



Fonte: Entsog,2024

Avaliação de impacto ambiental da geração de gás de síntese e hidrogénio por co-eletrólise de água

PEDRO AFONSO REBELO MARTINS
(Licenciado em Tecnologias do Ambiente e do Mar)

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia da Qualidade e Ambiente

Orientador:

Doutor João Fernando Pereira Gomes

Júri:

Presidente: Doutora Isabel Maria da Silva João

Vogais:

Doutor Jaime Filipe Borges Puna

Doutor João Fernando Pereira Gomes

Outubro de 2024

Avaliação de impacto ambiental da geração de gás de síntese e hidrogénio por co-eletrólise de água

PEDRO AFONSO REBELO MARTINS
(Licenciado em Tecnologias do Ambiente e do Mar)

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia da Qualidade e Ambiente

Orientador:

Doutor João Fernando Pereira Gomes, ISEL/IPL

Júri:

Presidente: Doutora Isabel Maria da Silva João, ISEL/IPL

Vogais:

Doutor Jaime Filipe Borges Puna, ISEL/IPL

Doutor João Fernando Pereira Gomes, ISEL/IPL

Agradecimentos

Com o desenrolar do mestrado e agora com o desenvolvimento do trabalho final de mestrado, pude contar com o apoio de vários familiares, amigos e colegas que me permitiram terminar com sucesso esta etapa.

Agradeço profundamente ao Prof. Dr. João Gomes por ter aceite o meu pedido de ser orientador do meu trabalho final de mestrado e por ter contribuído para o meu desenvolvimento pessoal, académico e profissional, durante o período em que fui seu aluno.

A todos os professores do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa que contribuíram para o meu desenvolvimento na área da qualidade e ambiente e em especial à Prof. Dra. Isabel João pela coordenação deste mestrado.

À empresa onde exerço a minha atividade profissional, a Ancorpor, e em especial aos meus colegas de departamento João, Marta e Paulo pela colaboração e incentivo durante o tempo em que frequentei o mestrado de Engenharia da Qualidade e Ambiente.

Às minhas colegas Andrea e Joana pela colaboração e amizade demonstradas nestes últimos dois anos.

Aos meus familiares, amigos e namorada pelo apoio e preocupação que demonstraram nos últimos dois anos.

Declaração de integridade

Declaro que este trabalho de projeto é o resultado da minha investigação pessoal e independente. O seu conteúdo é original e todas as fontes listadas nas referências bibliográficas foram consultadas e estão devidamente mencionadas no texto. Mais declaro que todas as referências científicas e técnicas relevantes para o desenvolvimento do trabalho estão devidamente citadas e constam das referências bibliográficas.

O autor



Lisboa, 10 de agosto de 2024

Resumo

O presente trabalho avalia o impacto ambiental da geração de gás de síntese e de hidrogénio por co-eletrólise da água, com o objetivo de perceber o impacto ambiental de um projeto de produção de gás de síntese.

A energia em grande parte ainda é produzida através de combustíveis fósseis, e nas últimas décadas a procura energética tem aumentado consideravelmente, aumentando assim também os impactos negativos da produção de energia no ambiente.

Com o objetivo de atingir os acordos internacionais relativos ao aumento da temperatura média global, urge a necessidade de procurar mais fontes de energia renovável, que não estejam dependentes de fatores climatológicos.

A produção de hidrogénio verde e a sua conseqüente transformação em gás de síntese, tem sido uma tecnologia a ser desenvolvida nos últimos anos e que permite produzir e armazenar energia elétrica renovável, quando a mesma é produzida em excesso.

O gás de síntese depois pode ser valorizado energeticamente, para produzir calor ou energia elétrica, ou pode ainda ser inserido na rede de gás natural.

O estudo de impacto ambiental efetuado, conclui que o projeto, embora produza impactos negativos é positivo para o ambiente, devido há necessidade de procurar fontes de energia alternativas.

Este projeto destaca-se também pela utilização de biomassa liquefeita, produzida através dos resíduos oriundos da limpeza das matas e florestas e pela produção de água purificada.

Palavras-chave: Gás de síntese, Estudo de Impacte Ambiental, Hidrogénio

Abstract

The present work evaluates the environmental impact of synthesis gas and hydrogen production through water co-electrolysis with the aim of understanding the environmental impact that a synthesis gas project entails.

Energy is still largely produced through fossil fuels, and in recent decades, the demand for energy has increased considerably, thereby also increasing the negative environmental impacts of energy production.

With the aim of meeting international agreements related to the increase in global average temperature, there is an urgent need to seek more renewable energy sources that are not dependent on climatological factors.

The production of green hydrogen and its subsequent transformation into synthesis gas has been a technology under development in recent years, allowing for the production and storage of renewable electric energy when it is produced in excess.

Synthesis gas can then be utilized for energy to produce heat or electricity, or it can be injected into the natural gas grid.

The environmental impact study conducted concludes that the project, although it produces negative impacts, is positive for the environment due to the need to seek alternative energy sources.

This project also stands out for its use of liquefied biomass, produced from waste of forest and woodland cleaning, and for the production of purified water.

Keywords: Synthesis gas; Environmental Impact Study, Hydrogen

Índice

1. Introdução	1
1.1. Objetivos	1
1.2. Estrutura do Trabalho Final de Mestrado	1
2. Estado da Arte	3
2.1. Consumo Energético	3
2.2. Problemas Ambientais associados às Emissões de Gases de Efeito Estufa	7
2.3. Alternativas de produção de energia	8
2.4. Hidrogénio	11
2.4.1. Hidrogénio Verde	13
2.5. Power to Gas	19
2.6. Avaliação de Impacte Ambiental	20
2.6.1. Estudo de Impacte Ambiental	21
3. Metodologia	24
3.1. Processo de Produção de Gás de síntese	24
3.1.1. Reagentes Usados	25
3.1.2. Equipamento Usado	25
3.2. Metodologia do Estudo de Impacte Ambiental	29
4. Estudo de Impacte Ambiental (EIA) da geração de gás de síntese e hidrogénio por co-eletrólise da água	37
4.1. Introdução	37
4.1.1. Identificação do Projeto	37
4.1.2. Identificação do Proponente	38
4.1.3. Autoridade Licenciadora	38
4.2. Âmbito do Projeto, Metodologia e Estrutura do EIA	39
4.2.1. Estrutura do Estudo de Impacte Ambiental	40
4.2.2. Descritores e Análise	40
4.2.3. Metodologia do EIA	41
4.3. Descrição e Objetivos do Projeto	42
4.3.1. CleanForest	42
4.3.2. Produção de Gás de Síntese	43
4.3.3. Problemática Ambiental	44
4.3.4. Conclusão	45
4.4. Alternativas Razoáveis ao Projeto	46
4.5. Descrição do Projeto	47
4.5.1. Localização do Projeto	47
4.5.2. Áreas Sensíveis	48

4.5.3.	Infraestruturas e Equipamentos prejudicados pelo projeto	50
4.5.4.	Projetos Associados	50
4.6.	Descrição da Estrutura do Projeto	50
4.6.1.	Descrição do Processo de Produção	51
4.6.2.	Fase de Construção	52
4.6.3.	Fase de Exploração	52
4.6.4.	Fase de Desativação.....	55
4.7.	Caracterização da Situação de Referência	55
4.7.1.	Clima e Alterações Climáticas	56
4.7.2.	Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos.....	61
4.7.3.	Qualidade do Ar	72
4.7.4.	Ambiente Sonoro	80
4.7.5.	Resíduos.....	81
4.7.6.	Solo e Uso do Solo.....	84
4.8.	Identificação e Avaliação de Impactes Ambientais	85
4.8.1.	Metodologia.....	85
4.8.2.	Clima e Alterações Climáticas	87
4.8.3.	Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos.....	93
4.8.4.	Qualidade do Ar	98
4.8.5.	Ambiente Sonoro	102
4.8.6.	Resíduos.....	105
4.8.7.	Solo e Uso do Solo.....	109
4.8.8.	Resumo da Avaliação de Impactes.....	112
4.9.	Situações de Emergência	115
4.9.1.	Cenários de Acidente	115
4.10.	Medidas de Mitigação e Potenciação.....	117
4.11.	Programa de Monitorização	124
4.11.1.	Programa de Monitorização de Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos.....	125
4.11.2.	Programa de Monitorização da Qualidade do Ar	127
4.11.3.	Programa de Monitorização de Resíduos.....	127
4.12.	Lacunas de Conhecimento	128
4.13.	Conclusão.....	128
5.	Estimativa de Custos.....	130
5.1.	Estimativa de Custos de Produção	130
5.1.1.	Custo da água.....	130
5.1.2.	Custo dos elétrodos de grafite e da biomassa liquefeita.....	130
5.1.3.	Custo do hidróxido de sódio	130

5.1.4.	Custo da eletricidade.....	130
5.1.5.	Outros Custos	131
5.1.6.	Valor Produtivo.....	131
5.1.7.	Custos Totais.....	131
5.2.	Custos Ambientais	132
5.2.1.	Custos Diretos.....	132
5.2.2.	Custos Indiretos	137
6.	Conclusões e perspetivas de trabalhos futuros	138
	Referências bibliográficas	142
	Anexo I.....	146
	Anexo II.....	147

Índice de Figuras

Figura 2-1 - Consumo de Energia Primária (2000-2021) (BP, 2022).....	6
Figura 2-2 - Emissões de CO ₂ (Martin, n.d.)	10
Figura 2-3 - Quadro Resumo de Características por cor de hidrogénio (Shiva Kumar e Lim, 2022).....	13
Figura 2-4 - Esquema de Eletrólise de Água Alcalina (Shiva Kumar e Lim, 2022)	15
Figura 2-5 - Esquema de Eletrólise da Água AEM (Shiva Kumar e Lim, 2022).....	16
Figura 2-6 - Esquema de Eletrólise da Água PEM (Shiva Kumar e Lim, 2022).....	17
Figura 2-7 - Esquema de Eletrólise da Água Óxido de Sólido (Shiva Kumar e Lim, 2022) ...	18
Figura 2-8 - Esquema da Tecnologia Power-To-Gas(Götz et al., 2016)	19
Figura 3-1 - Equipamento utilizado (Martins, 2023)	25
Figura 3-2 - Painel de Comandos (Martins, 2023)	27
Figura 3-3 - Esquema do processo efetuado pelo equipamento (Martins, 2023)	29
Figura 4-1 - Metodologia do EIA (Márcio et al. 2021).....	41
Figura 4-2 - Planta de Condicionantes do PDM de Lisboa (CML, n.d.).....	49
Figura 4-3 - Planta de Ordenamento do PDM de Lisboa (CML, n.d.).....	50
Figura 4-4 - Gráfico Termo-Pluviométrico (Instituto de Meteorologia, n.d.)	58
Figura 4-5 - Delimitação Geográfica da RH5 (Nuno Machado et al., 2023)	62
Figura 4-6 - Pressões qualitativas (Machado et al., 2023).....	64
Figura 4-7 - Cargas rejeitadas por setor (Machado et al., 2023).....	64
Figura 4-8 - Localização das Estações de Qualidade do Ar e do Projeto (APA, 2019).....	72
Figura 4-9 - Mapa de Ruído Global Diurno, Entardecer, Noturno (Lden)(CML, 2021).....	80
Figura 4-10 - Zona de Projeto e Envolvente (Google, 2024).....	85
Figura 5-1 - Contentor para armazenamento do resíduo LER 15 02 02 (Denios, 2024b) ...	135

Figura 5-2 - Armário para armazenamento de produtos químicos (Denios, 2024a)	136
Figura 5-3 - Kit de Mala de Ombros 30L(Universal)(Petrochem, 2022)	136

Índice de Tabelas

Tabela 2-1 - Exemplos de Energia Primária, Secundária, Final e Útil (Repsol, 2024; Golden Energy, 2024; Golden Energy, 2024).....	5
Tabela 2-2 - Cores do Hidrogénio (Shiva Kumar & Lim, 2022).....	12
Tabela 3-1 - Legenda do Painel de Comandos (Martins, 2023)	28
Tabela 3-2 - Conteúdo Aplicável ao Presente EIA	30
Tabela 3-3 - Fatores Ambientais aplicável ao EIA.....	34
Tabela 4-1 - Parâmetros de Avaliação dos Impactes Ambientais.....	42
Tabela 4-2 - Alternativas propostas no Processo Produtivo do Projeto (Ferreira et al., 2022)	46
Tabela 4-3 - Resíduos Produzidos (Previsão).....	53
Tabela 4-4 - Estação Meteorológica (Instituto de Meteorologia, n.d.).....	57
Tabela 4-5 - Projeções Climáticas (CML, 2017).....	60
Tabela 4-6 - Estado das Massas de águas superficiais (Machado et al., 2023)	67
Tabela 4-7 - Estado das Massas de água subterrâneas (Machado et al., 2023).....	67
Tabela 4-8 - Nº de Amostras Realizadas, Valores Máx. e Mín., Requisitos Legais, Nº de Análises superior ao limite legal da água abastecida em Lisboa durante o 4º trimestre de 2023 (EPAL, 2024)	68
Tabela 4-9 - Informações Genéricas das Estações do Beato e Olivais(APA, 2019) (APA 2019).....	73
Tabela 4-10 - Poluentes Monitorizados pelas Estações de Monitorização de Qualidade do Ar(APA 2019) (APA 2019).....	73
Tabela 4-11 - Concentração dos Poluentes nas Estações de Monitorização dos Olivais e Beato (APA 2019).....	74
Tabela 4-12 - Fontes de Produção de Eletricidade (APREN, n.d.).....	76
Tabela 4-13 - Produção de eletricidade por tecnologias e GEE (APA, 2023)	76
Tabela 4-14 - Estimativa de Produção de CO ₂ (kg) por 1kWh	79
Tabela 4-15 - Critérios de Avaliação de Impacte Ambientais.....	87
Tabela 4-16 - Impactes na Fase de Exploração (Clima e Alterações Climáticas) (Ferreira et al., 2022)	91
Tabela 4-17 - Impactes na Fase de Desativação (Clima e Alterações Climáticas) (Ferreira et al., 2022)	92

Tabela 4-18 - Impactes na Fase de Exploração (Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos)	96
Tabela 4-19 - Impactes na Fase de Desativação (Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos)	97
Tabela 4-20 - Impactes na Fase de Exploração (Qualidade do Ar)	100
Tabela 4-21 - Impactes na Fase de Desativação (Qualidade do Ar)	101
Tabela 4-22 - Impactes na Fase de Exploração (Ambiente Sonoro)	104
Tabela 4-23 - Impactes na Fase de Desativação (Ambiente Sonoro)	104
Tabela 4-24 - Resíduos Produzidos (Fase de Exploração)	105
Tabela 4-25 - Impactes na Fase de Exploração (Resíduos)	108
Tabela 4-26 - Impactes na Fase de Desativação (Resíduos).....	108
Tabela 4-27 - Impactes na Fase de Exploração (Uso do Solo)	111
Tabela 4-28 - Impactes na Fase de Desativação (Uso do Solo)	111
Tabela 4-29 - Tabela Resumo dos Impactes Ambientais.....	113
Tabela 4-30 - Frequência das Situações de Emergência.....	116
Tabela 4-31 - Gravidade das Situações de Emergência	116
Tabela 4-32 –Níveis de Risco	116
Tabela 4-33 - Níveis de Controlo	117
Tabela 4-34 - Avaliação de Risco das Situações de Emergência.....	117
Tabela 4-35 - Medidas de Mitigação da Fase de Exploração.....	119
Tabela 4-36 - Medidas de Mitigação da Fase de Desativação	122
Tabela 4-37 - Medidas de Mitigação das Situações de Emergência	124
Tabela 4-38 - Parâmetros e Valores Limites para descarga nos coletores municipais de Lisboa (Godinho, 1991).....	126
Tabela 5-1 - Estimativa de Custo do Gás de Síntese.....	131
Tabela 5-2 - Custos Diretos vs Indiretos	132
Tabela 5-3 - Características do Painel Fotovoltaico (Merlin, n.d.)	133
Tabela 5-4 - Preços de Tratamento de Resíduos (€/ton) (TERAMB, 2024).....	134

Índice de Equações

Equação 3-1 - Reação Catódica (Martins, 2023).....	24
Equação 3-2 - Reação Anódica (1) (Martins, 2023).....	24
Equação 3-3 - Reação Anódica (2) (Martins, 2023).....	24
Equação 3-4 - Reação Anódica (3) (Martins, 2023).....	24
Equação 3-5 - Reação Global (Martins, 2023).....	24
Equação 4-1 – Fórmula de cálculo da Energia Final (kWh).....	77
Equação 4-2 – Fórmula de cálculo da Energia Final kWh (por fonte).....	77
Equação 4-3 – Fórmula de cálculo de Energia Secundária (kWh).....	77
Equação 4-4 - Fórmula de Cálculo de Produção de CO ₂	78
Equação 4-5 - Fórmula de Cálculo do Nível de Risco (NR).....	116
Equação 5-1 - Fórmula de Cálculo do nº Painéis Solares (Solar n.d.).....	133

Lista de Siglas e Abreviaturas

AEM	<i>Anion exchange membrane</i>
AIA	Avaliação de Impacte Ambiental
APREN	Associação Portuguesa de Energias Renováveis
Art	Artigo
C	Carbono
C₆H₆	Benzeno
CBO₅	Carência Bioquímica de Oxigénio
CERENA	Centro de Ambiente e Recursos Naturais
CFC's	Clorofluorocarbonetos
CH₄	Metano
CO	Monóxido de Carbono
CO₂	Dióxido de Carbono
CQO	Carência Química de Oxigénio
D	Operação de Eliminação
DIA	Declaração de Impacte Ambiental
DL	Decreto de Lei
EIA	Estudo de Impacte Ambiental
EMAAC	Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas
Fe	Ferro
GEE	Gases de Efeito Estufa
H₂	Hidrogénio
H₂O	Água
IrO₂	Óxido de Irídio
ISEL	Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
KOH	Hidróxido de Potássio
LER	Lista Europeia de Resíduos
N	Negativo
N/A	Não Aplicável
NaOH	Hidróxido de Sódio
Ni	Níquel
Nº	Número
NO₂	Dióxido de Azoto
NO_x	Óxidos de Azoto
NS	Não Significativo
O₂	Oxigénio

O₃	Ozono
P	Positivo
PDM	Plano Diretor Municipal
PEM	<i>Proton exchange membrane</i>
R	Operação de Valorização
RECAPE	Relatório de Conformidade Ambiental do Projeto de Execução
RGGR	Regulamento Geral de Gestão de Resíduos
RJAIA	Regulamento Jurídico de Avaliação de Impacte Ambiental
S	Significativo
SO₂	Dióxido de enxofre
TFM	Trabalho Final de Mestrado
TRL	<i>Technology Readiness Level</i>

1. Introdução

Este Estudo de Impacte Ambiental foi realizado no âmbito da realização do Trabalho Final de Mestrado, requisito necessário para conclusão do Mestrado de Engenharia da Qualidade e do Ambiente, e consiste na realização de um estudo sobre os impactes ambientais na geração de gás de síntese e hidrogénio por co-eletrólise da água.

O trabalho consistiu em revisão bibliográfica para a elaboração do estado da arte sobre os processos de geração de gás-de-síntese e hidrogénio, por co-eletrólise da água, sobre legislação e regulamentos aplicáveis relativos à temática da avaliação de impacte ambiental, e por fim desenvolveu-se o estudo de impacte ambiental do projeto.

Com base no EIA desenvolvido, calcularam-se os custos de produção do projeto e apresentou-se uma estimativa de custos das medidas de mitigação definidas no trabalho.

No seguimento da realização do presente trabalho, desenvolveu-se também um póster que foi exposto na 10ª edição do Fórum de Engenharia Química e Biológica, que pode ser consultado no anexo I.

Do presente trabalho também faz parte o Resumo Não Técnico deste Estudo de Impacte Ambiental, que pode ser consultado no anexo II.

1.1. Objetivos

O presente trabalho teve como objetivos:

- Descrição do processo de produção de gás de síntese;
- Estudar as considerações ambientais, durante a fase de exploração e de desativação do projeto de produção de hidrogénio por co-eletrólise e de gás de síntese após a inserção de uma fonte de carbono;
- Avaliar os impactes ambientais do projeto;
- Definir as medidas mitigadoras, para diminuir os impactes ambientais;
- Construir um processo de monitorização ambiental;
- Estimar os custos associados ao processo;
- Elaboração de um Resumo Não Técnico.

1.2. Estrutura do Trabalho Final de Mestrado

O trabalho encontra-se dividido em 7 capítulos, o primeiro capítulo é composto pela Introdução do TFM, o segundo capítulo trata-se do Estado da Arte, o terceiro

capítulo aborda a metodologia, o quarto capítulo é composto pelo Estudo de Impacte Ambiental, o quinto capítulo relata os custos associados ao projeto, o sexto capítulo apresenta as conclusões retiradas do trabalho, e o sétimo capítulo são as referências utilizadas na elaboração do trabalho.

O capítulo da introdução está dividido em dois subcapítulos, o primeiro subcapítulo aborda os objetivos do trabalho e o segundo subcapítulo aborda a estrutura do trabalho.

O capítulo do Estado da Arte divide-se em seis subcapítulos, o primeiro subcapítulo aborda o consumo energético, o segundo subcapítulo relata os problemas ambientais associados às emissões de Gases de Efeito Estufa, o terceiro subcapítulo indica as alternativas de produção de energia, o quarto subcapítulo redige a temática do Hidrogénio, tendo incorporado também a temática do Hidrogénio Verde, o quinto subcapítulo trata o *Power to Gas* e o por último o sexto subcapítulo relata a informação bibliográfica relativa a Avaliação de Impacte Ambiental, mais especificamente sobre a realização de um Estudo de Impacte Ambiental.

O quarto capítulo é o mais extenso do trabalho e que aborda a principal temática do trabalho, o Estudo de Impacte Ambiental da geração de gás de síntese e hidrogénio por co-eletrólise da água. Encontra-se dividido em treze subcapítulos e cada subcapítulo tem outros subcapítulos de modo a abordar mais pormenorizadamente cada tema. O primeiro subcapítulo introduz o estudo de impacte ambiental através da identificação do projeto, da identificação do proponente e da autoridade licenciadora. O segundo subcapítulo relata o âmbito do projeto, metodologia e estrutura do EIA, através da indicação da estrutura do Estudo de Impacte Ambiental, dos descritores ambientais analisados e da metodologia do EIA. O terceiro subcapítulo descreve o projeto e os objetivos do mesmo, abordando o projeto CleanForest, a Produção de Gás de Síntese e a Problemática Ambiental. O quarto subcapítulo indica as alternativas razoáveis ao projeto. O quinto subcapítulo descreve o projeto, indicando a localização do mesmo, as áreas sensíveis potencialmente afetadas pelo projeto, os equipamentos e as infraestruturas afetados pelos projetos e outros projetos associados ao projeto principal. No sexto subcapítulo descreve-se a estrutura do projeto, através da descrição do processo de produção, a fase de construção, a fase de exploração e a fase de desativação. O sétimo subcapítulo caracteriza a situação de referência ambiental, abordando os descritores ambientais do clima e alterações climáticas, recursos hídricos superficiais e subterrâneos, qualidade do ar, ambiente sonoro, resíduos e uso do solo. O oitavo subcapítulo identifica e avalia os impactes ambientais decorrentes do projeto,

iniciando com a explanação da metodologia utilizada e depois avalia os impactes ambientais por descritor, já anteriormente identificados no subcapítulo da caracterização da situação de referência. O nono subcapítulo aborda a temática das potenciais situações de emergência do projeto, indicando os vários cenários de acidentes. O décimo subcapítulo indica as medidas de mitigação e potenciação para os impactes identificados e para as situações de emergência. O décimo primeiro subcapítulo estipula o programa de monitorização dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, da qualidade do ar, e dos resíduos. O décimo segundo subcapítulo indica as lacunas de conhecimento identificadas durante a realização do EIA. O décimo terceiro subcapítulo apresenta as principais conclusões retiradas do EIA.

O quinto capítulo é relativo à estimativa dos custos do projeto e é composto por dois subcapítulos. O primeiro subcapítulo aborda as estimativas de custos associados ao processo produtivo, custo da água, custo dos eléctrodos de grafite, custo do hidróxido de sódio, custo da electricidade, outros custos, o valor produtivo e os custos totais do projeto. O segundo subcapítulo aborda os custos das medidas de mitigação indicadas no EIA.

O sexto capítulo apresenta as principais conclusões retiradas com o desenvolvimento do trabalho final de mestrado.

Após o capítulo das conclusões, indicam-se as referências bibliográficas utilizadas na elaboração do presente trabalho.

No final apresentam-se dois anexos, o anexo I é referente ao póster elaborado para a 10ª edição do Fórum de Engenharia Química e Biológica, no anexo II apresenta-se o Resumo Não Técnico deste Estudo de Impacte Ambiental, para facilitar a compreensão do projeto e dos impactes no ambiente do mesmo.

2. Estado da Arte

2.1. Consumo Energético

Os países, formam um grupo heterogéneo, que diferem na sua produção e no seu desenvolvimento económico, mas são muito semelhantes na produção intensiva de energia, sendo esta uma necessidade obrigatória para o crescimento e prosperidade de uma economia e sociedade (Yue et al., 2019).

Nas últimas décadas, tem se investigado a relação da procura energética com o crescimento económico, sendo ainda incerto se existe uma relação direta (Yue et al., 2019).

O pensamento abundante da sociedade hoje em dia é que os setores comerciais e industriais afetam o consumo de energia, no entanto estudos anteriores concordam que o setor financeiro pode influenciar de forma significativa o consumo de energia (Ma e Fu, 2020).

Com o desenvolvimento do sistema económico, o financiamento das pequenas empresas tornou-se mais facilitado, permitindo deste modo um crescimento empresarial mais acelerado, aumentando o consumo energético e, por conseguinte, o impacto ambiental, no entanto alguns estudos afirmam que o desenvolvimento económico, através de benefícios financeiros reduz o consumo através das novas atualizações e inovações tecnológicas (Ma e Fu, 2020).

Desde 2011 até 2021 o consumo de energia primária aumentou 1,14%, sendo que as emissões de dióxido de carbono derivados da produção de energia aumentou em período homólogo cerca de 1,06% (BP, 2022).

Na maioria das vezes as fontes de energia não estão próximas dos locais de consumo, sendo necessário transformá-la e transferi-la para um determinado local (Roberto et al., 2014).

A energia elétrica é indispensável para todas as atividades antropogénicas e em particular para a qualidade de vida do homem, sendo que é necessário converter a energia primária, em energia útil (Roberto et al., 2014).

A energia pode ser dividida em três tipos (Ritchie e Roser, 2023):

- Primária - é a energia extraída no seu estado natural, como recurso;
- Secundária – é a energia primária após um processo de conversão de modo a permitir o transporte, pode ser em formato líquido ou gasoso;
- Energia Final – é a energia que o consumidor adquire como eletricidade, aquecimento ou combustíveis nos postos de abastecimento;
- Energia Útil – é a energia transformada no resultado desejado, como por exemplo a luz produzida de uma lâmpada, a energia cinética de um carro, entre outros.

Na tabela 2-1 identifica-se alguns exemplos de energia primária, energia secundária, energia final e energia útil.

Tabela 2-1 - Exemplos de Energia Primária, Secundária, Final e Útil (Repsol, 2024; Golden Energy, 2024-a; Golden Energy, 2024-b)

	Energia Primária	Energia Secundária	Energia Final	Energia Útil
Exemplos	Sol	Gasóleo	Calor	Luz produzida por uma lâmpada
	Vento	Gasolina	Energia	Energia cinética de um automóvel
	Água	Gás de Petróleo Liquefeito		
	Calor Geotérmico			
	Biomassa			
	Gás Natural			
	Petróleo			
	Minerais Radioativos			
Carvão				

A energia que a Terra recebe é proveniente do Sol, no entanto muito pouca é aproveitada, uma parte da energia é sob a forma de calor, outra sob a forma de luz que através da fotossíntese é incorporada nas espécies vegetais, servindo deste modo para sustentar toda a cadeia alimentar do planeta (Goldemberg e Lucon, n.d.).

Ao longo do tempo a matéria orgânica foi-se acumulando no solo, formando fontes fósseis como o carvão e o petróleo. Estas fontes que requerem um longo prazo de formação, denominam-se de fontes não renováveis (Goldemberg e Lucon, n.d.).

As fontes de energia renováveis são repostas de forma imediata pela natureza podendo as mesmas ser divididas em diversas subcategorias (Goldemberg e Lucon, n.d.).

Os combustíveis fósseis, utilizados hoje em dia, também são finitos e altamente prejudiciais para o ambiente, no entanto a Administração de Informação Energética dos Estados Unidos da América, estima que dominarão o mercado até 2050 (Adnan e Kibria, 2020).

O petróleo é um líquido oleoso, abundante em hidrocarbonetos, sendo encontrado no subsolo e utilizado como recurso em diversas indústrias, desde o fabrico do plástico até à produção de energia, no entanto à semelhança de outros combustíveis fósseis apresenta inúmeros impactes negativos resultantes da sua exploração e produção industrial (Martins et al., 2015).

O processo de transporte, é feito através de oleodutos ou de navios, conduzindo deste modo a um elevado risco de contaminação do oceano em caso de acidente (Martins et al., 2015).

O elevado crescimento da população e o consumo intensivo de energia conduziu o mundo a usar de forma insustentável os diversos combustíveis fósseis. Este consumo fez crescer cada vez mais as preocupações relacionados com o aquecimento global (El-Shafie, 2023).

Segundo a Agência Internacional de Energia a procura de energia primária irá aumentar 50% até 2030, no entanto hoje em dia 95% das necessidades energéticas são satisfeitas pela utilização de combustíveis fósseis, contribuindo assim para a emissão de gases de efeito estufa, levando a um aumento da poluição atmosférica e do aquecimento global (Shiva Kumar e Lim 2022).

Na Figura 2-1, observa-se o aumento do consumo de energia primária desde o início do milénio.

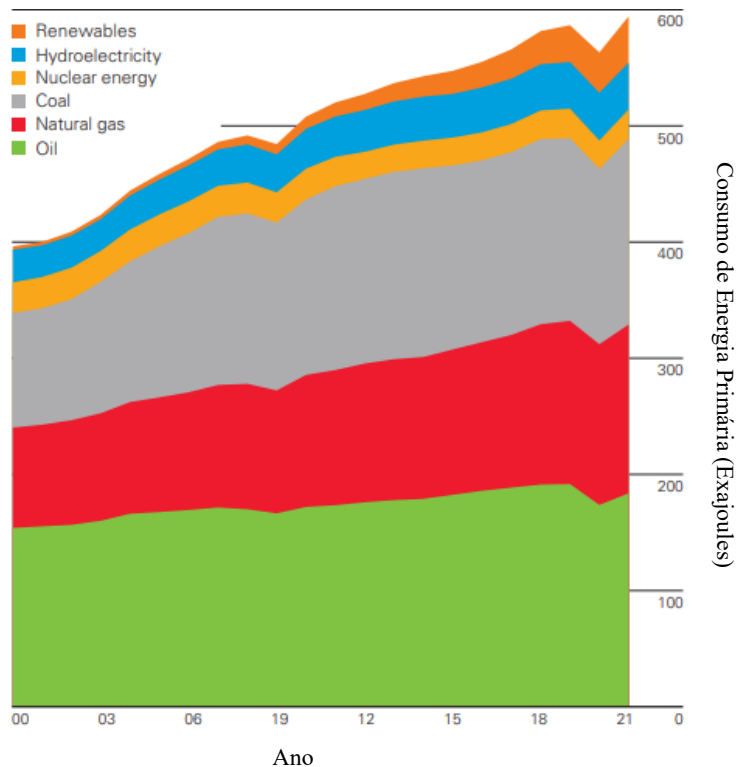


Figura 2-1 - Consumo de Energia Primária (2000-2021) (BP, 2022)

2.2. Problemas Ambientais associados às Emissões de Gases de Efeito Estufa

Os especialistas de climatologia, acreditam que os gases emitidos pelo consumo de combustíveis fósseis, estão a aquecer o planeta, através do aumento do efeito estufa (Anil C. et al, 2015).

O efeito estufa permite que o planeta Terra seja habitado por formas de vida, porque os gases de efeito estufa (GEE) permitem a entrada de luz solar e evitam que o calor irradiado pelo sol, seja enviado para fora da atmosfera (Anil C. et al, 2015).

As atividades humanas, levaram a uma alteração química da atmosfera, através da sucessiva acumulação dos gases de efeito estufa (Anil C. et al, 2015).

Os GEE mais abundantes na atmosfera são (Anil C. et al, 2015):

- Vapor de água (H_2O);
- Dióxido de Carbono (CO_2) – emitido durante a combustão de combustíveis fósseis, durante a incineração de resíduos e de outros materiais;
- Metano (CH_4) – emitido durante a produção e transporte de carvão, gás natural e petróleo, ocorrendo também na decomposição da matéria orgânica, na agropecuária, e em aterros sanitários;
- Ozono (O_3);
- Óxido de Azoto (NO_2) – emitido em atividades industriais, agrícolas, combustão de combustíveis fósseis e através da incineração de resíduos urbanos;
- Clorofluorcarbonetos (CFC's).

O aumento da temperatura global e as constantes mudanças climáticas, estão interligados com o aumento das emissões de GEE, estando a sua concentração também dependente dos sumidouros naturais (Anil C. et al, 2015).

Os impactes causados pelo aumento do efeito estufa podem ser (Anil C. et al, 2015):

- Aquecimento Global – o aumento da concentração de GEE, provoca uma redução da radiação infravermelha emitida pela Terra e por isso o clima irá alterar de modo a restaurar o equilíbrio de entrada e saída de radiação. Esta reação climática irá incidir sobre o aumento da temperatura na superfície terrestre, podendo causar outras mudanças;
- Aumento do nível médio do mar – este impacte pode ser causado de duas formas:

- O aumento da temperatura causa a expansão térmica da água, causando a subida do nível da água do mar;
- O degelo dos glaciares e outras camadas de gelo.
- Impacte potencial na vida humana:
 - Impacte económico – grande parte da população humana vive em zonas urbanas, que se situam perto de grandes portos marítimos. O aumento do nível médio da água do mar irá emergir as zonas marítimas e irá deslocar os aquíferos de água doce subterrânea para zonas mais interiores;
 - Impacte agrícola – maiores concentrações de CO₂ irão provocar um aumento da produtividade agrícola, no entanto o aumento da temperatura global pode influenciar a circulação atmosférica e deste modo alterar os níveis de precipitação e consequentemente o teor de humidade;
 - Impacte nos sistemas aquáticos – o aumento da salinidade nos estuários iria causar um impacte nas populações piscícolas locais, no entanto desconhece-se como ocorrerão os impactes nos sistemas aquáticos;
 - Impacte no ciclo hidrológico – muito provavelmente a precipitação irá aumentar, no entanto não se consegue prever os comportamentos a nível local, podendo haver grandes secas em algumas regiões e inundações provocadas pela precipitação, noutras, o aumento da temperatura irá também causar um aumento da evaporação. Neste impacte é também previsível que se aumente as tensões relativamente à água potável.

