Parte Experimental: Identificação do Potencial Impacte Ambiental da Contaminação do Meio Hídrico por Descargas Acidentais de Produtos Alimentares e Efluente Não Conforme

No presente caso de estudo foi realizada a avaliação experimental dos efeitos de eventuais emergências de contaminação do meio hídrico por descarga de matéria-prima líquida e por efluente não conforme.

A avaliação foi realizada para cada uma das ETEI's das unidades fabris em estudo, considerando as diferentes tipologias de meio hídrico recetor.

O estudo da contaminação do meio hídrico envolveu a análise de alguns dos parâmetros realizados no controlo analítico das ETEI's e ainda outros considerados relevantes.

3.4.1 Contaminação - Produtos Lácteos

A avaliação da contaminação do meio hídrico por descarga de produtos lácteos foi apenas realizada relativamente à ETEI 1.

De modo a estudar a potencial contaminação, foram preparados ensaios e um controlo, sendo este uma amostra do meio hídrico recetor no seu estado normal. Os ensaios foram preparados diluindo a matéria-prima líquida (produto lácteo) em água do rio com

um fator de diluição de 250, realizando assim a simulação da contaminação. A diluição realizada justifica-se pela necessidade de diluição para as medições laboratoriais e ainda pelo facto de o caudal do meio hídrico ser muito superior ao potencial volume de contaminante.

Os valores de referência do produto lácteo utilizado na avaliação experimental, apresentam-se na Tabela 9.

Os parâmetros analisados foram o pH, a temperatura, a densidade, o N_t , o p_t , a cor, os SST, o índice de acidez, a CQO e a CBO_5 .

Tabela 9. Composição do produto lácteo utilizado.

Valores médios	Por 100 mL	Unidades
Lípidos	1,6	g
dos quais saturados	1,0	
Hidratos de carbono (açúcares)	4,9	g
Proteínas	3,4	g
Sal (sódio)	0,10	g
Vitaminas e sais minerais:		
Riboflavina	0,17	mg
Vitamina B12	0,20	μ g
Potássio	159	mg
Cálcio	120	mg
Fósforo	93	mg
Iodo	20	μ g

3.4.1.1 Procedimentos Experimentais

A preparação dos ensaios foi realizada fazendo uma diluição de 250 vezes do produto alimentar em estudo, em água do rio, num balão volumétrico. A amostra de controlo utilizada foi água do rio.

A determinação dos valores de pH e temperatura foram realizadas através da medição direta no respetivo aparelho - elétrodo combinado (previamente calibrado).

O parâmetro de densidade foi analisado de acordo com a ISO 3675 (1998) com auxílio de um densímetro com escala de 900 – 1000 g/dm³.

A determinação dos parâmetros de azoto total, cor, índice de acidez, teor de sólidos suspensos totais, CQO e CBO_5 foram realizados de acordo com métodos internos do Laboratório de Tecnologia do ISEP.

O parâmetro de N_t foi determinado através de medição direta no equipamento analisador de azoto (Shimadzu TOC-VSN), não foi necessária a preparação de amostra.

O valor de proteína total, p_t , nas amostras de contaminação contendo produtos lácteos, é obtido através de um fator de conversão calculado de acordo com a % de N_t presente na composição molecular da proteína do leite (15,7 g). O cálculo do fator de conversão

referido apresenta-se nas Equações vii, viii, ix e x, sendo o seu valor 6,38 g de p_t (Znebon et al, 2008).

$$15,7 \text{ g de N} \leftrightarrow 100 \text{ g de proteínas} \quad (\text{vii})$$

$$1 \text{ g de N} \leftrightarrow X \text{ g de proteínas} \quad (\text{viii})$$

$$X \text{ g de proteínas} = \frac{(1 \times 100)}{15,7} = 6,38 \text{ g de proteínas} \quad (\text{ix})$$

A determinação do valor de p_t foi feita através da Equação x.

$$p_{t_{\text{ensaio}}}(\text{g}) = N_t * 6,38 \quad (\text{x})$$

No caso do valor de p_t presente nas amostras relativas ao controlo, assume-se que este é zero.

A cor aparente foi determinada através do método standard platina-cobalto, cujo procedimento se descreve de seguida:

1. Ligar o equipamento de medição (espectrofotómetro DR-2000), seleccionar o método através do número de programa 120 para unidades de PtCo e seleccionar o comprimento de onda de 455 nm;
2. Preparar o branco colocando 25 mL de água desionizada numa célula de amostra.
3. Preparar as amostras colocando 25 mL das mesmas nas correspondentes células.

Nota: No total, foram preparadas quatro amostras: controlo, ensaio, réplica do controlo e réplica do ensaio.

4. Colocar a célula que contém o branco no aparelho e efetuar a leitura do mesmo;
5. Efetuar a leitura das amostras e registar valores.

Nota: Os valores obtidos para o ensaio apresentavam-se acima da gama de medição, tendo sido realizada uma diluição adicional de 1:20.

O índice de acidez foi determinado através de uma titulação com a solução NaOH de 0,1038 mol/L, de acordo com o seguinte procedimento:

1. Colocar 10 mL de amostra (titulado) num matraz e adicionar 3 gotas do indicador de fenolftaleína;
2. Lavar a bureta com um pequeno volume de NaOH;
3. Encher a bureta com NaOH e registar volume.
4. Abrir a torneira da bureta e titular a amostra (deixar cair, lentamente, o titulante na amostra, agitando o matraz de forma contínua) até ocorrer viragem de cor permanente para uma coloração rosada;

5. Registrar valor de volume final de titulante. Os volumes de titulante e titulado para a determinação do Índice de Acidez apresentam-se no Anexo 1.

Nota: Na avaliação deste parâmetro foram preparadas duas réplicas do ensaio.

Os valores do índice de acidez determinaram-se através da Equação xi:

$$IA = \frac{V_i - V_f}{V_a} = \frac{V_{NaOH}}{V_a} \quad (xi)$$

Em que,

IA – índice de acidez;

V_i – volume inicial de titulante;

V_f - volume final de titulante;

V_a – volume de amostra (titulado).

O parâmetro de teor de sólidos suspensos totais foi determinado através do método colorimétrico, conforme o procedimento descrito de seguida:

1. Ligar o equipamento de medição (espectrofotómetro DR-2000), seleccionar o método através do número de programa 630 para unidades de mg/L e seleccionar o comprimento de onda de 810 nm;
2. Preparar o branco colocando 25 mL de água desionizada numa célula de amostra.
3. Preparar as amostras colocando 25 mL das mesmas nas devidas células.

Nota: No total, foram preparadas quatro amostras: controlo, ensaio, réplica do controlo e réplica do ensaio. Foi necessária a diluição de duas vezes das amostras de ensaio.

4. Colocar a célula que contém o branco no aparelho e efetuar a leitura do mesmo;
5. Efetuar a leitura das amostras e registar valores.

A determinação do parâmetro CQO foi realizada de acordo com o procedimento em seguida descrito:

1. Ligar o reator (posição I);
2. Programar a temperatura para 150 oC;
3. Homogeneizar a amostra;
4. Pipetar 2,5 mL da amostra para o interior de um tubo de ensaio já contendo 2,5 mL de solução digestora e 3,5 mL de solução catalisadora;

Nota: No total, foram preparadas quatro amostras: controlo, ensaio, réplica do controlo e réplica do ensaio.

5. Tapar o tubo rapidamente, homogeneizar, limpar de forma cuidada o exterior do tubo e verificar se este está bem fechado para evitar perdas;
6. Preparar o branco substituindo o volume de amostra por água desionizada;
7. Colocar os tubos no reator e deixar em digestão durante 2 horas a 150 oC;
8. Terminadas as duas horas, deixar os tubos a arrefecer até à temperatura de 120 oC,
9. Homogeneizar e deixar arrefecer, os tubos contendo as amostras e o branco, até temperatura ambiente;
10. Ligar o equipamento de medição (espectrofotómetro DR-2000);
11. Selecionar a curva atualizada (número 435);
12. Efetuar a leitura do branco e zerar o equipamento;
13. Efetuar a leitura das amostras e registar os valores.

O parâmetro de CBO5 foi determinado com auxílio de um equipamento (denominado por Oxytop IS 6) constituído por garrafas de vidro escuro equipadas com um sensor eletrónico, um suporte de NaOH e um sistema de agitação.

O procedimento laboratorial realizado para a determinação da CBO5 é descrito em seguida:

1. Verificar se o pH da amostra se situa entre 6,5 e 7,5;

Nota: Não foi necessária a correção do pH, uma vez que se encontrava na gama pretendida.

2. Estimar o valor de CBO da amostra com base na Equação xii.

$$CBO_{5\text{esperado}} = 0,6 * CQO \quad (\text{xii})$$

3. Determinar o volume de amostra a ser utilizado de acordo com a Tabela 10.

Tabela 10. Escala de volumes de amostra a utilizar, de acordo com valor esperado de CBO5 e respetivo fator de correção para cálculo do resultado.

Valor esperado de CBO (mg/L)	Volume de amostra a utilizar (mL)	Fator de correção
0-40	423	1
0-80	365	2
0-200	250	5

Valor esperado de CBO (mg/L)	Volume de amostra a utilizar (mL)	Fator de correção
0-400	164	10
0-800	97	20
0-2000	43,5	50
0-4000	22,7	100

- Colocar nas garrafas próprias do equipamento, o volume de amostra de acordo com a escala selecionada (medido com uma proveta);

Nota: O ensaio foi preparado de acordo com a escala de 0-2000 mg/L para as amostras diluídas e com a escala de 0-40 mg/L para o controlo.

- Adicionar 2 mL de inóculo de extrato de terra;
- Preparar o branco substituindo o volume de amostra por água desionizada;

Nota: A preparação do branco foi realizada de acordo com a escala de 0-40 mg/L.

- Introduzir em cada garrafa um barra de agitação magnética;
- Colocar no suporte (cápsula preta) 3 a 4 pastilhas de NaOH, sem derramar;
- Colocar as garrafas nas posições adequadas do equipamento de agitação;
- Colocar o equipamento numa incubadora e regular a mesma para a temperatura de 20 °C;
- Conectar o cabo de ligação e ligar na tomada da incubadora;
- Colocar um sensor em cada garrafa, fazer o *reset* do mesmo e iniciar um ciclo de medições (5 dias);
- Após 5 dias, efetuar leitura (direta) no aparelho de medição.

Os resultados de CBO_5 são determinados através da Equação xiii:

$$CBO_{5\text{amostra}} = \left(\frac{CBO_{OBS} - (i * CBO_{in})}{a_{amostra}} * Fator \right) - Branco \quad (xiii)$$

Em que,

CBO_{OBS} - valor obtido pela leitura direta para a amostra;

CBO_{in} - valor obtido para o branco;

i - Fração decimal de inóculo ($i = \text{Volume de inóculo} / \text{Volume de amostra}$);

a - Fração decimal da amostra ($a = 1 - i$);

Fator - fator de correção;

Branco – Valor obtido na medição do branco.

3.4.2 Contaminação - Efluente Não Conforme

O estudo da contaminação ambiental do meio hídrico por descarga accidental de efluente não conforme foi realizado de modo diferente entre as ETEI 1 e 2.