Com este cenário, deve-se acelerar para neutralidade carbónica. (El-Shafie, 2023), desenvolvendo tecnologias de energia verde, de modo a atender as necessidades energéticas e a evitar um aumento da temperatura global superior a 1,5°C conforme acordado na conferência de Paris (Shiva Kumar e Lim, 2022).

2.3. Alternativas de produção de energia

Diversos países têm conjugado esforços para combater as alterações climáticas através da transição para fontes de energia isentas de carbono (El-Shafie, 2023) e após o Acordo de Paris, vários países estabeleceram metas de redução de emissão de dióxido de carbono CO₂, tendo como exemplo a Alemanha que estabeleceu uma meta de redução de 88% comparativamente a 1990 (Gerloff, 2021).

Hoje em dia a Alemanha, tem um projeto para aumentar a produção de energia eólica e solar, no entanto no inverno este tipo de energias tem rendimentos muito inferiores, por isso é necessário pensar em novas soluções de armazenamento de energia (Gerloff, 2021).

Anteriormente a União Europeia já tinha estipulado uma meta de produção de energia renovável de 20%, onde a energia eólica e solar apresentam um papel dominante, no entanto esta produção deve ser balanceada devido à sua intermitência e flutuabilidade de modo a fornecer estabilidade (Götz et al., 2016).

Na escolha de novas tecnologias alternativas para satisfazer a procura energética e para cumprir o Acordo de Paris é importante considerar alguns critérios que permitam prever cenários e avaliar as principais consequências económicas, ambientais e sociais (Blanco et al., 2020).

Na última década, a taxa de crescimento das emissões de GEE diminuiu comparativamente com a década anterior, devido há substituição do carvão pelo gás nos setores energéticos e devido ao aumento da capacidade de produção de energia renovável.

Os setores que emitem grandes quantidades de GEE são (Anon, 2022):

- Produção de energia – este setor em 2020 emitiu cerca de 20 GtCO₂, cerca 37% do total;
- Indústria - este setor em 2020 emitiu cerca de 14 GtCO₂, cerca 26% do total;
- Transportes - este setor em 2020 emitiu cerca de 7,6 GtCO₂, cerca 14% do total;
- Uso direto de energia nos edifícios - este setor em 2020 emitiu cerca de 3,1 GtCO₂, cerca 5,7% do total.

A Figura 2-2, apresenta as emissões de dióxido de carbono em Gt, desde 1970 até 2021, bem como a emissão *per capita*.

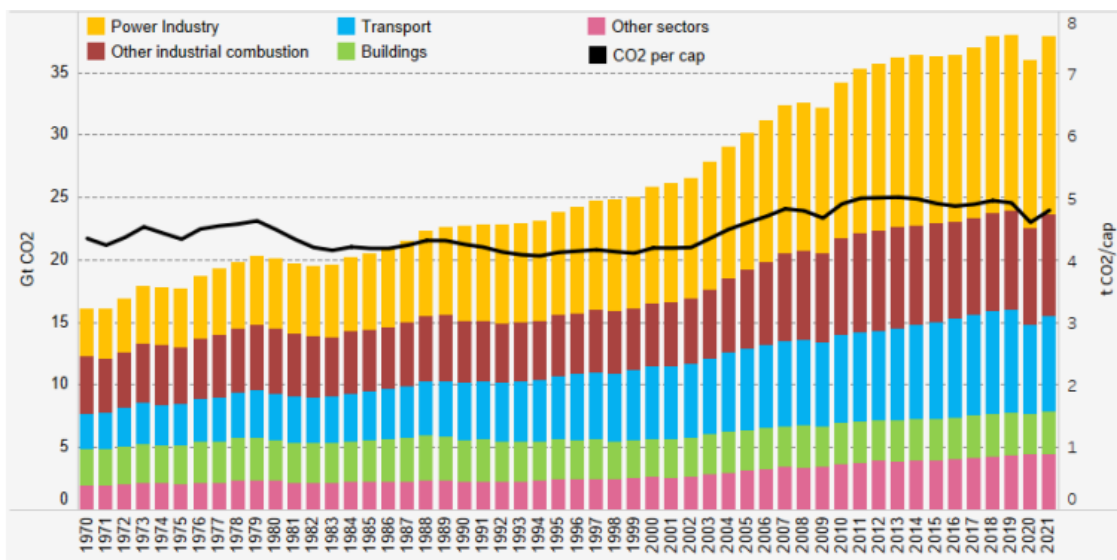


Figura 2-2 - Emissões de CO2 (Martin, n.d.)

A produção de energia, continua a ser o maior responsável pelo desenvolvimento e crescimento económico, no entanto também é o maior responsável pelas emissões de GEE.

Como os sistemas energéticos estão todos integrados, as mudanças não afetam só uma parte específica, mas todo o sistema, deste modo o sistema energético não deve visar só o fornecimento de energia acessível, viável e sustentável, mas também deve ser contextualizado nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e nas ligações aos diversos setores alimentares, de abastecimento de água e da educação (Blanco et al., 2020).

Nas últimas décadas, ocorreram grandes desenvolvimentos nas tecnologias renováveis, especificamente na energia solar e eólica, fazendo descer o preço da eletricidade. No mundo, em vários locais o preço ficou abaixo da eletricidade produzida por combustíveis fósseis (Adnan e Kibria, 2020).

Como a tendência de queda não se altera, urge criar-se sistemas de armazenamento a longo prazo, porque as baterias atuais são muito limitadas em termos de capacidade. Com isto começaram-se a desenvolver e melhorar tecnologias de armazenamento e transporte de energia, havendo ainda desafios técnicos e económicos a superar (Adnan e Kibria, 2020).

O excesso de energia elétrica pode ser utilizado para produzir hidrogénio e no futuro o hidrogénio pode ser utilizado em várias tecnologias para produção de energia ou usado em células de combustível de veículos (Götz et al., 2016).

Ocorreram episódios onde houve um excesso de produção de energia renovável, no entanto também existiram e existirão outros onde a produção será escassa por falta de luz solar ou de vento (Kermani e Houshfar, 2024).

As limitações das energias renováveis, são uma problemática importante na alimentação da rede elétrica, sendo necessário economizar e armazenar energia produzida em excesso durante os horários com pouca procura (Kermani e Houshfar, 2024).

Este problema está muito interligado com as energias renováveis, devido à dependência do clima, com várias décadas de existência. Para mitigar esta problemática os gestores de energia armazenavam durante os períodos de baixa procura e injetavam nas alturas de maior procura de modo a equilibrar a rede.

2.4. Hidrogénio

A Agência Internacional de Energia propôs metas para a produção de hidrogénio no período de 2020 a 2050, para se atingir deste modo emissões zero de dióxido de carbono (El-Shafie, 2023).

O hidrogénio é um dos elementos mais abundantes no universo, sendo composto por um próton e um eletrão, tornando assim um elemento bastante leve (Shiva Kumar e Lim, 2022), não incorpora carbono, forma água quando reage com o oxigénio, contêm ainda propriedades físicas e químicas benéficas para transportar energia química, como por exemplo a sua elevada densidade de energia gravimétrica (El-Shafie, 2023).

Outra característica bastante importante no hidrogénio é o seu elevado poder calorífico comparativamente com produtos petrolíferos, e da sua combustão resulta somente vapor de água (Kermani e Houshfar, 2024).

Uma dificuldade histórica e bastante problemática do hidrogénio é o transporte do mesmo, devido a sua explosividade e à densidade de energia volumétrica baixa (Kermani e Houshfar, 2024).

Embora seja um elemento muito abundante, não se encontra prontamente disponível no planeta Terra e encontra-se muitas vezes em formas combinadas como por exemplo na água e nos combustíveis fósseis, sendo um grande desafio separar o hidrogénio dos restantes elementos de forma económica e com o menor impacte possível (Shiva Kumar e Lim, 2022).

Com a evolução da tecnologia, surgiram diversas formas de produção de hidrogénio. No contexto atual, 96% do hidrogénio presente no mercado é originado de hidrocarbonetos, (El-Shafie, 2023) mais concretamente na reforma do gás natural, emitindo assim 830 milhões de toneladas/ano de CO₂ (Shiva Kumar e Lim, 2022).

Em 2020 a procura de hidrogénio ascendeu a 90 Mton, sendo que 70 Mton foram produzidas sem emissões de carbono, no entanto a maior parte deste hidrogénio foi utilizado para refinar petróleo ou outras aplicações petroquímicas, bem como na produção de células de combustível (El-Shafie, 2023).

O hidrogénio poderá ser verde, consoante a tipologia de tecnologia, fonte de energia e impacte no ambiente, com base nestes fatores classifica-se o hidrogénio numa graduação de cores (Shiva Kumar e Lim, 2022).

Na Tabela 2-2, listam-se as diversas cores do hidrogénio e as características de classificação para cada cor.

Tabela 2-2 - Cores do Hidrogénio (Shiva Kumar & Lim, 2022)

Cor	Processo de Produção de Hidrogénio
Azul	É produzido na reforma a vapor do gás natural. Neste processo divide-se o hidrogénio do dióxido de carbono. O dióxido de carbono resultante deste processo é capturado e armazenado no subsolo. Os impactes desta técnica de captura e armazenamento a longo prazo ainda são incertos, podendo ocorrer acidentalmente libertações para o meio ambiente.
Cinza	É produzido a partir de combustíveis fósseis, como gás natural e carvão através de processos de reforma do vapor ou processos autotérmicos. Este processo é muito semelhante com o procedimento de produção de hidrogénio azul, no entanto o CO ₂ produzido é libertado diretamente na atmosfera.
Castanho	Atualmente é o processo mais utilizado, sendo produzido a partir de matéria-prima com uma elevada composição de hidrocarbonetos através de processos de gaseificação, no entanto este processo emite até 12 toneladas de CO ₂ para atmosfera.
Preto	Este hidrogénio é produzido através da gaseificação do carvão, o gás de síntese produzido através de um gaseificador, sendo o hidrogénio separado dos restantes compostos através de membranas especiais, sendo os outros compostos emitidos para atmosfera.

Cor	Processo de Produção de Hidrogénio
Verde	O hidrogénio verde é produzido através do eletrólise da água. Neste processo as moléculas de hidrogénio são separadas das moléculas de oxigénio. A fonte de energia utilizada nos eletrolisadores é renovável e com zero emissões de CO ₂ .

2.4.1. Hidrogénio Verde

Na Figura 2-3, pode-se consultar as tecnologias (*Technology*), as fontes (*Source*), os Produtos (*Products*), o Custo (*Cost*) e as Emissões de CO₂ (*CO₂ emissions*).

Hydrogen Color	Technology	Source	Products	Cost (\$ kg/H ₂)	CO ₂ emissions
Brown Hydrogen	Gasification	Brown coal (Lignite)	H ₂ + CO ₂	1.2–2.1	High
Black Hydrogen	Gasification	Black coal (Bituminous)	H ₂ + CO ₂	1.2–2.1	High
Grey Hydrogen	Reforming	Natural gas	H ₂ + CO ₂ (Released)	1–2.1	Medium
Blue Hydrogen	Reforming + carbon capture	Natural gas	H ₂ + CO ₂ (Captured 85-95%)	1.5–2.9	Low
Green Hydrogen	Electrolysis	Water	H ₂ + O ₂	3.6–5.8	Minimal

Figura 2-3 - Quadro Resumo de Características por cor de hidrogénio (Shiva Kumar e Lim, 2022)

Na transição para a neutralidade carbónica a produção de hidrogénio verde é cada vez mais uma solução para diminuir as emissões de dióxido de carbono para atmosfera e outros poluentes atmosféricos (Shiva Kumar e Lim, 2022). Para isto se tornar uma realidade deve-se evitar as emissões de dióxido carbono e de outros gases de efeito estufa nos atuais processos de produção de hidrogénio, tendo sido estudado também nos últimos anos a utilização de energia nuclear para a produção de hidrogénio (El-Shafie, 2023).

Uma das soluções estudadas é a utilização de biomassa para produzir hidrogénio, no entanto esta opção iria provocar emissões de gases de efeito de estufa, sendo deste modo uma fonte renovável, mas não verde.

Nos últimos anos tem havido um esforço e um interesse crescente para tornar a produção e utilização do hidrogénio verde mais versátil (Shiva Kumar e Lim, 2022), podendo depois ser utilizado como fonte de energia, transportador de energia (tendo como vantagem o aumento da eficiência dos sistemas de armazenamento) e usado

diretamente nas células de combustível de veículos e setor industrial e matéria prima na indústria química (Shiva Kumar e Lim, 2022).

Um dos fatores a ter em conta quando se escolhe a tecnologia de produção de hidrogénio verde são os custos da eletricidade de origem renovável e a estabilidade do seu fornecimento (El-Shafie, 2023).

A eletrólise proporciona a decomposição da água em moléculas de hidrogénio e oxigénio através da utilização de energia renovável (caso seja hidrogénio verde) produzida através de centrais solares ou eólicas, a combinação deste tipo de energia com o hidrogénio permite armazenar energia quando houver excesso de produção (Shiva Kumar e Lim, 2022);

A eletrólise também tem um historial de características interessantes, entre as quais (El-Shafie, 2023):

- A eletrólise de água com membrana de polímero eletrolítica, utiliza uma membrana de trocas de iões, conhecida pela sua elevada eficiência na produção de hidrogénio e com um grande nível de pureza;
- Produz hidrogénio com um elevado grau de pureza e não emite poluentes, sendo já utilizado há largos anos no setor industrial;
- Atualmente esta tecnologia produz 4% do hidrogénio produzido mundialmente, sendo um subproduto da indústria do cloro (Shiva Kumar e Lim, 2022);

Esta tecnologia surgiu há dois séculos, estando sempre em constante desenvolvimento, tendo-se dividido em 4 tipologias (Shiva Kumar e Lim, 2022):

- **Eletrólise alcalina de água**
 - Uma tecnologia bastante conhecida pelo setor industrial, sendo necessário melhorar a tecnologia para permitir o aumento da densidade e da corrente e reduzir o cruzamento de gases, devendo-se investigar outros meios de utilizar materiais diferentes nos elétrodos e nos separadores;
 - O eletrolisador opera entre os 30°C e os 80°C, com uma solução alcalina concentrada (KOH/NaOH), podendo ser integrado com fontes de energia solar e eólica. O eletrolisador é feito em níquel e revestido com aço inoxidável, sendo os elétrodos e os diafragmas produzidos em amianto. É uma

tecnologia bastante útil para aplicar a projetos de larga escala, no entanto produz gases com baixo grau de pureza.

Na Figura 2-4, apresenta-se um esquema figurativo da produção de hidrogénio através de eletrólise de água alcalina.

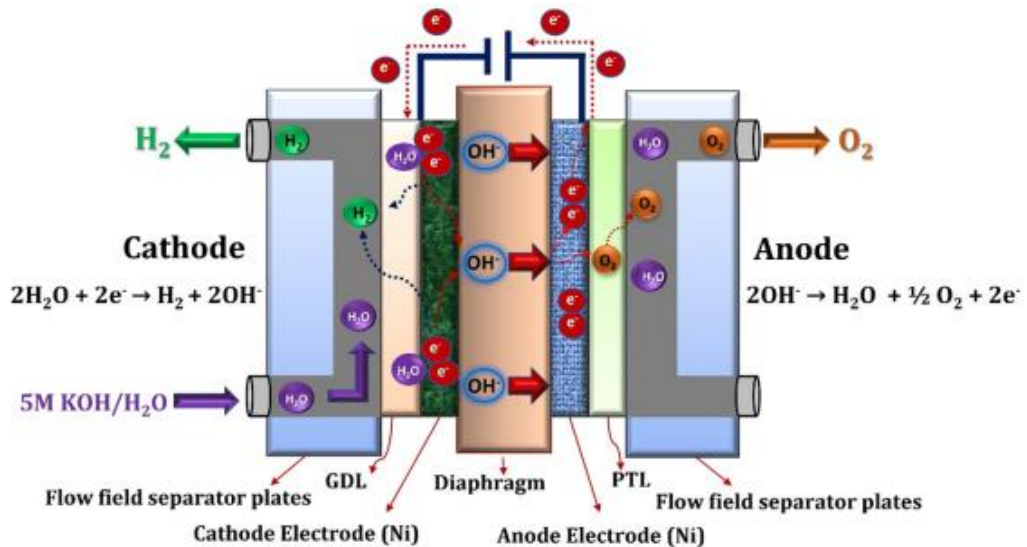


Figura 2-4 - Esquema de Eletrólise de Água Alcalina (Shiva Kumar e Lim, 2022)

- **Eletrólise de água Anion exchange membrane (AEM)**
 - É uma tecnologia ainda em desenvolvimento devido à sua baixa estabilidade, nos últimos anos várias organizações têm investido nesta tecnologia devido ao seu baixo custo e elevada eficiência;
 - É uma tecnologia bastante semelhante à eletrólise alcalina de água, sendo a principal diferença a substituição dos diafragmas por uma membrana de troca iónica e tem como vantagens a utilização de metais mais económicos em vez de metais nobres, pode-se utilizar água destilada ou com baixa concentração alcalina.

Na Figura 2-5, observa-se uma figura esquemática do processo de hidrogénio através da eletrólise de água AEM.

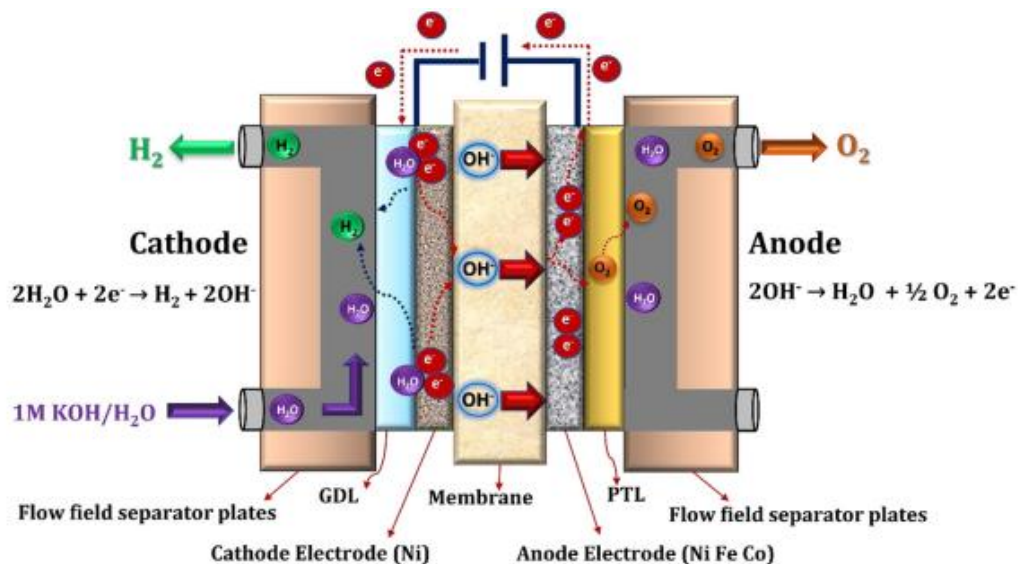


Figura 2-5 - Esquema de Eletrólise da Água AEM (Shiva Kumar e Lim, 2022)

○ **Eletrólise da água *Proton exchange membrane* (PEM)**

- É uma tecnologia com um funcionamento semelhante à tecnologia utilizada na célula de combustível PEM, onde se utiliza uma membrana de polímero sulfonado como eletrólito e surgiu para superar as desvantagens da eletrólise alcalina de água;
- Nesta tecnologia as operações são feitas entre os 30-80°C e com correntes de elevadas densidades, resultando em gases de elevadas purezas;
- A reação cinética nesta tecnologia é mais rápida que na eletrólise alcalina de água, devido a área da superfície metálica, aos eletrodos e ao pH mais baixo, para além do referenciado é uma tecnologia mais segura e com menor impacto ambiental;
- As desvantagens desta tecnologia são os elevados custos, devido há utilização de metais nobres nos eletrolisadores e o eletrólito é um ácido.

Na Figura 2-6, apresenta-se uma figura esquemática do processo de eletrólise de água PEM.

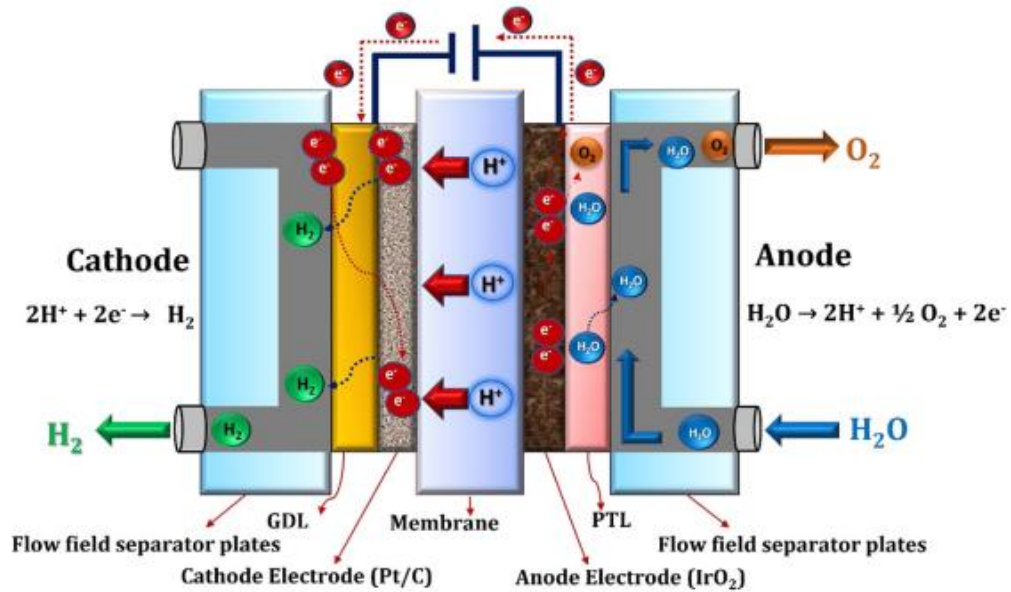


Figura 2-6 - Esquema de Eletrólise da Água PEM (Shiva Kumar e Lim, 2022)

○ **Eletrólise de água com óxido sólido**

- O eletrolisador desta tecnologia trabalha com temperaturas mais elevadas do que os restantes, entre os 500°C e os 850°C, reduzindo assim o consumo de energia na divisão do hidrogénio do oxigénio, deste modo diminuiu-se o preço final do hidrogénio;
- Em comparação com outras tecnologias já desenvolvidas, a eletrólise de água com óxido sólido tem duas vantagens que outras não têm, as altas temperaturas de trabalho, que permite elevadas eficiências de conversão, e ser facilmente integrável a jusante em processos de produção das indústrias químicas;
- Apesar das vantagens, a fraca estabilidade a longo prazo desincentiva a sua comercialização.

Na Figura 2-7, pode-se observar o esquema de produção de eletrólise de óxido de sólido.

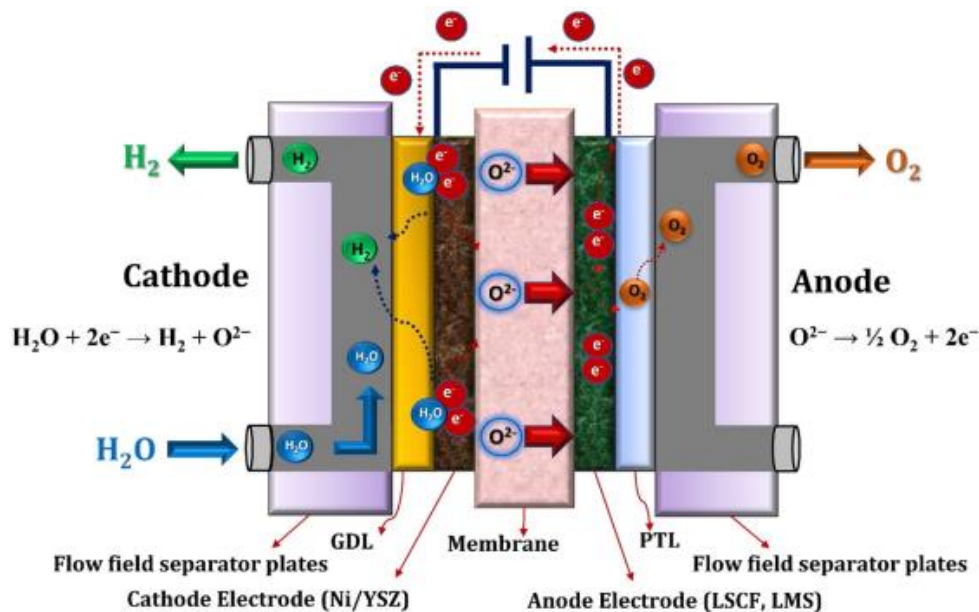


Figura 2-7 - Esquema de Eletrólise da Água Óxido de Sólido (Shiva Kumar e Lim, 2022)

O investimento em sistema de eletrólise PEM é duas vezes superior aos sistemas de eletrólise de alcalina de água, sendo que o sistema de eletrólise de água com óxido de sólido também é substancialmente mais caro que a eletrólise de água alcalina (Götz et al., 2016).

O hidrogênio verde é um dos caminhos para a redução dos impactos ambientais relacionados com a emissão de gases de efeito de estufa, mas ainda existe um longo caminho a percorrer para diminuir o consumo de energia do eletrolisador, reduzindo estes consumos, consegue-se reduzir a jusante o preço do hidrogênio (El-Shafie, 2023).

A energia é um tema em debate na atualidade, no entanto outro problema também muitas vezes abordado é a escassa disponibilidade de água doce, devendo desenvolver-se a tecnologia de modo a aproveitar melhor este recurso (El-Shafie, 2023).

Uma alternativa que tem sido estudada é a eletrólise com água do mar, pois 71% da superfície do globo é constituída pelos oceanos e estes representam 96% da água global. A presença de íões de cloreto na água do mar, na reação anódica, ocorre na formação de cloro e oxigênio (He et al., 2023).

Como as tecnologias de eletrólise são bastante exigentes na pureza da água, a utilização de água do mar como fonte do eletrolisador iria necessitar de um pré-tratamento combinado de osmose-reversa, destilação flash multiestágio, eletrodialise e destilação de múltiplos efeitos, sendo muitas vezes comum também acrescentar permutas iónicas (Khan et al., 2021).

A complexidade destes tratamentos, conjugados com o custo dos mesmos, tem levado ao desenvolvimento de vários estudos de eletrólise de água do mar sem necessidade de pré-tratamentos (Khan et al., 2021).

O cloro e o oxigénio são bastante instáveis devendo desse modo ser comprimidos, o que acarreta ainda mais custos para a eletrólise de água do mar (He et al., 2023).

Algumas tecnologias com capacidade de armazenamento adequado a longo prazo são o armazenamento de ar comprimido e a transformação de energia em gás outambém denominada de *Power-to-Gas*, sendo esta última a tecnologia com maior potencial, porque as restantes tecnologias estão dependentes de condições geológicas, topográficas e económicas (Gerloff, 2021).

2.5. Power to Gas

Power-to-Gas consiste em converter energia em gás. A energia é convertida em hidrogénio através da eletrólise da água, que depois de reagir com uma fonte de carbono através de um processo de metanação, forma um gás de síntese composto na maioria por metano, que pode alimentar diretamente a rede de gás natural (Gerloff, 2021).

Na Figura 2-8, pode-se consultar como funciona a tecnologia *Power-to-Gas*.

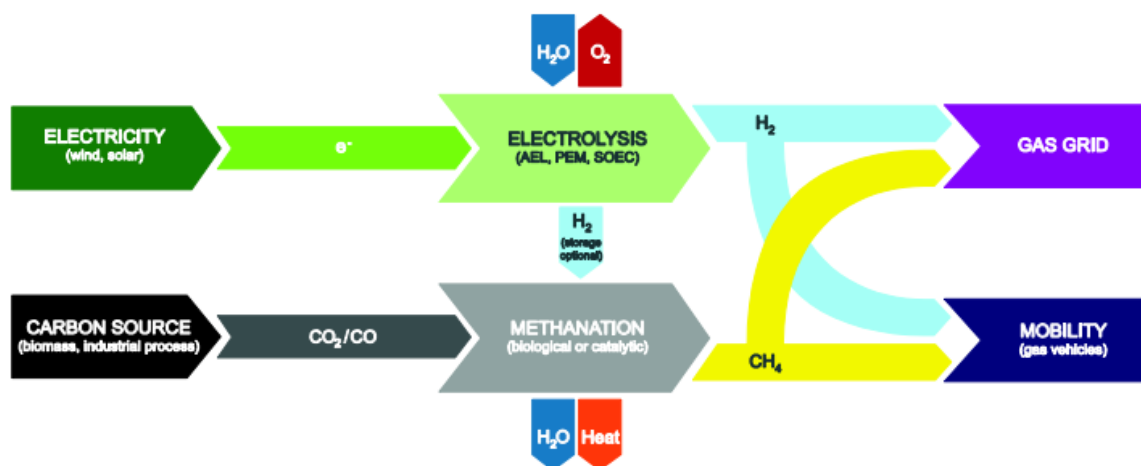


Figura 2-8 - Esquema da Tecnologia Power-To-Gas (Götz et al., 2016)

Na prática esta tecnologia reverte o processo de produção de energia, convertendo a mesma em gás. (Kermani e Houshfar, 2024).

Uma proposta para reduzir a pegada carbónica das centrais elétricas é a captura CO₂ e a utilização do mesmo como matéria-prima para diversos processos (Adnan e Kibria, 2020).

Deste modo consegue-se conservar o excesso de energia renovável produzido em certas estações do ano, sendo depois convertida num gás que pode ser inserido diretamente na rede de gás natural (Gerloff, 2021).

Uma alternativa ao *Power-to-Gas* seria a injeção direta de hidrogénio na rede de gás, no entanto a quantidade é limitada pelas normas e regulamentos (Götz et al., 2016).

Esta tecnologia tem como desvantagens (Götz et al., 2016):

- Baixa eficiência;
- Custos elevados.

Nesta tecnologia o hidrogénio também deve ser armazenado temporariamente, de modo a evitar prejuízos com a flutuação da energia. Este gás pode ser armazenado em tanques de gás comprimido criogénicos, tanques de armazenamento de hidreto metálico, armazenamento subterrâneo, o armazenamento líquido do hidrogénio é bastante complicado e também é energeticamente eficiente (Götz et al., 2016).

A opção de armazenamento mais barata é o subterrâneo, no entanto para esta tecnologia não é o mais aconselhável, sendo as duas melhores opções o armazenamento em tanques de alta pressão ou em hidreto metálico, deve-se referir que esta última opção é também a mais cara (Götz et al., 2016).

2.6. Avaliação de Impacte Ambiental

A Avaliação de Impacte Ambiental (AIA), é um processo composto por várias fases, que deve iniciar quando se quer promover uma ação e terminar quando cessarem todos os impactes da ação (CCDR LVT, 2022).

As fases do processo AIA são (CCDR LVT, 2022):

- Aplicabilidade do Regime Jurídico de AIA;
- Definição de âmbito;
- Estudo de Impacte Ambiental;
- Avaliação;
- Decisão;
- Pós-avaliação.

Compete à entidade licenciadora sobre o projeto, decidir sobre a sujeição do mesmo a AIA, de acordo com o Decreto de Lei n.º 151-B/2013, de 31 de outubro (CCDR LVT, 2022).

A definição de âmbito é opcional e consiste na identificação das questões ambientais suscetíveis de serem afetadas pelos impactes ambientais resultantes do projeto (CCDR LVT, 2022).

Na fase de avaliação, o proponente apresenta o Estudo de Impacte Ambiental à entidade competente, que depois encaminha para a respetiva autoridade AIA, de seguida nomeia-se uma comissão de avaliação, que irá desenvolver uma apreciação técnica, garantindo o rigor científico e a apresentação de todas as informações relevantes (CCDR LVT, 2022).

A fase pós-avaliação pretende garantir o cumprimento dos termos e condições constantes da Declaração de Impacte Ambiental (CCDR LVT, 2022).

2.6.1. Estudo de Impacte Ambiental

O Estudo de Impacte Ambiental é um documento enviado por um proponente de um projeto de acordo com o anexo IV do Regulamento Jurídico de Avaliação de Impacte Ambiental a uma autoridade de avaliação de impacte ambiental (CCDR LVT, 2022).

No documento enviado deve constar (CCDR LVT, 2022):

- Identificação e caracterização do projeto;
- Descrição do local do projeto, indicando e descrevendo os elementos ambientais que podem ser afetados;
- Identificação e avaliação dos impactes ambientais e descrição das medidas do projeto preconizadas para minimizar os impactes.

Após a submissão do ficheiro, a autoridade de avaliação de impacte ambiental, pode consultar entidades relevantes para análise e determinação dos impactes, observa os critérios do anexo III do RJAIA, atendendo às particularidades do projeto e os riscos que o mesmo apresenta junto das zonas geográficas onde se irá situar, bem como os efeitos acumulados de consociação com outros projetos e por fim emite um parecer fundamentado com a sua decisão (CCDR LVT, 2022).

Este procedimento pode ser dispensado se cumprir algum dos seguintes requisitos (CCDR LVT, 2022):

- Urgência do projeto;
- Impossibilidade de desenvolver o projeto com maior antecedência;

- Impossibilidade de responder a todos os requisitos da Diretiva AIA.

A definição de âmbito é uma fase preliminar e facultativa do procedimento AIA, identificando e selecionando as informações ambientais mais relevantes, embora seja facultativa, esta fase permite aprimorar a eficácia de todo o processo de avaliação de impacto ambiental (CCDR LVT, 2022).

O EIA tem como objetivo identificar, descrever e avaliar os potenciais impactos ambientais de um projeto, quer sejam diretos ou indiretos e de outras alternativas apresentadas, pretende deste modo suportar a decisão do ponto de vista ambiental (CCDR LVT, 2022).

Para mitigar os impactos do projeto, o EIA estipula, desde logo algumas medidas mitigadoras a implementar (CCDR LVT, 2022).

Para avaliação do EIA, as respetivas autoridades de avaliação de impacto ambiental, nomeiam uma equipa, que verifica a conformidade do estudo e por fim emitem um parecer técnico. Nesta fase poderão ser solicitados pareceres de entidades externas, compreendendo ainda uma fase de consulta pública (CCDR LVT, 2022).

O procedimento fica terminado com a emissão de uma Declaração de Impacte Ambiental que poderá ser favorável, favorável condicionada ou desfavorável (CCDR LVT, 2022).

Após a emissão da Declaração de Impacte Ambiental (DIA) e sempre que avaliação tenha ocorrido em fase de estudo prévio ou anteprojecto, o projeto de execução está sujeito à verificação da conformidade ambiental da DIA ou também denominado de Relatório de Conformidade Ambiental do Projeto de Execução (RECAPE) (CCDR LVT, 2022).

O RECAPE tem o objetivo de garantir a conciliação ambiental do projeto com as medidas demonstradas anteriormente na DIA. Este documento deve ser submetido pela entidade proponente, onde de seguida será analisado por uma equipa técnica, podendo o mesmo também ser alvo de pareceres externos (CCDR LVT, 2022).

Na fase pós-avaliação deve-se assegurar que as medidas estão seguramente a ser cumpridas, sendo gerido pela própria AIA. Esta fase é caracterizada por duas atividades fundamentais (CCDR LVT, 2022).

- Análise de relatórios de monitorização;
- Realização de auditorias por parte de auditores acreditados pela Agência Portuguesa do Ambiente.

A monitorização é realizada de acordo com o estabelecido anteriormente, sendo depois os relatórios enviados à autoridade AIA (CCDR LVT, 2022).

As estruturas dos relatórios encontram-se definidos pela Portaria nº 395/2015, 4 de novembro (CCDR LVT, 2022).

As auditorias devem ser realizadas de acordo com a Portaria nº326/2015, 2 de outubro, devendo realizar-se uma na fase de construção e as outras, três anos após o início da exploração(CCDR LVT, 2022).

2.6.1.1. Estrutura do Estudo de Impacte Ambiental

De acordo com o Regulamento Jurídico de Avaliação de Impacte Ambiental, na sua atual redação a estrutura de um Estudo de Impacte Ambiental deve ser composta por:

- Descrição do projeto;
- Descrição das alternativas razoáveis;
- Descrição dos aspetos relevantes do estado atual do ambiente;
- Descrição dos fatores suscetíveis de serem significativamente afetados pelo projeto;
- Descrição dos prováveis efeitos significativos do projeto no ambiente;
- Descrição e hierarquização dos impactes ambientais:
 - Efeitos diretos e indiretos;
 - Secundários e cumulativos;
 - Curto, médio e longo prazo;
 - Permanentes e temporários;
 - Positivos e negativos;
 - Transfronteiriços.
- Indicação dos métodos de previsão ou de prova, utilizados para identificar e avaliar os impactes no ambiente;
- Descrição das medidas mitigadoras;
- Descrição dos impactes negativos significativos esperados do projeto no ambiente, provenientes do risco de acidentes graves;
- Definição e descrição dos programas de monitorização ao longo das fases construção, exploração e desativação;
- Resumo das dificuldades, incluindo lacunas no conhecimento técnico que foram encontradas;
- Referência a eventuais sugestões do público e às razões da não adoção dessas sugestões;

- Resumo Não Técnico dos pontos acima referenciados;
- Lista de referência com uma discriminação das fontes utilizadas.

3. Metodologia

3.1. Processo de Produção de Gás de síntese

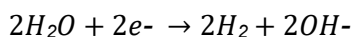
A produção de gás de síntese, como foi referenciado anteriormente tem como objetivo a redução do consumo de combustíveis fósseis, combinando a eletrólise da água com o acréscimo de uma fonte de carbono (em grafite ou biomassa liquefeita) (Martins, 2023).

Aproveitando a biomassa, proveniente das limpezas florestais, consegue-se também diminuir o risco de incêndio, diminuindo assim a sua acumulação em solos florestais e semelhantes (Martins, 2023).

Este processo é baseado em reações eletroquímicas, com a possibilidade de obter toda a energia necessária de fontes renováveis (solar ou eólica) (Martins, 2023).

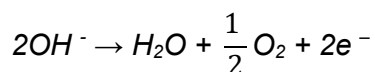
A produção de gás de síntese por meios eletroquímicos baseia-se nas seguintes reações eletroquímicas (Martins, 2023):

Reação Catódica

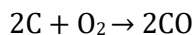


Equação 3-1 - Reação Catódica (Martins, 2023)

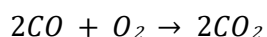
Reações Anódicas



Equação 3-2 - Reação Anódica (1) (Martins, 2023)



Equação 3-3 - Reação Anódica (2) (Martins, 2023)



Equação 3-4 - Reação Anódica (3) (Martins, 2023)

Reação Global



Equação 3-5 - Reação Global (Martins, 2023)

Comparando este processo com uma unidade de eletrólise alcalina padrão, existem duas diferenças (Martins, 2023):

- Na reação anódica, para além de se produzir oxigénio, também oxida a fonte de carbono, aumentando assim a produção de monóxido e dióxido de carbono;
- A pilha não possui sistemas de seleção de gases, formando deste modo um gás de síntese muito heterogéneo.

3.1.1. Reagentes Usados

Na eletrólise alcalina podem-se utilizar dois eletrólitos diferentes, com uma concentração de 1M (mol/L) (Martins, 2023):

- Hidróxido de Sódio (NaOH), em pellets com uma massa molar de 40g/mol;
- Hidróxido de Potássio (KOH), em pellets, com 88,2% (massa) e 56,10 g/mol.

3.1.2. Equipamento Usado

A unidade de produção de gás de síntese mede 50x50x60 cm. A solução eletrolítica é alimentada por um tanque cilíndrico, permitindo deste modo recircular e separar a fase líquida da fase gasosa (Martins, 2023).

Na Figura 3-1 apresenta-se uma fotografia do equipamento.



Figura 3-1 - Equipamento utilizado (Martins, 2023)

A fase líquida é a solução eletrolítica alcalina que ainda não reagiu e a fase gasosa é o gás de síntese e outros componentes (Martins, 2023).

O eletrólito é inserido na parte de baixo das pilhas, onde ocorre a reação de eletrólise, após sair pela parte superior da pilha, alimenta-se o tanque com a solução recirculante (Martins, 2023).

A pilha tem no total 11 discos de grafite, com 5 mm de altura, separado por 10 O-rings, formando deste modo 12 células (Martins, 2023).

Cada disco possui 2 furos com 10 mm de diâmetro e separados por um ângulo de 60°, onde ocorre a maior parte da circulação, é composto ainda por 1 furo mais pequeno (2 mm diâmetro) (Martins, 2023).

Nos dois casos o centro situa-se a 95 mm, do centro do próprio disco (Martins, 2023).

A parte superior e inferior da pilha é composta por dois discos de aço, com um furo apenas para permitir a circulação da solução e estão fixados à estrutura cilíndrica por dois anéis de aço inoxidável aparafusados com 12 hastes de mal de cima para baixo (Martins, 2023).

Cada disco de aço, tem um parafuso conectado a um cabo, que transmite a corrente elétrica, com uma diferença potencial controlada que provoca a circulação de corrente através da solução eletrolítica da pilha, resultando no seu interior a reação esperada (Martins, 2023).

A solução eletrolítica em conjunto com a fase gasosa, são guiadas através da pilha até ao tanque inicial, onde a fase líquida irá ser recirculada e a fase gasosa após um processo de separação sai do tanque através de uma válvula de pressão (Martins, 2023).

A fase gasosa, quando é extraída do tanque ainda contem alguma concentração de vapor, sendo depois encaminhada por uma serpentina de arrefecimento, de modo a condensar a maior parte do vapor, que é recolhido no reservatório seguinte (Martins, 2023).

A serpentina é fabricada em cobre, em espiral, em volta de um tanque cheio de água à temperatura ambiente (Martins, 2023).

O gás sobranete é extraído a partir de um segundo furo, na parte superior e passa por um tanque cilíndrico composto por uma peneira que irá remover a humidade (Martins, 2023).

Para substituir a peneira, o tanque pode ser removido. A peneira está saturada, quando passa da cor azul para cor de laranja (Martins, 2023).

Na sequência da remoção da humidade, os gases são encaminhados para um conjunto de sensores que irão indicar as concentrações de (Martins, 2023):

- Hidrogénio (H);
- Dióxido de Carbono (CO₂);
- Oxigénio (O₂);
- Monóxido de Carbono (CO);
- Metano (CH₄).

Os tubos de ligação são produzidos em politetrafluoretileno (PTFE), com cotovelos e seções T conectando-se entre si (Martins, 2023).

O equipamento é ainda composto por um painel de comandos que permite alterar a voltagem e a temperatura da pilha e do processo (Martins, 2023).

Na Figura 3-2, apresenta-se uma fotografia do painel de comando numerada e com a respetiva legenda abaixo.

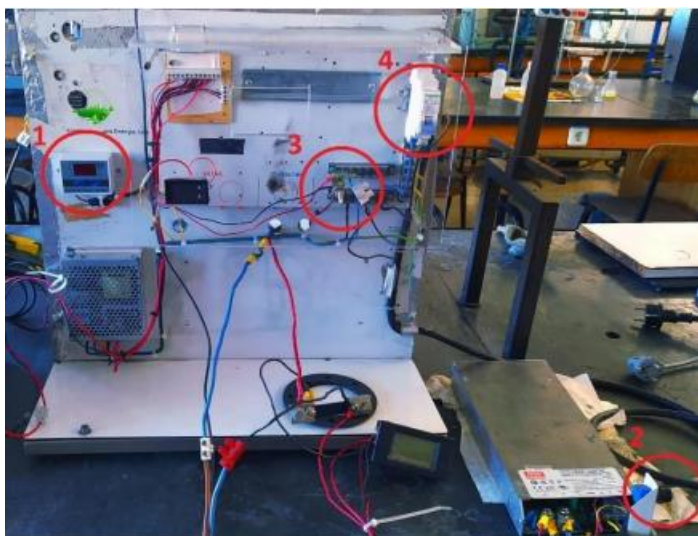


Figura 3-2 - Painel de Comandos (Martins, 2023)

Na Tabela 3-1 apresenta-se a legenda da numeração da Figura 3-2.

Tabela 3-1 - Legenda do Painel de Comandos (Martins, 2023)

Legenda
1 – Mostrador da temperatura do sistema e configuração do set point da temperatura;
2 – Botão da fonte de alimentação, de modo a alterar a tensão nas extremidades da pilha;
3 – Botão de ligar/desligar a bomba de água;
4 – Botão ligar/desligar o sistema completo

O aquecimento é efetuado pela corrente que passa na pilha e por uma serpentina colocada entre a bomba e a pilha, para arrefecer o sistema é necessário um ventilador que está ligado à mesma secção (Martins, 2023).

O termómetro é de marca desconhecida e tem uma precisão de + 0,05 °C (Martins, 2023).

A recirculação é utilizada também para medir a temperatura do fluido dentro da pilha, porque o termómetro está colocado numa zona antes da bomba (Martins, 2023).

A pressão é controlada, por uma válvula de pressão e colocada no topo do tanque, logo a seguir à saída do gás, deste modo permite-se manipular a pressão daquele ponto, na mesma zona existe um sensor com uma precisão de $\pm 0,18$ bar responsável por determinar a pressão do sistema (Martins, 2023).

Na Figura 3-3, observa-se um desenho esquemático do processo descrito anteriormente.

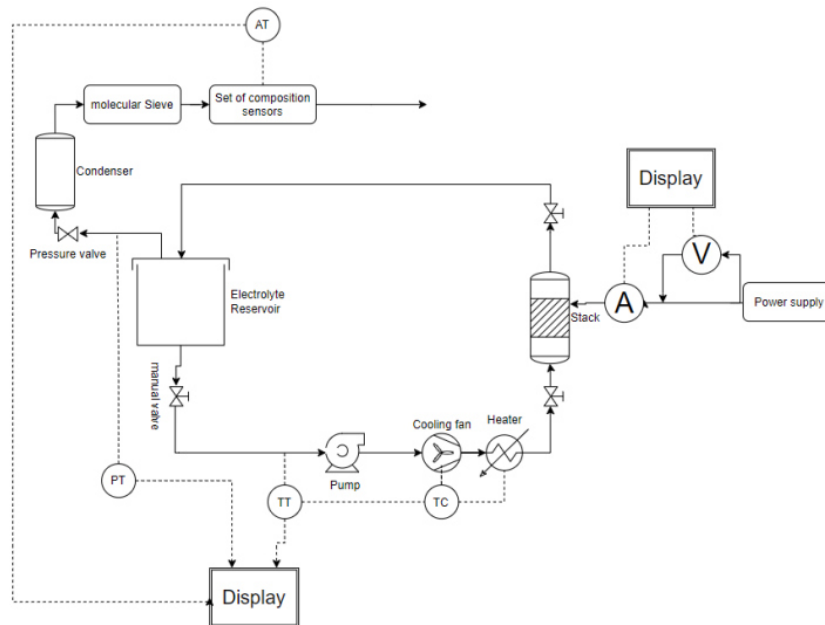


Figura 3-3 - Esquema do processo efetuado pelo equipamento (Martins, 2023)

Outros equipamentos associados ao projeto são (Martins, 2023):

- Uma fonte de alimentação externa, para executar testes de condutividade do eletrólito;
- Um espectrofotómetro infravermelho para obter a absorvância e espectros de transmitância de misturas de eletrólitos;
- Analisador de gás para determinar com maior precisão a composição do gás resultante.

3.2. Metodologia do Estudo de Impacte Ambiental

Como foi referenciado acima o Estudo de Impacte Ambiental encontra-se regulamentado pelo RJAIA, na sua atual redação.

O presente Estudo de Impacte Ambiental incide sobre um projeto de produção de co-eletrólise da água para a produção de hidrogénio, seguido da junção de uma fonte de carbono para a produção de gás de síntese.

O equipamento em causa, encontra-se num laboratório do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL), e por esse motivo não apresenta impactes sobre alguns descritores ambientais, e já se encontra em fase de exploração, não sendo necessário abordar a fase de construção do mesmo.

As informações para a realização do presente EIA, serão reunidas através de pesquisa bibliográfica, análise e interpretação do procedimento descrito no subcapítulo 3.1. Processo de Produção de Gás de síntese.

Na tabela 3-2, pode visualizar-se as informações que são aplicáveis ao presente EIA. Os conteúdos abordados serão com base no RJAIA, acrescentando a Introdução, Metodologia do Estudo e Objetivos do Projeto.

Tabela 3-2 - Conteúdo Aplicável ao Presente EIA

Conteúdo de EIA	Aplicável?	Justificação
Introdução	Aplicável	Irà proceder-se à identificação do projeto, da fase atual, indicação do período de elaboração e justificação para a elaboração do mesmo.
Metodologia do Estudo	Aplicável	Indica a metodologia abordada para a elaboração do EIA.
Objetivos do Projeto	Aplicável	Explica os objetivos do projeto e da necessidade do mesmo.
Descrição das alternativas razoáveis	Aplicável	Será estudado a existência/inexistência de outras alternativas de produção de gás de síntese ou de processos.
Descrição do projeto	Aplicável nas fases de exploração e desativação	O equipamento já se encontra construído e por isso não será estudado o impacte do mesmo na fase de construção.

Conteúdo de EIA	Aplicável?	Justificação
Descrição dos aspetos relevantes do estado atual do ambiente	Aplicável nas fases de exploração e desativação e somente alguns fatores ambientais serão abordados. O equipamento utilizado na produção de gás de síntese encontra-se num laboratório do ISEL, afetando deste modo poucos descritores ambientais.	O equipamento já se encontra construído e por isso não será estudado o impacto do mesmo na fase de construção. O equipamento utilizado também se encontra num laboratório do ISEL, afetando deste modo poucos descritores ambientais.
Descrição dos prováveis efeitos significativos do projeto no ambiente	Aplicável, nos descritores ambientais aplicáveis ao projeto	O equipamento já se encontra construído e por isso não será estudado o impacto do mesmo na fase de construção. O equipamento utilizado também se encontra num laboratório do ISEL, afetando deste modo poucos descritores ambientais.
Descrição e hierarquização dos impactes ambientais	Aplicável nas fases de exploração e desativação	O equipamento já se encontra construído e por isso não será estudado o impacto do mesmo na fase de construção.

Conteúdo de EIA	Aplicável?	Justificação
Indicação dos métodos utilizados para a identificação e hierarquização dos impactes ambientais	Aplicável nas fases de exploração e desativação	O equipamento já se encontra construído e por isso não será estudado o impacte do mesmo na fase de construção.
Descrição das medidas mitigadoras	Aplicável nas fases de exploração e desativação	O equipamento já se encontra construído e por isso não será estudado o impacte do mesmo na fase de construção.
Descrição dos impactes negativos significativos esperados do projeto no ambiente, provenientes do risco de acidentes graves	Aplicável nas fases de exploração e desativação	O equipamento já se encontra construído e por isso não será estudado o impacte do mesmo na fase de construção.
Definição e descrição dos programas de monitorização ao longo das fases construção, exploração e desativação	Aplicável nas fases de exploração e desativação	O equipamento já se encontra construído e por isso não será estudado o impacte do mesmo na fase de construção.
Resumo das dificuldades, incluindo lacunas no conhecimento técnico que foram encontradas	Aplicável nas fases de exploração e desativação	O equipamento já se encontra construído e por isso não será estudado o impacte do mesmo na fase de construção.
Referência a eventuais sugestões do público e às razões da não adoção dessas sugestões	Não Aplicável	O presente EIA não será alvo de consulta pública, por se tratar de um trabalho académico

Conteúdo de EIA	Aplicável?	Justificação
Resumo Não Técnico dos pontos acima referenciados	Aplicável	-
Lista de referência com uma discriminação das fontes utilizadas	Aplicável	-

Os fatores ambientais que devem ser analisados na caracterização da situação de referência são os seguintes (Barreiros, 2023):

- Clima e Alterações Climáticas;
- Geologia, Geomorfologia e Recursos Minerais;
- Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos;
- Qualidade do Ar;
- Ambiente Sonoro;
- Fauna, Flora, Vegetação, Habitats, Biodiversidade;
- Solo e Uso do Solo;
- Ordenamento do Território;
- Socio-economia;
- Património Cultural, Arqueológico e Arquitetónico;
- Paisagem;
- Resíduos.

Como já foi referenciado anteriormente no presente relatório, a produção de gás de síntese em causa encontra-se ainda num laboratório e por esse motivo, nem todos os fatores ambientais acima referidos são aplicáveis ao presente estudo.

Na tabela 3-3, podem-se observar os fatores ambientais abordados na caracterização da situação atual nos Estudos de Impacte Ambiental, e se o mesmo é aplicável ao presente projeto.

Tabela 3-3 - Fatores Ambientais aplicável ao EIA

Fatores Ambientais	Aplicável?	Justificação
Clima e Alterações Climáticas	Aplicável	O equipamento utilizado encontra-se num laboratório do ISEL e por esse motivo este fator ambiental pode afetar o clima no interior do laboratório na ausência de climatização artificial. O projeto também tem interesse para o combate às alterações climáticas.
Geologia, Geomorfologia e Recursos Minerais	Não Aplicável	O equipamento utilizado encontra-se num laboratório do ISEL e por esse motivo este fator ambiental não é afetado pelo projeto.
Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos	Aplicável	O equipamento utilizado encontra-se num laboratório do ISEL e necessita de água para a produção de hidrogénio. Durante a exploração, também ocorre a produção de águas residuais.

Fatores Ambientais	Aplicável?	Justificação
Qualidade do Ar	Aplicável	O equipamento utilizado encontra-se num laboratório do ISEL e neste momento utiliza energia da rede elétrica para produzir gás de síntese.
Ambiente Sonoro	Aplicável	O equipamento utilizado encontra-se num laboratório do ISEL e durante o seu funcionamento provoca incomodidade sonora através da produção de ruído.
Fauna, Flora, Vegetação, Habitats, Biodiversidade	Não Aplicável	O equipamento utilizado encontra-se num laboratório do ISEL e por este motivo não entra em conflito com este fator ambiental.
Solo e Uso do Solo	Solo – Não Aplicável Uso do Solo - Aplicável	O equipamento utilizado encontra-se num laboratório do ISEL e por este motivo não entra em conflito com este fator ambiental Solo. Como o laboratório é dedicado há formação de ensino superior e investigação científica, foi efetuada uma identificação dos impactes decorrentes do projeto no Uso do Solo.

Fatores Ambientais	Aplicável?	Justificação
Ordenamento do Território	Não Aplicável	O equipamento utilizado encontra-se num laboratório do ISEL e por este motivo não entra em conflito com este fator ambiental.
Socio-economia	Não Aplicável	O equipamento utilizado encontra-se num laboratório do ISEL e por este motivo não entra em conflito com este fator ambiental.
Património Cultural, Arqueológico e Arquitetónico	Não Aplicável	O equipamento utilizado encontra-se num laboratório do ISEL e por este motivo não entra em conflito com este fator ambiental.
Paisagem	Não Aplicável	O equipamento utilizado encontra-se num laboratório do ISEL e por este motivo não entra em conflito com este fator ambiental.
Resíduos	Aplicável	O equipamento utilizado encontra-se num laboratório do ISEL e durante o seu funcionamento irá produzir resíduos provenientes da produção de gás de síntese e das ações de manutenção.

4. Estudo de Impacte Ambiental (EIA) da geração de gás de síntese e hidrogénio por co-eletrólise da água

4.1. Introdução

O presente EIA, corresponde à geração de gás de síntese e hidrogénio por co-eletrólise da água, estando o projeto a ser desenvolvido no Laboratório de Tecnologia Química do ISEL.

O EIA, aqui desenvolvido inicia-se com a descrição e caracterização física do projeto, seguido da descrição de alternativas e ausência do projeto, descrição dos materiais e energia utilizados e/ou produzidos, procedido da caracterização da situação de referência e dos fatores ambientais afetados pelo projeto, depois serão avaliados e hierarquizados os impactos de acordo com o Regulamento Jurídico de Avaliação de Impacte Ambiental (RJAIA), com a indicação das respetivas medida mitigadoras, após avaliação serão apresentados os programas de monitorização, concluindo com as principais lacunas encontradas no conhecimento técnico.

O principal objetivo do EIA é a análise e avaliação dos potenciais impactos ambientais, decorrentes da geração de gás-síntese e hidrogénio por co-eletrólise da água, sendo depois definidas as medidas mitigadoras necessárias para mitigar, evitar e compensar os efeitos causados pelo projeto.

Com isto, não se procura somente prever as consequências positivas e negativas do projeto, como definir-se as medidas de mitigação dos efeitos negativos e amplificação dos efeitos positivos.

4.1.1. Identificação do Projeto

O artigo 3º, alínea bb) do Decreto-Lei nº 62/2020 de 28 de agosto, define gases de origem renovável como:

“os combustíveis gasosos produzidos a partir de processos que utilizem energia de fontes renovável na aceção da Diretiva (UE) 2018/2001, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 11 de dezembro de 2018”

O EIA em causa é referente a um projeto ainda em fase laboratorial/piloto respeitante à “Geração de gás de síntese e hidrogénio por co-eletrólise da água”.

Trata-se de um projeto de investigação, ainda em escala piloto (TRL – *Technology Readiness Level* 4), que utiliza como fonte de carbono elétrodos de grafite e/ou biomassa liquefeita.

A biomassa liquefeita é obtida através da limpeza de matas e florestas, sendo depois seca e triturada para reduzir a sua granulometria, e por fim é liquefeita a temperaturas entre os 100-200 °C (ISEL, n.d.-a).

A biomassa liquefeita é misturada com uma solução alcalina, num eletrolisador, onde se irá aplicar um catalisador, e se produzirá gás de síntese (ISEL, n.d.-a).

A tecnologia de produção de gás de síntese usando elétrodos de grafite está patenteada em Portugal pela empresa nacional GSyF. O conceito de “Electrocracking” é o passo seguinte em que a grafite vai sendo substituída por outra fonte de carbono, que é a biomassa liquefeita, e foi recentemente objeto de um novo pedido de patente nacional, e resultou da execução do projeto Clean Forest, financiado pela Fundação da Ciência e Tecnologia (ISEL, n.d.-a).

4.1.2. Identificação do Proponente

O presente EIA é elaborado no âmbito do Trabalho Final de Mestrado, do Mestrado de Engenharia da Qualidade e Ambiente, por isso não é aplicável o presente subcapítulo, no entanto, apresenta-se abaixo o orientador do trabalho e respetiva morada profissional:

Nome: João Gomes;

NIF: 600 016 234

Morada: R. Conselheiro Emídio Navarro 1, 1959-007 Lisboa

Telefone: 21 831 7000

4.1.3. Autoridade Licenciadora

De acordo com o RJAIA o projeto não se enquadra no regime de avaliação de impacte ambiental obrigatório, no entanto a alínea 1 do art. 6º do DL N.º 62/2020 estabelece o seguinte:

“No exercício das atividades abrangidas pelo presente decreto-lei, os intervenientes no SNG devem adotar as providências adequadas à minimização dos impactes ambientais, observando as disposições legais e regulamentares aplicáveis.”

O Guia do Promotor redigido pela Direção Geral de Energia e Geologia e pela Agência Portuguesa do Ambiente sobre “Legislação e regulação para a Economia do Hidrogénio”, no ponto 3, alínea a) e subalínea i, indica o seguinte:

“(…) caso o projeto não atinja os limiares dos anexos I e II, mas seja considerado como suscetível de provocar impacte significativo no ambiente em função da sua

localização, dimensão ou natureza, de acordo com os critérios estabelecidos no anexo III do mesmo diploma (...)”.

Embora a localização, e a dimensão do projeto não provoque grandes impactes significativos no ambiente, o presente estudo pretende informar os utilizadores sobre os impactes do projeto, nas atuais condições de funcionamento.

4.2. Âmbito do Projeto, Metodologia e Estrutura do EIA

Este EIA, é um trabalho académico, e tem como objetivo fornecer informações e sugestões de medidas de mitigação para os impactes negativos, bem como medidas potenciadoras dos impactes positivos.

Este EIA levou em conta a estrutura definida no DL 151-B/2013, de 31 de outubro.

No presente estudo também se incorporam os programas de monitorização a efetuar, que avaliarão o sucesso das medidas mitigadoras.

Para a realização deste EIA tomou-se em atenção:

- Artigos científicos que abordam a temática do Hidrogénio Verde;
- Artigos científicos que explanam os impactes da tecnologia “*Power-to-Gas*”;
- Trabalhos académicos, elaborados em anos anteriores sobre esta tecnologia;
- Estudos de Impacte Ambiental realizados no âmbito de instalações de produção de hidrogénio.

Deste modo pretende-se conciliar os requisitos legais com as metodologias utilizadas em projetos de investigação.

O principal objetivo na metodologia implementada é a identificação e avaliação dos impactes ambientais mais relevantes e que sejam oriundos do processo produtivo de gás de síntese utilizado no projeto Clean Forest, bem como na fase de desativação do mesmo.

Com o desenvolvimento do EIA e a conseqüente identificação das medidas mitigadoras pretende-se identificar, as soluções mais adequadas e que compatibilizem as componentes, ambiental, funcional e económica.

4.2.1. Estrutura do Estudo de Impacte Ambiental

4.2.2. Descritores e Análise

Os descritores ambientais para a caracterização da situação de referência são os seguintes:

- Clima e Alterações Climáticas;
- Geologia, Geomorfologia e Recursos Minerais;
- Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos;
- Qualidade do Ar;
- Ambiente Sonoro;
- Fauna, Flora, Vegetação, Habitats, Biodiversidade;
- Solo e Uso do Solo;
- Ordenamento do Território;
- Socio-economia;
- Património Cultural;
- Paisagem;
- Resíduos.

O Despacho Conjunto nº251/2004, aplicado a projetos de produção de eletricidade a partir de fontes renováveis, define a profundidade da análise dos descritores.

A profundidade de análise dos descritores ambientais, tem em conta a tipologia e localização do projeto, sendo considerados como prioritários os seguintes descritores:

- Clima – o eletrolisador encontra-se no interior de um laboratório, no entanto irá estudar-se o clima local. O projeto também tem um elevado interesse estratégico no combate às Alterações Climáticas.
- Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos – irá identificar-se e caracterizar-se as fontes de água utilizadas, bem como os consumos de água e a produção de águas residuais.
- Qualidade do Ar – Determinação das emissões do projeto (encontra-se atualmente a trabalhar com energia fornecida da rede de energia

elétrica) sendo depois comparado com as emissões, através da utilização de energia eólica ou solar.

- Ambiente Sonoro – Análise do local do projeto com os mapas de ruído do município.
- Resíduos – Identificação da tipologia de resíduos produzidos e dos impactes associados à gestão dos mesmos;
- Solo e Uso do Solo – O projeto encontra-se num laboratório, e a zona envolvente ao projeto encontra-se já impermeabilizado por outras infraestruturas, não sendo necessário desta forma avaliação de impactes no Solo. No entanto foi efetuada uma avaliação de impactes no uso do solo, devido à utilização do espaço para investigação científica.

Os descritores Geologia, Geomorfologia e Recursos Minerais, Fauna, Flora, Vegetação, Habitats, Biodiversidade, Ordenamento do Território, Socio-economia, Património Cultural, Paisagem não são aplicáveis ao EIA porque o equipamento encontra-se no interior de um laboratório.

4.2.3. Metodologia do EIA

A metodologia aplicada apresenta-se na Figura 4-1.



Figura 4-1 - Metodologia do EIA (Márcio et al. 2021)

Devido à dimensão do projeto, o EIA irá apenas abordar a área de influência direta do projeto.

Na tabela 4-1 identifica-se os parâmetros de análise dos impactes. A tabela é elaborada tendo por base os parâmetros definidos na legislação ambiental e outros escolhidos pelo autor do presente estudo.

Tabela 4-1 - Parâmetros de Avaliação dos Impactes Ambientais

Relação	Natureza	Prazo	Duração	Tipologia	Transf.	Freq.	Sev.
Direto; Indireto.	Pr.; Sec.; Cum.;	Curto; Médio; Longo.	Permanente; Temporário.	Positivo; Negativo;	Sim; Não.	Pouco Frequente; Frequente; Muito Frequente.	Pouco Severo; Severo; Muito Severo.

Legenda: Pr. – Primário; Sec.-Secundário; Cum- Cumulativo; Transf – Transfronteiriços; Freq.-Frequência; Sev – Severidade.

Identificação e Avaliação dos Impactes Ambientais

A identificação e avaliação dos impactes ambientais vai ter em atenção as fases de exploração e desativação. Os impactes serão determinados de modo qualitativo e quantitativo.

Medidas de Mitigação e Potenciação dos Impactes Positivos

Os impactes, foram analisados para se escolher a melhor ação para mitigar ou evitar o impacto, permitindo também potenciar os impactes positivos.

Monitorização Ambiental

O programa de monitorização proposto, tem por base os impactes mais significativos e adequado à evolução do projeto.

4.3. Descrição e Objetivos do Projeto

4.3.1. CleanForest

No ano de 2020, com o objetivo de criar novas fórmulas de minimizar o número de incêndios florestais, iniciou-se o projeto CleanForest, aproveitando os resíduos florestais, como fonte de carbono na produção de bicompostíveis sintéticos de 2ª geração (ISEL, n.d.-a).

Este projeto foi financiado pela Fundação da Ciência e Tecnologia, através da bolsa PCIF/GVB/0167/2018, sendo coordenado pelo ISEL, em parceria com o Centro

de Ambiente e Recursos Naturais (CERENA), o Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa e o Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa (ISEL, n.d.-a).

Os resíduos florestais, após serem recolhidos, serão secos, triturados e depois liquefeitos a temperaturas situadas entre os 100 °C e os 200 °C (ISEL, n.d.-a).

A biomassa liquefeita é depois misturada numa solução aquosa alcalina, que atuará como eletrólito, com uma elevada condutividade.

No final do processo irá originar-se gás síntese (gás combustível), composto essencialmente por H₂, O₂, CH₄, CO₂ e CO (ISEL, n.d.-a).

Comparando com outros processos clássicos de pirólise/gaseificação, este processo é mais fácil de ser desenvolvido, tendo também custos bastantes menores (ISEL, n.d.-a).

O processo adotado no CleanForest trabalha com temperaturas não superiores a 70 °C e com 4 bar de pressão e a energia necessária para o processo pode ser fornecido por energias renováveis (eletricidade obtida a partir energia solar fotovoltaica). Atualmente o eletrolisador está a receber energia da rede elétrica (ISEL, n.d.-a).

Este projeto também poderá no futuro influenciar as zonas do interior de Portugal através (ISEL, n.d.-a):

- Do crescimento económico;
- Minimização da desertificação.

O gás de síntese é produzido através da eletrólise da água, sucedida por um processo de metanação de carbono, pode ser valorizado através da sua queima, produzindo deste modo eletricidade/calor (ISEL, n.d.-a).

No reator catalítico ocorre também a coprodução de água, através do processo de Sebatier, à pressão atmosférica. A água é condensada, sofrendo depois um tratamento por absorção de carvão ativado (ISEL, n.d.-a).

4.3.2. Produção de Gás de Síntese

Para o período internacional de 2020 a 2050, foi proposto pela Agência Internacional de Energia, metas de produção de energia de modo a alcançar-se emissões nulas de dióxido de carbono (El-Shafie, 2023).

O hidrogénio é conhecido pelo seu elevado poder calorífico comparativamente com produtos petrolíferos, e quando é queimado só emite vapor de água, no entanto o

transporte deste elemento químico é bastante complicado devido à sua explosividade (Kermani e Houshfar, 2024).

No planeta Terra é um elemento bastante abundante, no entanto não se encontra facilmente disponível encontrando-se muitas vezes em formas combinadas. Atualmente 96% do hidrogénio presente no mercado é originado de hidrocarbonetos (El-Shafie, 2023).

O hidrogénio poderá ser classificado como verde, dependendo da tipologia de tecnologia, fonte de energia utilizados no seu processo produtivo, bem como o seu impacto no ambiente (Shiva Kumar e Lim, 2022).

Um dos potenciais caminhos pensados para atingir a neutralidade carbónica é a produção de hidrogénio porque não emite dióxido de carbono para a atmosfera e outros poluentes atmosféricos (Shiva Kumar e Lim, 2022).

A produção de hidrogénio verde reduz os impactos ambientais relacionados com a emissão de gases de efeito de estufa, no entanto deve-se desenvolver a tecnologia de eletrólise de modo a diminuir o consumo de água doce (El-Shafie, 2023).

A eletrólise permite a decomposição da água em moléculas de hidrogénio e oxigénio através da utilização de energia renovável produzida através de centrais solares ou eólicas, permitindo deste modo armazenar energia quando houver excesso de produção de energia verde. (Shiva Kumar e Lim, 2022).

Atualmente a melhor tecnologia para se armazenar energia é a transformação de energia em gás ou também denominada de *Power-to-Gas*, porque não está dependente de condições geológicas, topográficas e económicas (Gerloff, 2021).

A energia é convertida em hidrogénio através do eletrólise da água, reagindo depois com uma fonte de carbono através de um processo de metanação, formando um gás de síntese composto em grande parte por metano (Gerloff, 2021).

Esta tecnologia permite conservar o excesso de energia renovável produzido em certas estações do ano, sendo depois convertida num gás que pode ser inserido diretamente na rede de gás natural (Gerloff, 2021).

4.3.3. Problemática Ambiental

Os Gases de Efeito de estufa (GEE) emitidos pelo consumo de combustíveis fósseis, estão a aquecer o planeta, através do aumento do efeito de estufa (Anil C. et al, 2015).