A avaliação da descarga accidental na ETEI 2 envolveu a realização de simulações de época de estio e normal da ribeira. No caso do estudo da ETEI 1 foi apenas considerado o estado normal do rio, em que o caudal é significativamente superior ao de descarga da ETEI.

A composição do efluente a tratar na ETEI 1 é semelhante ao da ETEI 2, em caso de ocorrência de descarga accidental para o meio hídrico de efluente não conforme esta pode ocorrer por descarga do licor biológico dos tanques de tratamento biológico.

3.4.2.1 Procedimentos Experimentais

No estudo realizado relativamente à ETEI 1, para a avaliação dos parâmetros pH, temperatura, O₂ dissolvido, teor de nitritos, nitratos, fósforo total, amónia e de cloretos, os ensaios foram preparados fazendo uma diluição de 3,5 vezes da amostra recolhida do tanque de tratamento biológico (licor biológico) em água do rio. No mesmo estudo, para a avaliação dos parâmetros de N_t, de p_t, cor, SST, CQO e CBO₅, os ensaios foram preparados fazendo uma diluição de 2,5 vezes. A amostra de controlo utilizada foi água do rio.

No estudo realizado relativamente à ETEI 2, como simulação da contaminação do meio hídrico por descarga de efluente não conforme, os ensaios representativos da contaminação em época de estio foram preparados fazendo uma diluição de 2 vezes da amostra de licor biológico diluído (f.d. de 10 vezes) em água da ribeira. Os ensaios ilustrativos da contaminação em época normal foram preparados fazendo uma diluição de 3 vezes. A amostra de controlo utilizada foi água da ribeira.

As diluições realizadas justificam-se pela necessidade de diluição para as medições laboratoriais e ainda pelo facto de o caudal do meio hídrico ser superior ao potencial volume de contaminante. No caso do estudo realizado em relação à ETEI 2 a diferença entre os fatores de diluição dos ensaios 1 e 2 ilustra a diferença entre a época normal e a época de estio da ribeira, em que o caudal é menor.

A determinação dos valores de oxigénio dissolvido, pH e Temperatura foi realizada através de medição direta no sensor de O₂ e no eléctrodo combinado, respetivamente.

A análise dos parâmetros de teor de nitratos, nitritos, fósforo total, amónia e cloretos foi realizada através da utilização de kits laboratoriais compostos por testes de cuvettes, fotométricos, que incluem os reagentes a serem utilizados, sendo apenas necessário um espectrofotómetro (DR 2800). Os kits laboratoriais utilizados apresentam-se na Tabela 11.

Tabela 11. Kits laboratoriais utilizados.

Parâmetro	Kit Laboratorial
Teor de Nitritos	LANGE LCK 342
Teor de Nitratos (estudo ETEI 1)	LANGE LCK 339
Teor de Nitratos (estudo ETEI 2)	LANGE LCK 340
Teor de Amónia (estudo ETEI 1 - ensaio)	LANGE LCK 303
Teor de Amónia (estudo ETEI 1 –controlo e estudo ETEI 2)	LANGE LCK 305
Teor de Fósforo Total	LANGE LCK 350
Teor de Cloretos (estudo ETEI 1 - ensaio)	LANGE LCK 311 I
Teor de Cloretos (estudo ETEI 1 –controlo e estudo ETEI 2)	LANGE LCK 311 II

A determinação dos parâmetros de N_t , p_t , cor, SST, CQO foi feita de acordo com os procedimentos descritos na seção 3.4.1.1. Estes procedimentos foram realizados de acordo com métodos internos do Laboratório de Tecnologia do ISEP.

A determinação do parâmetro de CBO_5 foi realizada por dois métodos, sendo um destes o método descrito na seção 3.4.1.1 em que a escala utilizada para a preparação dos ensaios foi de 0 – 2000 mg/L e para a preparação do branco e do controlo de 0 – 40 mg/L, não foi analisado, por este método, o controlo do estudo da ETEI 2 (água da ribeira) por falta de material.

O segundo método utilizado caracteriza-se de acordo com o seguinte procedimento:

1. Verificar se o pH da amostra se situa entre 6,5 e 7,5;

Nota: Não foi necessária a correção do pH, uma vez que se encontrava na gama pretendida.

2. Estimar o valor de CBO da amostra com base na relação $CBO = 0,6 * CQO$;
3. Determinar o volume de amostra a ser utilizado de acordo com a Tabela 12.

Tabela 12. Escala de volumes de amostra a utilizar, de acordo com valor esperado de CBO.

Escala (mgO ₂ /L)	Volume de amostra a utilizar (mL)	
A	0-1000	100
B	0-600	150
C	0-250	250
D	0-90	400

4. Colocar nas garrafas próprias do equipamento, o volume de amostra de acordo com a escala selecionada (medido com uma proveta);

Nota: Os ensaios foram preparados de acordo com a escala A e o controlo (estudo – ETEI 1: água do rio) foi preparado de acordo com a escala D.

5. Adicionar 5 mL de inóculo de extrato de terra;
6. Preparar o branco substituindo o volume de amostra por água desionizada;

Nota: A preparação do branco foi realizada de acordo com a escala de D.

7. Introduzir em cada garrafa um barra de agitação magnética;
8. Colocar no suporte (cápsula preta) KOH sólido até à borda;
9. Colocar as garrafas nas posições adequadas do equipamento de agitação;
10. Colocar o equipamento numa incubadora e regular a mesma para a temperatura de 20°C;
11. Conectar o cabo de ligação e ligar na tomada da incubadora;
12. Colocar um sensor em cada garrafa, fazer o *reset* do mesmo e iniciar um ciclo de medições (5 dias);
13. Após 5 dias, efetuar leitura (direta) no aparelho de medição.

A realização deste segundo método não incluiu a determinação do valor de CBO5 do ensaio relativo à simulação da época normal do estudo associado à ETEI 2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Elaboração do Plano de Emergência Ambiental

4.2. Avaliação do Potencial Impacte Ambiental Resultante da Contaminação do Meio Hídrico por Descargas Acidentais de Produtos Alimentares e Efluente Não Conforme

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos relativos à elaboração do plano de emergência ambiental e ao estudo experimental da contaminação do meio hídrico por descarga accidental de produto alimentar ou de efluente não conforme.

4.1 Elaboração do Plano de Emergência Ambiental

A elaboração do plano de emergência ambiental integra a identificação das condições normais, o estudo da probabilidade da ocorrência e da severidade da mesma (avaliação de risco).

Os resultados da avaliação de risco efetuada a cada um dos riscos identificados no levantamento apresenta-se na Figura 6, sendo R1 – Incêndio/Explosão; R2 – Emissões Gasosas de Amoníaco; R3 – Derrame de Produtos Químicos; R4 – Derrame de matérias-primas Líquidas; R5 – Descarga Accidental de Efluente Não Conforme; R6 – Derrame de Combustível; R7 – Derrame de Resíduos Líquidos Perigosos.

		Risco		
Probabilidade	Alta			
	Média			
	Baixa	R3; R6; R7		R1; R2; R4; R5
		Reduzida	Moderada	Elevada
		Gravidade		

Figura 6. Avaliação de risco realizada a cada um dos riscos identificados.

Verificou-se pela avaliação de risco realizada para a elaboração do PEA que o risco de ocorrência de uma descarga accidental de efluente não conforme para o meio hídrico é médio, considerando que a probabilidade é baixa e a severidade elevada. O mesmo se verifica para o risco de derrame de matéria-prima que pode resultar numa descarga de produtos lácteos para o meio hídrico.

A probabilidade de ocorrência é influenciada por fatores como o erro humano, eventuais falhas/avarias de equipamentos, o estado das tubagens (e se estão expostas, sendo possível uma melhor e mais frequente manutenção), cargas de poluentes provenientes da unidade fabril inesperadas (teor de ácidos ou bases concentrados/as).

A realização dos simulacros propostos no plano, permite a preparação dos intervenientes para uma atuação pronta numa emergência ambiental, sendo assim, uma metodologia de prevenção.

O plano de emergência ambiental elaborado é uma ferramenta de gestão ambiental, que promove uma resposta rápida e eficaz em caso de ocorrência. Adicionalmente, o PEA fornece linhas de orientação no âmbito da reposição da normalidade.

No intuito de atuar e repor a normalidade, é descrito no PEA que, em caso de ocorrência de uma descarga accidental para o meio hídrico, deve proceder-se, se possível, à descontaminação do meio hídrico e à recolha periódica de amostras do meio hídrico, de modo a controlar a evolução da situação, até que seja reposto o estado normal do meio.

Por motivos de confidencialidade, o PEA aqui apresentado não inclui todos os detalhes, dimensões e descrições relativas à Empresa à qual pertencem as unidades estudadas. O plano aqui apresentado constitui um exemplo aproximado do documento tipo aplicado ao setor.

O PEA resultante deste trabalho apresenta o aspeto apresentado na Figura 7.

EMPRESA X	Plano de Emergência Ambiental	Pág. 1/10
-----------	--------------------------------------	-----------

Índice	
1. Objetivo.....	3
2. Âmbito.....	3
3. Definições.....	3
4. Referências.....	3
5. Responsabilidades.....	4
6. Informação Geral	4
6.1. Descrição das Unidades Fabris Empresa X.....	4
6.1.1. Empresa X – Unidade Fabril 1	5
6.1.2. Empresa X – Unidade Fabril 2	5
7. Identificação de Situações de Emergência.....	6
8. Metodologia de Avaliação de Risco Ambiental Aplicada.....	7
9. Ativação do PEA e Sistema de Alerta	8
10. Comunicações	9
11. Medidas de Reabilitação.....	9
12. Plantas de Emergência	9
13. Realização de Exercícios e Simulacros	9
14. Documentos Associados	10
15. Anexos.....	10

EMITIDO EM 01/11/2021	EMITIDO POR Gestão de Ambiente	APROVADO POR Direção de Ambiente
--------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

Figura 7. Aspeto do PEA realizado.

O conteúdo do PEA elaborado divide-se em 15 capítulos, apresentado em seguida.

1. Objetivos:

Os objetivos do Plano de Emergência Ambiental (PEA) são:

- Melhorar a rapidez e a eficiência de resposta a situações de risco/emergência ambiental;
- Prevenir e/ou minimizar os impactos ambientais associados a eventuais acidentes e/ou emergências.
- Identificar e classificar as potenciais situações de risco e estabelecer procedimentos de gestão apropriados.
- Definir ações, meios (humanos e materiais) e responsabilidades para dar resposta às eventuais emergências.
- Definir procedimentos e canais de comunicação eficazes de forma a permitir o melhor fluxo de informação no decorrer de uma emergência.

2. Âmbito:

O PEA aplica-se às unidades fabris da Empresa X envolvendo todas as atividades desenvolvidas nas suas instalações e ainda às atividades por si contratadas ou outras que poderão ser influenciadas.

3. Definições:

- *Emergência ou Acidente Grave:* é um acontecimento, designadamente uma emissão, um incêndio ou uma explosão, resultante do desenvolvimento não controlado de processos durante o funcionamento de um estabelecimento que provoque um perigo imediato ou retardado para a saúde humana, no interior ou no exterior do estabelecimento, ou para o ambiente, envolvendo uma ou mais substâncias. DL nº 150/2015
- *Incidente (desvios às especificações):* trata-se de uma emissão para o ar, água ou solo, proveniente de uma fonte individual ou difusa de um estabelecimento, que implique a libertação direta ou indireta de substâncias, vibrações, calor ou ruído, quantitativa ou qualitativamente fora do normal, causada por uma substância excecional e que possa conduzir a eventuais danos ambientais ou à saúde humana (APA, 2019).