O aumento da temperatura global e as mudanças climáticas, estão interligados com o aumento das emissões de GEE (Anil C. et al, 2015).

Os GEE mais abundantes na atmosfera são (Anil C. et al, 2015):

- Vapor de água (H₂O);
- Dióxido de Carbono (CO₂);
- Metano (CH₄);
- Ozono (O₃);
- Óxido de Azoto (NO₂);
- Clorofluorcarbonetos (CFC's).

Os impactos causados pelo aumento do efeito estufa podem ser (Anil C. et al, 2015):

- Aquecimento Global;
- Aumento do nível médio do mar;
- Impacte potencial na vida humana:

Para acelerar a neutralidade carbónica. (El-Shafie, 2023), deve-se desenvolver tecnologias de energia verde, de modo a atender as necessidades energéticas e a evitar um aumento da temperatura global superior a 1,5 °C (Shiva Kumar e Lim, 2022).

4.3.4. Conclusão

A emergência climática, bem como os efeitos causados pelas alterações climáticas junto das espécies e das populações humanas, conjugadas com o aumento das necessidades energéticas dos países, urge a necessidade de procurar e desenvolver novas fontes de energias renováveis e verdes.

A produção de hidrogénio verde através da eletrólise da água, irá transformar a energia eólica e solar um dos principais motores energéticos das economias. O hidrogénio também irá permitir a transferência energética entre vários setores e prevenir faltas de energia em algumas estações do ano.

A utilização dos resíduos florestais como fonte de carbono no processo, irá incentivar a limpeza florestal para obtenção de matérias-primas, reduzindo deste modo os riscos de incêndio e incrementando a economia local com a produção de valor económico através de um resíduo.

Em resumo, este projeto justifica-se pelos seguintes aspetos:

- Redução das imprevisibilidades de fornecimento energético devido ao contexto internacional;
- Redução nas importações de gás natural e de energia;
- Contribuição para a neutralidade carbónica;
- Redução do risco de incêndio, através da limpeza das matas/florestas, incrementando valor económico num resíduo.

4.4. Alternativas Razoáveis ao Projeto

Sendo um projeto piloto e estando ainda em fase de estudos produtivos, energéticos e ambientais, ainda não se consegue considerar quais as melhores alternativas ao projeto.

Embora não seja possível considerar outras alternativas ao projeto, porque o mesmo ainda está a ser estudado, em vários prismas, é possível apresentar alternativas ao próprio processo produtivo.

Na tabela 4-2 apresentam-se uma caracterização de alguns processos de entradas e de produção que fazem parte do projeto, sendo depois apresentadas alternativas ao mesmo, de modo a diminuir o impacte ambiental ou a potenciar os impactes positivos.

Tabela 4-2 - Alternativas propostas no Processo Produtivo do Projeto (Ferreira et al., 2022)

Processo	Atualmente	Alternativa proposta
Fornecimento de Energia	Atualmente o equipamento utiliza energia elétrica fornecida pela rede, estando os impactes associados à energia fornecida dependente da flutuabilidade das fontes de energia elétrica da rede.	Utilização de energia produzida através de energia solar ou eólica. Esta alternativa contribui largamente para a neutralidade carbónica e para a redução dos impactes ambientais associados às emissões de GEE.

Processo	Atualmente	Alternativa proposta
Processo de Eletrólise	Os processos de eletrólise mais desenvolvidos até ao momento são: - Eletrólise Alcalina; - Eletrólise PEM. O projeto utiliza a tecnologia de eletrólise alcalina.	Propõe-se como alternativa a utilização da tecnologia PEM, porque a área ocupada pelo equipamento é inferior ao equipamento utilizado na eletrólise alcalina. A tecnologia PEM tem mais capacidade para tolerar na variação da carga e de energia fornecida. A tecnologia PEM também tem necessidades de operações e manutenções inferiores à eletrólise alcalina. Na tecnologia PEM também se diminui o risco de acidentes, porque não é necessário manusear produtos químicos perigosos.

4.5. Descrição do Projeto

4.5.1. Localização do Projeto

O projeto está localizado no Instituto Superior de Engenharia de Lisboa mais precisamente no Laboratório de Tecnologia Química.

O ISEL na qualidade de instituição de ensino superior, realiza fundamentalmente atividades de ensino, investigação e de prestação de serviços à comunidade (ISEL, 2021).

Na sua missão define-se como um centro de criação, transmissão e difusão da ciência, tecnologia e cultura, tendo como missão a promoção da excelência no ensino superior em engenharia e na investigação científica assentes em diversos fatores, como por exemplo no crescimento e no desenvolvimento sustentável (ISEL, n.d.).

O ISEL, localiza-se na zona oriental da Lisboa, na freguesia de Marvila sito Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1 1959-007 em Lisboa (ISEL, n.d.).

4.5.2. Áreas Sensíveis

Segundo alínea a) do Artigo 2º do RJAIA as áreas sensíveis são:

- Áreas protegidas, classificadas ao abrigo do Decreto-Lei n.º 142/2008, de 24 de julho;
- Sítios da Rede Natura 2000, zonas especiais de conservação e zonas de proteção especial, classificadas nos termos do Decreto-Lei n.º 140/99, de 24 de abril, no âmbito das Diretivas n.ºs 79/409/CEE, do Conselho, de 2 de abril de 1979, relativa à conservação das aves selvagens, e 92/43/CEE, do Conselho, de 21 de maio de 1992, relativa à preservação dos habitats naturais e da fauna e da flora selvagens;
- Zonas de proteção dos bens imóveis classificados ou em vias de classificação definida nos termos da Lei n.º 107/2001, de 8 de setembro.

Na Figura 4-2 apresenta-se a Planta de Condicionantes do Plano Diretor Municipal (PDM) de Lisboa.

A localização do ISEL está assinalada na Figura 4-2 com círculo preto. O ISEL não se encontra abrangido pelas condicionantes referidas anteriormente. O ISEL está sob influência das seguintes condicionantes:

- Aeroporto Humberto Delgado;
- Servidões Militares;
- Base Aérea nº6 no Montijo;
- Depósito Geral de Material da Força Aérea em Alverca.

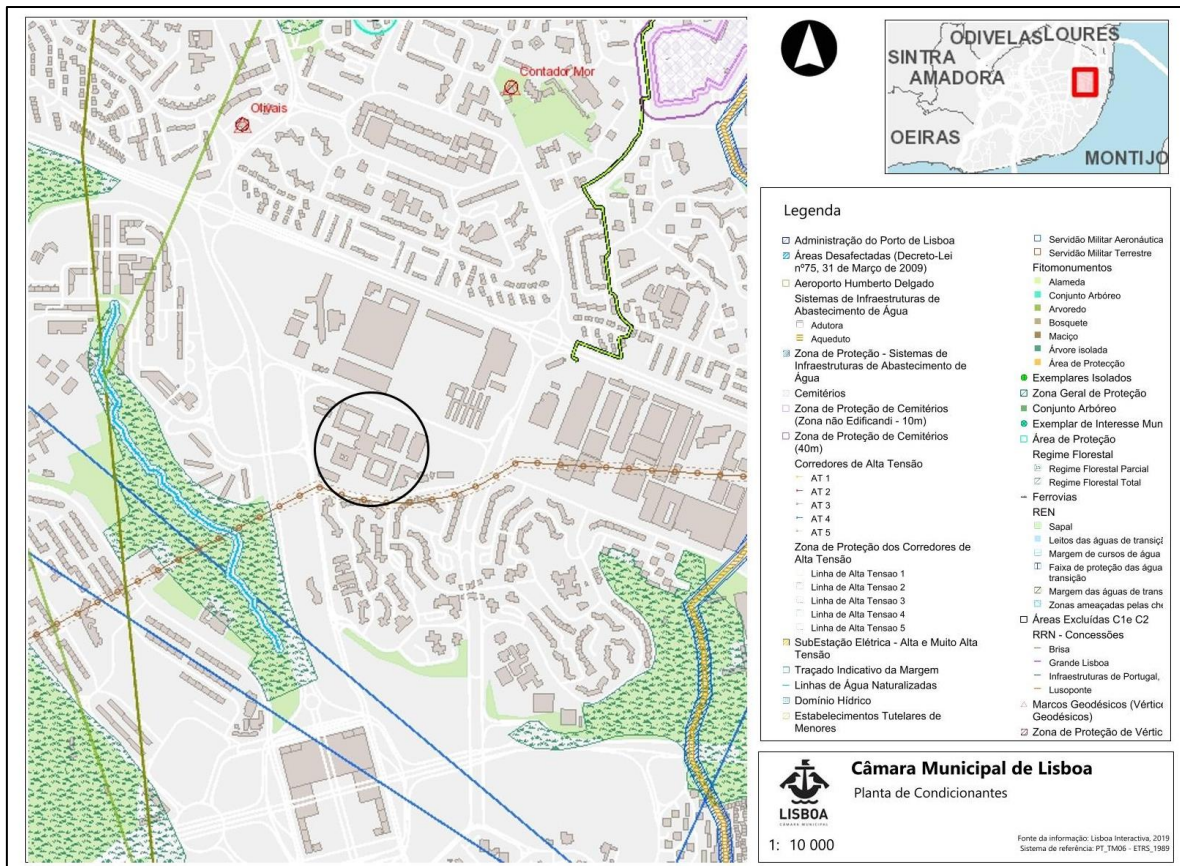


Figura 4-2 - Planta de Condicionantes do PDM de Lisboa (CML, n.d.)

Na Figura 4-3, apresenta-se a Planta de Ordenamento do PDM de Lisboa.

A localização do ISEL encontra-se assinalado com um círculo preto, estando o mesmo localizado nas seguintes zonas:

- Risco de Incêndio Florestal;
- Zona de Estacionamento – Estacionamento – Zona B;
- Zoneamento Acústico – Zona B;
- Unidades Operativas de Planeamento e Gestão – Oriental;
- Espaço de Uso Especial de Equipamentos;
- Zona Vulnerabilidade Sísmica – Formações argilosas consolidadas, Rochas de baixa resistência/Solos coerente rijos, Rochas brandas.

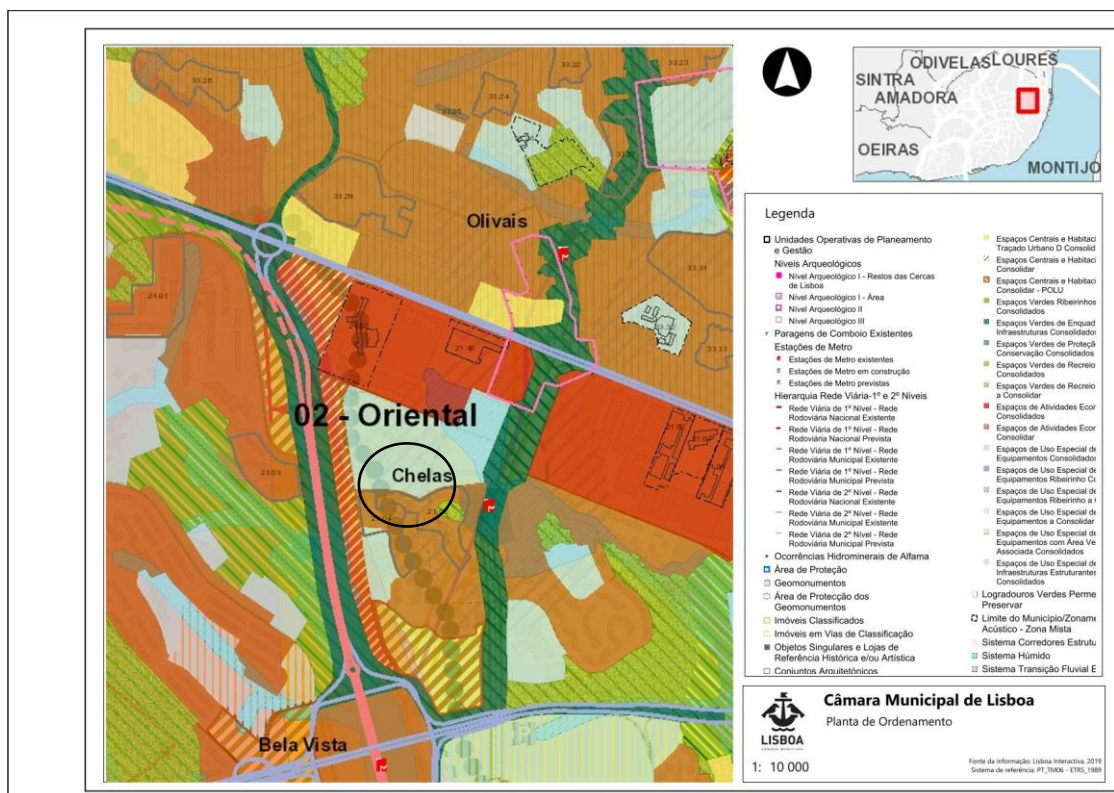


Figura 4-3 - Planta de Ordenamento do PDM de Lisboa (CML, n.d.)

4.5.3. Infraestruturas e Equipamentos prejudicados pelo projeto

Devido à dimensão do projeto e tendo em atenção as Figuras 4-2 e 4-3 não se prevê que durante a fase de exploração e desativação afetem algum equipamento/infraestrutura.

4.5.4. Projetos Associados

Neste subcapítulo abordam-se projeto autónomos, necessários para garantir o funcionamento do projeto.

Como o projeto ainda está em fase laboratorial/piloto e devido à sua dimensão, não é necessário complementar o projeto com outras instalações.

4.6. Descrição da Estrutura do Projeto

O projeto Cleanforest tem o objetivo de contribuir para a redução dos incêndios florestais, aproveitando os resíduos provenientes das limpezas florestais para a produção de biocombustíveis, e para a metanação do hidrogénio para formar gás de síntese (ISEL, n.d.-a).

Atualmente o eletrolisador utiliza energia elétrica fornecida pela rede elétrica, com o objetivo de, no futuro, ser abastecida 100% por energia elétrica de fontes solares ou eólicas, eliminando deste modo as emissões de GEE (ISEL, n.d.-a).

A tecnologia utilizada no projeto é patenteada pela empresa GSYF. O hidrogénio será produzido com base na eletrólise alcalina da água (ISEL, n.d.-a).

O gás de síntese produzido será armazenado, podendo depois ser queimado para produzir energia ou ser convertido em metanol.

Durante a fase de exploração para o manuseamento do equipamento, é apenas necessário 1 operador. O objetivo é o equipamento funcionar 24 h/d, tendo operações de manutenção de 2 em 2 dias. As operações de manutenção serão realizadas segundo os procedimentos adequados. As ações de manutenção implicam a realização de revisões periódicas, com o objetivo de verificar as condições do equipamento, e se necessário a sua reparação.

O equipamento produz cerca de 43,6 l/h, ou seja, em trabalho contínuo (24h/dia), produz num ano cerca de 382 m³ (Augusto, 2023).

Para produzir 382 m³ de gás de síntese irá consumir 9377 kg de carbono, 63 m³ de água e 8760 kW de energia elétrica (Augusto, 2023).

A composição do gás de síntese à saída do eletrolisador é a seguinte:

- Hidrogénio - 39,9 %;
- Oxigénio – 3,3 %;
- Monóxido de Carbono – 2,0 %;
- Dióxido de Carbono – 54,8 %.

Após a passagem pelo processo de metanação, a composição do gás adquire a seguinte composição (Gonçalves, 2017):

- Hidrogénio - 36,3 %;
- Oxigénio – 4 %;
- Monóxido de Carbono – 0,9%;
- Dióxido de Carbono – 33,3%;
- Metano – 25,5%

O período de vida útil do equipamento é de 5 anos.

4.6.1. Descrição do Processo de Produção

O equipamento utilizado ocupa 0,25 m² e o processo produtivo utilizado é o seguinte:

- Produção de gás de síntese (eletrólise alcalina da água + metanação);
- Armazenagem do gás de síntese.

4.6.2. Fase de Construção

Este capítulo não é aplicável porque o equipamento já está montado e em funcionamento.

4.6.3. Fase de Exploração

O projeto ainda está em laboratório e não são necessários muitos operadores para garantir o funcionamento do equipamento, no entanto a utilização de biomassa como fonte de carbono, irá gerar mais trabalhos indiretos, devido à necessidade de recolha e transporte da biomassa.

Devido à complexidade do equipamento e aos perigos associados ao mesmo, são necessárias competências técnicas específicas, nos recursos humanos envolvidos.

4.6.3.1. *Balanço de Massa*

No equipamento utiliza-se a água como matéria-prima, energia da rede pública, sendo que no futuro pretende-se utilizar energia elétrica de fonte renovável e o carbono provém da grafite ou da biomassa.

O principal produto é o gás de síntese, que é composto por:

- Hidrogénio (H₂);
- Dióxido de Carbono (CO₂);
- Oxigénio (O₂);
- Monóxido de Carbono (CO);
- Metano (CH₄).

Durante o processo de produção utiliza-se Hidróxido de Sódio, estando estimado gastar num ano cerca de 170 kg de NaOH.

4.6.3.2. *Emissões Gasosas*

O funcionamento do equipamento não origina emissões gasosas, no entanto, a energia fornecida para o processo é proveniente da rede pública. Devido a este fator podem ocorrer emissões indiretas, estando assim dependentes da oscilação das fontes de produção de energia da rede pública.

Quando a fonte de energia do equipamento for de origem eólica e/ou solar, o projeto irá contribuir para a produção de energia renovável, diminuindo assim o consumo de combustíveis fósseis.

4.6.3.3. Efluentes Líquidos

Durante o funcionamento do equipamento ocorre a produção de águas residuais. Em média a água residual é 6% do total de água que entrou no eletrolisador. Esta água residual contém resíduos de carbono e de NaOH (cerca de 1-2% da quantidade entrou no processo).

Já foram realizadas análises químicas para quantificar a quantidade de gorduras e de óleos minerais, tendo as mesmas dado valores inferiores a 150 mg/L e a 60 mg/L correspondentemente.

4.6.3.4. Resíduos

Na tabela 4-3 apresentam-se os resíduos que estão previstos ser produzidos durante a fase de exploração do equipamento.

Tabela 4-3 - Resíduos Produzidos (Previsão)

Tipologia	Código LER	Designação
Resíduos de Embalagens	15 01 01	Embalagens de Papel e Cartão
	15 01 02	Embalagens de Plástico
	15 01 07	Embalagens de Vidro
	15 01 10	(*) Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas
Resíduos Elétricos e Eletrónicos	16 02 14	Equipamento fora de uso não abrangido em 16 02 09 a 16 02 13
	16 02 16	Componentes retirados de equipamento fora de uso não abrangidos em 16 02 15
Vestuário de Proteção	15 02 02	(*) Absorventes, materiais filtrantes (incluindo filtros de óleo sem outras especificações), panos de limpeza e vestuário de proteção, contaminados por substâncias perigosas

Tipologia	Código LER	Designação
Vestuário de Proteção	15 02 03	Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza e vestuário de proteção não abrangidos em 15 02 02
Componentes do Equipamento	07 02 13	Resíduos de plástico
Resíduos equiparados a urbanos	20 01 01	Papel e cartão
	20 01 02	Vidro
	20 01 08	Resíduos biodegradáveis
	20 01 39	Plásticos
	20 03 01	Mistura de resíduos urbanos equiparados

A maior parte dos resíduos produzidos durante a fase de exploração são não perigosos.

Para armazenamento e acondicionamento dos resíduos deve-se criar um local para armazenamento de resíduos (Ferreira et al., 2022).

Os resíduos perigosos produzidos serão acondicionados e armazenados em depósitos estanques e numa bacia de retenção, com o objetivo de evitar derrames que origem acidentes (Ferreira et al., 2022).

De acordo com a legislação e com o objetivo de encaminhar os resíduos para o destino final adequado, devem ser implementadas as seguintes medidas (Ferreira et al., 2022):

- Caracterização físico-química dos resíduos;
- Identificação por código LER;
- Armazenagem dos resíduos pelo período mais curto possível;
- Formação dos operadores para a triagem de resíduos;
- Encaminhar os resíduos para destino final licenciado;
- Privilegiar as operações de valorização em detrimento de eliminação e optar por operadores de gestão de resíduos locais.

4.6.3.5. Ruído

Segundo os operadores do projeto os equipamentos utilizados, não são grandes produtores de ruído.

Os únicos componentes que produzem ruído, são a fonte de alimentação e a bomba de circulação.

4.6.4. Fase de Desativação

A fase de desativação, apresenta-se a médio prazo, visto que o tempo de vida útil do equipamento é de 5 anos, no entanto poderá sofrer alterações caso existam alterações no mercado, na tecnologia e na inovação.

Como o projeto está em laboratório e o equipamento não tem uma rede de infraestruturas complexas, não existe a necessidade de elaborar um Plano de Desativação detalhado, no entanto deve-se priorizar ao máximo o reaproveitamento e valorização dos componentes resultantes.

4.6.4.1. Plano de Desativação

A desativação deve-se basear em duas etapas:

- Paragem;
- Desmantelamento.

Como o projeto está num laboratório químico não existe a necessidade de caracterização físico-química dos solos e das águas.

A desativação irá iniciar pela paragem do funcionamento do equipamento, e de seguida será escoado o gás de síntese armazenado.

Após a paragem, serão encaminhados todos os resíduos originados no decorrer da atividade, bem como os produtos químicos no interior do equipamento. Durante as operações de desmantelamento deve-se evitar a ocorrência de derrames e de acidentes pessoais.

Todos os resíduos, originados nas atividades de desmantelamento, serão triados, por tipologia, perigosidade e código LER, devendo sempre optar por operações de valorização.

4.7. Caracterização da Situação de Referência

Neste capítulo elabora-se uma caracterização da situação de referência na área afetada diretamente pelo projeto.

Como já foi explicado anteriormente, devido ao local onde está implantado o equipamento só serão analisados alguns fatores ambientais, entre os quais:

- Clima;
- Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos;
- Qualidade do Ar;
- Ambiente Sonoro.

Para esta caracterização, efetuou-se uma vasta pesquisa bibliográfica, para os descritores já apresentados.

4.7.1. Clima e Alterações Climáticas

4.7.1.1. Metodologia

No presente fator ambiental, elabora-se uma caracterização climatológica, da área de estudo, analisando-se os principais elementos do clima, tomando por base os seguintes pontos:

- Análise das condições climatéricas;
- Análise de fenómenos específicos.

4.7.1.2. Caracterização Local

A cidade de Lisboa, tem um clima típico mediterrâneo, composto por um verão quente seco, concentrando grande parte da precipitação ocorre entre os meses de outubro e abril. O clima lisboeta apresenta as seguintes características (CML, 2010):

- A temperatura média ronda os 16 °C. A temperatura mínima é atingida entre os meses de dezembro, janeiro e fevereiro e a temperatura máxima regista-se entre os meses de julho a setembro;
- A precipitação média anual varia entre os 650 mm e os 760 mm, com o máximo a registar-se entre os meses de fevereiro e novembro, e o mínimo ocorre nos meses de julho e agosto;
- A maior parte dos ventos é oriundo de Norte, estando também os ventos de rumo Noroeste e Nordeste com bastante significado;
- No verão predominam os ventos de Norte, no inverno dominam os ventos de sudoeste, nas estações intermédias o vento provém na maior parte das vezes de oeste e noroeste;
- As situações de ocorrência de nevoeiro são raras, ocorrendo essencialmente em dezembro e janeiro;
- A nebulosidade tem maior intensidade durante o inverno.

A cidade de Lisboa, às vezes é influenciada por condições climatológicas imprevisíveis, que conduzem a situações mais extremas (CML, 2010):

- Valores de temperaturas acima dos 40 °C e valores negativos;
- Em curtos períodos ocorrem valores elevados de pluviosidade;
- Rajadas de vento muito fortes;
- Trovoada.

4.7.1.3. Classificação Climática

A classificação climática de Köppen, caracteriza o clima de regiões, com base nos valores de temperatura do ar, da distribuição e da quantidade precipitação ao longo do ano (Santiago et al., 2022).

Segundo a classificação de Köppen, a região em análise, emoldura-se na categoria Cs e subtipo Csa (Santiago et al., 2022).

- **C** – Clima temperado quente – T entre os -3 °C e os 18 °C no inverno e no verão com Temperatura superior a 10 °C;
- **s** – Chuva de inverno;
- **a** – Verão quente e inverno brando – temperatura média do ar no mês mais quente é superior a 22 °C.

4.7.1.4. Situação de Referência

A informação climatológica, utilizada neste estudo é proveniente da estação meteorológica de Lisboa/Geofísico, na Tabela 4-4 podem-se consultar alguns dados sobre a localização da mesma.

Tabela 4-4 - Estação Meteorológica (Instituto de Meteorologia, n.d.)

Estação	Latitude	Longitude	Período Temporal	Altitude
Lisboa/Geofísico	38°43' N	9°8' W	1971-2000	77 m

A temperatura média anual registada nesta estação é de 17 °C, a temperatura média do mês mais frio (janeiro) é de 11,3 °C e a temperatura média do mês mais quente (agosto) é de 22,9 °C. A amplitude térmica é de 11,6 °C (Instituto de Meteorologia, n.d.).

A temperatura mínima média do mês mais frio é de 8,1 °C e a temperatura mínima média do mês mais quente é de 18,1 °C. A temperatura mínima mais baixa registada foi de 0,4 °C e temperatura mínima mais alta foi de 27,6 °C (Instituto de Meteorologia, n.d.).

A temperatura máxima média do mês mais frio é de 14,5 °C e a temperatura máxima média do mês mais quente é de 27,8 °C. A temperatura máxima mais baixa registada foi de 4,2 °C e temperatura máxima mais alta foi de 41,5 °C (Instituto de Meteorologia, n.d.).

O número de dias com a temperatura mínima inferior a 0 °C é 0 dias e o número de dias com a temperatura máxima superior a 25 °C foi de 92,2 dias (Instituto de Meteorologia, n.d.).

A Figura 4-4 demonstra que existem dois períodos com características hidrológicas diferentes (Instituto de Meteorologia, n.d.):

- O período húmido que abrange os meses de outubro até maio, correspondendo às barras da precipitação se encontrem acima da linha da temperatura ($P > 2 \times T$);
- O período seco abrange os meses de junho até setembro, ou seja, todos os meses, onde as barras da precipitação estão abaixo da linha da temperatura ($P < 2 \times T$).

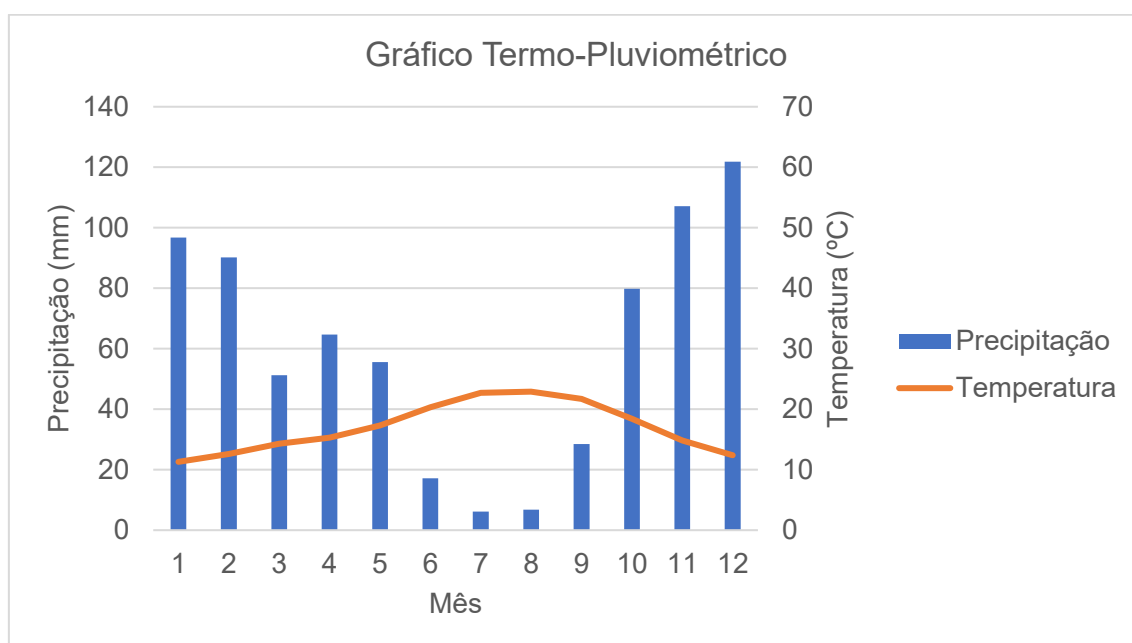


Figura 4-4 - Gráfico Termo-Pluviométrico (Instituto de Meteorologia, n.d.)

4.7.1.5. Precipitação

A precipitação média anual registada nesta estação é de 725,8 mm, verificando-se a existência de quatro meses secos (junho, julho, agosto e setembro) (Instituto de Meteorologia, n.d.).

O mês com maior nível de precipitação foi dezembro com 121,8 mm, e o mês com o menor nível de precipitação foi julho com 6,1 mm (Instituto de Meteorologia, n.d.).

A maior ocorrência diária foi durante o mês de novembro de 95,6 mm (Instituto de Meteorologia, n.d.).

4.7.1.6. *Evaporação e Humidade*

A evaporação anual registada da estação é de 1082,5 mm, sendo que o mês com maior evaporação foi agosto (145,9 mm) e o mês com menor evaporação foi dezembro (49 mm) (Instituto de Meteorologia, n.d.).

A humidade relativa média anual é de 76%. O máximo registado foi em dezembro e janeiro, cerca de 86% e o valor mínimo registado foi 67% em julho (Instituto de Meteorologia, n.d.).

4.7.1.7. *Ventos*

A estação registou que a velocidade média anual do vento foi de 13 km/h (Instituto de Meteorologia, n.d.).

Registaram-se em 34,9 dias intensidades de vento superiores a 60 km/h e 3,4 dias intensidades superiores a 80 km/h (Instituto de Meteorologia, n.d.).

4.7.1.8. *Nevoeiro*

A estação registou a ocorrência de nevoeiro em 13,5 dias. O mês com maior número de dias de nevoeiro foi em janeiro, tendo-se registado em 2,9 dias, o mês com menor ocorrência de nevoeiro foi em julho, tendo se registado em 0,1 dias (Instituto de Meteorologia, n.d.).

4.7.1.9. *Geadas, Granizo e Neve*

A geada foi um acontecimento meteorológico praticamente inexistente, tendo sido o máximo registado em fevereiro e dezembro (0,2 dias), e no resto do ano foi maioritariamente nulo (Instituto de Meteorologia, n.d.).

A queda de granizo também foi um episódio, que ocorreu muito raramente, tendo o máximo sido registado em fevereiro e março (0,4 dias) e no resto do ano, houve alguns meses onde não houve registo deste episódio (Instituto de Meteorologia, n.d.).

Não foram registados pela estação episódios de neve (Instituto de Meteorologia, n.d.).

4.7.1.10. *Trovoada*

Os episódios de trovoada na zona são muito reduzidos, tendo-se apenas registado anualmente em 8,0 dias (Instituto de Meteorologia, n.d.).

Os valores de trovoada variam desde 0,3 dias em junho e julho e 1,3 dias em abril (Instituto de Meteorologia, n.d.).

4.7.1.11. Alterações Climáticas

As alterações climáticas, são uma das maiores ameaças do nosso tempo e é um perigo transversal a todo o planeta (CML, 2017).

Na tabela 4-5 podem-se consultar as projeções climáticas para Lisboa de acordo com a Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas.

Tabela 4-5 - Projeções Climáticas (CML, 2017)

Variável Climática	Sumário	Alterações Projetadas
Precipitação	Diminuição da precipitação anual	Média Anual Diminuição da precipitação média anual mais acentuada no final do séc. XXI, variando entre os 4% e os 51%; Precipitação Sazonal No inverno, ainda não é clara a previsão, podendo diminuir ou aumentar a quantidade de precipitação, no entanto nas restantes estações a precipitação irá diminuir. Secas A diminuição da precipitação entre 11 a 35 dias, irá causar períodos de secas mais frequentes e mais intensas.
Temperatura	Aumento da temperatura média anual	Média Anual e Sazonal No final do século estima-se que a temperatura aumente entre 1 °C e os 4 °C; Dias muito quentes Vão aumentar o número de dias com temperaturas superior a 35 °C e as noites com temperaturas mínimas superiores a 20 °C; Ondas de Calor Serão mais frequentes.

Variável Climática	Sumário	Alterações Projetadas
Nível médio da água do mar	Subida do nível médio da água do mar	<p>Média</p> <p>Estima-se que em 2050 o aumento do nível médio da água do mar, se situa entre os 0,17 m e os 0,38 m e até ao final do século estes valores ascendam para 0,26 m e 0,82 m respetivamente. O pior dos cenários estima que o nível médio da água do mar pode subir 1,10 m;</p> <p>Eventos Extremos</p> <p>Poderão ocorrer mais eventos extremos com a subida do nível médio da água do mar conjugado com a sobrelevação do nível da água associada a tempestades.</p>
Fenómenos extremos de precipitação	Aumento dos fenómenos extremos de precipitação	<p>Eventos Extremos</p> <p>As tempestades de invernos serão mais intensas e acompanhadas de precipitação intensa e muito intensa.</p>

4.7.2. Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos

4.7.2.1. Metodologia

A caracterização dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, bem como a apresentação da fonte de água utilizada para o projeto, tiveram por base:

- Plano de Gestão da Região Hidrográfica (RH5A), denominada de Tejo e Ribeiros do Oeste;
- Tese de Mestrado em Engenharia Geológica, denominada de Técnicas de Prospeção e Captação de Águas Subterrâneas, com autoria de Zunchany Trinta Matola;
- Sítio da internet da Empresa Portuguesa das Águas Livres.

Na presente caracterização apresentou-se também os resultados do último trimestre de 2023, referente à qualidade da água utilizada no projeto.

4.7.2.2. Recursos Hídricos Superficiais

A área de estudo encontra-se localizada na região hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste-RH5, na sub-bacia do Tejo, de acordo com o Decreto-Lei n.º347/2007, na sua atual redação (Machado et al., 2023).

A Figura 4-5 apresenta a região hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste-RH5, que tem uma área aproximada de 30 502 km² do território português, e integra a bacia hidrográfica do rio Tejo, ribeiras adjacentes e ribeiras do Oeste, bem como as águas subterrâneas e águas costeiras (Machado et al., 2023).

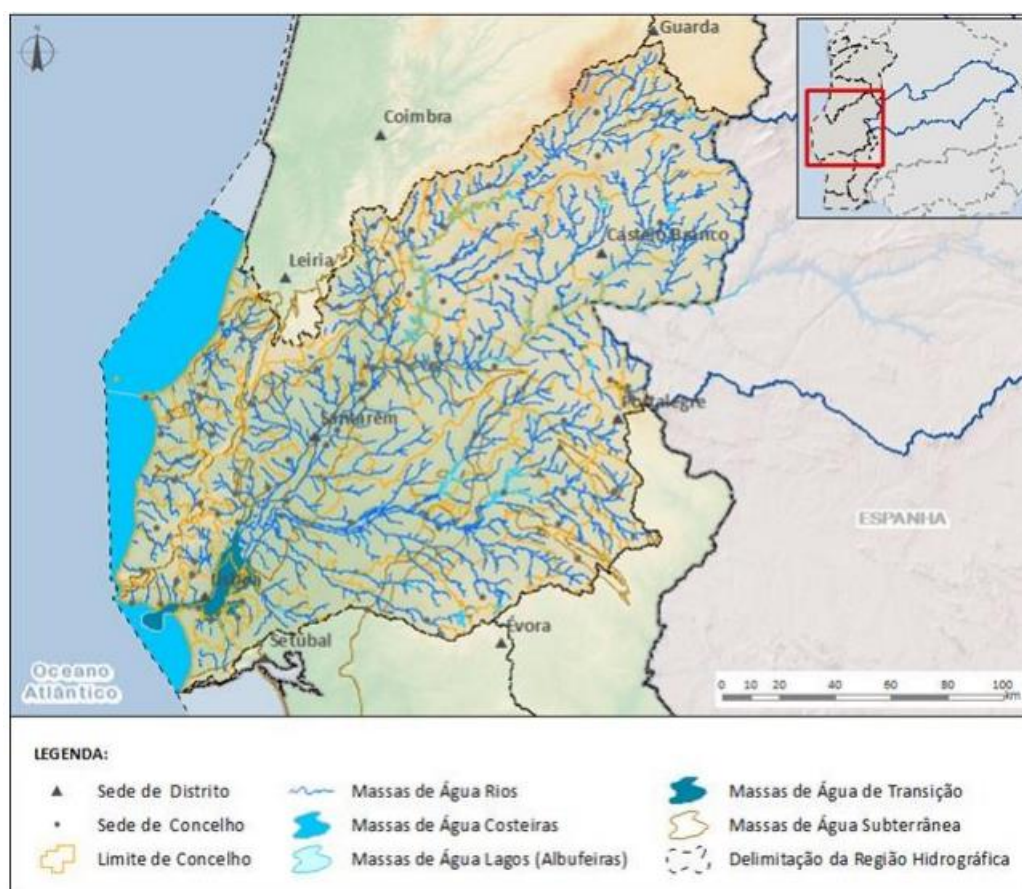


Figura 4-5 - Delimitação Geográfica da RH5 (Nuno Machado et al., 2023)

O Plano de Gestão da Bacia Hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste, está dividido em 18 sub-bacias hidrográficas, Almansôr, Costeiras entre o Oeste 2 e o Tejo, Divor, Erges, Grande, Maior, Nabão, Ocreza, Pônsul, Raia, Seda, Sever, Sôr, Sorraia, Tejo, Zêzere, Oeste 1, Oeste 2, Costeiras do Oeste 2, Costeiras entre o Lis e Oeste 2, Costeiras entre o Tejo e Sado, Costeiras entre o Oeste 2 e Sado (Machado et al., 2023).

O projeto insere-se na sub-bacia hidrográfica do Tejo, que abrange 7592 km² (Machado et al., 2023).

4.7.2.3. *Recursos Hídricos Subterrâneos*

As condições hidrogeológicas variam em função da profundidade e da localização das camadas captadas (Duque, 2022).

A área de projeto encontra-se localizada na zona da Orla Ocidental, caracterizada por uma grande heterogeneidade, formada por formações quaternárias, compostas por rochas sedimentares, argilitos, arenitos, carbonatos e arenosos desagregados. Devido à tipologia das rochas, a Orla Ocidental apresenta aquíferos muito importantes (Duque, 2022).

O sistema poroso é caracterizado por produtividades entre 0,1 L/s a 125 L/s e transmissividades 120 m²/dia a 1820 m²/dia (Duque, 2022).

Nos locais da Orla Ocidental, compostos pelo sistema cárstico, caracterizado por calcários, calcários margosos, calcários oolíticos, calcários dolomíticos e dolomitos. Os aquíferos compostos por este tipo de rochas produzem entre 0 L/s a 280 L/s e a transmissividade oscila entre 1 m²/dia a 2800 m²/dia (Duque, 2022).

4.7.2.4. *Impactes e pressões nas massas de água superficiais e subterrâneas*

A bacia hidrográfica sofre vários tipos de pressão (Machado et al., 2023):

- Qualitativa;
- Quantitativas;
- Hidromorfológicas;
- Biológicas;
- Impactes.

4.7.2.4.1. *Pressões Qualitativas*

As pressões qualitativas pontuais, estão associadas às descargas de águas residuais, com origem urbana, industrial e agro-pecuária. Na Figura 4-6 pode-se consultar a síntese de pressões qualitativas pontuais da bacia hidrográfica (Machado et al., 2023).

Descargas Urbanas	•496 descargas
Descargas PCIP	•166 unidades
Indústria Transformadora	•26 unidades
Indústria Alimentar e do Vinho	•44 unidades
Explorações Mineiras	•28 unidades
Aterros Urbanos e Industriais	•24 unidades (2 encerradas)
Aquicultura	•55 unidades

Figura 4-6 - Pressões qualitativas (Machado et al., 2023)

Na Figura 4-7, observa-se em formato de gráfico, as cargas das descargas efetuadas por setor. O setor urbano e industrial, foram os maiores contribuidores das cargas de Carência Química de Oxigênio (CQO) e da Carência Bioquímica de Oxigênio (CBO₅), por outro lado o setor da agricultura e da pecuária efetuou descargas com maior carga de azoto nas massas de água.

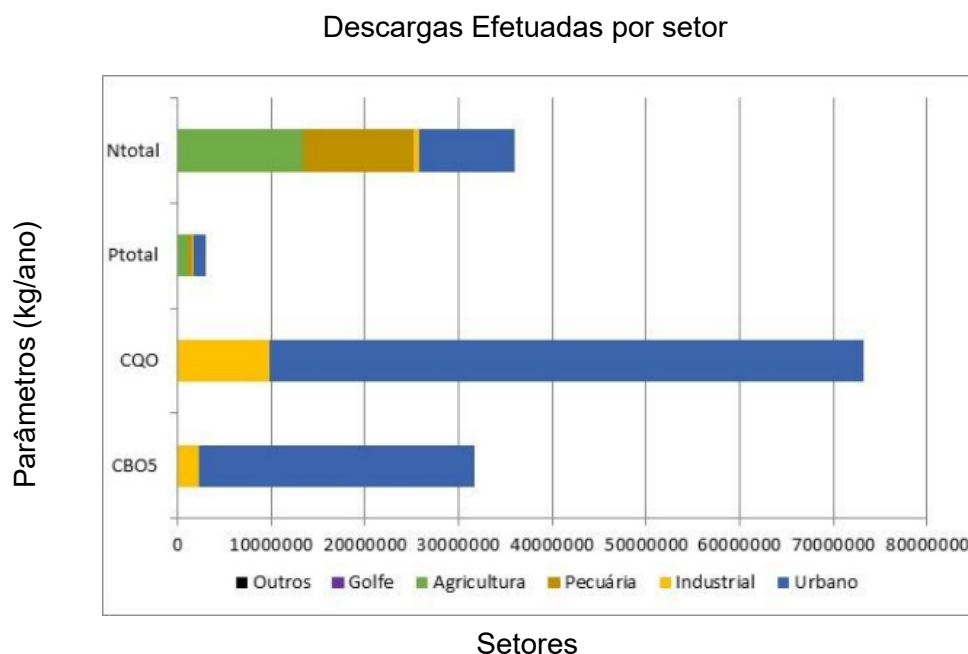


Figura 4-7 - Cargas rejeitadas por setor (Machado et al., 2023)

4.7.2.4.2. Pressões Quantitativas

Os setores que captaram mais água da bacia hidrográfica foram (Machado et al., 2023):

- Energia, cerca de 89% do volume captado, no entanto não consumptivo;
- Agricultura, cerca de 7,7%;
- Abastecimento público, cerca de 2,6%.

Relativamente à origem da água, a situação também difere de setor para setor (APA, 2023b):

- O setor da energia captou 16251 hm³, no entanto a água é 100% de origem superficial;
- O setor urbano captou 363 hm³, sendo que 59% é origem superficial e 41% subterrânea;
- O setor da indústria captou 177,5 hm³, sendo que 56% da água é de origem superficial e 44% de origem subterrânea;
- O setor agrícola captou 1386 hm³, sendo que 51% da água é proveniente de origem superficial e 49% de origem subterrânea;
- A pecuária captou 19 hm³, sendo que 5% da água é de origem superficial e 95% de origem subterrânea;
- O setor do turismo captou 9 hm³, sendo que 99,7% da água é de origem subterrânea e o remanescente é de origem superficial;
- Os outros setores captaram 19 hm³, sendo que 31% da sua água tem origem superficial e 69% é de origem subterrânea.

4.7.2.4.3. Pressões Hidromorfológicas

Relativamente às pressões hidromorfológicas registam-se (Machado et al., 2023):

- 2333 infraestruturas transversais;
- 48 infraestruturas dedicadas à produção de energia;
- 40 pequenas unidades de aproveitamento hidroelétrico;
- 137 instalações portuárias.

4.7.2.4.4. Pressões Biológicas

As pressões biológicas identificadas nas massas de água, são de origem piscícola em água doce e a presença de espécies exóticas (Machado et al., 2023):

- Lagostim-vermelho do Luisiana (*Procambarus clarkii*), que está presente em toda a região hidrográfica, no entanto esta espécie tem potencial para ser explorado economicamente;
- Caranguejo-chinês (*Eriocheir sinensis*), é considerada uma das piores espécies invasoras, e já se encontra com uma presença bastante abundante pela região hidrográfica;
- Ameijoia asiática (*Corbicula flumínea*), apresenta uma distribuição muito alargada pela região hidrográfica;
- A perca-sol (*Lepomis gibbosus*), o achigã (*Micropterus salmoides*), a carpa (*Cyprinus carpio*), e o alburno (*Alburnus alburnos*), já tem uma presença bastante alargada na região hidrográfica;
- O jacinto de água (*Eichhornia crassipes*), a azola (*Azolla filiculoides*) e a erva pinheirinha (*Myriophyllum verticillatum*), são as espécies que tem colocado em causa a sobrevivência da biodiversidade aquática com maior impacte.

4.7.2.4.5. Impactes

Derivado das pressões anteriormente identificadas, os impactes mais significativos nas massas de água são (Machado et al., 2023):

- Poluição orgânica (239 massas de água);
- Poluição por nutrientes (135 massas de água);
- Alterações morfológicas (100 massas de água);
- Alterações hidrológicas (61 massas de água);
- Poluição microbiológica (45 massas de água).

4.7.2.5. Estado das Massas de Água superficiais e subterrâneas

Esta rede hidrográfica é composta por 467 massas de águas superficial e 20 massas de água subterrâneas.

Segundo a tabela 4-6, 47% das águas superficiais estão em bom estado ou superior, no entanto 51% das massas de água estão em inferior a bom. O estado de 2% das massas de água é desconhecido (Machado et al., 2023).

Tabela 4-6 - Estado das Massas de águas superficiais (Machado et al., 2023)

Estado da Água	Massas de águas superficiais (%)
Bom e superior	47
Inferior a bom	51
Desconhecido	2

A tabela 4-7 indica que 90% das águas subterrâneas estão em bom estado e 10% estão em estado medíocre (Machado et al., 2023).

Tabela 4-7 - Estado das Massas de água subterrâneas (Machado et al., 2023)

Estado da Água	Massas de águas subterrâneas (%)
Bom	90
Medíocre	10
Desconhecido	0

4.7.2.6. Origem da água utilizada no projeto

A Empresa Pública de Águas Livres gere o abastecimento e o saneamento da água que abastece o concelho de Lisboa (EPAL, n.d.).

As principais origens da água que abastece a rede de abastecimento é a albufeira de Castelo de Bode, e a margem direita do rio Tejo, em Valada, sendo ainda complementados por 20 captações subterrâneas (EPAL, n.d.).

O sistema de produção e transporte da água, constituído por 700 km de adutores, com uma capacidade produtiva de 1 000 000 m³/d, e com uma capacidade de armazenamento de 370. 000 m³ (EPAL, n.d.).

No quarto trimestre de 2023, foram analisadas 259 amostras, tendo sido efetuadas 5383 análises por parâmetro (EPAL, n.d.).

Na Tabela 4-8, expressam-se o número de análises realizadas por parâmetros, os valores máximos e mínimos obtidos nas análises, efetuadas, os valores legais permitidos e o número de análises com valores superiores aos limites legais.

Tabela 4-8 - Nº de Amostras Realizadas, Valores Máx. e Mín., Requisitos Legais, Nº de Análises superior ao limite legal da água abastecida em Lisboa durante o 4º trimestre de 2023 (EPAL, 2024)

Parâmetros	Nº Análises Realizadas	Valor Determinado		Requisitos Legais	Nº Análises
		Máximo	Mínimo	DL N.º.69/2023	>VP
Parâmetros de Controlo de Rotina 1	773				5
Cloro Residual Livre (mg/L Cl ₂)	259	0,99	0,18	-	-
Coliformes totais (ufc/100 mL)	257	23	0	0	4
<i>E. coli</i> (ufc/100 mL)	257	3	0	0	1
Parâmetros de Controlo de Rotina 2	1788				2
Cheiro a 25°C (Fator dil.)	159	<1	-	3	0
Condutividade (µS/cm 20°C)	257	428	135,6	2500	0
Cor (mg/L Pt)	79	3	<2	20	0
Cor (mg/L Pt-Co)	3	<1	-	20	0
Estreptococos fecais (ufc/100 mL)	257	1	0	0	1
Germes aeróbios totais a 22 °C (ufc/mL)	257	40	0	s/alteração anormal	0
Germes aeróbios totais a 37 °C (ufc/mL)	257	48	0	s/alteração anormal	0
pH (E.Sørensen)	103	8,33 (a 19,3 °C)	7,67 (a 20,1 °C)	≥6,5 e ≤9,5	0
Sabor a 25 °C (Fator dil.)	159	<1	-	3	0

Parâmetros	Nº Análises Realizadas	Valor Determinado		Requisitos Legais	Nº Análises >VP
		Máximo	DL Nº.69/2023		
Parâmetros Controlo de Inspeção	2822				1
Turvação (UNT)	257	7,5	<0,10	4	1
Alumínio (µg/L)	189	37,8	<20,0	200	0
Antimónio (µg/L)	43	<0,5	-	10	0
Arsénio (µg/L)	43	1,03	<0,50	10	0
Azoto amoniacal (mg NH ₄ /L)	171	<0,07	-	0,50	0
Benzeno (µg/L)	4	<0,3	-	1	0
Boro (mg/L)	43	0,0557	<0,0200	1,5	0
Cádmio (µg/L)	43	<0,5	-	5	0
Cálcio (mg/L)	91	33,6	14,2	-	0
Carbono orgânico total (mg C/L)	91	2,14	0,80	s/alteração anormal	0
Chumbo (µg/L)	43	2,4	<0,50	10	0
Cianetos (µg/L)	3	<5	-	50	0
Cloratos (mg/L)	13	0,135	<0,0250	0,25	0
Cloretos (mg/L)	53	48,8	11,7	250	0
Cloritos (mg/L)	13	<0,0250	-	0,25	0
<i>Clostridium perfringens</i> (inclui esporos) (ufc/100 mL)	257	0	-	0	0
Cobre (µg/L)	43	3,34	<1,00	2000	0

Parâmetros	Nº Análises Realizadas	Valor Determinado		Requisitos Legais	Nº Análises
		Máximo	Mínimo	DL N.º.69/2023	>VP
Crômio (µg/L)	43	<1,00	-	50	0
1,2 - Dicloroetano (µg/L)	4	<0,10	-	3,0	0
Dureza total (mg CaCO ₃ /L)	91	109	47,7	-	-
Epícloridrina (µg/L)	3	<0,10	-	0,10	0
Ferro (µg/L)	189	267	<20,0	200	1
Fluoretos (µg/L)	43	203	<100	1500	0
Magnésio (mg/L)	91	6,08	2,85	-	-
Manganês (µg/L)	189	14,1	<5,00	50	0
Mercúrio (µg/L)	53	0,97	<0,200	1,0	0
Níquel (µg/L)	43	1,57	<1,00	20	0
Nitratos (mg/L)	171	3,20	<1,00	50	0
Nitritos (mg/L)	171	0,0050	<0,0050	0,5	0
Oxidabilidade (mg O ₂ /L)	257	2,1	<0,60	5	0
Selênio (µg/L)	43	<2,00	-	20	0
Sódio (mg/L)	43	51,6	8,82	200	0
Soma Tricloroetano e Tetracloroetano (µg/L)	101	<1,0	-	10	0
Tetracloroetano (µg/L)	101	<0,10	-	-	-
Tricloroetano (µg/L)	101	<1,0	-	-	-

Parâmetros	Nº Análises Realizadas	Valor Determinado		Requisitos Legais	Nº Análises
		Máximo	Mínimo	DL N°.69/2023	>VP
Sulfatos (mg/L)	43	35,4	16,3	250	0
Trihalometanos - Total (µg/L)	101	77	20	80	0
Bromodiclorometano (µg/L)	101	21	5	-	-
Bromofórmio (µg/L)	101	13	<1,0	-	-
Clorofórmio (µg/L)	101	49	6	-	-
Dibromoclorometano (µg/L)	101	18	3,0	-	-

4.7.3. Qualidade do Ar

4.7.3.1. Metodologia

A caracterização da qualidade do ar, bem como a estimativa da emissão de CO₂ utilizando a energia da rede elétrica nacional, teve por base:

- O sítio da internet, da Rede QualAr;
- Dados referentes ao ano de 2023, relativamente às fontes de energia primária para a produção de energia elétrica;
- Eficiências e fator de emissão de GEE, calculadas relativamente ao ano de 2023, de acordo com as tecnologias utilizadas.

4.7.3.2. Caracterização da Qualidade do Ar

Para se efetuar a caracterização da qualidade do ar na zona de projeto considerou-se os dados de duas estações pertencentes à Rede QualAr, devido à sua proximidade ao local onde se insere o projeto:

- Olivais;
- Beato.

Na Figura 4-8 observa-se a localização das estações de monitorização de qualidade do ar assinaladas com bolas verdes, e a localização do projeto, assinalado com um círculo de perímetro negro (APA, 2019).



Figura 4-8 - Localização das Estações de Qualidade do Ar e do Projeto (APA, 2019)

Na Tabela 4-9, apresentam-se algumas informações genéricas sobre as estações de monitorização da qualidade do ar do Beato e dos Olivais.

Tabela 4-9 - Informações Genéricas das Estações do Beato e Olivais (APA, 2019)
(APA, 2019)

Informações	Beato	Olivais
Data de Início	1992-11-01	1992-03-01
Tipo de Ambiente	Urbana	Urbana
Tipo de Influência	Fundo	Fundo
Zona	AML Norte	AML Norte
Morada	Escola Preparatória Luís António Verney, Rua Marquês de Olhão	Escola Secundária António Damásio, Avenida Francisco Luís Gomes
Concelho	Lisboa	Lisboa
Latitude	38.7337	38.7698
Longitude	-9.1145	-9.10729
Altitude	56	32
Entidade Gestora	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo

Na tabela 4-10, apresentam-se os poluentes monitorizados nas estações de monitorização de qualidade do ar localizadas no Beato e nos Olivais. Os poluentes que monitorizados em cada estação, estão assinalados com cor verde, os poluentes que não são monitorizados estão marcados com cor vermelha.

Tabela 4-10 - Poluentes Monitorizados pelas Estações de Monitorização de Qualidade do Ar (APA, 2019) (APA, 2019)

Estação de Monitorização	SO ₂	O ₃	NO ₂	NO _x	NO	PM ₁₀	CO	C ₆ H ₆	PM _{2,5}
Beato									
Olivais									

SO₂ – Dióxido de Enxofre, O₃ – Ozono, NO₂ – Dióxido de Azoto, NO_x – Óxidos de Azoto, NO – Monóxido de Azoto, PM₁₀ – Partículas de diâmetro equivalente inferior a 10 µm, CO – Monóxido de Carbono, C₆H₆ – Benzeno, PM_{2,5} - Partículas de diâmetro equivalente inferior a 2,5 µm

Na tabela 4-11, apresentam-se os valores das concentrações dos poluentes monitorizados nas estações localizadas no Beato e nos Olivais. Da presente tabela foram excluídos os poluentes NO e C₆H₆ por não existirem dados relativos aos mesmos.

Tabela 4-11 - Concentração dos Poluentes nas Estações de Monitorização dos Olivais e Beato (APA, 2019)

Parâmetro	Informação	Limite Legal	2022 (Olivais)	2022 (Beato)
SO ₂	Valor Limite Proteção da Saúde Humana/ Vegetação base horária)	350	0 excedências	(1)
	Média Anual (base horária)	-	1 µg/m ³	(1)
	Valor Limite Proteção da Saúde Humana/ Vegetação (base diária)	125	0 excedências	(1)
	Média Anual (base diária)	-	1 µg/m ³	(1)
O ₃	Objetivos a Longo Prazo para a Proteção da Saúde Humana	120	3 excedências	4 excedências
	Limiar de Informação	180	0 excedências	0 excedências
	Limiar de Alerta	240	0 excedências	0 excedências
	Média Anual (base horária)	-	53 µg/m ³	57 µg/m ³
NO ₂	Excedências ao Valor Limite para Proteção da Saúde Humana (base horária)	200	0 excedências	0 excedências
	Excedências Limiar de Alerta para	400	0 excedências	0 excedências
	Média Anual	40	23 µg/m ³	19 µg/m ³

Parâmetro	Informação	Limite Legal	2022 (Olivais)	2022 (Beato)
PM₁₀	Excedências ao Valor Limite para Proteção da Saúde Humana (base diária)	50	7 excedências	(1)
	Média Anual (base horária)	-	20 µg/m ³	(1)
	Média Anual (base diária)	-	19 µg/m ³	(1)
CO	Excedências ao Valor Limite para Proteção da Saúde Humana (mg/m ³)	10	0 excedências	(1)
	Média Anual (8h)	-	0,36 mg/m ³	(1)
PM_{2.5}	Média anual (base horária)	-	8 µg/m ³	(1)
	Média anual (base diária)	-	8 µg/m ³	(1)

(1) – Sem dados

4.7.3.3. *Estimativa das emissões de Dióxido de Carbono (CO₂), através da utilização da energia da rede elétrica*

Como já foi referido anteriormente, o projeto utiliza atualmente energia elétrica da rede nacional, estando dependente deste modo as emissões associadas à utilização da energia das suas fontes.

Na Tabela 4-12, elaborada através dos dados da Associação Portuguesa de Energias Renováveis (APREN), é possível consultar as percentagens de produção de energia elétrica de origem renovável e fóssil.

Tabela 4-12 - Fontes de Produção de Eletricidade (APREN, n.d.)

Origem	Energia	Quantidade (%)
Renovável	Hídrica	24,7
	Eólica	27,3
	Bioenergia	6,2
	Solar	12,1
	Geotermia	0,4
Não Renovável	Gás Natural	16,7
	Cogeração Fóssil	4,4
	Fuel e Gasóleo	2,2
Outros	Bombagem	6,0

Na Tabela 4-13 apresentam-se as tecnologias com emissões de GEE e eficiências por tipo de tecnologia, segundo a Agência Portuguesa do Ambiente.

Tabela 4-13 - Produção de eletricidade por tecnologias e GEE (APA, 2023)

Combustível Utilizado	Tecnologia	Eficiência de Produção de Eletricidade (%)	Fator de Emissão GEE (kgCO ₂ /kWh)
Gás Natural	Ciclo Combinado	53,4	0,384
Gasóleo	Motores de Ciclo Diesel	36,5	0,733
Fuelóleo	Motores de Ciclo Diesel	41	0,665
Biomassa	Caldeira; Turbina de Vapor	27,9	0,032

A Tabela 4-14 apresenta a emissão de kgCO₂, pela produção de 1 kWh, tendo por base os seguintes pressupostos:

- A produção de CO₂ do gás natural, foi calculado, tendo em conta a percentagem de utilização em 2023 (16,7%), a eficiência de produção de energia elétrica (53,4%) e o fator de emissão de GEE (0,384 kgCO₂/kWh);
- A produção de CO₂ da cogeração-fóssil, foi calculada, tendo em conta a percentagem de utilização em 2023 (4,4%), a fonte de energia primária utilizada (Gás Natural – 59% e Biomassa – 41%) (COGEN, 2021), a

eficiência de produção de energia elétrica (Gás Natural - 53,4% e Biomassa – 27,9%) e o fator de emissão de GEE (Gás Natural - 0,384 kgCO₂/kWh e Biomassa – 0,032 kgCO₂/kWh);

- A produção de CO₂ do fuel e gasóleo, foi calculado, tendo em conta a percentagem de utilização em 2023 (2,2%), a eficiência de produção de energia elétrica (calculada através da média aritmética indicadas da Tabela 17 para o gasóleo e para fuelóleo - 38,75%) e o fator de emissão de GEE (calculado através da média aritmética indicadas da Tabela 17 para o gasóleo e para fuelóleo - 0,699 kgCO₂/kWh);
- A produção de CO₂ da bioenergia/biomassa, foi calculado, tendo em conta a percentagem de utilização em 2023 (6,2%), a eficiência de produção de energia elétrica (27,9%) e o fator de emissão de GEE (0,032 kgCO₂/kWh);
- Indica-se ainda que nestes cálculos só foram considerados as eficiências das tecnologias de produção de energia elétrica, desconsiderando-se as emissões da extração da energia primária e do transporte;
- Como não foi possível consultar as percentagens de energia fornecidas, por tecnologia de produção de energia elétrica pela rede elétrica do ISEL, considerou-se as percentagens de produção de energia elétrica a nível nacional durante o ano de 2023;
- Foram ainda utilizadas as seguintes fórmulas:

$$\text{Energia Final (kWh)} = \text{Quantidade de Energia (kWh)} * \frac{\% \text{ utilização}}{100}$$

Equação 4-1 – Fórmula de cálculo da Energia Final (kWh)

$$\text{Energia Final kWh (por fonte)} = \text{Energia Final (kWh)} * \frac{\% \text{ Energia Primária}}{100}$$

Equação 4-2 – Fórmula de cálculo da Energia Final kWh (por fonte)

$$\text{Energia Secundária (kWh)} = \frac{\text{Energia Final (kWh)}}{\text{Eficiência}}$$

Equação 4-3 – Fórmula de cálculo de Energia Secundária (kWh)

*Prod. CO2 (kg) = Energia Secundária (kWh) * Fator de Emissão de GEE (kgCO2/kWh)*

Equação 4-4 - Fórmula de Cálculo de Produção de CO₂

Com base na tabela 4-14, e com a soma da produção de CO₂ de todas as fontes de energia, podemos concluir que 1 kWh da energia elétrica utilizada no projeto, proveniente da rede elétrica, produz cerca de 0,188 kg/CO₂.

Considerando o consumo de energia elétrica anual, cerca de 8760 kWh, o projeto é responsável pela emissão de 1647 kg de CO₂.

Tabela 4-14 - Estimativa de Produção de CO₂ (kg) por 1kWh

Energia Primária	Utilização (%)	Energia Final (kWh)	Eficiência	Utilização Energia Primária (%)	Energia Final kWh (por fonte)	Energia Secundária (kWh)	Fator de Emissão GEE (kgCO ₂ /kWh)	Produção CO ₂ (kg)
Gás Natural	16,7	0,167	0,534	100	0,167	0,313	0,384	0,120
Coogeração-Fóssil – Gás Natural	4,4	0,044	0,534	59	0,026	0,049	0,384	0,019
Coogeração-Fóssil – Biomassa			0,279	41	0,018	0,065	0,032	0,002
Fuel e Gasóleo	2,2	0,022	0,3875	100	0,022	0,057	0,699	0,040
Bioenergia (Biomassa)	6,2	0,062	0,279	100	0,062	0,222	0,032	0,007
Total	29,5	0,295	-	-	0,295	0,706	-	0,188

4.7.4. Ambiente Sonoro

4.7.4.1. Metodologia

A caracterização do Ambiente Sonoro, teve por base:

- Os Mapas de Ruído do município de Lisboa;
- Análise de fotografias aéreas da envolvente do projeto.

4.7.4.2. Fontes Emissoras de Ruído

Na área envolvente do projeto, as principais fontes de ruído são de origem antropogénica, associadas essencialmente ao tráfego rodoviário, existindo algum comércio adjacente, mas sem grande expressão na produção do ruído.

4.7.4.3. Recetores Sensíveis

Contíguas ao ISEL, existem várias habitações que são consideradas recetores sensíveis.

Através da análise da Figura 4-9 é possível observar que a principal fonte de ruído, que afeta os recetores sensíveis são a circulação rodoviária (CML, 2021). A localização do projeto encontra-se indicada com um círculo negro.

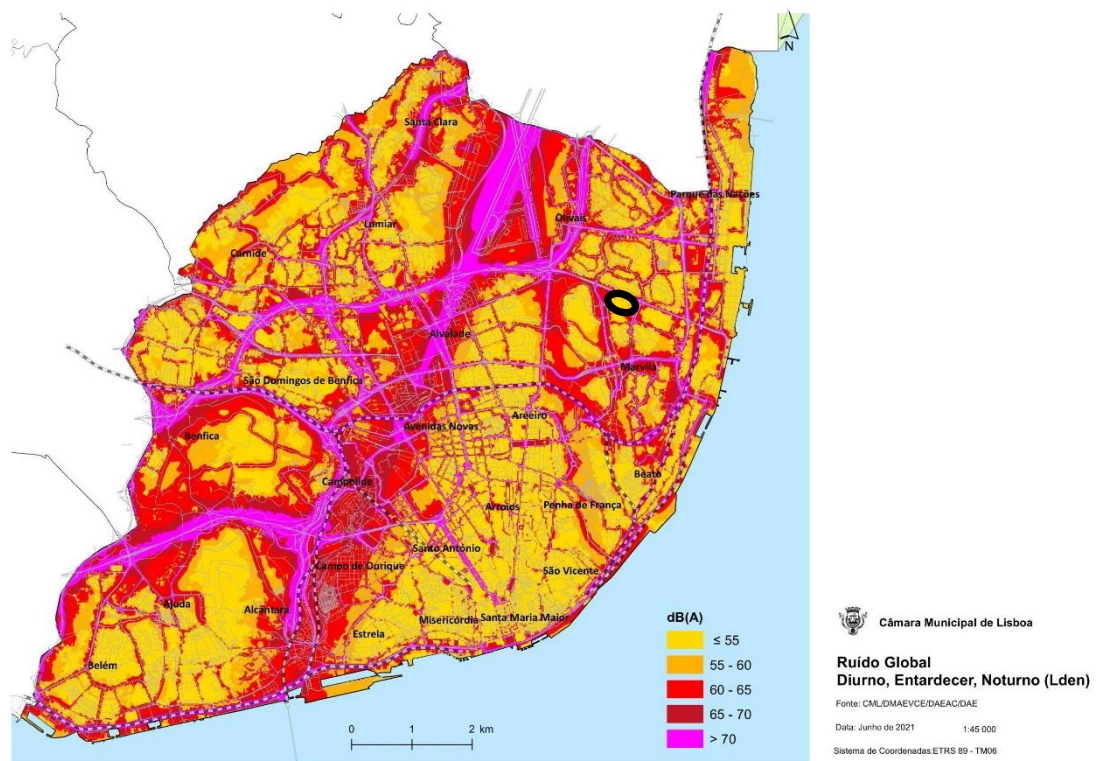


Figura 4-9 - Mapa de Ruído Global Diurno, Entardecer, Noturno (Lden) (CML, 2021)

4.7.5. Resíduos

4.7.5.1. Metodologia

Neste descritor caracteriza-se a gestão de resíduos implementada no local onde se insere o projeto através da:

- Identificação e caracterização dos sistemas de gestão de resíduos;
- Identificação de Operadores de Gestão de Resíduos licenciados.

4.7.5.2. Gestão de Resíduos

De acordo com art. 3º, alínea aa) do Decreto de Lei 102-D/2020, resíduos são:

“quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer”

Este Decreto de Lei, também denominado de Regulamento Geral da Gestão de Resíduos (RGGR), responsabiliza o produtor pela gestão de resíduos (Ferreira et al., 2022).

A responsabilidade da gestão de resíduos, termina quando os mesmos são encaminhados para (Ferreira et al., 2022):

- Um operador de Tratamento de Resíduos;
- Uma entidade responsável pela gestão de fluxos específicos;
- Entidades municipais de recolha/tratamento de resíduos.

Os resíduos produzidos deverão estar armazenados o mínimo de tempo possível e o transporte deve obedecer à Portaria 145/2017 na sua atual redação (Ferreira et al., 2022).

Os locais de destino dos resíduos devem estar devidamente licenciados, para valorização, tratamento e eliminação conforme a tipologia dos resíduos (Ferreira et al., 2022).

Os resíduos devem ser classificados de acordo a Lista Europeia de Resíduos publicada pela Decisão 2014/955/EU da Comissão, de 18 de dezembro na sua atual redação (Ferreira et al., 2022).

4.7.5.3. Resíduos Sólidos Urbanos

Os resíduos urbanos segundo o art. 3º, alínea ee) do RGGR definem-se como o resíduo de:

“De recolha indiferenciada e de recolha seletiva das habitações, incluindo papel e cartão, vidro, metais, plásticos, biorresíduos, madeira, têxteis, embalagens, resíduos de

equipamentos elétricos e eletrónicos, resíduos de pilhas e acumuladores, bem como resíduos volumosos, incluindo colchões e mobiliário” e “De recolha indiferenciada e de recolha seletiva provenientes de outras origens, caso sejam semelhantes aos resíduos das habitações na sua natureza e composição”.

Na cidade de Lisboa, a entidade responsável pela recolha, transporte e deposição de resíduos urbanos é o município, sendo depois a ValorSul responsável pelo tratamento e valorização dos mesmos (Urbana et al., 2022).

O município de Lisboa dispõe de 191 829 contentores, com uma capacidade total aproximada de 50 m³ (Urbana et al., 2022).

Do total de contentores, 45,4% destinam-se à deposição indiferenciada, 41,5% estão afetos à recolha seletiva e 3,2% estão destinados à recolha de biorresíduos (restos alimentares) (Urbana et al., 2022).

A Câmara Municipal de Lisboa dispõe ainda de 207 oleões para recolha de óleos alimentares usados e 873 pilhões para a recolha seletiva de pilhas (Urbana et al., 2022).

O equipamento de pequena capacidade predomina o total de equipamentos, refletindo a importância do sistema porta-a-porta, implementado no setor doméstico e não doméstico, na recolha indiferenciada e seletiva (Urbana et al., 2022).