- *Perigo*: a propriedade intrínseca de uma substância perigosa ou de uma situação física suscetível de provocar danos à saúde humana e ou ao ambiente. DL nº 150/2015
- *Risco*: a probabilidade de ocorrência de um efeito específico num determinado período de tempo ou em determinadas circunstâncias. DL nº 150/2015
- *Emissão*: a libertação direta ou indireta de substâncias, vibrações, calor ou ruído para o ar, água ou solo, a partir de fontes pontuais ou difusas com origem numa instalação. DL nº 127/2013

4. Referências:

- ISO 14001 – Sistema de Gestão Ambiental.

NOTA: Considera-se sempre a última versão das normas e legislação referidas.

5. Responsabilidades:

As ações e respetivo responsável pelo seu cumprimento encontram-se descritos na Tabela 13.

Tabela 13. Descrição das ações a cumprir em situação de emergência e respetivo responsável.

Ações	Responsável
Comunicação interna da ocorrência ao Gestor de Ambiente.	Responsável de Área
Avaliação e classificação da ocorrência (emergência ou incidente).	Gestor de Ambiente
Comunicação da emergência à Direção de Ambiente.	Gestor de Ambiente
Ativação do PEA e Manual de Crise.	Direção de Ambiente
Desencadear os diversos procedimentos de emergência.	Responsável de Área
Dirigir e coordenar as operações no estabelecimento.	Responsável de Área
Comunicação externa às entidades oficiais (APA, IGAMAOT, ARH, CCDR, Junta de Freguesia e Câmara Municipal)	Gestor de Ambiente
Comunicação externa, se necessária, às entidades INEM, Bombeiros.	Portaria
Comunicação às entidades externas não oficiais (media) da ocorrência.	Direção de Recursos Humanos
Coordenar os trabalhos e diligencias a efetuar na fase de reabilitação.	Gestor de Ambiente

APA – Agência Portuguesa do Ambiente; IGAMAOT – Inspeção Geral da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território; ARH - Administrações de Região Hidrográfica; CCDR - Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional.

6. Informação Geral:

O PEA da Empresa X, não pretende ser um documento exaustivo de todas as situações anómalas ao normal funcionamento das unidades fabris, mas sim de todas as situações de emergência com potencial risco ambiental.

O presente PEA deverá ser do conhecimento de todos os colaboradores da Empresa X com funções que possam estar associadas a potenciais situações com impacto ambiental adverso. Os colaboradores serão informados dos procedimentos e instruções de atuação e terão o dever de os cumprir sempre que necessário.

O presente documento serve de orientação base e referência, sendo que devem ser consultados os procedimentos de atuação em resposta a emergências.

6.1. Descrição das Unidade Fabris da Empresa X:

As unidades fabris da Empresa X localizam-se em Portugal. No âmbito de caracterizar cada uma das unidades, nos pontos 6.1.1. e 6.1.2. são apresentados, para cada instalação, os seguintes tópicos:

- Dados gerais;
- Descrição das confrontações;
- Identificação das substâncias perigosas para o ambiente, presentes na unidade.

6.1.1. Empresa X – Unidade Fabril 1:

- A instalação localiza-se em Portugal. A atividade económica desenvolvida é o fabrico de produtos alimentares.

No exterior e no interior da instalação estão presentes tanques de matéria-prima líquida.

Existe na unidade uma estação de tratamento de efluentes industriais (ETEI).

- Nas confrontações da instalação existem habitações, terrenos agrícolas e um meio hídrico (rio).
- As substâncias perigosas possíveis de causar dano no meio ambiente que se encontram presentes na instalação apresentam-se descritas na Tabela 14.

Tabela 14. Substâncias perigosas para o ambiente presentes no estabelecimento – U.F. 1.

Local/Área	Substância	Quantidade Máxima	Unidade
Posto de Combustível com Depósito Subterrâneo	Gasóleo	25	ton
Instalação de Frio	Amoníaco	3	ton
Tanques de Produtos Químicos	Hipoclorito de sódio	3 000	L
	Hidróxido de sódio	15 000	L
	Detergente Alcalino	20	ton
	Ácido Nítrico	20 000	L
Armazém de Produtos Químicos	Armazenagem de produtos químicos em embalagens mais pequenas usados para limpeza e desinfeção de equipamentos e das instalações.		

6.1.2. Empresa X – Unidade Fabril 2:

- A instalação localiza-se em Portugal. A atividade económica desenvolvida é o fabrico de produtos alimentares.

No exterior e no interior da instalação estão presentes tanques de matéria-prima líquida.

Existe na unidade uma estação de tratamento de efluentes industriais (ETEI).

- Nas confrontações da instalação existem terrenos agrícolas, uma zona industrial e um meio hídrico (ribeira).
- As substâncias perigosas possíveis de causar dano no meio ambiente que se encontram presentes na instalação apresentam-se descritas na Tabela 15.

Tabela 15. Substâncias perigosas para o ambiente presentes no estabelecimento – U.F. 2.

Local/Área	Substância	Quantidade Máxima	Unidade
Posto de Combustível com Depósito Subterrâneo	Gasóleo	25	ton
		90	
Instalação de Frio	Amoníaco	3	
Tanques de Produtos Químicos	Hidróxido de Sódio	20	
	Ácido Nítrico	30	
Armazém de Produtos Químicos	Armazenagem de produtos químicos em embalagens mais pequenas usados para limpeza e desinfeção de equipamentos e das instalações.		

7. Identificação das Situações de Emergência:

A identificação de situações de emergência foi realizada de acordo com a avaliação de aspetos ambientais efetuada para cada uma das unidades fabris da Empresa X.

As situações de emergência identificadas e algumas possíveis causas apresentam-se na Tabela 16.

Tabela 16. Situações de emergência identificadas.

Emergência	Possíveis Causas
Incêndio/Explosão.	Curto-circuito.
Derrame de Produtos Químicos.	Fuga ou colapso de tanques/recipientes de armazenamento; Manuseamento incorreto.
Derrame de Matérias-Primas Líquidas.	Fuga ou colapso de tanques de armazenamento.
Descarga Acidental de Efluente Não Conforme (não cumprimento dos valores limite de emissão - VLE).	Anomalias no processo (ex: crescimento de bactérias filamentosas; falha na decantação; obstrução na caixa de efluente).
Emissões Gasosas de Amoníaco.	Fuga nas instalações (ex: fugas nas tubagens devido à sua corrosão).
Derrame de Combustível.	Acidente rodoviário; Fuga nos depósitos de gásóleo.
Derrame de Resíduos Líquidos Perigosos (óleos usados)	Fuga ou colapso de recipientes de armazenamento; Manuseamento incorreto.

8. Metodologia de Avaliação de Risco Ambiental:

A avaliação de risco efetuada para cada uma das situações de emergência identificadas foi realizada de acordo com a matriz de apresentada na Figura 8 (repetição da Figura 5).

		Risco		
		Médio	Alto	Alto
Probabilidade	Alta	Médio	Alto	Alto
	Média	Baixo	Médio	Alto
	Baixa	Baixo	Baixo	Médio
		Reduzida	Moderada	Elevada
		Gravidade		

Figura 8. Matriz de avaliação de risco.

A definição dos parâmetros de probabilidade, gravidade e risco apresentados na matriz de avaliação de risco presente na Figura 7 foi realizada de acordo com o seguinte descrito.

- Níveis de Probabilidade: caracterizam o número de vezes em que determinada ocorrência se verifica, num determinado período de tempo – estipulado de acordo com o histórico de ocorrências.

- Baixa: Com registo de menos de 2 ocorrências nos últimos 10 anos ou sem registo desde a implementação de medidas de controlo/correção/melhoria.
- Média: Com registo de 2 ocorrências nos últimos 10 anos ou com registo desde a implementação de medidas de controlo/correção/melhoria.
- Alta: Com registo de mais de 2 ocorrências nos últimos 10 anos ou com registo desde a implementação de medidas de controlo/correção/melhoria.

- Níveis de Gravidade: relacionam-se com a extensão e com o impacto do dano ambiental causado por uma determinada ocorrência.

- Reduzida: Dano ambiental restrito ao local de ocorrência; totalmente reversível.
- Moderada: Dano ambiental não restrito ao local de ocorrência, mas sem ultrapassar os limites da instalação; não totalmente reversível.
- Elevada: Dano ambiental não restrito aos limites da instalação; não totalmente reversível.

- Níveis de Risco: resulta da multiplicação entre a probabilidade de ocorrência e a gravidade da mesma, através da matriz apresentada.

- Baixo: Risco aceitável; as medidas de controlo existentes são suficientes; revisão periódica.
- Médio: Risco não desejável; elaboração de um plano de ação calendarizado para implementação de medidas de controlo suplementares.
- Alto: Risco não aceitável; suspensão da atividade/processo até a implementação de novas medidas de controlo eficazes (que resultem na redução do nível de risco).

9. Ativação do PEA e Sistemas de Alerta:

- A ativação do PEA e do manual de crise é da responsabilidade da Direção de Ambiente.

- O PEA é somente ativado em situações de emergência/acidente grave.
- Podem ser tomadas medidas adicionais e/ou alternativas sempre que a situação o justifique. Neste caso, as medidas e a justificação das mesmas deverão ser devidamente registadas e consideradas numa futura revisão do PEA.
- Sempre que se verifique uma situação de emergência, a Gestão de Ambiente deve proceder ao seu registo através do preenchimento do relatório de ocorrência. Deve ainda ser considerada a inclusão da mesma na revisão aos aspetos ambientais.
- Os procedimentos de atuação/resposta à ocorrência das situações de emergência identificadas apresentam-se na Tabela 17.

Tabela 17. Identificação dos procedimentos de atuação para cada situação de emergência identificada.

Emergência	Procedimento de Atuação
Incêndio/Explosão.	Medidas de Autoproteção definidas pela Empresa X.
Derrame de Produtos Químicos	IT N.ºX.Derrame de Produtos Químicos ou Resíduos Líquidos Perigosos (óleos usados)
Derrame de Matérias-Primas Líquidas.	Em análise pela Empresa X.
Descarga Acidental de Efluente Não Conforme (não cumprimento dos VLE's).	IT N.ºY.Descarga acidental de efluente não conforme (não cumprimento dos VLE's)
Emissões Gasosas de Amoníaco.	Medidas de Autoproteção definidas pela Empresa X.
Derrame de Combustível.	IT N.ºZ.Derrame de Combustível
Derrame de Resíduos Líquidos Perigosos (óleos usados)	IT N.ºX.Derrame de Produtos Químicos ou Resíduos Líquidos Perigosos (óleos usados)

- A Empresa X possui meios materiais de contenção/prevenção de emergência tais como:
 - Sistemas de Combate a/Contra Incêndio:
 - Extintores (portáteis e móveis);
 - Rede de água de combate a incêndio, bocas de incêndio de primeira e de segunda intervenção;
 - Monitores/Sistemas automáticos de deteção de gases, fumos, etc.
 - Sistemas de Contenção de Derrames:
 - Kits de contenção de derrames. Os kits localizam-se em: armazém de matérias-primas; armazém de produtos químicos; laboratório;

oficina da manutenção; armazém da manutenção; armazém de resíduos e ETEI.