4.7.5.4. Resíduos de Embalagens

O art. 3º, alínea r) do Decreto-Lei N°152-D/2017, de 11 dezembro, define embalagem como:

“qualquer produto feito de materiais de qualquer natureza utilizado para conter, proteger, movimentar, manusear, entregar e apresentar mercadorias, tanto matérias-primas como produtos transformados, desde o produtor ao utilizador ou consumidor, incluindo todos os artigos descartáveis utilizados para os mesmos fins, e tendo em conta o disposto no anexo II ao presente decreto-lei”.

Em Portugal existem quatro entidades gestoras licenciadas para a gestão de embalagens e resíduos de embalagens (Ferreira et al., 2022):

- Novo Verde – responsável pela gestão de embalagens e resíduos de embalagens;
- VALORMED – responsável pela gestão de embalagens e resíduos de embalagens de medicamentos;
- SIGERU - responsável pela gestão de embalagens e resíduos de embalagens utilizadas na agricultura.

4.7.5.5. Óleos Usados

O art, 3º, alínea dd) do DL nº152-D/2017, de 11 dezembro, também define óleos usados como:

“quaisquer lubrificantes, minerais ou sintéticos, ou óleos industriais que constituam resíduos, designadamente os óleos usados dos motores de combustão e dos sistemas de transmissão, os óleos lubrificantes usados e os óleos usados para turbinas e sistemas hidráulicos”.

As operações de gestão de resíduos de óleos usados, devem primar pela regeneração, seguida de outras formas de reciclagem e, por fim, outras formas de valorização (Ferreira et al., 2022).

Os produtores deste resíduo devem garantir as condições necessárias de modo a garantir os princípios da gestão de hierarquia de resíduos (Ferreira et al., 2022).

A recolha de óleos usado é assegurada pela SOGILUB, tendo como parceiros várias empresas para a recolha e tratamento dos óleos lubrificantes (Ferreira et al., 2022).

Em Lisboa a empresa parceira da SOGILUB responsável pela recolha e tratamento é a SISAV, S.A (SOGILUB, n.d.).

4.7.5.6. Pilhas e Acumuladores Usados

O art. 3º, alínea hh) do DL nº152-D/2017, de 11 dezembro, define pilha ou acumulador como:

“qualquer fonte de energia elétrica obtida por transformação direta de energia química, constituída por uma ou mais células primárias não recarregáveis ou por um ou mais elementos secundários recarregáveis”.

Os fabricantes de pilhas e acumuladores são responsáveis por utilizar cada vez menos substâncias perigosas de modo a diminuir o impacto negativo no ambiente e na saúde humana (Ferreira et al., 2022).

Em Portugal, existem algumas entidades gestoras de resíduos de pilhas e acumuladores, tais como (Ferreira et al., 2022):

- Ecopilhas – assegura a gestão de um sistema integrado de resíduos de pilhas e acumuladores portáteis e de baterias e acumuladores industriais;
- VALORCAR – gere os resíduos de acumuladores de veículos automóveis e alguns acumuladores industriais.

4.7.5.7. *Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos*

O art.3º, alínea rr) do DL nº152-D/2017, de 11 dezembro, define resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE) como:

“quaisquer EEE que constituam resíduos, incluindo os componentes, subconjuntos e materiais consumíveis que fazem parte integrante do produto no momento em que este é descartado”

O DL nº102-D/2020, de 10 de dezembro indica medidas de proteção do ambiente e da saúde para reduzir os impactes decorrentes da produção e da gestão dos resíduos (Ferreira et al., 2022).

Os REEE, abrangem o princípio da responsabilidade alargada do produtor, ao qual é atribuída a responsabilidade da gestão do resíduo, podendo ser assumida por uma entidade gestora (Ferreira et al., 2022).

4.7.6. Solo e Uso do Solo

4.7.6.1. *Metodologia*

Neste descritor analisa-se o uso atual do solo na zona do projeto, através de fotografias aéreas, com o objetivo de identificar o uso atual.

Tendo em conta que o projeto se encontra dentro de um laboratório, não há a necessidade de caracterizar o solo atual, uma vez que o local do projeto e a sua envolvente estão impermeabilizados antropogenicamente.

4.7.6.2. *Uso do Solo*

Pela observação da Figura 4-10, conclui-se que no local do projeto (assinalado com um círculo preto) e na sua envolvente, identificam-se os seguintes usos do solo:

- **Área educacional (ensino superior/investigação)** – inclui-se o ISEL, onde decorre o projeto;
- **Área habitacional** – nas proximidades da zona de projeto é possível observar vários núcleos habitacionais, constituídos essencialmente por prédios;
- **Área comercial** – na envolvente do projeto existem algumas zonas ocupadas por estabelecimentos comerciais, como lojas e restaurantes;
- **Uso rodoviário** – é composto por estradas, destacando-se a Avenida Santo Condestável e a Avenida Dr. Augusto Castro.



Figura 4-10 - Zona de Projeto e Envolverte (Google, 2024)

4.8. Identificação e Avaliação de Impactes Ambientais

4.8.1. Metodologia

A previsão, identificação, avaliação e hierarquização dos impactes ambientais resultante da exploração e desativação do projeto de geração de gás de síntese e hidrogénio por co-eletrólise da água, foi desenvolvida tendo por base as seguintes premissas:

- O processo produtivo do hidrogénio e do gás de síntese;
- Os descritores ambientais identificados na caracterização de referência ambiental.

A metodologia de avaliação de impactes ambientais teve por base a Tabela 4-15, tendo as seguintes considerações:

- Relação
 - Direto – o impacte é provocado diretamente pelo projeto;
 - Indireto – resulta de consequências provocadas pelos impactes diretos.
- Natureza
 - Primário – impactes provocados diretamente pelo projeto;

- Secundário – impactes que provocam novos impactes no ambiente;
- Cumulativo – impactes provocados pela conjugação de vários impactes provocados pela envolvente do projeto.
- Tipologia
 - Positivo – impactes que provocam efeitos positivos no ambiente;
 - Negativo – impactes que provocam efeitos negativos no ambiente.
- Prazo
 - Curto – o impacto ocorre pouco tempo após o início da exploração do projeto;
 - Médio – o impacto ocorre, se o intervalo de tempo entre o impacto e o início da exploração for de médio prazo;
 - Longo - o impacto ocorre, se o intervalo de tempo entre o impacto e o início da exploração for de longo prazo.
- Duração
 - Permanente – o impacto ocorre durante toda a fase de exploração do projeto;
 - Temporário – o impacto cessa quando ação que provoca o mesmo também termina.
- Transfronteiriços
 - Não – o impacto não provoca efeitos negativos ou positivos, para além das fronteiras nacionais;
 - Sim - o impacto provoca efeitos negativos ou positivos, para além das fronteiras nacionais.
- Frequência
 - Pouco Frequente – o impacto ocorre poucas vezes durante a fase em análise;
 - Frequente - o impacto ocorre algumas vezes durante a fase em análise;
 - Muito Frequente - o impacto ocorre muitas vezes durante a fase em análise.
- Severidade
 - Pouco Severo – o impacto provocado pelo projeto provoca poucos efeitos no ambiente;

- Severo – o impacto provocado pelo projeto provoca alguns efeitos no ambiente;
- Muito Severo - o impacto provocado pelo projeto provoca muitos efeitos no ambiente.

Tabela 4-15 - Critérios de Avaliação de Impacte Ambientais

Critérios	Descrição	Valor Numérico
Relação	Direto	Não Aplicável
	Indireto	Não Aplicável
Natureza	Primário	Não Aplicável
	Secundário	Não Aplicável
	Cumulativo	Não Aplicável
Tipologia	Positivo	Não Aplicável
	Negativo	Não Aplicável
Prazo	Curto	1
	Médio	2
	Longo	3
Duração	Temporário	1
	Permanente	2
Transfronteiriços	Não	1
	Sim	2
Frequência	Pouco Frequente	1
	Frequente	2
	Muito Frequente	3
Severidade	Pouco Severo	1
	Severo	3
	Muito Severo	5

A significância dos impactes é calculada através da soma dos valores atribuídos a cada critério, sendo classificado:

- Significativo, quando a pontuação é superior ou igual a 10 pontos;
- Não significativo, quando a pontuação é inferior a 10 pontos.

4.8.2. Clima e Alterações Climáticas

Para a identificação e avaliação dos impactes ambientais no clima decorrentes do projeto, analisou-se o efeito do mesmo na fase de exploração e de desativação.

Identificou-se os impactes que o projeto irá ter sobre o clima e alterações climáticas, bem como os impactes das alterações climáticas junto do projeto.

4.8.2.1. Fase de Exploração

4.8.2.1.1. Influência do Hidrogénio

Para mitigar as alterações climáticas a nível internacional deve-se procurar a neutralidade carbónica. Para o nosso país atingir a neutralidade carbónica deve reduzir as emissões de GEE entre 85% a 90% face a 2005, devendo capturar a fração remanescente através do solo ou florestas (Ferreira et al., 2022).

Para atingir este objetivo, estabeleceu-se a nível nacional o Plano Nacional de Energia e Clima 2030, que define metas e objetivos até 2030. Este plano procura um futuro neutro em carbono, onde o hidrogénio verde desempenha um papel importante (Ferreira et al., 2022).

Considerando a influência do hidrogénio, no roteiro para a neutralidade carbónica, os impactes deste projeto para o cenário das alterações climáticas são **diretos, positivos e permanentes**.

4.8.2.1.2. Utilização de Biomassa resultante da limpeza das florestas

A utilização da biomassa resultante da limpeza das matas e florestas irá incentivar a limpeza das mesmas, atribuindo deste modo um valor económico a um material que era considerado um resíduo.

O incentivo para a limpeza das zonas florestais, poderá também diminuir o número de incêndios bem como mitigar os impactes dos mesmos.

Devido à utilização da biomassa, o impacto do projeto junto da limpeza das florestas é considerado **direto, positivo e permanente**.

4.8.2.1.3. Adaptação às Alterações Climática

Segundo o EMAAC elaborado pelo município de Lisboa, prevê-se os seguintes efeitos, até ao final do século XXI (CML, 2017):

- Diminuição da precipitação média anual até 51%;
- Secas mais frequentes e com maior intensidade;
- Diminuição da precipitação no outono, primavera e verão;
- Aumento da temperatura média anual até 4°C;
- Aumento do número de dias com temperaturas superiores a 35°C;
- As ondas de calor acontecerão com maior frequência;
- Aumento do nível médio da água do mar entre os 0,17m e os 0,38m;

- Eventos extremos (precipitação intensa e muito intensa) com maior frequência.

Temperatura

Como o projeto ainda se encontra em laboratório, não se estimam grandes impactes derivados da temperatura.

Durante a armazenagem do gás de síntese a temperatura não deve ascender aos 25 °C.

Precipitação

Não se prevêem impactes diretos provenientes das alterações climáticas no nível de precipitação enquanto o projeto tiver esta envergadura.

No caso de um crescimento do projeto, incluindo o aumento de equipamento e de instalações, deve-se ter em atenção os fenómenos de precipitação e consequentemente a sua drenagem.

Aumento do Nível Médio da Água do Mar

O local atual do projeto situa-se aproximadamente a 2000 metros de distância do rio Tejo e a uma distância superior a 20 000 metros do oceano Atlântico, por isso, não se esperam impactes relativamente ao aumento do nível médio da água do mar.

Face ao que foi indicado, considera-se que o contributo do projeto para a mitigação dos efeitos das alterações climáticas é considerado **direto, positivo e permanente**.

4.8.2.1.4. Relação com as políticas climáticas e energéticas

O projeto em estudo relaciona-se com algumas políticas climáticas e energéticas:

- Plano Nacional de Energia e Clima 2030 – a produção de gás síntese e hidrogénio por co-eletrólise da água permite o aumento da produção de energia de fontes renováveis e redução das emissões de gases de efeito estufa (Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020);
- Plano Nacional do Hidrogénio – este projeto utiliza o hidrogénio para a produção de gás de síntese, porque o hidrogénio é utilizado na metanação da biomassa gaseificada (Resolução do Conselho de Ministros n.º 63/2020).

Face ao que foi indicado, considera-se que o contributo do projeto para a neutralidade carbónica e para o desenvolvimento do hidrogénio em Portugal é considerado **direto, positivo e permanente**.

4.8.2.2. Fase de Desativação

A fase de desativação do presente projeto irá provocar a diminuição da produção de energia renovável, prejudicando assim o roteiro para a neutralidade carbónica.

Resumindo, nesta fase o impacte será **negativo, permanente e severo**.

4.8.2.3. Ausência do Projeto

A ausência deste projeto irá diminuir a energia renovável produzida, irá provocar uma diminuição da redução dos GEE, contribuindo de forma negativa para o combate às alterações climáticas.

4.8.2.4. Identificação de Impactes

Nas Tabelas 4-16 e 4-17, encontram-se presentes os impactes do projeto identificados no clima e nas alterações climáticas associadas à fase de exploração e fase de desativação.

Como o equipamento já se encontra construído, não se considerou a Fase de Construção na identificação dos impactes.

Na fase de exploração, o projeto tem um impacte positivo e significativo no clima e nas alterações climáticas, porque a produção de hidrogénio seguido de gás de síntese permite atingir a neutralidade carbónica. O projeto também vai de encontro aos instrumentos relativos ao setor ambiental e energético.

Na fase de desativação, o impacte é negativo e significativo pois o fim do projeto contraria o que foi identificado no parágrafo anterior.

Fase de Exploração

Tabela 4-16 - Impactes na Fase de Exploração (Clima e Alterações Climáticas) (Ferreira et al., 2022)

Impactes	Relação	Natureza	Tipologia	Prazo	Duração	Transfronteiriços	Frequência	Severidade	Significância
Influência do Hidrogénio (Redução de GEE)	Direto	Primário	+	Curto (1)	Permanente (2)	Não (1)	Muito Frequente (3)	Muito Severo (5)	Significativo (12)
Utilização da biomassa, resultante das limpezas florestais (incremento de um valor económico a um resíduo potenciando a economia de regiões rurais e diminuição do risco de incêndio)	Direto	Primário	+	Curto (1)	Permanente (2)	Não (1)	Muito Frequente (3)	Severo (3)	Significativo (10)

Impactes	Relação	Natureza	Tipologia	Prazo	Duração	Transfronteiriços	Frequência	Severidade	Significância
Adaptação do projeto aos efeitos das alterações climáticas	Direto	Secundário	-	Longo (3)	Permanente (2)	Não (1)	Muito Frequente (3)	Severo (3)	Significativo (10)
Relação com políticas climáticas e energéticas	Direto	Primário	+	Curto (1)	Permanente (2)	Não (1)	Muito Frequente (3)	Pouco Severo (1)	Não Significativo (8)

Legenda: (+) positivo; (-) negativo

Fase de Desativação

Tabela 4-17 - Impactes na Fase de Desativação (Clima e Alterações Climáticas) (Ferreira et al., 2022)

Impactes	Relação	Natureza	Tipologia	Prazo	Duração	Transfronteiriços	Frequência	Severidade	Significância
Eliminação de uma tecnologia de produção de energia renovável	Direto	Primário	-	Curto (1)	Permanente (2)	Não (1)	Muito Frequente (3)	Muito Severo (5)	Significativo (12)

Legenda: (+) positivo; (-) negativo

4.8.3. Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos

A identificação dos impactos ambientais nos recursos hídricos, teve em consideração as principais atividades realizadas pelo projeto que podem provocar alterações nas massas de água.

Na fase de exploração avaliou-se os impactos provocados pelo normal funcionamento do projeto.

Na fase de desativação avaliaram os impactos resultantes do término do projeto.

4.8.3.1. Fase de Exploração

Na fase de exploração os impactos prendem-se com o consumo de água e com a produção de águas residuais.

4.8.3.1.1. Consumo de Água

No processo de eletrólise a água utilizada é proveniente da rede municipal, estimando-se um consumo anual de 63 m³ (Augusto, 2023). No final, a água não pode ser reaproveitada, porque a maioria é consumida no processo de eletrólise, resultando em hidrogénio e oxigénio.

Deste modo considera-se o consumo de água um impacto **negativo, direto, primário, curto, permanente, muito frequente e muito severo.**

4.8.3.1.2. Produção de Águas Residuais

Os impactos do projeto na qualidade da água durante a fase de exploração estão associados à produção e consecutiva descarga de águas residuais nos equipamentos de saneamento municipal doméstico da EPAL.

Estima-se uma produção anual de 6,7 m³ de águas residuais (Augusto, 2023).

Tendo em conta a produção de águas residuais produzidas na fase de exploração, considera-se o **impacte negativo, indireto, primário, curto, permanente, frequente e muito severo.**

4.8.3.1.3. Impermeabilização do Solo

Como o projeto ainda se encontra em laboratório, não haverá um aumento da área impermeabilizada, estando o mesmo a funcionar num solo já ocupado por edificado.

O espaço ocupado pelo equipamento é relativamente pequeno, por isso caso fosse colocado num solo permeável o impacte ambiental seria muito reduzido.

Desta forma, considera-se o impacto de impermeabilização do solo de **inexistente**.

4.8.3.1.4. Depleção da Qualidade da Água (Superficial e Subterrânea)

Relativamente à água superficial, a dimensão do projeto não prevê afetar substancialmente uma massa de água, estando ao mesmo tempo também distante de uma massa de água.

Como o solo onde se encontra o projeto está impermeabilizado e os resíduos produzidos serão também armazenados em locais apropriados, os potenciais derrames produzidos não afetarão das massas de água subterrâneas.

O impacto do projeto na qualidade da água, tendo em conta o redigido acima, é considerado **inexistente**.

4.8.3.1.5. Produção de Água Purificada

No processo de produção de metano, existe também a coprodução de água através do processo de *Sebatier*, à pressão atmosférica e com a utilização de um catalisador sólido com elevada seletividade. No final a água circula por um condensador, sendo encaminhada para um filtro de carvão ativado, permitindo, deste modo, produzir água purificada que permitirá abastecer populações isoladas no interior do país (ISEL, n.d.-a).

Este impacto classifica-se como **indireto, secundário, positivo, médio, permanente, frequente e muito severo**.

4.8.3.2. Fase de Desativação

O fim do projeto conduziria também ao fim de todos os impactos negativos decorrentes da exploração do mesmo, levando ao fim do consumo de água e da produção de águas residuais, constituindo-se deste modo como um impacto **positivo, direto e primário**.

O fim do projeto também iria provocar o término da produção da água purificada, classificando-se assim este impacto como **secundário e negativo**.

4.8.3.3. Ausência de Projeto

Como os impactos provocados diretamente pelo projeto estão relacionados com a sua atividade, a ausência do projeto não provocaria o consumo de água nem a produção de águas residuais, classifica-se, então, o impacto como **inexistente**.

A ausência de projeto não irá permitir a produção de água purificada, não sendo, deste modo, possível abastecer populações locais, classificando-se assim este impacto de **negativo**.

4.8.3.4. Classificação de Impactes

Nas Tabelas 4-18 e 4-19, encontram-se presentes os impactes do projeto identificados nos Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos associados à fase de exploração e fase de desativação.

Como o equipamento já se encontra construído, não se considerou a Fase de Construção na identificação dos impactes.

Na fase de exploração, o projeto tem um impacto negativo e significativo nos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, porque a produção de hidrogénio seguido de gás de síntese envolve o consumo de água no processo de eletrólise e a produção de águas residuais.

Na fase de exploração, pode considerar-se ainda um impacto positivo e significativo, a produção de água purificada.

Na fase de desativação, o impacto é positivo e significativo pois o fim do projeto, termina com o consumo de água e com a produção de águas residuais, no entanto também termina com a produção de água purificada sendo deste modo negativo e significativo.

Fase de Exploração

Tabela 4-18 - Impactes na Fase de Exploração (Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos)

Impactes	Relação	Natureza	Tipologia	Prazo	Duração	Transfronteiriços	Frequência	Severidade	Significância
Consumo de Água	Direto	Primário	-	Curto (1)	Permanente (2)	Não (1)	Muito Frequente (3)	Muito Severo (5)	Significativo (12)
Produção de Águas Residuais	Indireto	Primário	-	Curto (1)	Permanente (2)	Não (1)	Frequente (2)	Muito Severo (5)	Significativo (11)
Produção de Água Purificada	Indireto	Secundário	+	Médio (2)	Permanente (2)	Não (1)	Frequente (2)	Muito Severo (5)	Significativo (12)

Legenda: (+) positivo; (-) negativo

Fase de Desativação

Tabela 4-19 - Impactes na Fase de Desativação (Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos)

Impactes	Relação	Natureza	Tipologia	Prazo	Duração	Transfronteiriços	Frequência	Severidade	Significância
Fim do Consumo de Água	Direto	Primário	+	Curto (1)	Permanente (2)	Não (1)	Muito Frequente (3)	Muito Severo (5)	Significativo (12)
Fim da Produção de Águas Residuais	Direto	Primário	+	Curto (1)	Permanente (2)	Não (1)	Frequente (2)	Muito Severo (5)	Significativo (11)
Fim da Produção de Água Purificada	Direto	Primário	-	Curto (1)	Permanente (2)	Não (1)	Frequente (2)	Muito Severo (5)	Significativo (11)

Legenda: (+) positivo; (-) negativo

4.8.4. Qualidade do Ar

A identificação dos impactes ambientais na qualidade do ar considerou as principais atividades associadas ao projeto que podem provocar alterações na qualidade do ar.

Na fase de exploração avaliou-se os impactes provocados pelo normal funcionamento do projeto.

Na fase de desativação avaliou-se os impactes resultantes do término do projeto.

4.8.4.1. Fase de Exploração

Na fase de exploração os impactes ambientais oriundos do projeto advém da utilização da energia elétrica da rede (não é totalmente renovável e verde) e da circulação de veículos ligeiros até ao ISEL.

4.8.4.1.1. Utilização de Energia da Rede Elétrica

Como já foi descrito acima atualmente o projeto utiliza energia da rede elétrica.

Na caracterização da situação de referência foi possível perceber que a produção de energia elétrica também produz GEE.

Desta forma o projeto é responsável ainda pela emissão de CO₂ para atmosfera.

No futuro o objetivo é utilizar energia produzida através de fonte solar ou eólica, no entanto atualmente classifica-se o impacte como **indireto, secundário, negativo, curto, temporário, transfronteiriços, muito frequente e muito severo.**

4.8.4.1.2. Circulação de Veículos

Um potencial impacte do projeto poderá ser a circulação de veículos ligeiros. Como só é necessária uma pessoa para o seu normal funcionamento, estima-se a circulação máxima de um veículo ligeiro, não tendo deste modo grande impacte na qualidade do ar local.

Deste modo classifica-se o impacte como **indireto, cumulativo, negativo, curto, permanente, frequente e pouco severo.**

4.8.4.1.3. Emissões oriundos do projeto

Durante o processo de eletrólise e armazenamento de gás de síntese, não é se originam emissões de poluentes atmosféricos, libertando somente para atmosfera oxigénio.

Como o oxigénio não é considerado um poluente atmosférico, a sua libertação não altera a qualidade do ar, por isso o impacte ambiental é **inexistente.**

4.8.4.1.4. Utilização de Energia Eólica ou Solar

Um dos objetivos futuros do projeto é utilizar energia produzida a partir de fontes solares ou eólicas, eliminando assim as fontes de produção de GEE associadas à produção de energia.

Quando este objetivo for alcançado então os impactes no ambiente serão considerados **inexistentes**.

4.8.4.2. Fase de Desativação

Com a desativação do projeto, terminam os impactes associados à exploração do projeto, e por isso deixa de ser necessário a utilização de energia da rede elétrica e a circulação de veículos, classificando-se assim de **positivos e diretos**.

Quando a fonte de energia do projeto for totalmente verde (eólica ou solar) o impacte da fase de desativação do projeto da utilização da energia elétrica classifica-se como **inexistente**.

4.8.4.3. Ausência de Projeto

A ausência de projeto não iria provocar grandes impactes porque a energia consumida pelo equipamento é relativamente baixa e a circulação de veículos potenciada pelo projeto é muito reduzida, por isso, o impacte seria **inexistente**.

4.8.4.4. Classificação de Impactes

Nas Tabelas 4-20 e 4-21, encontram-se presentes os impactes do projeto identificados na Qualidade do Ar associados à fase de exploração e fase de desativação.

Como o equipamento já se encontra construído, não se considerou a Fase de Construção na identificação dos impactes.

Na fase de exploração, o projeto tem um impacte negativo e significativo na qualidade do ar, porque atualmente utilizam energia de rede elétrica, sendo que algumas fontes da energia não são verdes. Esta a fase também irá aumentar de um modo muito ligeiro a circulação de veículos.

Na fase de desativação, o impacte é positivo pois o fim do projeto, termina com a circulação de veículos e com a utilização da energia da rede elétrica.

Fase de Exploração

Tabela 4-20 - Impactes na Fase de Exploração (Qualidade do Ar)

Impactes	Relação	Natureza	Tipologia	Prazo	Duração	Transfronteiriços	Frequência	Severidade	Significância
Utilização de Energia da Rede Elétrica	Indireto	Secundário	-	Curto (1)	Temporário (1)	Sim (2)	Muito Frequente (3)	Muito Severo (5)	Significativo (12)
Circulação de Veículos	Indireto	Cumulativo	-	Curto (1)	Permanente (2)	Não (1)	Frequente (2)	Pouco Severo (1)	Não Significativo (7)

Legenda: (+) positivo; (-) negativo

Fase de Desativação

Tabela 4-21 - Impactes na Fase de Desativação (Qualidade do Ar)

Impactes	Relação	Natureza	Tipologia	Prazo	Duração	Transfronteiriços	Frequência	Severidade	Significância
Fim da Utilização de Energia da Rede Elétrica	Direto	Primário	+	Curto (1)	Permanente (2)	Não (1)	Muito Frequente (3)	Muito Severo (5)	Significativo (12)
Fim da Circulação de Veículos	Direto	Primário	+	Curto (1)	Permanente (2)	Não (1)	Frequente (2)	Pouco Severo (1)	Não Significativo (7)

Legenda: (+) positivo; (-) negativo

4.8.5. Ambiente Sonoro

A identificação dos impactes ambientais no ambiente sonoro considerou as principais atividades realizadas pelo projeto que podem provocar alterações na envolvente do projeto.

Na fase de exploração avaliou-se os impactes provocados pelo normal funcionamento do projeto.

Na fase de desativação avaliaram-se os impactes resultantes do término do projeto.

4.8.5.1. Fase de Exploração

A fase de exploração caracteriza-se pelo funcionamento dos equipamentos, bem como o ruído provocado pelo tráfego rodoviário.

4.8.5.1.1. Produção de Ruído pelos Equipamentos

O impacto do projeto no ruído envolvente é bastante reduzido, sendo as únicas grandes fontes produtoras de ruído a fonte de alimentação e a bomba de circulação, ambas possuidoras de marcação CE.

Com o exposto, classifica-se o impacto provocado pelo ruído dos equipamentos como **direto, primário, negativo, permanente, frequente e pouco severo**.

4.8.5.1.2. Ruído provocado pelo tráfego rodoviário

O tráfego rodoviário é um elemento causador de ruído, no entanto, devido à dimensão do projeto, a circulação rodoviária associada ao mesmo não irá ter um impacto relevante na envolvente.

Sendo apenas necessária uma pessoa para o funcionamento do equipamento, estima-se um aumento ligeiro de veículos (um carro), produzindo um impacto muito reduzido e por isso classifica-se como **direto, cumulativo, negativo, curto, permanente, frequente e pouco severo**.

4.8.5.2. Fase de Desativação

4.8.5.2.1. Fim da Produção de Ruído pelos Equipamentos

A desativação do projeto irá causar um ligeiro aumento do ruído no início, enquanto se desativa e desmantela o equipamento, no entanto, será de forma muito temporária.

O fim do projeto, coloca um fim também ao ligeiro ruído provocado pelo equipamento, por isso, classifica-se o impacto como **direto, primário, positivo, curto, permanente, muito frequente e pouco severo**.

4.8.5.2.2. Fim do ruído provocado pela circulação rodoviária

O fim do projeto, irá terminar com a circulação rodoviária associada ao mesmo, embora seja já muito reduzida.

Este impacte classifica-se como **direto, primário, positivo, curto, permanente, frequente e pouco severo**.

4.8.5.3. Ausência de Projeto

Na ausência do projeto, os níveis de ruído ambiente não irão sofrer alterações, por isso os impactes serão **inexistentes**.

4.8.5.4. Classificação de Impactes

Nas Tabelas 4-22 e 4-23, encontram-se presentes os impactes do projeto identificados no ambiente sonoro associados à fase de exploração e fase de desativação.

Como o equipamento já se encontra construído, não se considerou a Fase de Construção na identificação dos impactes.

Na fase de exploração o projeto tem um impacte negativo e não significativo porque o ruído provocado pelos equipamentos é muito diminuto, a fase de exploração também irá aumentar muito reduzidamente a circulação de veículos e, assim, o ruído provocado pelos mesmos é insignificante na envolvente.

Na fase de desativação, o impacte é positivo pois o fim do projeto, termina com a circulação de veículos e com o ruído provocado pelo projeto.

Fase de Exploração

Tabela 4-22 - Impactes na Fase de Exploração (Ambiente Sonoro)

Impactes	Relação	Natureza	Tipologia	Prazo	Duração	Transfronteiriços	Frequência	Severidade	Significância
Produção de ruído pelos equipamentos	Direto	Primário	-	Curto (1)	Permanente (2)	Não (1)	Frequente (2)	Pouco Severo (1)	Não Significativo (7)
Ruído provocado pela circulação rodoviária	Direto	Cumulativo	-	Curto (1)	Permanente (2)	Não (1)	Frequente (2)	Pouco Severo (1)	Não Significativo (7)

Legenda: (+) positivo; (-) negativo

Fase de Desativação

Tabela 4-23 - Impactes na Fase de Desativação (Ambiente Sonoro)

Impactes	Relação	Natureza	Tipologia	Prazo	Duração	Transfronteiriços	Frequência	Severidade	Significância
Fim da produção de ruído pelos equipamentos	Direto	Primário	+	Curto (1)	Permanente (2)	Não (1)	Muito Frequente (3)	Pouco Severo (1)	Não Significativo (8)
Fim do ruído provocado pela circulação rodoviária	Direto	Primário	+	Curto (1)	Permanente (2)	Não (1)	Frequente (2)	Pouco Severo (1)	Não Significativo (7)

Legenda: (+) positivo; (-) negativo

4.8.6. Resíduos

A identificação dos impactes ambientais dos resíduos, considerou as principais atividades realizadas pelo projeto e os principais resíduos produzidos.

Na fase de exploração avaliou-se os impactes provocados pela gestão dos resíduos.

Na fase de desativação avaliaram-se os impactes resultantes da produção de resíduos oriundos do término do projeto.

Na tabela 4-24 apresentam-se os principais resíduos produzidos durante a fase de exploração.

Tabela 4-24 - Resíduos Produzidos (Fase de Exploração)

Tipologia	Código LER	Designação
Resíduos de Embalagens	15 01 01	Embalagens de Papel e Cartão
	15 01 02	Embalagens de Plástico
	15 01 07	Embalagens de Vidro
	15 01 10	(*) Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas
Resíduos Elétricos e Eletrónicos	16 02 14	Equipamento fora de uso não abrangido em 16 02 09 a 16 02 13
	16 02 16	Componentes retirados de equipamento fora de uso não abrangidos em 16 02 15
Vestuário de Proteção	15 02 02	(*) Absorventes, materiais filtrantes (incluindo filtros de óleo sem outras especificações), panos de limpeza e vestuário de proteção, contaminados por substâncias perigosas
Vestuário de Proteção	15 02 03	Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza e vestuário de proteção não abrangidos em 15 02 02
Componentes do Equipamento	07 02 13	Resíduos de plástico
Resíduos equiparados a urbanos	20 01 01	Papel e cartão
	20 01 02	Vidro
	20 01 08	Resíduos biodegradáveis
	20 01 39	Plásticos
	20 03 01	Mistura de resíduos urbanos equiparados

4.8.6.1. Fase de Exploração

Os resíduos deverão ser armazenados em contentores próprios e colocados em pequenas bacias de retenção para evitar derrames.

No ISEL já existem contentores disponíveis para a colocação dos resíduos equiparados a urbanos.

Com o objetivo de cumprir a legislação e a prevenção e controlo da poluição, deverão ser instituídas as seguintes boas práticas (Ferreira et al., 2022):

- Armazenamento temporário dos resíduos e triagem adequada;
- Identificação dos contentores de resíduos por códigos LER;
- Armazenar os resíduos pelo menor tempo possível;
- Desenvolver e implementar um plano de manutenção preventiva, de modo a aumentar a longevidade do equipamento e a diminuir a quantidade de resíduos produzidos;
- Fornecer formação aos operadores envolvidos;
- Garantir que os operadores de gestão de resíduos, para os quais são encaminhados os resíduos, estão devidamente licenciados.

Tendo por base o que foi descrito acima, o impacto da gestão de resíduos, durante a fase de exploração, classifica-se como **negativo, primário, direto, permanente, frequente e muito severo**.

4.8.6.2. Fase de Desativação

Quando se atingir a fase de desativação, os impactos registados a nível dos resíduos, serão constituídos pela produção de resíduos nas diversas tipologias já identificadas, mas em maiores quantidades.

Apesar dos cuidados, durante o manuseamento e encaminhamento dos resíduos, os impactos são considerados **negativos, primários, direto, permanente, frequente e muito severo**.

4.8.6.3. Ausência de Projeto

A ausência de projeto não iria provocar impactos porque os resíduos produzidos pelo projeto, não iriam ser produzidos, por isso os impactos seriam **inexistentes**.

4.8.6.4. Classificação de Impactes

Nas Tabelas 4-25 e 4-26, encontram-se presentes os impactos do projeto oriundos dos resíduos associados à fase de exploração e fase de desativação.

Como o equipamento já se encontra construído, não se considerou a Fase de Construção na identificação dos impactes.

Na fase de exploração o projeto tem um impacte negativo e significativo no ambiente, porque a produção de hidrogénio seguido de gás de síntese envolve a produção de algumas tipologias de resíduos.

Na fase de desativação, o impacte é negativo e significativo, pois o fim do projeto origina também uma produção aumentada de resíduos.

Fase de Exploração

Tabela 4-25 - Impactes na Fase de Exploração (Resíduos)

Impactes	Relação	Natureza	Tipologia	Prazo	Duração	Transfronteiriços	Frequência	Severidade	Significância
Produção de resíduos oriundos da exploração do projeto	Direto	Primário	-	Curto (1)	Permanente (2)	Não (1)	Frequente (2)	Muito Severo (5)	Significativo (11)

Legenda: (+) positivo; (-) negativo

Fase de Desativação

Tabela 4-26 - Impactes na Fase de Desativação (Resíduos)

Impactes	Relação	Natureza	Tipologia	Prazo	Duração	Transfronteiriços	Frequência	Severidade	Significância
Produção de resíduos oriundos da desativação do projeto	Direto	Primário	-	Curto (1)	Permanente (2)	Não (1)	Frequente (2)	Muito Severo (5)	Significativo (11)

Legenda: (+) positivo; (-) negativo

4.8.7. Solo e Uso do Solo

Como o projeto encontra-se no interior de um laboratório, e estando grande parte da envolvente impermeabilizada, avaliou-se os impactes decorrentes do uso do solo nas fases de construção e desativação.

4.8.7.1. Fase de Exploração

Como já foi referido neste estudo, o projeto está a decorrer num laboratório do ISEL, uma estrutura que tem como objetivos a formação superior e a investigação científica.

Considera-se, por este motivo, que a exploração do projeto, constitui uma rentabilização do local, que já se encontra construído.

Como o projeto decorre dentro das instalações do ISEL e não afetará o uso do solo na envolvente, classificam-se os impactes como **diretos, primários, positivos, curto e permanente**.

4.8.7.2. Fase de Desativação

A desativação do projeto e consequentemente a desmobilização do equipamento, irá ter um impacte **direto, negativo e permanente**, porque deixa-se de rentabilizar uma zona definida para investigação científica.

A desativação, de certa forma, poderá originar novos projetos científicos, mantendo o atual uso.

4.8.7.3. Ausência de Projeto

A ausência do projeto, não afeta o uso atual do solo, porque o local seria utilizado para outra atividade dentro da formação de ensino superior e de investigação científica, classificando-se desta forma os impactes como **inexistentes**.

4.8.7.4. Classificação de Impactes

Nas Tabelas 4-27 e 4-28, encontram-se presentes os impactes do projeto oriundos do uso do solo associados à fase de exploração e fase de desativação.

Como o equipamento já se encontra construído, não se considerou a Fase de Construção na identificação dos impactes.

Na fase de exploração o projeto tem um impacte positivo e não significativo no ambiente, porque a exploração do projeto, tem como princípio a investigação científica e o desenvolvimento de fontes de energias mais verdes, que permitam atingir a neutralidade carbónica.

Na fase de desativação, o impacto é negativo e não significativo pois o fim do projeto também o fim da investigação deste projeto.

Fase de Exploração

Tabela 4-27 - Impactes na Fase de Exploração (Uso do Solo)

Impactes	Relação	Natureza	Tipologia	Prazo	Duração	Transfronteiriços	Frequência	Severidade	Significância
Valorização e aproveitamento do uso do solo para investigação científica	Direto	Primário	+	Curto (1)	Permanente (2)	Não (1)	Muito Frequente (3)	Pouco Severo (1)	Não Significativo (8)

Legenda: (+) positivo; (-) negativo

Fase de Desativação

Tabela 4-28 - Impactes na Fase de Desativação (Uso do Solo)

Impactes	Relação	Natureza	Tipologia	Prazo	Duração	Transfronteiriços	Frequência	Severidade	Significância
Desvalorização do uso do solo para a investigação científica	Direto	Primário	-	Curto (1)	Permanente (2)	Não (1)	Pouco Frequente (1)	Pouco Severo (1)	Não Significativo (6)

Legenda: (+) positivo; (-) negativo

4.8.8. Resumo da Avaliação de Impactes

Neste capítulo apresenta-se uma tabela resumo dos impactes nas várias temáticas.

Os impactes cumulativos identificados na avaliação de impactes, estão associados à degradação da qualidade do ar e à produção de ruído, no entanto, não são muito significativos, afetando muito pouco a envolvente do projeto, não havendo necessidade de elaborar uma discussão mais pormenorizada sobre os mesmos.

4.8.8.1. *Resumo da Avaliação de Impactes*

A tabela 4-29 é um resumo de impactes e é constituída por dois eixos, no eixo vertical representam-se as fases do projeto, enquanto que no eixo horizontal encontram-se os impactes ambientais afetados pelo projeto.

A resposta aos dois eixos é dada através dos seguintes indicadores:

- Significância:
 - S – Significativo
 - NS – Não Significativo
- Tipologia:
 - P - Positivo
 - N – Negativo
- Não Aplicável – N/A

A leitura da tabela permite uma identificação rápida dos impactes.

Tabela 4-29 - Tabela Resumo dos Impactes Ambientais

Impacte Ambiental	Fase de Construção	Fase de Exploração	Fase de Desativação
Influência do Hidrogénio (Redução do GEE)	N/A	P/S	
Utilização da biomassa, resultante das limpezas florestais (incremento de um valor económico a um resíduo potenciando a economia das regiões rurais e diminuição do risco de incêndio)	N/A	P/S	
Adaptação do projeto aos efeitos das alterações climáticas	N/A	N/S	
Relação com políticas climáticas e energéticas	N/A	P/NS	
Eliminação de uma tecnologia de produção de energia renovável	N/A		N/S
Consumo de Água	N/A	N/S	
Produção de Águas Residuais	N/A	N/S	
Produção de Água Purificada	N/A	P/S	
Fim do Consumo de Água	N/A		P/S
Fim da Produção de Águas Residuais	N/A		P/S
Fim da Produção de Água Purificada	N/A		N/S
Utilização de Energia da Rede Elétrica	N/A	N/S	
Circulação de Veículos	N/A	N/NS	
Fim da Utilização de Energia da Rede Elétrica	N/A		P/S
Fim da Circulação de Veículos	N/A		P/NS
Produção de Ruído pelos equipamentos	N/A	N/NS	
Ruído provocado pela circulação rodoviária	N/A	N/NS	

Legenda: N/A – Não Aplicável; N – Negativo; P – Positivo; S – Significativo; NS – Não Significativo

Impacte Ambiental	Fase de Construção	Fase de Exploração	Fase de Desativação
Fim da produção de ruído pelos equipamentos	N/A		P/NS
Fim do ruído provocado pela circulação rodoviária	N/A		P/NS
Produção de resíduos oriundos da exploração do projeto	N/A		
Produção de resíduos oriundos da desativação do projeto	N/A		N/S
Valorização e aproveitamento do uso do solo para investigação científica	N/A	P/NS	
Desvalorização do uso do solo para investigação científica	N/A		N/NS

Legenda: N/A – Não Aplicável; N – Negativo; P – Positivo; S – Significativo; NS – Não Significativo

4.9. Situações de Emergência

O presente capítulo, apresenta uma análise das emergências de segurança e ambiente. Esta análise tem por base os seguintes aspetos:

Análise dos elementos do projeto e da perigosidade das substâncias utilizadas no projeto, com objetivo de identificar os riscos associados à sua manipulação:

- Hidrogénio – é uma substância muito inflamável, pode também afetar os equipamentos;
- Gás de Síntese – esta substância é potencialmente inflamável e explosiva, deverá ser armazenada em depósitos e condutas sem risco de fuga. Os seus riscos são muito semelhantes aos riscos de manuseamento do gás de natural;
- Hidróxido de Sódio – é uma base forte e o seu manuseamento exige muito cuidado devido ao risco de queimaduras. A solução utilizada no projeto é uma mistura de NaOH + H₂O, de 0,4M, sendo por isso bastante diluída e sem grandes riscos especiais;

Identificação de Perigos em que se analisa os possíveis acontecimentos que podem provocar um acidente, tendo-se considerado os seguintes aspetos (Ferreira et al., 2022):

- a) **Perigos Externos** – os grandes perigos externos que podem causar um grande acidente como, por exemplo, sismos e raios. Na proximidade do ISEL, existem zonas comerciais e habitacionais, deste modo identifica-se o incêndio como um perigo externo, com possibilidade de causar um acidente no projeto, bem como as possíveis catástrofes naturais que podem ocorrer;
- b) **Perigos Internos** – A produção de hidrogénio e gás de síntese, bem como o manuseamento de hidróxido de sódio e biomassa liquefeita, foram identificados como possíveis perigos.

4.9.1. Cenários de Acidente

Nas tabelas 4-30 e 4-31 apresentam-se a metodologia utilizada para avaliação de risco das emergências.

Tabela 4-30 - Frequência das Situações de Emergência

Frequência	Valor	Descrição
Pouco frequente	1	A situação de emergência acontece raramente.
Frequente	2	A situação de emergência, acontece frequentemente
Muito frequente	3	A situação de emergência, muito frequentemente

Tabela 4-31 - Gravidade das Situações de Emergência

Gravidade	Valor	Descrição
Pouco grave	1	A situação de emergência provoca danos pouco graves nas pessoas e na envolvente
Grave	2	A situação de emergência danos nas pessoas e na envolvente.
Muito grave	3	A situação de emergência danos muito graves nas pessoas e na envolvente

O nível de risco é calculado utilizando a fórmula indicada abaixo:

$$\text{Nível de Risco (NR)} = \text{Frequência (F)} \times \text{Gravidade (G)}$$

Equação 4-5 - Fórmula de Cálculo do Nível de Risco (NR)

Na tabela 4-32 apresentam-se os níveis de controlo, tendo por base o risco mínimo e o risco máximo.

Tabela 4-32 –Níveis de Risco

		Gravidade (G)		
		1	2	3
Frequência (F)	1	1	2	3
	2	2	4	6
	3	3	6	9

Na tabela 4-33 identificam-se, as opções a tomar, antes de iniciar atividade para cada nível de controlo.

Tabela 4-33 - Níveis de Controle

Nível de Controle	Descrição
I - [1-2]	Pode-se iniciar as atividades, no entanto devem-se adotar medidas de modo a diminuir o risco existente.
II - [3-4]	Antes de se iniciar as atividades devem-se tomar todas as medidas necessárias para reduzir o risco ao mínimo.
III - [6-9]	A atividade não pode ser iniciada, devendo-se por isso adotar todas as medidas necessárias para mitigar o risco.

Na tabela 4-34 apresentam-se os potenciais acidentes que podem ocorrer, bem como os potenciais danos e o nível de risco.

Tabela 4-34 - Avaliação de Risco das Situações de Emergência

Acidente	Dano	F	G	NR
Sismo de elevada intensidade	Morte de Operadores; Destruição das instalações; Danos no Equipamento.	1	3	3
Incêndio	Morte de Operadores; Destruição das instalações; Danos no Equipamento.	1	3	3
Derrame de Substâncias Químicas	Danos no Equipamento; Lesões nos Operadores;	2	3	6
Explosão	Morte de Operadores; Destruição das instalações; Danos no Equipamento.	1	3	3
Inundação	Danos no Equipamento.	1	2	2

4.10. Medidas de Mitigação e Potenciação

Neste capítulo apresentam-se as medidas de mitigação para diminuir os impactos negativos no ambiente e medidas de potenciação para aumentar o efeito dos impactos positivos, que devem ser implementadas no âmbito do projeto.

As medidas de mitigação/potenciação serão apresentadas por descritor e por impactos ambiental durante a fase de exploração e de desativação.

Na Tabela 4-35 e 4-36, encontram-se explanados a fase, os descritores, o impacto, a indicação se a medida será de potenciação ou de mitigação (se o impacto é positivo sugere-se a implementação de medidas de potenciação, se o impacto é negativo sugere-se medidas de mitigação) e a descrição da mesma.

Na Tabela 4-37 apresentam-se as medidas de mitigação a implementar, para prevenir e reduzir o impacto das situações de emergência.

Tabela 4-35 - Medidas de Mitigação da Fase de Exploração

Fase	Descritor	Impacte	Mitigação /Potenciação	Descrição
Exploração	Clima e Alterações Climáticas	Influência do Hidrogénio (Redução do GEE)	Potenciação	Efetuar trabalhos de investigação/académicos com objetivo de melhorar as eficiências do projeto e tornar o processo mais atrativo para as empresas
		Utilização da biomassa, resultante das limpezas florestais (incremento de um valor económico a um resíduo potenciando a nossa economia de regiões rurais e diminuição do risco de incêndio)	Potenciação	Utilização da biomassa resultante da limpeza de florestas, procurando fazer acordos com proprietários/empresas de limpezas para fornecimento da biomassa sobranete.
		Adaptação do projeto aos efeitos das alterações climáticas	Mitigação	Aproveitamento e armazenamento da água da chuva para utilização na eletrólise, diminuindo deste modo o consumo em períodos de seca.
		Relação com políticas climáticas e energéticas	Potenciação	Efetuar trabalhos de investigação/académicos com objetivo de melhorar as eficiências do projeto e tornar-se mais amigo do ambiente.

Fase	Descritor	Impacte	Mitigação /Potenciação	Descrição
Exploração	Recursos Hídricos	Consumo de Água	Mitigação	Aproveitamento e armazenamento da água da chuva para utilização na eletrólise. Formação e sensibilização para o uso responsável da água, durante o normal funcionamento das instalações sociais.
		Produção de Águas Residuais	Mitigação	Monitorizar a produção de águas residuais. Assegurar o adequado encaminhamento das águas residuais produzidas pelo projeto.
		Produção de Água Purificada	Potenciação	Aproveitamento e comercialização da água. Utilização da água no processo produtivo.
	Uso do Solo	Valorização e aproveitamento do uso do solo para investigação científica	Potenciação	Efetuar trabalhos de investigação/académicos com objetivo de aprimorar e desenvolver o projeto.
	Resíduos	Produção de resíduos oriundos da exploração do projeto	Mitigação	Monitorizar a produção de resíduos. Encaminhamento dos resíduos para operador licenciado. Formação e sensibilização para a redução da produção de resíduos durante o normal funcionamento.

Fase	Descritor	Impacte	Mitigação /Potenciação	Descrição
Exploração	Ambiente Sonoro	Produção de ruído pelos equipamentos	Mitigação	Cumprir com os planos de manutenção dos equipamentos.
		Ruído provocado pela circulação rodoviária	Mitigação	Incentivar a partilha de veículos com pessoal do ISEL ou a circulação em transportes públicos. Sensibilização rodoviária para o respeito do limite de velocidade.
	Qualidade do Ar	Utilização da Energia da Rede Elétrica	Mitigação	Instalar sistemas de produção de energia renovável (eólica ou solar).
		Circulação Rodoviária	Mitigação	Incentivar a partilha de veículos com pessoal do ISEL ou a circulação em transportes públicos.

Tabela 4-36 - Medidas de Mitigação da Fase de Desativação

Fase	Descritor	Impacte	Mitigação /Potenciação	Descrição
Desativação	Clima e Alterações Climáticas	Eliminação de uma tecnologia de produção de energia renovável	Mitigação	Aplicar o conhecimento adquirido no desenvolvimento de novos projetos desta temática
	Recursos Hídricos	Fim do Consumo de Água	Potenciação	Não se prevê medidas de potenciação para este impacte.
		Fim da Produção de Águas Residuais	Potenciação	Não se prevê medidas de potenciação para este impacte.
		Fim da Produção de Água Purificada	Mitigação	Não se prevê medidas de potenciação para este impacte.
	Uso do Solo	Desvalorização do uso do solo para investigação científica	Mitigação	Não se prevê medidas de potenciação para este impacte.
	Resíduos	Produção de resíduos oriundos da desativação do projeto	Mitigação	Monitorizar a produção de resíduos. Encaminhamento dos resíduos para operador licenciado. Formação e sensibilização para a redução da produção de resíduos durante o normal funcionamento das instalações sociais.

Fase	Descritor	Impacte	Mitigação /Potenciação	Descrição
Desativação	Ambiente Sonoro	Fim da produção de ruído pelos equipamentos	Potenciação	Não se prevê medidas de potenciação para este impacte.
		Fim do ruído provocado pela circulação rodoviária	Potenciação	Não se prevê medidas de potenciação para este impacte.
	Qualidade do Ar	Fim da Utilização da Energia da Rede Elétrica	Potenciação	Não se prevê medidas de potenciação para este impacte.
		Fim da Circulação de Veículos	Potenciação	Não se prevê medidas de potenciação para este impacte.

Tabela 4-37 - Medidas de Mitigação das Situações de Emergência

Situações de Emergência	Medida de Mitigação
Sismo de elevada intensidade	Formação aos operadores do projeto; Elaboração de um plano de emergência interno; Realização de simulacros para testar eficiência do plano de emergência.
Incêndio	Colocação de meios/equipamentos que permitam o combate a focos de incêndio; Formação aos operadores do projeto; Elaboração de um plano de emergência interno; Realização de simulacros para testar eficiência do plano de emergência.
Derrame de Substâncias Químicas	Disponibilização de bacias para armazenamento de produtos químicos; Disponibilização de meios para combate a derrames; Disponibilização de equipamentos de proteção Individual; Formação aos operadores do projeto; Elaboração de um plano de emergência interno; Realização de simulacros para testar eficiência do plano de emergência.
Explosão	Formação aos operadores do projeto; Elaboração de um plano de emergência interno; Realização de simulacros para testar eficiência do plano de emergência.
Inundação	Formação aos operadores do projeto; Elaboração de um plano de emergência interno; Realização de simulacros para testar eficiência do plano de emergência.

4.11. Programa de Monitorização

Segundo o art. 2º, alínea I) do RJAlA, a monitorização define-se como:

“processo de observação e recolha sistemática de dados sobre o estado do ambiente ou sobre os efeitos ambientais de determinado projeto e descrição periódica desses efeitos por meio de relatórios com o objetivo de permitir a avaliação da eficácia das medidas previstas na DIA e na decisão de verificação de conformidade ambiental do projeto de execução para

evitar, minimizar ou compensar os impactes ambientais significativos decorrentes da execução do respetivo projeto”.

Tendo em conta os projetos, na fase de exploração, devem ser monitorizados os seguintes descritores ambientais:

- Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos;
- Qualidade do Ar;
- Resíduos.

4.11.1. Programa de Monitorização de Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos

Este programa serve para monitorizar os consumos de água e os parâmetros analíticos dos efluentes líquidos, com o objetivo de garantir que o projeto não afeta de forma negativa o ambiente.

4.11.1.1. Local de Amostragem

Consumo de Água

Relativamente à monitorização do consumo de água, o local de amostragem deve ser na ligação do equipamento com a rede de água.

Águas Residuais

Para analisar os parâmetros analíticos das águas residuais, o local de amostragem deve situar-se no tubo de descarga do efluente.

4.11.1.2. Parâmetros a Monitorizar

Consumo de Água

O parâmetro a analisar neste programa é a quantidade de água gasta mensalmente, permitindo verificar os consumos de água e comparar com dados anteriores, permitindo, deste modo, também verificar possíveis roturas no equipamento através de valores anormais e consumo de água.

Águas Residuais

Segundo o Regulamento para Lançamento de Efluentes Industriais na Rede de Coletores de Lisboa (1991), deve-se monitorizar os parâmetros referidos na Tabela 4-38, devendo os mesmos cumprir os valores associados.

Tabela 4-38 - Parâmetros e Valores Limites para descarga nos coletores municipais de Lisboa (Godinho, 1991)

Parâmetro	Valor Limite
Temperatura	≤ 40 °C
pH	[5,5 – 9,5]
Sólidos em Suspensão (< 5 cm)	≤ 1000 mg/L
Gorduras	≤ 150 mg/l
Óleos minerais	≤ 60 mg/l
Detergentes	≤ 50 mg/l
Fenóis	≤ 30 mg/l
Sulfatos	≤ 1000 mg/l
Sulfuretos	≤ 2,0 mg/l
Cianetos	≤ 1,0 mg/l
Arsénio	≤ 2,0 mg/l
Cádmio	≤ 1,0 mg/l
Chumbo	≤ 2,0 mg/l;
Cobre	≤ 5,0 mg/l
Crómio VI	≤ 0,4 mg/l
Crómio Total	≤ 5,0 mg/l
Mercurio	≤ 0,2 mg/l
Níquel	≤ 5,0 mg/l
Prata	≤ 5,0 mg/
Zinco	≤ 5,0 mg/l
Total de Metais	≤ 10 mg/l

4.11.1.3. Frequência

Consumo de Água

A verificação do consumo de água deverá ser mensal, e registado numa folha de registos, sendo depois alvo tratamento estatístico.

Águas Residuais

A frequência da análise é definida pela Câmara Municipal de Lisboa, e tem em conta a natureza da atividade e outras circunstâncias considerada relevantes.

4.11.1.4. Revisão do Programa de Monitorização

Recomenda-se a implementação deste programa de monitorização durante a fase de exploração, podendo o mesmo ser alvo de revisão, de acordo com os resultados obtidos.

4.11.1.5. Periodicidade dos Relatórios de Monitorização

Consumo de Água

Os relatórios deverão ser de periodicidade anual.

Águas Residuais

A periodicidade é definida pela Câmara Municipal de Lisboa, no entanto se houver situações anormais, deverão ser comunicados de imediato (Godinho, 1991).

4.11.2. Programa de Monitorização da Qualidade do Ar

Este programa serve para monitorizar as emissões provocadas pelo consumo de energia da rede elétrica, até se implementar a utilização de energia renovável, permitindo assim estimar as emissões provocadas pelo projeto.

4.11.2.1. Local de Amostragem

Para se efetuar a amostragem deve-se instalar um contador, de modo a ter valores reais do consumo de energia e estimar, assim, as emissões de CO₂ com maior precisão.

4.11.2.2. Parâmetros a Monitorizar

O parâmetro a monitorizar neste programa é a produção de CO₂ (kg), tendo em conta a percentagem de fonte de energia que abastece a rede elétrica e os fatores de conversão associados a cada tipo de fonte de energia, sendo depois alvo de tratamento estatístico para aferir o impacto no ambiente.

4.11.2.3. Frequência

A estimativa de produção de CO₂ (kg) deverá ser calculada mensalmente.

4.11.2.4. Revisão do Programa de Monitorização

Quando a fonte de energia do projeto, for de origem eólica ou solar, já não existirá a necessidade de estimar a produção de CO₂.

4.11.2.5. Periodicidade dos Relatórios de Monitorização

O relatório de monitorização deverá ser de periodicidade anual.

4.11.3. Programa de Monitorização de Resíduos

Este programa serve para monitorizar os resíduos produzidos e a operação de tratamento dada aos mesmos durante a fase de exploração do projeto.

4.11.3.1. Local de Amostragem

O local de amostragem será no laboratório onde se situa o equipamento.

4.11.3.2. Parâmetros a Monitorizar

O parâmetro a monitorizar é a quantidade de resíduos (kg), bem como se é encaminhado para uma operação de valorização (R) ou para uma operação de eliminação (D), sendo depois alvo de tratamentos estatísticos.

4.11.3.3. Frequência

O registo da quantidade de resíduos produzidos deverá ser de periodicidade diária, num impresso próprio.

4.11.3.4. Revisão do Programa de Monitorização

Recomenda-se a implementação deste programa de monitorização durante a fase de exploração, podendo o mesmo ser alvo de revisão, de acordo com os resultados obtidos.

4.11.3.5. Periodicidade dos Relatórios de Monitorização

O relatório de monitorização deverá ter periodicidade anual.

4.12. Lacunas de Conhecimento

Em geral considera-se que não foram encontradas grandes lacunas no conhecimento, tendo-se recolhido muita informação de outros estudos de impacte ambiental, de artigos científicos e de trabalhos académicos associados ao projeto.

4.13. Conclusão

O Estudo de Impacte Ambiental tem como objetivo identificar e avaliar os impactes ambientais de um projeto e de outras alternativas apresentadas, sendo, deste modo, uma componente importante no suporte à decisão do ponto de vista ambiental.

Tendo por base a avaliação de impactes e a comparação com a ausência de projeto, considera-se que o projeto é positivo do ponto de vista ambiental.

Devido à situação energética no mundo e em Portugal, e tendo em conta os objetivos definidos até 2050, o projeto assume-se como um fator positivo para a descarbonização no setor da produção de energia.

Atualmente o projeto é responsável por algumas emissões de GEE, devido à fonte de energia utilizada, no entanto quando se adotar como fonte de energia a solar ou a eólica, as emissões começarão a ser nulas.

Devido à dimensão reduzida do projeto os impactes provocados pelo mesmo, embora considerados significativos pelo estudo, não irão ter grande efeito na envolvente do mesmo.

Realça-se também os impactes positivos produzidos, quer na utilização da biomassa proveniente da limpeza florestal quer e na produção de água purificada, impactes que serão mais significativos com o aumento da instalação.

5. Estimativa de Custos

Neste capítulo estimam-se os custos de produção do gás de síntese e dos custos ambientais associados às medidas de mitigação sugeridas no EIA, tendo por base os custos associados com os materiais produtivos utilizados.

5.1. Estimativa de Custos de Produção

Para o cálculo de custo de produção consideraram-se os seguintes materiais:

- Água;
- Eléttodos de grafite e da biomassa liquefeita;
- Hidróxido de Sódio;
- Eletricidade.

5.1.1. Custo da água

Segundo a Empresa Portuguesa de Águas Livres (empresa que abastece o município de Lisboa), o consumo de água para o setor industrial tem um custo de 1,8998 €/m³ (EPAL, 2023).

5.1.2. Custo dos eléctodos de grafite e da biomassa liquefeita

Um eléctrodo é uma pilha de 11 placas de grafite e 11 separadores de plástico. O custo incluindo IVA é de 26,75 € para cada disco de grafite e 5,2€ para cada separador de plástico.

A biomassa liquefeita atualmente é fornecida gratuitamente nesta fase por outros laboratórios, que podem ser internos (dentro do ISEL) ou externos como, por exemplo, do Instituto Superior Técnico.

A biomassa liquefeita incorporada atualmente no processo não pode exceder os 5% em massa.

5.1.3. Custo do hidróxido de sódio

Tendo por base o sítio da Web da Alquera (empresa de distribuição e comercialização de produtos químicos e equipamento de laboratório) 1 kg de Hidróxido de Sódio custa 9,90€ (Alquera, 2024).

5.1.4. Custo da eletricidade

Como o consumo anual de eletricidade é de 8760 kWh, e por isso inferior a 20 MWh, o projeto enquadra-se na banda de consumo, Banda-IA, o custo do kWh (incluindo impostos) é de 0,2469 €/kWh (Direção-Geral de Energia e Geologia, 2024).

5.1.5. Outros Custos

Nesta estimativa não foi considerado o custo salarial ao operador do equipamento, nem das operações de manutenção e do tratamento dos resíduos oriundos do projeto.

5.1.6. Valor Produtivo

O projeto produz por ano cerca de 382 m³/ano de gás de síntese. Os parâmetros da composição final do gás de síntese com aproveitamento energético através da queima são o hidrogénio com 36,27% e o metano 25,51% (Augusto, 2023).

Anualmente o gás de síntese incorpora 138 m³/ano de hidrogénio e 97 m³/ano de metano (Augusto, 2023).

5.1.7. Custos Totais

Tendo em conta os dados apresentados anteriormente, e consultando a tabela 5-1 concluímos que a o gás de síntese tem um custo 1463,07€/m³.

Tabela 5-1 - Estimativa de Custo do Gás de Síntese

	Qtd	Un	Preço Un. (€)	Preço (€)	Custo	% Custo
Custo da água	6,7	m³	1,8998	13		0,002
Elérodos Grafite (Disco + Separador)	17361	un	31,95	554684		99,24
Hidróxido de Sódio	170	kg	9,9	1683		0,3
Eletricidade	8760	kWh	0,2469	2163		0,38
Total				558894		
Custo (€/m³)					1463,07	

Analisando a tabela conseguimos perceber que o elemento com maior peso em termos de custo é a grafite. A grafite é um constituinte bastante caro, sendo um fator problemático para o desenvolvimento do processo.

O custo de produção por cada metro cúbico foi calculado em 1463,07 €/m³. Um valor bastante elevado. Prevê-se que, com o desenvolvimento do processo e o aumento da capacidade produtiva, os custos de produção diminuam.

Na tabela 5-2, apresentam-se dois tipos de gás e respetivos preços praticados por empresas de fornecimento de gás. Através de uma análise direta concluímos que o custo de produção de gás de síntese tem um valor bastante elevado comparado com as ofertas do mercado.

Consultando um distribuidor de gás natural, este está cotado em €/kWh, para converter em metros cúbicos utilizou-se o fator de conversão 10,76 kWh/m³ (Portgás, n.d.) de gás natural e depois considerou-se 0,1335 €/kWh (Gold Energy, 2024).

O preço do gás propano canalizado apresentado na tabela encontra-se na tabelado no respetivo sítio da internet do distribuidor.

Em ambos os casos considerou-se o preço mais elevado do operador consultado, sem distinguir o escalão de consumo.

Tabela 5-2 - Comparação com outros operadores de distribuição de gás

Gás	Preço de Venda (€/m³)
Natural	1,44 (Gold Energy, 2024)
Propano Canalizado	5,48 (Rolegás, n.d.-c)

5.2. Custos Ambientais

As medidas de mitigação podem ser divididas em dois tipos de custos:

- Medidas de custos diretos – medidas que são necessárias de ser adquiridas através da compra de objetos ou equipamentos;
- Medidas de custos indiretos – medidas que não são necessárias ser adquiridas e que podem ser implementadas através dos meios disponíveis no local.

Na tabela 5-2 pode-se consultar quais as medidas que tem custos diretos e as que tem custos indiretos:

Tabela 5-3 - Custos Diretos vs Indiretos

Custos Diretos	Custos Indiretos
Aquisição de biomassa	Formação e sensibilização dos operadores
Instalação de equipamentos de produção de energia renovável	Elaboração de um plano de emergência interno
Gestão de Resíduos	Realização de Simulacros
Bacias de retenção para produtos químicos	
Meios de combate a derrames	
Aproveitamento da água da chuva	

5.2.1. Custos Diretos

5.2.1.1. Aquisição de biomassa

Durante as limpezas florestais, uma opção para o encaminhamento dos resíduos é a classificação com o código LER 02 01 07 – Resíduos Silvícolas.

Consideraremos como custo de aquisição da biomassa o mesmo custo de tratamento de resíduo. Podendo a biomassa até ter custos inferiores, pois irá trazer proveitos para os produtores em vez de despesas.

Após consultar os preços disponíveis na internet para tratamento deste resíduo, considera-se que o custo da biomassa será de 40 €/ton (TERAMB, 2024).

5.2.1.2. *Instalação de Equipamentos para a produção de energia renovável*

Para a instalação dos equipamentos de energia renovável escolheu-se um painel solar fotovoltaico com as características descritas na tabela 5-3.

Tabela 5-4 - Características do Painel Fotovoltaico (Merlin, n.d.)

Características	Valor
Potência (W)	575
Rendimento (%)	22,3
Preço (€/un)	119
Altura do Painel (cm)	228
Largura do Painel (cm)	113

Com base no cálculo nas informações do painel fotovoltaico e na quantidade de energia necessária, estimou-se que as quantidades de painéis necessários são 46 unidades, tendo por isso um custo total de **5 474 €**.

Para este cálculo utilizou-se a seguinte fórmula:

$$N^{\circ} \text{ Painéis (un)} = \frac{\text{Energia Necessária (kW)}}{W * (\eta) * \text{Irradiação Solar } \left(\frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot \text{dia}}\right)}$$

Equação 5-1 - Fórmula de Cálculo do nº Painéis Solares (Solar, n.d.)

W – Potência (kW)

η – Eficiência

Irradiação Solar – considerou-se 4,1 kW/m².dia (Vallêra, n.d.).

Tendo em conta que a eletricidade utilizada tem um custo estimado de 2163 €/ano, e caso se opte pela instalação de painéis, o *payback* previsto será em 2 anos, 6 meses e 10 dias, aproximadamente metade do tempo de vida do projeto.

5.2.1.3. *Gestão de Resíduos*

Relativamente à Gestão de Resíduos considera-se o custo de tratamento das tipologias identificadas na tabela 5-4:

Tabela 5-5 - Preços de Tratamento de Resíduos (€/ton) (TERAMB, 2024)

LER	Designação	Custo (€/t)
15 01 01	Embalagens Papel e Cartão	0
15 01 02	Embalagens de Plástico	0
15 01 07	Embalagens de Vidro	0
15 01 10	(*) Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas	-75
16 02 14	Equipamento fora de uso não abrangido em 16 02 09 a 16 02 13	Não foi possível apurar
16 02 16	Componentes retirados de equipamento fora de uso não abrangidos em 16 02 15	Não foi possível apurar
15 02 02	(*) Absorventes, materiais filtrantes (incluindo filtros de óleo sem outras especificações), panos de limpeza e vestuário de proteção, contaminados por substâncias perigosas	-75
15 02 03	Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza e vestuário de proteção não abrangidos em 15 02 02	-40
07 02 13	Resíduos de Plástico	Não foi possível apurar

Na tabela 5-3 apresentam-se os custos de tratamento de alguns resíduos que poderão ser produzidos no projeto. Não foi possível apurar todos os valores de tratamento, devido à confidencialidade dos dados. Deve-se considerar que estes valores são indicativos porque podem oscilar consoante o operador de gestão de resíduos. Neste valor não se considerou o custo do transporte.

Os resíduos equiparados a urbanos, papel e cartão, vidro, resíduos biodegradáveis e plásticos podem ser colocados nos ecopontos disponíveis pelo *campus*.

O acondicionamento de resíduos perigosos deve-se considerar a utilização de recipientes estanques, sugere-se, por isso, como meio de armazenamento do resíduo (*) Absorventes, materiais filtrantes (incluindo filtros de óleo sem outras especificações), panos de limpeza e vestuário de proteção, contaminados por substâncias perigosas, o contentor com o custo de 299 €. Na figura 5-1 pode-se consultar uma fotografia do contentor de exemplo.

Para os resíduos não perigosos, podem ser utilizados contentores/depósitos mais simples, devendo ser disponibilizados as quantidades necessárias para se realizar a triagem.



Figura 5-1 - Contentor para armazenamento do resíduo LER 15 02 02 (Denios, 2024b)

5.2.1.4. Bacia de Retenção para Produtos Químicos

O armazenamento de produtos químicos deve ser efetuado em locais próprios, de modo a mitigar os possíveis impactes no ambiente.

Como proposta considerou-se a aquisição de um armário com as seguintes características (Denios, 2024a):

- Para armazenamento de substâncias corrosivas e nocivas para o ambiente aquático;
- Fabricado em polietileno de alta resistência;
- Possibilidade de conectar com um exaustor;
- Pode armazenar líquidos conforme a lista de substâncias com as seguintes características:
 - 40-1.1 da DiBt com fator de redução $A2 \leq 1,1$;
 - Soluções aquosas de ácidos orgânicos até 10%;
 - Ácidos minerais até 20%;
 - Soluções alcalinas inorgânicas assim como sais hidrolisados em soluções aquosas ($\text{pH} > 8$);
 - Soluções inorgânicas de sais não oxidantes com valor pH entre 6 e 8.

- O fundo do armário possui uma bacia de retenção;
- O custo deste armário é de **1068 €/unidade**.

Na figura 5-2 observa-se a fotografia do armário descrito acima.



Figura 5-2 - Armário para armazenamento de produtos químicos (Denios, 2024a)

5.2.1.5. Meios de combate a derrames

Para atuar em caso de derrame de produtos químicos, apresenta-se a um Kit de mala de ombros de 30L (Universal), que contém (Petrochem, 2022):

- 15 folhas de espessura simples;
- 3 “chouriços”;
- 10 panos de polipropileno;
- 2 sacos de recuperação;
- Óculos e Luvas.

O preço só é disponibilizado através de consulta, junto do fornecedor.