- Bacias de contenção: colocação das mesmas em todos os locais em que existe a presença de produtos químicos perigosos para o ambiente.

- Sistema de encaminhamento de águas/drenagem de águas residuais;
- Gerador de Emergência;
- Sistema de detecção e alerta de fugas; Monitorização de existências mensais de combustível nos depósitos; Inspeção anual de manutenção preventiva ao posto de combustível.

10. Comunicações:

A comunicação externa às entidades APA, EC (Entidade Coordenadora) e CCDR deve ser realizada num prazo máximo de 48 h após a ocorrência, em formato digital.

Num prazo máximo de 15 dias após ocorrência, deve ser enviado um relatório relativo ao acidente, às entidades referidas. A Gestão de Ambiente é responsável pela elaboração e envio do relatório.

Os contactos externos encontram-se em Anexo I. Os contactos internos relativos à Empresa X encontram-se na portaria.

11. Medidas de Reabilitação:

As medidas de reabilitação têm como objetivo reverter a situação, repondo a situação de acordo com o seu estado inicial (anterior à emergência).

A Empresa X possui um seguro de responsabilidade ambiental que pode ser ativado no âmbito da reabilitação repondo, por exemplo o meio aquático ou o solo de acordo com o seu estado inicial, incluindo o processo de limpeza.

12. Plantas de Emergência:

As plantas das instalações nas quais estão assinalados os pontos críticos, encontram-se nas instalações da Empresa X.

13. Realização de Simulacros:

Os simulacros são realizados de acordo com a Tabela 18, por tipologia de situação de emergência, para cada uma das Unidades Fabris da Empresa X de modo que

todas as possíveis situações de emergência estejam contempladas num período mínimo de 5 anos.

Tabela 18. Exercícios de Simulacro - PEA.

Cenário	Responsável	Periodicidade	Intervenientes	Registo
Incêndio/Explosão.	Técnico de Saúde e	Anual	Equipas de 1ª Intervenção (SST)	Relatório do simulacro
Emissões Gasosas de Amoníaco.	Segurança no Trabalho	3 em 3 anos	Operadores da Manutenção	
Derrame de Produtos Químicos.	Gestor de Ambiente	2 em 2 anos	Operadores de Armazém de Produtos Químicos; Operadores ETEI.	
Derrame de Matérias-Primas Líquidas.		5 em 5 anos	Responsável de Produção; Operadores de Produção Chefe.	
Descarga Acidental de Efluente Não Conforme (não cumprimento dos VLE's).		2 em 2 anos	Operadores ETEI.	
Derrame de Combustível.		3 em 3 anos	Operadores de Manutenção	
Derrame de Resíduos Líquidos Perigosos (óleos usados)		3 em 3 anos	Operador do armazém de resíduos.	

Os exercícios de simulacro devem ser devidamente planeados, executados e acompanhados por observadores e ainda, deve ser realizado o seu registo.

14. Documentos Associados:

- Relatório de Ocorrência.
- Relatório de Simulacro.
- Medidas de Autoproteção.
- Manual de Crise.

15. Anexos

- Anexo I - Contactos de Entidades Externas.
- Instruções de trabalho (IT):

- IT N.ºX.Descarga accidental de efluente não conforme (não cumprimento dos VLE's);
- IT N.ºY.Derrame de Combustível;
- IT N.ºZ.Derrame de Produtos Químicos ou Resíduos Líquidos Perigosos (óleos usados).

A instrução de trabalho, referida no PEA, para a ocorrência de derrame de combustível apresenta-se na Figura 9.

EMPRESA X	INSTRUÇÃO DE TRABALHO IT N.ºY	Pág. 1/1
	Derrame de Combustível	

1 – OBJECTIVO

Estabelecer as medidas a cumprir de modo a dar resposta a um derrame de combustível (gasóleo).

2 - ÂMBITO

Esta Instrução de Trabalho aplica-se às Unidades Fabris da Empresa X.

3 - DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS

ETEI – Estação de Tratamento de Efluentes Industriais.

4 - REFERÊNCIAS

Plano de Emergência Ambiental.

5 - RESPONSABILIDADES

Elaboração: Gestão de Ambiente.

Execução: Operadores das Unidades Fabris da Empresa X.

6 - MODO DE PROCEDER

No caso de ocorrer um derrame de combustível num depósito de gasóleo ou de num acidente rodoviário, deve proceder do seguinte modo:

1. Evitar alastramento do derrame:
 - 1.1. Fuga no Depósito Subterrâneo de Gasóleo:
 - a. Em caso de deteção de fuga no depósito de combustível, contactar Técnico de Manutenção do Depósito de Combustível.
2. Evitar encaminhamento para águas pluviais/ETEI:
 - a. Tapar caixas de águas pluviais e de encaminhamento para a ETEI (utilizar barreiras de contenção existentes nos kits);
3. Comunicar ocorrência ao Gestor de Ambiente.
4. Quando o derrame estiver estancado e contido:
 - a. Limpar o local através de material absorvente, evitar o uso de água (de modo a evitar encaminhamento para águas pluviais/ETEI);
 - b. Recolher os resíduos resultantes e comunicar ao Gestor de Ambiente para ser dado o encaminhamento adequado aos mesmos.

EMITIDO EM: 01/11/2021	EMITIDO POR Gestor de Ambiente	APROVADO POR Direção de Ambiente
----------------------------------	--	--

Figura 9. instrução de trabalho para a ocorrência de derrame de combustível.

As instruções de trabalho para a ocorrência de descarga accidental de efluente não conforme (não cumprimento dos VLE's) e para o derrame de produtos químicos ou resíduos líquidos perigosos (óleos usados), apresentam-se em Anexo 2.

4.2 Avaliação do Potencial Impacte Ambiental Resultante da Contaminação do Meio Hídrico por Descargas Acidentais de Produtos Alimentares e Efluente Não Conforme

A descarga de produtos alimentares e de efluente não conforme (incumprimento dos VLE) para o meio hídrico tem impacte adverso no meio ambiente.

O estudo experimental destes efeitos adversos foi realizado através da comparação entre os valores obtidos relativamente aos ensaios que representam a contaminação do meio hídrico e aos controlos, representativos das condições normais do meio hídrico não contaminado.

4.2.1 Contaminação por Produtos Alimentares Lácteos

A avaliação experimental foi apenas realizada para a ETEI 1, considerou-se que o impacte da contaminação seria semelhante ao verificado em época normal da ribeira que caracteriza o meio hídrico recetor da ETEI 2. No entanto, em época de estio, o caudal da ribeira é consideravelmente menor, assim, em caso de ocorrência de uma descarga acidental de matéria-prima líquida, o impacte verificado seria superior.

Na Tabela 29 apresentam-se os resultados obtidos no estudo da contaminação da água do rio por descarga acidental do produto alimentar em estudo.

Tabela 19. Resultados do estudo da contaminação da água do rio por descarga acidental do produto alimentar em estudo.

Parâmetro	Controlo	Ensaio	Δ
pH	7,78	7,84	+ 0,06
Temperatura (°C)	22,8	20	- 2,8
Densidade (g/L)	998,3	999,0	+ 0,7
N _t (mg/L N)	9,40	6 405	+ 6395,6
p _t (g)	0	40 864	+ 40 864
Cor (uni. PtCo)	78	268 000	+ 26 722
Índice de Acidez ($V_{NaOH}/V_{amostra}$)	0,041	2,43	+ 2,39
SST (mg/L)	11	41 000	+ 40 989
CQO (mg/L O ₂)	45	132 000	+ 131 955
CBO ₅ (mg/L O ₂)	46,2	764	+ 717,8

Os valores das medições experimentais dos parâmetros avaliados encontram-se em Anexo, conforme a seguinte descrição: pH, Temperatura e Densidade - Anexo 3; N_t - Anexo 4; Cor - Anexo 5; Índice de Acidez - Anexo 6; SST - Anexo 7; CQO - Anexo 8.

A metodologia de cálculo dos resultados dos parâmetros de N_t, p_t, cor, SST e CQO apresenta-se no Anexo 9.

Os valores esperados de CBO₅, com base na relação com o parâmetro de CQO (utilizados para a previsão necessária para o procedimento de determinação da CQO), apresentam-

se no Anexo 10 e os valores de CBO5 observado (de forma direta de acordo com o método experimental), apresentam-se no Anexo 11.

O cálculo dos resultados de CBO5 foi realizado através da Equação xiii e apresentam-se no Anexo 12.

Os valores obtidos relativamente aos parâmetros de pH, temperatura, densidade e índice de acidez não apresentam uma diferença significativa entre o estado normal do rio e a contaminação analisada.

Os resultados apresentados na Tabela 19 permitem concluir que a contaminação teria impacte no meio hídrico, aumentando significativamente o Nt, a cor, a concentração de SST, a CQO e a CBO₅.

O teor de fósforo não foi determinado na avaliação experimental, no entanto, pode entender-se que ao contaminar o meio hídrico, uma vez que o produto lácteo tem um teor de fósforo superior ao da água, também teria impacte no meio hídrico.

4.2.2 Contaminação por Efluente Não Conforme

Na Tabela 20 apresentam-se os resultados obtidos no estudo da contaminação do meio hídrico (rio) que recebe o efluente da ETEI 1 por licor biológico recolhido do tanque de tratamento.

Tabela 20. Resultados do estudo da contaminação da água do rio por descarga acidental do produto alimentar em estudo.

Parâmetro	Controlo	Ensaio	Δ
pH	8,06	6,59	- 1,47
Temperatura (°C)	22,4	22,3	- 0,01
Oxigénio Dissolvido (mg/L)	8,13	6,06	- 2,07
Teor de Nitratos (mg/L NO ₂)	2,29	6,83	+ 4,54
Teor de Nitritos (mg/L NO ₃)	< 0,23	8,02	+ 8,02
Teor de Fósforo total (mg/L P)	5,08	36,1	+ 30,97
Teor de Amónia (mg/L NH ₄ ⁺)	2,14	75,6	+ 73,46
Teor de Cloretos (mg/L Cl)	55,5	560	+ 505
N _t (mg/L N)	9,401	95,90	+ 86,50
p _t (g)	0	612	612
Cor (uni PtCo)	78	1480	+ 1402
SST (mg/L)	11	305	+ 294
CQO (mg/L O ₂)	45	2058	+ 2013
CBO ₅ (mg/L O ₂)	46,2	1289	+ 1243

Os valores das medições experimentais dos parâmetros avaliados encontram-se em Anexo, conforme a seguinte descrição: pH, Temperatura e oxigénio dissolvido - Anexo 13; Nt total - Anexo 14; Nitratos, nitritos, fósforo total, amónia e cloretos – 15; Cor - Anexo 16; SST - Anexo 17; CQO - Anexo 18.

A metodologia de cálculo dos resultados dos parâmetros de teor de nitratos, nitritos, fósforo total, amónia, cloretos, Nt total, pt, cor, SST e CQO apresenta-se no Anexo 19.

Os valores esperados de CBO5, com base na relação com o parâmetro de CQO (utilizados para a previsão necessária para o procedimento de determinação da CQO), apresentam-se no Anexo 20 e os valores de CBO5 observado (de forma direta de acordo com o método experimental), apresentam-se no Anexo 21.

O cálculo dos resultados de CBO5 foi realizado através da Equação xiii e apresenta-se no Anexo 22.

Os valores obtidos relativamente aos parâmetros de pH, temperatura e oxigénio dissolvido não apresentam uma diferença significativa entre o estado normal do meio hídrico e a contaminação analisada.

Os resultados apresentados na Tabela 20 permitem concluir que a contaminação teria impacte no meio hídrico, aumentando significativamente o teor de nitritos, de nitratos, de fósforo total, de amónia, de cloretos e de Nt total, a cor, a concentração de SST, a CQO e a CBO₅.

4.2.2.1 Contaminação por Efluente Não Conforme - ETEI 2

Na Tabela 21 apresentam-se os resultados obtidos na avaliação experimental da contaminação do meio hídrico que caracteriza a ETEI 2, a ribeira, por licor biológico recolhido do tanque de tratamento.

O ensaio 1 representa a simulação da contaminação em época de estio e o ensaio 2 da contaminação em época normal.

Tabela 21. Resultados do estudo da contaminação da água da ribeira por descarga accidental de efluente não conforme.

Parâmetro	Controlo	Ensaio 1	Ensaio 2	Δ 1	Δ 2
pH	7,02	7,02	7,04	0	+ 0,02
Temperatura (°C)	20,7	20,6	20,5	- 0,1	- 0,2
Oxigénio Dissolvido (mg/L)	9,38	7,73	8,65	- 1,65	- 0,73
Teor de Nitratos (mg/L NO ₂)	< 0,6	< 0,6	< 0,6	+	+
Teor de Nitritos (mg/L NO ₃)	10,5	109	203	+ 98,5	+ 193
Teor de Fósforo total (mg/L P)	< 2	111	< 2	+	+
Teor de Amónia (mg/L NH ₄ ⁺)	< 1	< 1	< 1	+	+
Teor de Cloretos (mg/L Cl)	37,8	520	882	+ 482	+ 844
N _t (mg/L N)	11,65	119,8	Não realizado	+ 108,2	Sem valor
pt (g)	0	764	Não realizado	+ 764	Sem valor
Cor (uni. PtCo)	29	16880	6120	+ 16851	+ 6091
SST (mg/L)	9	1520	4680	+ 1511	+ 4671
CQO (mg/L O ₂)	16	7400	11100	+ 7384	+ 11084

Parâmetro	Controlo	Ensaio 1	Ensaio 2	Δ 1	Δ 2
CBO ₅ (mg/L O ₂)	Não realizado	712	869	+ 704	+ 862

Os valores das medições experimentais dos parâmetros avaliados encontram-se em Anexo, conforme a seguinte descrição: pH, Temperatura e oxigénio dissolvido - Anexo 13; Nt total - Anexo 14; Nitratos, nitritos, fósforo total, amónia e cloretos – 15; Cor - Anexo 16; SST - Anexo 17; CQO - Anexo 18.

A metodologia de cálculo dos resultados dos parâmetros de teor de nitritos, fósforo total, cloretos, Nt total, pt, cor, SST e CQO apresenta-se no Anexo 19.

Os valores esperados para a CBO₅, com base na relação com o parâmetro de CQO (utilizados para a previsão necessária para o procedimento de determinação da CQO), apresentam-se no Anexo 20 e os valores de CBO₅ observado (de forma direta de acordo com o método experimental), apresentam-se no Anexo 21.

O cálculo dos resultados de CBO₅ foi realizado através da Equação xiii e apresenta-se no Anexo 2.

A análise de CBO₅ da amostra de controlo não foi possível de realizar, assim, no âmbito do presente estudo foi utilizado o valor da amostra de controlo do estudo da ETEI 1, assumindo que estes apresentam características semelhantes, para a comparação entre o estado normal e o estado contaminado do meio hídrico.

Os valores obtidos relativamente aos parâmetros de pH, temperatura e oxigénio dissolvido não apresentam uma diferença significativa entre o estado da ribeira e a contaminação analisada, quer em época normal, quer em época de estio.

Os valores obtidos na determinação dos parâmetros de teor de nitratos, de fósforo total e de amónia não se apresentavam dentro do limite de deteção do método (seria necessária uma maior diluição), no entanto pode verificar-se que a contaminação apresentava valores mais elevados relativamente à água da ribeira.

Os resultados apresentados na Tabela 21 permitem concluir que a contaminação teria um impacte significativo no meio hídrico, aumentando significativamente o Nt total, o teor de cloretos, o teor de nitritos, a cor, a concentração de SST, a CQO e a CBO₅.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

- 5.1 Conclusões
- 5.2 Sugestões de Trabalhos Futuros

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

No presente capítulo são descritas as conclusões obtidas na elaboração deste trabalho e algumas sugestões para trabalhos futuros.

5.1 Conclusões

A elaboração de um PEA contribui para a prevenção e mitigação dos efeitos adversos consequentes de uma descarga accidental. A limpeza e reposição do meio hídrico devem ser medidas a tomar após a ocorrência.

Os membros intervenientes numa situação de emergência devem ter conhecimento do PEA e das ações a tomar quer em caso de ocorrência, quer das medidas de prevenção. A realização de simulacros é uma medida prática de preparação para estas situações.

Os resultados expostos no capítulo anterior permitem concluir que a contaminação do meio hídrico resulta no aumento do teor de azoto, proteína, fósforo, SST, CQO, CBO₅ quer por contaminação por produtos lácteos, quer pela descarga de efluente não conforme (proveniente de uma unidade fabril de lacticínios). Adicionalmente, no estudo da contaminação por efluente não conforme, verifica-se um aumento da concentração de nitratos, nitritos, amónia e cloretos.

A descarga accidental de águas residuais leva ao aumento dos níveis de nutrientes e matéria orgânica no meio hídrico, o que irá levar ao aumento da atividade microbiológica para os processos de biossíntese e de respiração celular. Por consequência o teor de oxigénio dissolvido na água diminui.

O crescimento inesperado das plantas por aumento do teor de nutrientes (fósforo e azoto), pode originar uma diminuição na presença de luz, não permitindo às algas e microalgas o processo de fotossíntese, sendo que este é essencial para estabelecer os níveis de oxigénio dissolvido no meio hídrico.

A diminuição do teor de oxigénio pelos fatores anteriormente descritos poderá ter graves consequências na vida aquática, sendo importante a prevenção e o controlo de eventuais ocorrências de descargas de efluente não tratado.

O aumento da concentração de sólidos suspensos, resulta no aumento da turvação na água, não permitindo a passagem de luz solar, essencial para o equilíbrio do meio hídrico.

O aumento do teor de nitritos, nitratos e amónia pode ter consequências para os peixes uma vez que estes compostos são tóxicos para estes seres vivos. A reposição do meio hídrico, em caso de morte de um elevado número de peixes pode ser a reintrodução das

espécies no meio (espécies típicas desse ecossistema, provenientes de crescimento em aquicultura).

A ocorrência da descarga acidental pode ser consideravelmente mais crítica quando a ribeira se encontrar na época de estio, em que o caudal é menor e, por consequência, a sua capacidade de dissolução é mais baixa.

O meio hídrico tem a capacidade de autorregular a poluição provocada pela descarga, no entanto, trata-se de um processo não imediato.

Os acidentes ambientais podem ocorrer, mesmo que a probabilidade seja muito reduzida e mesmo existindo medidas preventivas. Assim, pode concluir-se que a existência de um PEA para unidades fabris é uma ferramenta fundamental no âmbito da melhoria na relação entre o meio ambiente e a indústria.

5.2 Sugestões de Trabalhos Futuros

A avaliação experimental do impacto de uma descarga de matéria-prima líquida no solo pode também ser interessante no âmbito do PEA. Esta avaliação poderia ser realizada utilizando como ensaio o solo tipicamente encontrado na unidade (amostras de terra e plantas) contaminado com produtos lácteos e como controlo o solo não contaminado. Através do ensaio e do controlo comparar a capacidade de crescimento das plantas existentes no solo de amostra, avaliando parâmetros como o número de plantas sobreviventes, a altura das plantas, o número de folhas, o teor de nutrientes, oxigénio, exposição solar e outros considerados relevantes.

A elaboração de uma metodologia de avaliação de gravidade do impacto de descargas acidentais para o meio hídrico, contaminando-o com matéria-prima líquida ou efluente não conforme.

No âmbito do aumento da eficiência na resposta a emergências ambientais, outra sugestão para trabalhos futuros é o planeamento da realização de simulacros como medida preventiva e de preparação para uma eventual ocorrência.

Na ótica de otimização de consumos energéticos, uma sugestão para trabalhos futuros é a avaliação da viabilidade de valorização energética das lamas biológicas e das gorduras recolhidas nas etapas de tratamento dos efluentes industriais provenientes das unidades fabris abordadas na presente dissertação.

REFERÊNCIAS

6.1 NORMAS

6.2 LEGISLAÇÃO

Referências

- Ambientebrasil. (s.d.). *O ciclo Hidrológico*. Obtido em 3 de outubro de 2021, de Ambientebrasil:
https://ambientes.ambientebrasil.com.br/saneamento/abastecimento_de_agua/o_ciclo_hidrologico.html
- APA, A. P. (2019). *Relatório Ambiental Anual (RAA)*. Obtido em 7 de novembro de 2021, de ambiente: <https://www.apambiente.pt/avaliacao-e-gestao-ambiental/relatorio-ambiental-anual-raa>
- Araújo, T. P., Brighenti, L. S., Santos, H. B., Castro, A. H., & Thomé, R. G. (9 de abril de 2021). Toxicity of nitrogen compounds in fish influenced by physico-chemical water parameters: a review. *Toxicity of nitrogen compounds in fish influenced by physico-chemical water parameters: a review*, 10(11). doi:<https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19779>
- Cruz, L. P. (1997). Principais Técnicas de Tratamento de Águas Residuais . *Principais Técnicas de Tratamento de Águas Residuais* . Obtido em 07 de novembro de 2021, de <https://repositorio.ipv.pt/bitstream/10400.19/724/1/Principais%20t%c3%a9ncas%20de%20tratamentos.pdf>
- EEA, E. E. (20 de Março de 2019). *Industrial Waste Water Treatment - Pressures on Europe's Environment*. doi:10.2800/496223
- Gray, N. (2005). *Water Technology an Introduction for Enviromental Scientists and Engineers*; (2ª ed.). Dublin: Butterworth-Heinemann.
- IAT, I. Á. (s.d.). *Acidentes Ambientais*. Obtido em 18 de março de 2021, de Instituto Água e Terra: <http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Acidentes-Ambientais>
- Macedo, M. J. (2017). *Avaliação e Gestão de Riscos na Perspetiva do Regime de Prevenção de Acidentes Graves*. Obtido em 18 de março de 2021, de <http://docplayer.com.br/78336815-Avaliacao-e-gestao-de-riscos-na-perspetiva-do-regime-de-prevencao-de-acidentes-graves-mario-jose-macedo-outubro-2017.html>
- Maulin P. Shah, A. S. (2021). *Wastewater Treatment: Cutting-Edge Molecular Tools, Techniques and Applied Aspects* (1ª ed.). Elsevier Science. Obtido em 7 de

- novembro de 2021, de https://books.google.pt/books?id=udPbDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=pt-PT&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Monte, H. M., Santos, M. T., Barreiros, A. M., & Albuquerque, A. (2016). *Tratamento de Águas Residuais: Operações e Processos de Tratamento Físico e Químico*. ISEL; ERSAR. Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos; Instituto Superior de Engenharia de Lisboa; Universidade da Beira Interior. Obtido em 7 de novembro de 2021, de <http://www.ersar.pt/pt/site-comunicacao/site-noticias/documents/ct5-trataguasresiduais.pdf>
- Nicolau, P. B. (2016). *Microrganismo e Ambiente: Ar e Água, Solo e Extremos*. Universidade de Aberta. Obtido em 07 de novembro de 2021, de https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/6135/1/UT4_Microrganismos%20e%20Ambiente.pdf
- Pires, P. C. (2005). *Desenvolvimento de uma Metodologia de Avaliação de Riscos Ambientais para Apoiar a Elaboração de Planos de Emergência*. Instituto Superior de Estatística e Gestão da Informação da Universidade Nova de Lisboa. Obtido em 18 de março de 2021, de <https://run.unl.pt/bitstream/10362/3635/1/TSIG0013.pdf>
- Ramalho, R. (1983). *Introduction to Wastewater Treatment Processes* (2ª ed.). Quebec, Canadá: Academic Press, Inc.
- Ramos, M. M. (2011). *Análise Comparativa de Sistemas de Desidratação para ETAR. Caso de Estudo: Centrífugas vs Filtros Banda*. Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, Engenharia do Ambiente. Obtido em 7 de novembro de 2021, de https://run.unl.pt/bitstream/10362/7506/1/Ramos_2011.pdf
- Richter, C. A. (2009). *Água: Métodos e Tecnologia de Tratamento*. São Paulo: Edgard Blucher Ltda. Obtido em 07 de novembro de 2021, de https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=&id=fCTTDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA9&dq=related:Raq5FD61ljEJ:scholar.google.com/&ots=F6PCm73ieH&sig=45FkG1O_m2OLU98_Ktk0OrIWdFo#v=onepage&q&f=false
- Richter, C. A., & Netto, J. M. (1991). *Tratamento de Água: Tecnologia atualizada* (1ª ed.). São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda. Obtido em 06 de novembro de 2021
- Saraiva, I. (março de 2011). *Tecnologias de Desodorização - Aplicação no Setor de Águas e dos Resíduos*. (EFACEC, Ed.) Obtido em 7 de novembro de 2021, de <https://www.ua.pt/ReadObject.aspx?obj=22682>
- Serrano, C. I. (2014). *Impactes da Presença de Água do Estuário do Rio Tejo em ETAR. Caso de Estudo - ETAR do Seixal*. Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, Engenharia do Ambiente. Obtido em 7 de

- novembro de 2021, de
https://run.unl.pt/bitstream/10362/14210/1/Serrano_2014.pdf
- Simões, C., Rosmaninho, I., & Henriques, A. G. (2017). *Guia para Avaliação de Impacte Ambiental de Estações de Tratamento de Águas Residuais*. Instituto Regulador de Águas e Resíduos. Lisboa: Agência Portuguesa do Ambiente. Obtido em 18 de março de 2021, de https://apambiente.pt/sites/default/files/_SNIAMB_A_APA/Publicacoes/Guias_Manuais/guia_ETAR_final.pdf
- Solé, A., & Lindgren, M. (26 de janeiro de 2018). *Maturidade de Governança, Compliance e Risco*. Obtido em 18 de março de 2021, de Governança já: <https://governancaja.com.br/maturidade-de-governanca-compliance-e-risco/>
- UNRIC, C. d. (2018). *Guia Sobre Desenvolvimento Sustentável - 17 Objetivos para Mudar o Nosso Mundo*. Obtido em 3 de outubro de 2021, de https://unric.org/pt/wp-content/uploads/sites/9/2019/01/SDG_brochure_PT-web.pdf
- WEF, W. E. (2010). *Design of Municipal Wastewater Treatment Plants*. (W. E. Institute, Ed.) EUA. Obtido em 8 de novembro de 2021, de https://www.researchgate.net/profile/Joshua-Boltz/publication/313774106_Biofilm_Reactor_Technology_and_Design/links/58a59e0f92851cf0e397bd20/Biofilm-Reactor-Technology-and-Design.pdf
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and River Ecosystems* (3ª ed.). Academic Press. Obtido em 6 de novembro de 2021, de https://books.google.com.br/books?id=no2hk5uPUcMC&printsec=frontcover&hl=pt-PT&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Znebon, O., Pascuet, N., & Tigla, P. (2008). Métodos físico-químicos para análise de alimentos. (I. A. Lutz, Ed.) São Paulo. Obtido em 07 de novembro de 2021, de <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>

Normas

Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Food, Drink and Milk Industries (2019). Giner Santonja, G., Karlis, P., Stubdrup, K., Brinkmann, T. and Roudier, S.. Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control), EUR 29978 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-13091-8, doi:10.2760/243911, JRC118627.

ISO 3675 (de junho de 1998 - Laboratory determination of density — Hydrometer method (ISO 3675:1998).

NP ISO 14001 (de setembro de 2015) - Sistemas de Gestão Ambiental; Requisitos e linhas de orientação para a sua utilização (ISO 14001:2015).

Diplomas Legais

Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de outubro de 2000 que estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água. Jornal Oficial nº L 327 de 22/12/2000 p. 0001 – 0073.

Decreto-Lei nº 236/1998 de 1 de agosto (Anexo XVIII). Diário da República nº 176/1998, Série I-A de 1998-08-01, páginas 3676 – 3722. Ministério do Ambiente.

Decreto-Lei nº 150/2015 de 5 de agosto. Diário da República nº 151/2015, Série I de 2015-08-05, páginas 5378 – 5401. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia.

ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1 – Valores dos volumes de titulante e titulado relativos à determinação do Índice de Acidez no estudo da contaminação por produtos lácteos.

Tabela 1. Valores dos volumes de titulante e titulado utilizados na determinação do Índice de acidez no estudo da contaminação por produtos lácteos.

Amostra	Volume de NaOH (mL) - Titulante			Volume de amostra (mL) – Titulado
	Vi	Vf	ΔV	
Controlo	0	0,41	0,41	10
Ensaio	0,41	0,50	0,09	
Ensaio (réplica 1)	0,50	0,60	0,10	
Ensaio (réplica 2)	0,60	0,70	0,10	

Anexo 2 – Instruções de Trabalho para a ocorrência de descarga de efluente não conforme (não cumprimento dos VLE's) e para o derrame de produtos químicos ou resíduos líquidos perigosos (óleos usados)

Figura 1. Instrução de trabalho, referida no PEA, para a ocorrência de descarga de efluente não conforme (não cumprimento dos VLE's).

EMPRESA X	INSTRUÇÃO DE TRABALHO IT N.ºX		Pág. 1/2	EMPRESA X	INSTRUÇÃO DE TRABALHO IT N.ºX		Pág. 2/2
	Descarga acidental de efluente não conforme (não cumprimento dos VLE's)				Descarga acidental de efluente não conforme (não cumprimento dos VLE's)		
<p>1 – OBJECTIVO</p> <p>Estabelecer as medidas a cumprir de modo a dar resposta a uma descarga acidental de efluente não conforme (incumprimento dos valores limite de emissão – VLE's).</p> <p>2 - ÂMBITO</p> <p>Esta Instrução de Trabalho aplica-se às estações de tratamento de efluentes (ETE's) das Unidades Fabris da Empresa X.</p> <p>3 - DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS</p> <p>ETE – Estação de Tratamento de Efluentes Industriais. VLE – Valores limite de Emissão</p> <p>4 - REFERÊNCIAS</p> <p>Plano de Emergência Ambiental.</p> <p>5 - RESPONSABILIDADES</p> <p>Elaboração: Gestão de Ambiente. Execução: Operadores da ETE das unidades fabris da Empresa X.</p> <p>6 - MODO DE PROCEDER</p> <p>A descarga acidental de efluente não conforme (não cumprimento dos VLE's) pode ser provocada por uma anomalia no processo de tratamento do efluente industrial. No caso de ocorrência da mesma deve proceder do seguinte modo:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Comunicar ocorrência ao Gestor de Ambiente. 2. Encaminhar efluente para o circuito alternativo: <ul style="list-style-type: none"> • Encaminhar o efluente dos tanques de tratamento biológico para a o tanque de flotação por ar dissolvido e ajustar dosagem de reagentes químicos (o efluente deixa de circular do tanque de tratamento anóxico para a flotação); interromper recirculação de lamas; aumentar desidratação de lamas conforme necessário. 3. Localizar origem do problema: <ol style="list-style-type: none"> a. Obstrução de caixa de efluente: <ol style="list-style-type: none"> i. Remover material que está a obstruir a passagem do efluente. b. Anomalia na ponte raspadora do decantador: <ol style="list-style-type: none"> i. Esvaziar decantador c. Descarga anómala da fábrica: <ol style="list-style-type: none"> i. Alertar a fábrica; 				<ol style="list-style-type: none"> ii. Monitorizar analiticamente o efluente (parâmetros óleos e gorduras e microbiologia presente nas lamas biológicas); iii. Despistar a presença de hidrocarbonetos no efluente. <ol style="list-style-type: none"> 4. Se possível, limpar o meio hídrico. 5. Recolher amostra do meio hídrico afetado. 6. Efetuar análises à água afetada pela descarga de efluente e comparar resultados obtidos com resultados das medições periódicas, previamente realizadas, ao rio (meio hídrico receptor). 7. Recolher os resíduos resultantes e comunicar à Gestor de Ambiente para ser dado o encaminhamento adequado aos mesmos. 			
<p>EMITIDO EM: 01/11/2021</p>			<p>EMITIDO POR Gestor de Ambiente</p>		<p>APROVADO POR Direção de Ambiente</p>		
<p>EMITIDO EM: 01/11/2021</p>			<p>EMITIDO POR Gestor de Ambiente</p>		<p>APROVADO POR Direção de Ambiente</p>		

EMPRESA X	INSTRUÇÃO DE TRABALHO IT N.ºZ	Pág. 1/1
	Derrame de Produtos Químicos ou Resíduos Líquidos Perigosos (óleos usados)	

1 – OBJETIVO

Estabelecer as medidas a cumprir de modo a dar resposta à situação de derrame de produtos químicos/resíduos perigosos líquidos perigosos (óleos usados).

2 - ÂMBITO

Esta Instrução de Trabalho aplica-se às Unidades Fabris da Empresa X.

3 - DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS

ETEI – Estação de Tratamento de Efluentes Industriais.

4 - REFERÊNCIAS

Plano de Emergência Ambiental.

5 - RESPONSABILIDADES

Elaboração: Gestão Ambiente.

Execução: Operadores das Unidades Fabris da Empresa X.

6 - MODO DE PROCEDER

O incorreto manuseamento ou uma fuga nos recipientes de produtos químicos/resíduos líquidos perigosos (óleos usados) pode dar origem a um derrame. No caso de ocorrência do mesmo deve proceder do seguinte modo:

1. Evitar alastramento do derrame:
 - a. Se aplicável, fechar a válvula dos equipamentos e selar a eventual fuga nos recipientes.
 - b. Recorrer a materiais absorventes (kit de contenção de derrames).
2. Evitar encaminhamento para águas pluviais/ETEI:
 - a. Tapar caixas de águas pluviais e de encaminhamento para a ETEI (utilizar barreiras de contenção existentes nos kits).
3. Comunicar ocorrência ao Gestor de Ambiente e aos operadores da ETEI.
4. Quando o derrame estiver estancado e contido:
 - a. Limpar o local através de materiais absorventes, evitar o uso de água (de modo a evitar encaminhamento para águas pluviais/ETEI);
 - b. Recolher os resíduos resultantes e comunicar ao Gestor de Ambiente para ser dado o encaminhamento adequado aos mesmos.

EMITIDO EM: 01/11/2021	EMITIDO POR Gestor de Ambiente	APROVADO POR Direção de Ambiente
----------------------------------	--	--

Figura 2. Instrução de trabalho, referida no PEA, para a ocorrência de derrame de produtos químicos ou resíduos líquidos perigosos (óleos usados).

Anexo 3 – Valores das medições de pH, Temperatura e Densidade no estudo da contaminação por produtos lácteos.

Tabela 2. Valores das medições de pH, Temperatura e Densidade no estudo da contaminação por produtos lácteos.

Amostra	Medição	pH	Temperatura (°C)	Densidade (mg/L)
Ensaio	1ª	7,83	20	999,0
	2ª	7,85	20	999,5
	3ª	7,85	20	998,5
	4ª	-	20	-
	Média	7,84	20	999,0
Controlo	1ª	7,70	22,9	999,0
	2ª	7,80	22,8	998,0
	3ª	7,80	22,8	998,0

Amostra	Medição	pH	Temperatura (°C)	Densidade (mg/L)
	4ª	7,80	22,7	-
	Média	7,78	22,8	998,3

Anexo 4 – Valores das medições de A_z total no estudo da contaminação por produtos lácteos.

Tabela 3. Valores das medições de A_z total no estudo da contaminação por produtos lácteos.

Amostra	Medição	A _z total (mg/L N)
Ensaio	1ª	23,73
	2ª	25,18
	3ª	26,6
	4ª	26,92
	Média	25,62
Controlo	1ª	9,467
	2ª	9,313
	3ª	9,201
	4ª	9,249
	5ª	9,185
	6ª	9,989
	Média	9,401

Anexo 5 – Valores das medições da Cor no estudo da contaminação por produtos lácteos.

Tabela 4. Valores das medições da cor no estudo da contaminação por produtos lácteos.

Amostra	Medição	Cor (Unid. PtCo)
Ensaio	1ª	523
	2ª	524
	3ª	526
	Média	524
Ensaio (réplica)	1ª	546
	2ª	547
	3ª	547
	Média	547
Média	536	
Controlo	1ª	71
	2ª	70
	3ª	71
	Média	71
	1ª	86

Amostra	Medição	Cor (Unid. PtCo)
Controlo (réplica)	2ª	82
	3ª	85
	Média	84
Média		78
Branco		0

Anexo 6 – Valores das medições do Índice de Acidez no estudo da contaminação por produtos lácteos.

Tabela 5. Valores do Índice de Acidez do ensaio realizado no estudo da contaminação por produtos lácteos.

Amostra	Índice de Acidez ($V_{NaOH}/V_{amostra}$)
Ensaio	0,009
Ensaio (réplica 1)	0,01
Ensaio (réplica 2)	0,01
Média	0,0097

Anexo 7 – Valores das medições de SST no estudo da contaminação por produtos lácteos.

Tabela 6. Valores das medições de SST no estudo da contaminação por produtos lácteos.

Amostra	Medição	SST (mg/L)
Ensaio	1ª	77
	2ª	80
	3ª	77
	Média	78
Ensaio (réplica)	1ª	87
	2ª	85
	3ª	84
	Média	85
Média		82
Controlo	1ª	10
	2ª	10
	3ª	10
	Média	10
Controlo (réplica)	1ª	12
	2ª	11
	3ª	14

Amostra	Medição	SST (mg/L)
	Média	12
Média		11
Branco		0

Anexo 8 – Valores das medições de CQO no estudo da contaminação por produtos lácteos.

Tabela 7. Valores das medições de CQO no estudo da contaminação por produtos lácteos.

Amostra	Medição	CQO (mg/L O ₂)
Ensaio	1 ^a	490
	2 ^a	488
	3 ^a	-
	Média	489
Ensaio (réplica)	1 ^a	567
	2 ^a	572
	3 ^a	563
	Média	567
Média		528
Controlo	1 ^a	41
	2 ^a	41
	3 ^a	41
	Média	41
Controlo (réplica)	1 ^a	48
	2 ^a	48
	3 ^a	48
	Média	48
Média		45
Branco		0

Anexo 9 – Cálculo dos resultados obtidos no estudo da contaminação por produtos lácteos (A_z total, p_t, cor, concentração de SST, IA e CQO).

Os cálculos dos resultados de A_z total, cor, concentração de SST e CQO, obtidos no estudo da contaminação por produtos lácteos, foram realizados através da multiplicação do respetivo fator de diluição e o valor da média das medições efetuadas.

- A_z total:

$$A_{z\text{ensaio}} = 25,62 * 250 = 6405 \text{ mg/L N}$$

- Cor:

$$Cor_{\text{ensaio}} = 536 * 250 * 2 = 268000 \text{ unidades PtCo}$$

- SST:

$$SST_{\text{ensaio}} = 82 * 250 * 2 = 41000 \text{ mg/L}$$

- CQO:

$$CQO_{\text{ensaio}} = 528 * 250 = 132000 \text{ mg/L O}_2$$

- IA:

$$IA_{\text{ensaio}} = 0,0097 * 250 = 2,43 V_{\text{NaOH}}/V_{\text{amostra}}$$

O p_t foi calculado através da multiplicação do valor obtido de A_z total pelo fator de conversão, conforme em seguida apresentado.

$$p_{t_{\text{ensaio}}} = 6405 * 6,38 = 163,5 \text{ g}$$

Anexo 10 – Valores esperados de CBO_5 no estudo da contaminação por produtos lácteos.

Tabela 9. Valores esperados de CBO_5 no estudo da contaminação por produtos lácteos, determinados através da Equação xii.

Amostra	CBO_5 esperado (mg/L O_2)
Ensaio	27
Controlo	79225

Anexo 11 – Valores de CBO_5 observado no estudo da contaminação por produtos lácteos.

Tabela 10. Valores das medições de CBO_5 observado no estudo da contaminação por produtos lácteos.

Amostra	CBO_5 observado (mg/L O_2)
Ensaio	15
Controlo	46
Branco	9

Anexo 12 - Cálculo dos resultados obtidos de CBO_5 no estudo da contaminação por produtos lácteos.

$$CBO_{5_{\text{ensaio}}} = \left(\frac{15 - \left(\frac{2}{43,5} * 43,5 \right)}{1 - \left(\frac{2}{43,5} \right)} * 50 \right) - 9 = 764 \text{ mg/L O}_2$$

$$CBO_{5_{\text{controlo}}} = \left(\frac{46 - \left(\frac{2}{432} * 432 \right)}{1 - \left(\frac{2}{432} \right)} * 1 \right) - 9 = 46,2 \text{ mg/L O}_2$$

Anexo 13 – Valores das medições de pH, Temperatura e Oxigénio dissolvido no estudo da contaminação por efluente não conforme.

Tabela 12.1. Valores das medições de pH, Temperatura e Oxigénio dissolvido no estudo da contaminação por efluente não conforme na ETEI 1.

Amostra	Medição	pH	Temperatura (°C)	Oxigénio Dissolvido (mg/L)
Ensaio	1ª	6,66	22,3	6,05
	2ª	6,59	22,3	6,08
	3ª	6,56	22,3	6,06
	4ª	6,54	22,3	6,04
	Média	6,59	22,3	6,06
Controlo	1ª	8,00	22,3	8,12
	2ª	8,06	22,3	8,13
	3ª	8,08	22,4	8,13
	4ª	8,08	22,4	8,14
	Média	8,06	22,4	8,13

Tabela 12.2. Valores das medições de pH, Temperatura e Oxigénio dissolvido no estudo da contaminação por efluente não conforme na ETEI 2.

Amostra	Medição	pH	Temperatura (°C)	Oxigénio Dissolvido (mg/L)
Ensaio 1	1ª	7,04	20,5	7,67
	2ª	7,02	20,6	7,98
	3ª	7,01	20,6	7,61
	4ª	7,02	20,5	7,65
	Média	7,02	20,6	7,73
Ensaio 2	1ª	7,04	20,8	8,40
	2ª	7,04	20,5	8,65
	3ª	7,03	20,4	8,74
	4ª	7,04	20,4	8,80
	Média	7,04	20,5	8,65
Controlo	1ª	7,04	20,6	9,28
	2ª	7,03	20,7	9,38
	3ª	7,01	20,7	9,41
	4ª	-	-	9,43
	Média	7,02	20,7	9,38

Anexo 14 – Valores das medições do teor de A_z total no estudo da contaminação por efluente não conforme.

Tabela 13.1. Valores das medições de A_z total no estudo da contaminação por efluente não conforme na ETEI 1.

Amostra	Medição	A _z total (mg/L N)
Ensaio	1 ^a	37,57
	2 ^a	38,90
	3 ^a	38,61
	Média	38,36
Controlo	1 ^a	9,467
	2 ^a	9,313
	3 ^a	9,201
	4 ^a	9,249
	5 ^a	9,185
	6 ^a	9,989
	Média	9,401

Tabela 13.1. Valores das medições de A_z total no estudo da contaminação por efluente não conforme na ETEI 2.

Amostra	Medição	A _z total (mg/L N)
Ensaio 1	1 ^a	5,727
	2 ^a	6,026
	3 ^a	5,917
	4 ^a	6,148
	5 ^a	6,133
	Média	5,990
Controlo	1 ^a	11,50
	2 ^a	12,08
	3 ^a	11,45
	4 ^a	11,58
	Média	11,65

Anexo 15 – Valores das medições do teor de nitratos, nitritos, fósforo total, amónia e cloretos no estudo da contaminação por efluente não conforme.

Tabela 14.1. Valores das medições do teor de nitratos, nitritos, fósforo total, amónia e cloretos no estudo da contaminação por efluente não conforme na ETEI 1.

Parâmetro	Amostra	
	Controlo	Ensaio
Nitratos [mg (NO ₂)/L]	2,29	1,95
Nitritos [mg (NO ₃)/L]	< 0,23	2,29
Fósforo total [mg/L P]	5,08	10,3

Parâmetro	Amostra	
	Controlo	Ensaio
Amónia [mg (NH ₄ ⁺)/L]	2,14	21,6
Cloretos [mg/L Cl]	55,5	160

Tabela 14.2. Valores das medições do teor de nitratos, nitritos, fósforo total, amónia e cloretos no estudo da contaminação por efluente não conforme na ETEI 2.

Parâmetro	Amostra		
	Controlo	Ensaio 1	Ensaio 2
Nitratos [mg (NO ₂)/L]	< 0,6	< 0,6	< 0,6
Nitritos [mg (NO ₃)/L]	10,5	5,45	6,75
Fósforo total [mg/L P]	< 2	5,56	< 2
Amónia [mg (NH ₄ ⁺)/L]	< 1	< 1	< 1
Cloretos [mg/L Cl]	37,8	26	29,4

Anexo 16 – Valores das medições da Cor no estudo da contaminação por efluente não conforme.

Tabela 15.1. Valores das medições da cor no estudo da contaminação por efluente não conforme na ETEI 1.

Amostra	Medição	Cor (Unid. PtCo)
Ensaio	1 ^a	289
	2 ^a	288
	3 ^a	289
	Média	289
Ensaio (réplica)	1 ^a	306
	2 ^a	300
	3 ^a	303
	Média	303
Média	296	
Controlo	1 ^a	71
	2 ^a	70
	3 ^a	71
	Média	71
Controlo (réplica)	1 ^a	86
	2 ^a	82
	3 ^a	85
	Média	84
Média	78	
Branco	0	

Tabela 15.2. Valores das medições da cor no estudo da contaminação por efluente não conforme na ETEI 2.

Amostra	Medição	Cor (Unid. PtCo)
Ensaio 1	1ª	370
	2ª	351
	3ª	297
	Média	339
Ensaio 1 (réplica)	1ª	522
	2ª	501
	3ª	490
	Média	504
Média	422	
Ensaio 2	1ª	175
	2ª	169
	3ª	175
	Média	173
Ensaio 2 (réplica)	1ª	130
	2ª	136
	3ª	133
	Média	133
Média	153	
Controlo	1ª	27
	2ª	27
	3ª	27
	Média	27
Controlo (réplica)	1ª	32
	2ª	32
	3ª	30
	Média	31
Média	29	
Branco	0	

Anexo 17 – Valores das medições de SST no estudo da contaminação por efluente não conforme.

Tabela 16.1. Valores das medições de SST no estudo da contaminação por efluente não conforme na ETEI 1.

Amostra	Medição	SST (mg/L)
Ensaio	1ª	57
	2ª	59
	3ª	59
	Média	58
Ensaio (réplica)	1ª	61
	2ª	63
	3ª	64
	Média	63
Média	61	
Controlo	1ª	10
	2ª	10
	3ª	10
	Média	10
Controlo (réplica)	1ª	12
	2ª	11
	3ª	14
	Média	12
Média	11	
Branco	0	

Tabela 16.2. Valores das medições de SST no estudo da contaminação por efluente não conforme na ETEI 2.

Amostra	Medição	SST (mg/L)
Ensaio 1	1ª	38
	2ª	32
	3ª	33
	Média	34
Ensaio 1 (réplica)	1ª	48
	2ª	40
	3ª	39
	Média	42
Média	38	
Ensaio 2	1ª	116
	2ª	114
	3ª	121
	Média	117
	1ª	124

Amostra	Medição	SST (mg/L)
Ensaio 2 (réplica)	2ª	116
	3ª	113
	Média	118
Média	117	
Controlo	1ª	9
	2ª	9
	3ª	9
	Média	9
Controlo (réplica)	1ª	9
	2ª	9
	3ª	9
	Média	9
Média	9	
Branco	0	

Anexo 18 – Valores das medições de CQO no estudo da contaminação por efluente não conforme.

Tabela 17.1. Valores das medições de CQO no estudo da contaminação por efluente não conforme na ETEI 1.

Amostra	Medição	CQO (mg/L O ₂)
Ensaio	1ª	818
	2ª	818
	3ª	818
	Média	818
Ensaio (réplica)	1ª	829
	2ª	827
	3ª	-
	Média	828
Média	823	
Controlo	1ª	41
	2ª	41
	3ª	41
	Média	41
Controlo (réplica)	1ª	48
	2ª	48
	3ª	48
	Média	48
Média	45	
Branco	0	

Tabela 17.2. Valores das medições de CQO no estudo da contaminação por efluente não conforme na ETEI 2.

Amostra	Medição	CQO (mg/L O ₂)
Ensaio 1	1ª	358
	2ª	379
	3ª	373
	Média	370
Ensaio 1 (réplica)	1ª	364
	2ª	364
	3ª	364
	Média	364
Média	367	
Ensaio 2	1ª	358
	2ª	379
	3ª	373
	Média	370
Controlo	1ª	18
	2ª	12
	3ª	41
	Média	24
Controlo (réplica)	1ª	9
	2ª	9
	3ª	9
	Média	9
Média	16	
Branco	0	

Anexo 19 – Cálculo dos resultados obtidos no estudo da contaminação por efluente não conforme (teor de nitratos, nitritos, fósforo total, amónia, cloretos, A_z total e p_t, cor, concentração de SST e CQO).

Os cálculos dos resultados de teor de nitratos, nitritos, fósforo total, amónia, cloretos, A_z total, cor, concentração de SST e CQO, obtidos no estudo da contaminação por efluente não conforme, foram realizados através da multiplicação do respetivo fator de diluição e o valor da média das medições efetuadas.

- Nitratos:
 - ETEI 1:

$$\text{NO}_{2\text{ensaio}} = 1,95 * 3,5 = 6,83 \text{ mg (NO}_2\text{)/L}$$

- Nitritos:

- ETEI 1:

$$\text{NO}_3_{\text{ensaio}} = 2,29 * 3,5 = 8,02 \text{ mg (NO}_3\text{)/L}$$

- ETEI 2:

$$\text{NO}_3_{\text{ensaio 1}} = 5,45 * 2 * 10 = 109 \text{ mg (NO}_3\text{)/L}$$

$$\text{NO}_3_{\text{ensaio 2}} = 6,75 * 3 * 10 = 203 \text{ mg (NO}_3\text{)/L}$$

- Amónia:

- ETEI 1:

$$\text{NH}_4^+_{\text{ensaio}} = 21,6 * 2 = 75,6 \text{ mg (NH}_4^+\text{)/L}$$

- Fósforo Total:

- ETEI 1:

$$\text{P}_{\text{ensaio}} = 10,3 * 3,5 = 36,1 \text{ mg/L P}$$

- ETEI 2:

$$\text{P}_{\text{ensaio 1}} = 5,56 * 2 * 10 = 111 \text{ mg/L P}$$

- Cloretos:

- ETEI 1:

$$\text{Cl}_{\text{ensaio}} = 160 * 3,5 = 560 \text{ mg/L Cl}$$

- ETEI 2:

$$\text{Cl}_{\text{ensaio 1}} = 26 * 2 * 10 = 520 \text{ mg/L Cl}$$

$$\text{Cl}_{\text{ensaio 2}} = 29,4 * 3 * 10 = 882 \text{ mg/L Cl}$$

- Az total:

- ETEI 1:

$$\text{Az}_{\text{ensaio}} = 38,36 * 2,5 = 95,9 \text{ mg/L N}$$

- ETEI 2:

$$\text{Az}_{\text{ensaio 1}} = 5,990 * 2 * 10 = 119,8 \text{ mg/L N}$$

- Cor:

- ETEI 1:

$$\text{Cor}_{\text{ensaio}} = 296 * 2,5 * 2 = 1480 \text{ unidades PtCo}$$

- ETEI 2:

$$\text{Cor}_{\text{ensaio } 1} = 422 * 2 * 10 * 2 = 16880 \text{ unidades PtCo}$$

$$\text{Cor}_{\text{ensaio } 2} = 153 * 3 * 10 * 2 = 6120 \text{ unidades PtCo}$$

- SST:

- ETEI 1:

$$\text{SST}_{\text{ensaio}} = 61 * 2,5 * 2 = 305 \text{ mg/L}$$

- ETEI 2:

$$\text{Cor}_{\text{ensaio } 1} = 38 * 10 * 2 * 2 = 1520 \text{ mg/L}$$

$$\text{Cor}_{\text{ensaio } 2} = 117 * 10 * 3 * 2 = 4680 \text{ mg/L}$$

- CQO:

- ETEI 1:

$$\text{CQO}_{\text{ensaio}} = 823 * 2,5 = 2058 \text{ mg/L O}_2$$

- ETEI 2:

$$\text{CQO}_{\text{ensaio } 1} = 376 * 10 * 2 = 7400 \text{ mg/L O}_2$$

$$\text{CQO}_{\text{ensaio } 2} = 370 * 10 * 3 = 11100 \text{ mg/L O}_2$$

O p_t foi calculado através da multiplicação do valor obtido de A_z total pelo fator de conversão, conforme em seguida apresentado.

- ETEI 1:

$$p_{t\text{ensaio}} = 95,9 * 6,38 = 612 \text{ g}$$

- ETEI 2:

$$p_{t\text{ensaio } 1} = 119,8 * 6,38 = 764 \text{ g}$$

Anexo 20 – Valores esperados de CBO_5 no estudo da contaminação por efluente não conforme.

Tabela 18.1. Valores esperados de CBO_5 no estudo da contaminação por efluente não conforme na ETEI 1, determinados através da Equação xii.

Amostra	CBO_5 esperado (mg/L O_2)
Ensaio	1235
Controlo	79225

Tabela 18.2 Valores esperados de CBO_5 no estudo da contaminação por efluente não conforme na ETEI 2 determinados através da Equação xii.

Amostra	CBO_5 esperado (mg/L O_2)
Ensaio 1	4440
Ensaio 2	6660
Controlo	9,8

Anexo 21 – Valores de CBO_5 observado no estudo da contaminação por efluente não conforme.

Tabela 20.1. Valores das medições de CBO no estudo da contaminação por efluente não conforme na ETEI 1.

Amostra	CBO_5 observado (mg/L O_2)
Ensaio	25
Controlo	46
Branco	9

Tabela 20.2. Valores das medições de CBO no estudo da contaminação por efluente não conforme na ETEI 2.

Amostra	CBO_5 observado (mg/L O_2)
Ensaio 1	14
Ensaio 2	17
Branco	9

Anexo 22 - Cálculo dos resultados obtidos de CBO_5 no estudo da contaminação por efluente não conforme.

- ETEI 1:

$$CBO_{5\text{ensaio}} = \left(\frac{15 - \left(\frac{2}{43,5} * 43,5 \right)}{1 - \left(\frac{2}{43,5} \right)} * 50 \right) - 9 = 764 \text{ mg/L } O_2$$

$$CBO_{5\text{controlo}} = \left(\frac{46 - \left(\frac{2}{432} * 432 \right)}{1 - \left(\frac{2}{432} \right)} * 1 \right) - 9 = 46,2 \text{ mg/L } O_2$$

- ETEI 2:

$$CBO_{5\text{ensaio 1}} = \left(\frac{14 - \left(\frac{2}{43,5} * 43,5 \right)}{1 - \left(\frac{2}{43,5} \right)} * 50 \right) - 9 = 712 \text{ mg/L } O_2$$

$$CBO_{5\text{ensaio 2}} = \left(\frac{17 - \left(\frac{2}{43,5} * 43,5 \right)}{1 - \left(\frac{2}{43,5} \right)} * 50 \right) - 9 = 869 \text{ mg/L } O_2$$