Figura 5-3 - Kit de Mala de Ombros 30L (Universal) (Petrochem, 2022)

5.2.1.6. Aproveitamento da água da chuva

O custo do aproveitamento da água da chuva, não é possível ser calculado, pois exige a elaboração de um projeto de drenagem e filtração das águas pluviais bem como o seu correto armazenamento.

5.2.2. Custos Indiretos

A formação e sensibilização dos operadores, a elaboração de um plano de emergência interno e a realização de simulacros, podem ser efetuados pela equipa de trabalho do projeto e em caso de necessidade, procurar um apoio especializado ou de consultoria externo, para efeitos legais ou de validação dos documentos.

Consideram-se estes custos indiretos porque os operadores do projeto podem assumir a elaboração destas tarefas durante a execução do trabalho.

6. Conclusões e perspetivas de trabalhos futuros

A energia é uma necessidade importante para o crescimento da economia e para o desenvolvimento da sociedade. No mundo atual a energia elétrica é indispensável no dia-a-dia, por isso, deve-se procurar a neutralidade carbónica para mitigar os efeitos negativos da produção de energia elétrica.

Estes efeitos negativos, entre muitos outros, causam o aumento do efeito estufa. O efeito estufa permite a habitabilidade do planeta Terra, no entanto, o seu aumento provoca vários impactes negativos como o aquecimento global, o aumento do nível médio da água do mar, entre outros que provocam consequências negativas na vida humana.

Uma tecnologia que permite reduzir as consequências negativas da produção da energia elétrica, consiste em utilizar o excesso de produção de energia elétrica para produzir hidrogénio.

O hidrogénio é um gás com elevado poder calorífico, mas só existe no planeta Terra junto de outros constituintes, sendo por isso necessário separá-los dos restantes constituintes. Este gás pode-se classificar-se em várias cores, dependendo da fonte energética utilizada na separação dos constituintes e dos impactes no ambiente da metodologia utilizada.

O hidrogénio verde, utiliza energia solar ou eólica, e não emite dióxido de carbono para a atmosfera.

As tecnologias de eletrólise disponíveis para a separação do hidrogénio do oxigénio da molécula de água são:

- Eletrólise Alcalina da Água;
- *Anion Exchange Membrane*;
- *Proton Exchange Membrane*;
- Água com óxido sólido.

Devido às características explosivas do hidrogénio, o armazenamento deste gás torna-se numa tarefa complicada.

Com o objetivo de armazenar o hidrogénio desenvolveu-se a tecnologia *Power-to-Gas*. Esta tecnologia consiste na conversão da energia elétrica em hidrogénio, reagindo de seguida com uma fonte de carbono, formando gás de síntese que depois pode ser inserido na rede de distribuição de gás natural.

No projeto abordado neste trabalho, a produção de gás de síntese baseia-se em reações eletroquímicas podendo utilizar fontes de energia renovável, no entanto, tem duas diferenças relativamente a processos padrão:

Na reação anódica, produz-se oxigénio e oxida-se o carbono, aumentando desta forma a produção de monóxido de carbono;

Não possui um sistema de seleção de gases, formando um gás de síntese muito heterogéneo;

Neste projeto utiliza-se como reagente hidróxido de sódio e após a remoção da humidade o gás de síntese final é composto por hidrogénio, dióxido de carbono, oxigénio, monóxido de carbono e metano.

Para estudar os impactes ambientais, ao abrigo do , os proponentes do projeto aplicáveis, devem elaborar um EIA que caracterize o projeto, descreva o local de implantação e os descritores ambientais afetados, identifique e avalie os impactes ambientais, defina as medidas mitigadoras e potenciadoras e os programas de monitorização.

O projeto abordado no EIA elaborado no presente trabalho, não se enquadra no RJAIA, no entanto segundo a legislação nacional, os intervenientes do projeto são obrigados a apresentar medidas de mitigação de modo a diminuir os efeitos negativos no ambiente.

Neste trabalho não se considerou a fase de construção porque o projeto já se encontra em funcionamento e também não se descreveu todos os descritores ambientais porque o projeto funciona no interior de um laboratório.

Este projeto permite prevenir as faltas de energia em algumas estações do ano, reduz as importações de gás natural e energia elétrica, contribui para a neutralidade carbónica e reduz o risco de incêndio.

O projeto não se situa em áreas sensíveis e não necessita de outros projetos contemplares.

As únicas emissões gasosas provenientes do projeto, estão interligadas com as fontes de produção de energia elétrica utilizada no projeto, as águas residuais em média são 6% do total que entra no eletrolisador, sendo composta essencialmente por carbono e hidróxido de sódio.

Durante a fase de exploração no descritor do clima e alterações climáticas os impactes positivos identificados são a influência do hidrogénio, a utilização da biomassa e a relação do projeto com as políticas climáticas e energéticas, já o impacto negativo é a adaptação do projeto aos efeitos das alterações climáticas. No descritor dos recursos hídricos superficiais e

subterrâneos os impactes negativos são o consumo de água e, a produção de águas residuais, o impacte positivo do projeto neste descritor é a produção de água purificada. No descritor da qualidade do ar não se identificaram impactes positivos, no entanto os impactes negativos são a utilização da energia da rede elétrica e o aumento da circulação de veículos, os efeitos negativos do projeto enquanto que no descritor do ambiente sonoro são a produção de ruído pelos equipamentos e pelo aumento da circulação rodoviária. Os impactes negativos associados ao descritor dos resíduos é a produção dos mesmos durante a fase de exploração e, por último no descritor do solo e uso do solo só se identificou um impacte positivo que consiste na valorização do mesmo para investigação científica.

Na fase de desativação, o impacte provocado pelo projeto no clima e alterações climáticas é negativo e trata-se na eliminação de uma fonte de produção de energia renovável, no fator ambiental dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos o impacte negativo é a eliminação da produção de água purificada, no entanto, os impactes positivos são o término do consumo de água e da produção de águas residuais. Os impactes do projeto na qualidade do ar é positivo porque termina a utilização da energia da rede elétrica (caso ainda não esteja a utilizar-se energia proveniente de energia eólica ou solar) e termina também coma circulação de veículos associados ao projeto. O impacte da desativação do projeto no descritor do ambiente sonoro também é positivo porque finda o ruído provocado pelos equipamentos e pela circulação rodoviária. No fator ambiental dos resíduos o impacte do desmantelamento dos equipamentos derivado da desativação do projeto é negativo, devido há produção de resíduos. Por fim, a desativação do projeto irá impactar de forma negativa o descritor do uso do solo porque termina a valorização científica no uso do solo.

Foram identificadas várias medidas de mitigação/potenciação com o objetivo de mitigar os impactes negativos e potenciar os impactes positivos.

Para avaliar a eficácia das medidas propostas e para acompanhar os impactes do projeto junto do ambiente apresentou-se um plano de monitorização que teve em consideração os impactes mais negativos.

Com o aumento da procura energética, a urgência em alcançar a neutralidade carbónica e pós análise de todos os impactes ambientais, considerou-se o projeto do ponto de vista ambiental positivo.

Com o funcionamento normal do projeto e com aplicação na prática das medidas de mitigação/potenciação, os custos podem-se dividir em custos de produção e em custos ambientais.

Nos custos de produção contemplam-se o preço, da eletricidade, da água da grafite, da biomassa liquefeita e do hidróxido de sódio. O custo de produção de 1m³ de gás de síntese do projeto é de 1463,07€/m³, bastante elevado quando comparado com os preços de venda praticados pelos operadores de distribuição de gás natural e de gás propano canalizado.

Este valor deve-se ao elevado custo da grafite e à diminuta produção de gás de síntese do projeto, prevê-se que o aumento da capacidade produtiva faça baixar o custo de produção.

Os custos ambientais dividem-se em custos diretos que provém de aquisição de materiais e equipamentos que são necessários para implementação das medidas de mitigação do projeto, os custos indiretos, estão diluídos noutros custos, como a mão de obra, que podem ser aproveitados para a realização de ações de formação, do plano de emergência e a execução de simulacros.

O trabalho foi elaborado tendo em conta as condições atuais do projeto e a localização atual do projeto, caso o projeto seja transferido para outro local deve-se efetuar um novo estudo, porque os fatores ambientais afetados serão diferentes.

O projeto também não contempla análises de projetos acessórios, se surgir a necessidade de construir outros projetos acessórios e necessários há produção de gás de síntese por co-eletrólise da água deve-se também rever o presente estudo de impacte ambiental.

O EIA também deve ser revisto se houver um aumento substancial da capacidade produtiva, porque os impactes do ambiente serão mais significativos, devido ao aumento de equipamentos, ao aumento de consumo e ao aumento de colaboradores envolvidos diretamente com o projeto.

Referências bibliográficas

- Adnan, Muflih A., and Md Golam Kibria. 2020. "Comparative Techno-Economic and Life-Cycle Assessment of Power-to-Methanol Synthesis Pathways." *Applied Energy* 278. doi: 10.1016/j.apenergy.2020.115614.
- Alquera. 2024. "Hidróxido de Sódio: Comprar Online - Alquera.Com." *HIDRÓXIDO DE SÓDIO*. Recuperado Junho 12, 2024 (<https://www.alquera.com/pt/hidroxido-de-sodio/>).
- Ana Barreiros. 2023. "Caracterização Do Ambiente."
- Anil C. Ranveer, Pooja Pawar, and Pooja Latake. 2015. "The Greenhouse Effect and Its Impacts on Environment." *International Journal of Innovative Research and Creative Technology* 1(3):333–37.
- APA. 2019a. "QualAR - Qualidade Do AR." Recuperado Março 30, 2024 (<https://qualar.apambiente.pt/pt/qualar/estacao/3070>).
- APA. 2019b. "QualAR - Qualidade Do AR." Recuperado Março 30, 2024 (<https://qualar.apambiente.pt/pt/qualar/estacao/3071>).
- APA. 2019c. "QualAR - Qualidade Do AR." Recuperado Março 30, 2024 (<https://qualar.apambiente.pt/estatisticas>).
- APA. 2023a. *Ficha Técnica Título Fator de Emissão Da Eletricidade-2023 Edição Agência Portuguesa Do Ambiente Data 15 de Março de 2023 Local Amadora*.
- APA. 2023b. *TEJO E RIBEIRAS DO OESTE (RH5A) Parte 2 | Caracterização e Diagnóstico Volume A*.
- APREN. 2023. *ELETRICIDADE RENOVÁVEL EM REVISTA PORTUGAL PRECISA DA NOSSA ENERGIA*. Lisboa.
- Augusto. 2023. *Aumento Da Eficiência Da Produção Eletrolítica de Gás de Síntese Num Eletrolisador de 1 KW*.
- Blanco, Herib, Victor Codina, Alexis Laurent, Wouter Nijs, François Maréchal, and André Faaij. 2020. "Life Cycle Assessment Integration into Energy System Models: An Application for Power-to-Methane in the EU." *Applied Energy* 259. doi: 10.1016/j.apenergy.2019.114160.
- CCDR LVT. 2022. "Fases Da Avaliação de Impacte Ambiental (AIA) - CCDR LVT." Retrieved January 19, 2024 (<https://www.ccdr-lvt.pt/ambiente/avaliacao-de-impacte-ambiental-aia/fases-da-avaliacao-de-impacte-ambiental-aia/>).
- CML. 2010. *Relatório Síntese de Caracterização Biofísica de Lisboa No Âmbito Da Revisão Do Plano Director Municipal de Lisboa*.
- CML. 2017. *ESTRATÉGIA MUNICIPAL DE ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS DE LISBOA*.
- CML. 2021. *Mapa de Ruído Da Cidade de Lisboa*. Lisboa.
- CML. 2024. "Câmara Municipal de Lisboa, Urbanismo, Planeamento Urbano, Plano Diretor Municipal - MUNICÍPIO de LISBOA." Recuperado Março 29, 2024 (<https://www.lisboa.pt/cidade/urbanismo/planeamento-urbano/plano-diretor-municipal/pdm-em-vigor>).
- COGEN. 2021. *COGERAÇÃO Em PORTUGAL BOLETIM. 2 ° SEMESTRE 2021 COGEN PORTUGAL*.

- Denios. 2024a. “Armário Ambiental Polystore PS 620-4, Plástico, Largura 60 Cm, 4 Grades Galvanizadas.” Recuperado Junho 12, 2024 (<https://www.denios.pt/armario-ambiental-polystore-ps-620-4-plastico-largura-60-cm-4-grades-galvanizadas-248943/248943>).
- Denios. 2024b. “Recipiente de Transporte c/ Boca e c/ Homol. UN p/ Bombas Aerosol Vazias e Semi Vazias, 120 Litros.” Recuperado Junho 12, 2024 (<https://www.denios.pt/recipiente-de-transporte-c-boca-e-c-homol-un-p-bombas-aerosol-vazias-e-semi-vazias-120-litros-271776/271776>).
- Direção-Geral de Energia e Geologia. 2024. “Preços Médios Ponderados de Energia Elétrica Na Indústria, Em Portugal.”
- Duque, Jorge. 2022. *TÉCNICAS DE PROSPEÇÃO E CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS Zunchany Trinta Matola Orientador (Es) | António Chambel*.
- El-Shafie, Mostafa. 2023. “Hydrogen Production by Water Electrolysis Technologies: A Review.” *Results in Engineering* 20. doi: 10.1016/j.rineng.2023.101426.
- ENTSOG. (n.d.). Power to gas | ENTSOG. Recuperado Julho 6, 2024, (<https://www.entsog.eu/power-gas>)
- EPAL. 2023. *Preços de Venda de Água*.
- EPAL. 2024. *LAB-DIREÇÃO DE LABORATÓRIOS*.
- EPAL. n.d. “EPAL - Empresa Portuguesa Das Águas Livres, SA.” Recuperado Março 30, 2024 (<https://www.epal.pt/EPAL/menu/%C3%A1gua/sistema-de-abastecimento/sistema-de-produ%C3%A7%C3%A3o-e-transporte>).
- Ferreira, Maria, Susana Costa, Nuno Santos, Margarida Colaço, Elisabete Raimundo, Susana Baptista, Jorge Inácio, and João Albergaria. 2022. *Estabelecimento GalpH2Park de Produção e Armazenagem de Hidrogénio Verde de 100 MW de Origem Renovável EIA- Volume 2-Relatório Síntese ÍNDICE GERAL GALPH 2 Park ESTABELECIMENTO DE PRODUÇÃO E ARMAZENAGEM DE HIDROGÉNIO VERDE DE 100 MW DE ORIGEM RENOVÁVEL VOLUME 4-PEÇAS DESENHADAS*.
- Gerloff, Niklas. 2021. “Comparative Life-Cycle Assessment Analysis of Power-to-Methane Plants Including Different Water Electrolysis Technologies and CO2Sources While Applying Various Energy Scenarios.” *ACS Sustainable Chemistry and Engineering* 9(30):10123–41. doi: 10.1021/acssuschemeng.1c02002.
- Godinho, Rui. 1991. *Regulamento Lançamento Efluentes Industriais Rede Colectores Lisboa*.
- Gold Energy. 2024. “Preços de Referência | Goldenergy.” Recuperado Junho 25, 2024 (<https://goldenergy.pt/precos-de-referencia/>).
- Gold Energy. n.d.-a. “O Que é a Energia Final | Glossário | Goldenergy.” Recuperado Janeiro 20, 2024 (<https://goldenergy.pt/glossario/energia-final/>).
- Gold Energy. n.d.-b. “O Que é a Energia Secundária | Glossário | Goldenergy.” Recuperado Janeiro 20, 2024 (<https://goldenergy.pt/glossario/energia-secundaria/>).
- Goldemberg, José, and Oswaldo Lucon. n.d. *Energias Renováveis: Um Futuro Sustentável*.
- Gonçalves, Ana Luísa. 2017. *Utilização de Biomassa Liquefeita Na Produção Eletrolítica de Gás de Síntese*. Lisboa.
- Götz, Manuel, Jonathan Lefebvre, Friedemann Mörs, Amy McDaniel Koch, Frank Graf, Siegfried Bajohr, Rainer Reimert, and Thomas Kolb. 2016. “Renewable Power-to-Gas: A Technological and Economic Review.” *Renewable Energy* 85:1371–90.

- He, Hongjing, Yongyi Huang, Akito Nakadomari, Hasan Masrur, Narayanan Krishnan, Ashraf M. Hemeida, Alexey Mikhaylov, and Tomonobu Senjyu. 2023. "Potential and Economic Viability of Green Hydrogen Production from Seawater Electrolysis Using Renewable Energy in Remote Japanese Islands." *Renewable Energy* 202:1436–47. doi: 10.1016/j.renene.2022.12.046.
- Instituto de Meteorologia, I. P. n.d. *Ministério Da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior*.
- ISEL. 2020. "Clean Forest | Instituto Superior de Engenharia de Lisboa." Recuperado Março 29, 2024 (<https://www.isel.pt/investigacao-e-inovacao/ecossistema-de-inovacao/projetos/2019/clean-forest>).
- ISEL. 2021. *Estatutos Do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa*.
- ISEL. 2024a. "Missão, Visão e Valores | Instituto Superior de Engenharia de Lisboa." Recuperado Março 29, 2024 (<https://www.isel.pt/isel/quem-somos/instituicao/missao>).
- ISEL. 2024b. "Onde Estamos | Instituto Superior de Engenharia de Lisboa." Recuperado Março 29, 2024 (<https://www.isel.pt/o-isel-apresenta-se/onde-estamos>).
- Kermani, Amirmohammad Arjomand, and Ehsan Houshfar. 2024. "Design and Energy, Exergy, and Exergoeconomic Analyses of a Novel Biomass-Based Green Hydrogen and Power Generation System Integrated with Carbon Capture and Power-to-Gas." *International Journal of Hydrogen Energy* 52:177–89. doi: 10.1016/j.ijhydene.2023.10.084.
- Khan, M. A., Tareq Al-Attas, Soumyabrata Roy, Muhammad M. Rahman, Noreddine Ghaffour, Venkataraman Thangadurai, Stephen Larter, Jinguang Hu, Pulickel M. Ajayan, and Md Golam Kibria. 2021. "Seawater Electrolysis for Hydrogen Production: A Solution Looking for a Problem?" *Energy and Environmental Science* 14(9):4831–39. doi: 10.1039/d1ee00870f.
- Ma, Xiaoxin, and Qiang Fu. 2020. "The Influence of Financial Development on Energy Consumption: Worldwide Evidence." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(4). doi: 10.3390/ijerph17041428.
- Márcio, Silva, Guerra Carlos, Rodrigues Adriana, Fernandes Davide, Faria Artur, Gonçalves Eduardo, Leite João, Pando Cláudia, Leonardo Rui, Rosão Vítor, Queiroga Francisco, Gonçalves Carla, Vaz Ana, and Rodrigues Adriana. 2021. *RELATÓRIO SÍNTESE-VOLUME I ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL PEDREIRA DE MONTARIOL Maio 2021*.
- Martin, Riquez. n.d. "CO2 Emissions of All World Countries JRC/IEA/PBL 2022 Report."
- Martins, Diogo. 2023. *Liquified Biomass Utilization in Water Co-Electrolysis for Synthesis Gas Production*.
- Martins, Silas Sarkiz da Silva, Matheus Oliveira de Azevedo, Mikaias Pereira da Silva, and Valdenildo Pedro da Silva. 2015. "PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E IMPACTES AMBIENTAIS: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES." *HOLOS* 6:54. doi: 10.15628/holos.2015.2201.
- Merlin, Leroy. n.d. "Painel Solar 575WP 144 Bifacial N Type Ja Solar | Leroy Merlin." Recuperado Junho 12, 2024 (<https://www.leroymerlin.pt/produtos/energias-renovaveis/paineis-solares-fotovoltaicos/painel-solar-575wp-144-bifacial-n-type-ja-solar-91048771.html>).
- Nuno Machado, Felisbina Quadrado, Maria Fernanda Gomes, MariaCatarina Mariano Ana Rita Lopes Ana Telhado Andreia Franco António Branco Lia de Barros dos Reis Luís Pereira Maria Manuela Saramago Paula Viana Pedro Travessa Raquel Guerra Rosário Jesus Simone Martins, Ana Susana Nunes Verónica Onofre Pinto, and Ana Gonçalves

Ana Rita Moutinho Anabela Rebelo Carlos Graça José Madeira Maria João Mendo Paula Machado Paulo Salgueiro Teresa Ferreira. 2023. *FICHA TÉCNICA Coordenação Técnica Nacional ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE BASE, DOCUMENTOS PARA CONSULTA PÚBLICA E RELATÓRIOS FINAIS Departamento de Recursos Hídricos.*

Petrochem. 2022. "Kits-de-Emergencia---Malas-de-Ombros_fev2022_compressed."

Portgás. n.d. "Equivalências Energéticas | Profissionais| Portgás." Recuperado Junho 25, 2024 (<https://www.portgas.pt/profissionais/apoio/equivalencias-energeticas/>).

Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020 da Presidência do Conselho de Ministros. Diário Da República, 1.ª Série.

Resolução do Conselho de Ministros n.º 63/2020 da Presidência do Conselho de Ministros. Diário Da República, 1.ª Série.

REPSOL. n.d. "Energía Primaria: ¿Cuáles Son Las Principales Fuentes de Energía? | Repsol." Recuperado Janeiro 20, 2024 (<https://www.repsol.com/es/energia-futuro/futuro-planeta/energia-primaria/index.cshtml>).

Decreto-Lei n.º 102-D/2020 de 10 de dezembro da Presidência do Conselho de Ministros. Diário Da República, 1.ª Série.

Ritchie, Hannah, and Max Roser. 2023. "Primary, Secondary, Final, and Useful Energy: Why Are There Different Ways of Measuring Energy?" *Our World in Data*.

Decreto-Lei n.º 151-B/2013 de 31 de outubro do Ministério da Agricultura, do Mar do Ambiente e do Ordenamento do Território. Diário da República, 1.ª Série.

Roberto Castilho Piqueira;, Claudio Marcelo Brunoro;, and José Roberto. 2014. *ENERGIA: Uso, Geração e Impactes Ambientais*.

Rolegás. 2024. "Informações e Tabelas | Rolegás." Recuperado Junho 25, 2024 (<https://www.rolegas.pt/pt/rolegas/informacoes-e-tabelas/>).

Santiago, Arthur, Gomes Marinho¹, Francyyelly Da, Silva Pereira¹, Maria Eduarda, and Santos Da Silva¹. 2022. *Fatores e Elementos Climáticos Usando a Classificação de Köppen-Geiger*.

Shiva Kumar, S., and Hankwon Lim. 2022. "An Overview of Water Electrolysis Technologies for Green Hydrogen Production." *Energy Reports* 8:13793–813.

SOGILUB. n.d. "Recolha de Óleos Lubrificantes Usados."

Solar, Damia. n.d. "Quanta Eletricidade Um Pannel Solar Gera e Como Calcular? - Blog Damia Solar." Recuperado Julho 17, 2024 (<https://www.damiasolar.com/blog/pt/quanta-eletricidade-um-pannel-solar-gera-e-como-calcular/>).

TERAMB. 2024. "Tarifário - TERAMB." Recuperado Junho 12, 2024 (<https://www.teramb.pt/clientes/tarifario/>).

United Nations Environment Programme. 2022. *The Closing Window Climate Crisis Calls for Rapid Transformation of Societies*.


Urbana; Departamento de Higiene, and Waste@nova. 2022. *Documento Estratégico de Gestão de Resíduos de Lisboa 2030*.

Vallêra, Antonio. n.d. *EnErgia Solar Fotovoltaica*.


Yue, Shujing, Rou Lu, Yongchang Shen, and Hongtao Chen. 2019. "How Does Financial Development Affect Energy Consumption? Evidence from 21 Transitional Countries." *Energy Policy* 130:253–62. doi: 10.1016/j.enpol.2019.03.029.

Anexo I

Neste anexo, pode-se consultar o póster elaborado no âmbito deste trabalho final de mestrado e que esteve exposto na 10ª edição do Fórum de Engenharia Química e Biológica, que ocorreu entre os dias 7 e 10 de maio.



Estudo de Impacte Ambiental da geração de gás de síntese por co- eletrólise da água



P.A.Martins¹; J.F.Gomes²

1 – Mestrado de Engenharia da Qualidade e do Ambiente, ISEL; 2 – Departamento de Engenharia Química, ISEL

Contexto Atual

A Agência Internacional de Energia, propôs que até 2050, o setor da produção de energia, deve alcançar emissões nulas de dióxido de carbono (Shiva Kumar e Lim 2022).

Um dos caminhos para atingir a neutralidade carbónica é através da produção de hidrogénio verde (El-Shafie 2023).

O hidrogénio quando é queimado, emite apenas vapor de água, no entanto o seu transporte é um processo muito complicado devido ao alto risco de explosividade (Kermani e Houshfar 2024).

O hidrogénio pode ser classificado por cores, tendo em conta a tecnologia de produção, a fonte de energia utilizada no processo produtivo e o impacte da produção no ambiente (Shiva Kumar e Lim 2022).

O hidrogénio verde é produzido através de eletrólise da água, e utiliza uma fonte de energia com zero emissões de dióxido de carbono (Shiva Kumar e Lim 2022).

Existem algumas tecnologias para armazenamento de energia, como por exemplo a *Power-to-Gas* (Gerloff, 2021).

Esta tecnologia consiste na conversão da energia em gás, através da reação do hidrogénio com uma fonte de carbono (Gerloff, 2021).

Com o *Power-to-Gas*, consegue-se conservar a energia renovável produzida em excesso, sendo depois convertida em gás e injetada na rede de gás natural (Gerloff, 2021).

Metodologia

A metodologia aplicada no EIA, apresenta-se na Figura 1.



```
graph TD; A[Recolha de dados] --> B[Caracterização da Situação de Referência]; B --> C[Identificação e Avaliação dos Impactes Ambientais e definição de medidas mitigadoras]; C --> D[Definição dos programas de monitorização]; D --> E[Lacunas técnicas/conhecimento verificadas]; E --> F[Conclusões];
```

Figura 1 – Metodologia do EIA (Silva et al. 2021)

Objetivos

Os objetivos do Estudo de Impacte Ambiental (EIA), que está a ser realizado são:

- Estudar os descritores ambientais, na fase de exploração e na desativação;
- Avaliação dos impactes ambientais do projeto;
- Definição de medidas mitigadoras;
- Definição de um processo de monitorização ambiental;
- Elaboração de um Resumo Não Técnico.

Conclusão

O projeto não se encontra enquadrado no Regulamento Jurídico de Avaliação de Impacte Ambiental, nem no Guia do Promotor redigido pela Direção Geral de Energia e Geologia e pela Agência Portuguesa do Ambiente.

Devido à localização e há dimensão do projeto não são expectáveis grandes impactes no ambiente, no entanto serve o EIA para identificar os atuais impactes causados pelo projeto e mitigar os mesmos.

Processo Produtivo

A produção de gás de síntese, consiste na eletrólise da água com o acrescento de uma fonte de carbono. A fonte de carbono pode ser oriunda da biomassa proveniente de limpezas florestais (Martins, 2023).

Durante o processo utiliza-se hidróxido de sódio (NaOH), em pellets, com uma massa molar de 40g/mol (Martins, 2023).

O equipamento utilizado para a produção de gás de síntese mede 50x50x60cm (Martins, 2023).

Referências

El-Shafie, M. (2023). Hydrogen production by water electrolysis technologies: A review. *Results in Engineering*, 1-17.

Gerloff, N. (2021). Comparative Life-Cycle Assessment Analysis of Power-to-Methane Plants including Different Water Electrolysis Technologies and CO₂ Sources while Applying Various Energy Scenarios. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 10(23-1014).

Kermani, A. A., & Houshfar, E. (2024). Design and energy, exergy, and exergoeconomic analyses of a novel biomass-based green hydrogen and power generation system integrated with carbon capture and power-to-gas. *International Journal of Hydrogen Energy*, 17-189.

Martins, D. (2023). Liquefied biomass utilization in water co-electrolysis for Synthesis gas production. *Shiva Kumar, S., & Lim, H. (2022). An overview of water electrolysis technologies for green hydrogen production. Energy Reports*, 13793-13813.

Silva, M., Guerra, C., Rodrigues, A., Fernandes, D., Faria, A., Gonçalves, E., ... Rodrigues, A. (2021). RELATÓRIO SÍNTESE-VOLUME I ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL PEDREIRA DE MONTARIOL Maio 2021.

Anexo II

Neste anexo, pode-se consultar o Resumo Não Técnico (RNT), é uma parte integrante do EIA, e tem como objetivo facilitar a participação e compreensão pública, descrevendo de forma simples o EIA da Geração de Gás de Síntese Hidrogénio por co-eletrólise da água.



Resumo Não Técnico do Estudo de Impacte Ambiental da Geração do Gás de Síntese e de Hidrogénio por co- eletrólise da Água

Estudo Realizado por:

Pedro Afonso Martins nº a50184

Orientado por:

Prof. Doutor João Gomes

Índice

1. Introdução.....	151
2. Localização	152
1. Localização	152
3. Objetivos e Descrição do Projeto	153
3.1. Objetivos	153
2. Objetivos e Descrição do Projeto	153
2.1. Objetivos	153
3.2. Descrição do Projeto	154
2.2. Descrição do Projeto	154
3.3. Alternativas Razoáveis ao Projeto	155
3.3. Alternativas Razoáveis ao Projeto	155
4. Caracterização da Situação Ambiental Atual.....	156
4.1. Clima e Alterações Climáticas	156
4.2. Recursos Hídricos	156
4.3. Qualidade do Ar.....	156
4.4. Ambiente Sonoro	157
4.5. Resíduos	157
4.6. Uso do Solo	157
5. Identificação e Avaliação de Impactes Ambientais	158
5.1. Clima e Alterações Climáticas	159
5.2. Recursos Hídricos	160
5.3. Qualidade do Ar.....	161
5.4. Ambiente Sonoro	162
5.5. Resíduos	163
5.6. Uso do Solo	164
6. Medidas Mitigação e de Potenciação	165
7. Programas de Monitorização	167
8. Conclusão	168
9. Referências.....	169

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Legenda da Identificação e da Avaliação dos Impactes Ambientais	158
Tabela 2 - Medidas de Mitigação/Potenciação para Fase de Exploração	165
Tabela 3 - Medidas de Mitigação/Potenciação para Fase de Desativação	166

Índice de Figuras

Figura 1 – Ferramenta (Fonte: Gratispng, 2024).....	151
Figura 2 – Impacte (Fonte: Vexels, 2009).....	151
Figura 3 – Globo Terrestre (Fonte: 588ku, 2024).....	151
Figura 4 – Apresentação (Fonte: Gratispng, 2024).....	151
Figura 5 – Localização (Fontes: Idealista,2024 e Maps,2024).....	152
Figura 6 – Logótipo (Fonte: ISEL, 2024).....	152
Figura 7 – ISEL (Fonte: ISEL, 2024).....	152
Figura 8 – ISEL (Fonte: ISEL, 2024).....	152
Figura 9 – Logótipo do Projeto (Fonte: Gomes, 2023).....	153
Figura 10 – Incêndios (Fonte: Redação, 2013).....	153
Figura 11 – Resíduos Florestais (Fonte: Florestais, 2022).....	153
Figura 12 – Equipamento Utilizado (Fonte: Martins, 2023).....	154
Figura 13 – Painel de Comandos (Fonte: Martins, 2023).....	154
Figura 14 – Power-to-Gas (Fonte: Entsog, 2024).....	155
Figura 15 – Energia Eólica (Fonte: Freepick, 2024).....	155
Figura 16 – Energia Solar (Nawicon, 2024).....	155
Figura 17 – Clima (Fonte: Uniconlabs, 2024).....	156
Figura 18 – Região Hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste (Fonte: Machado et al, 2023).....	156
Figura 19 – Pressões Qualitativas - Descarga de Águas Residuais (Fonte: Surang, 2024).....	156
Figura 20 – Produção de CO2 (Fonte: Eucalipto, 2024).....	157
Figura 21 – Tráfego Rodoviário (Fonte: Konkapp, 2024).....	157
Figura 22 – Uso habitacional (Fonte: Monge, 2024).....	157
Figura 23 – Utilização de Energia Elétrica (Fonte: AmetistaDesign, 2024).....	158
Figura 24 – Consumo de água (Fonte: Culmbio, 2024).....	158
Figura 25 – Investigação Científica (Fonte: Vetores, 2024).....	158
Figura 26 – Identificação (Fonte: Core, 2024).....	158
Figura 27 – Proteção do Ambiente (Fonte: Berkhacion, 2024).....	165
Figura 28 – Tratamento de Águas Residuais (Fonte: Flaticon, 2024).....	165
Figura 29 – Formação e Sensibilização (Fonte: Geotatá, 2024).....	165
Figura 30 – Energia Solar e Eólica (Fonte: Design, 2024).....	166
Figura 31 – Transportes Públicos (Fonte: Pojok, 2024).....	166
Figura 32 – Check-List (Fonte: Flaticon, 2024).....	166
Figura 33 – Análises Químicas (Fonte: Flaticon, 2024).....	167
Figura 34 – Registos de Consumos (Fonte: IwitoStudio, 2024).....	167

1. Introdução

O documento apresentado é um Resumo Não Técnico (RNT) sobre o Estudo de Impacte Ambiental (EIA) da Geração de Gás de Síntese e Hidrogénio por co-eletrólise da água. O projeto está a ser desenvolvido no Laboratório de Tecnologia Química do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL).

Este projeto tem como objetivo a produção de gás de síntese através da co-eletrólise da água e a utilização de biomassa liquefeita proveniente da limpeza de áreas florestais.

O RNT é parte integrante do EIA e tem como objetivo facilitar a participação e compreensão pública, descrevendo de forma simples o EIA da Geração de Gás de Síntese e Hidrogénio por co-eletrólise da água.

O EIA foi elaborado no âmbito do Trabalho de Final de Mestrado do Mestrado de Engenharia de Qualidade e do Ambiente, sendo o mesmo orientado pelo Professor Doutor João Gomes.

O EIA foi elaborado com o objetivo de fornecer informações sobre o impacte do projeto no ambiente.

Neste estudo foram consideradas a fase de exploração e desativação. A fase de construção não foi considerada porque o equipamento já se encontra em funcionamento.

Realça-se também que o projeto não se encontra enquadrado no Regime Jurídico de Avaliação de Impacte Ambiental, no entanto, efetuou-se o presente estudo com objetivo de conhecer, mitigar impactes negativos e/ou potenciar os impactes positivos no ambiente.

RESUMO NÃO TÉCNICO

Estudo de Impacte Ambiental da
Geração de Gás de Síntese e
Hidrogénio por co-eletrólise da água

julho de 2024

Avaliação de Impacte Ambiental

Instrumento de carácter preventivo da política de ambiente, sustentado na elaboração de um estudo, em consultas públicas, em análises das autoridades competentes e na conclusão da autoridade de avaliação de impacte ambiental (RJAIA, 2013)



Figura 1 - Ferramenta (Fonte: Grátispng, 2024)

Impacte Ambiental

Conjunto das alterações favoráveis e desfavoráveis no ambiente, sobre determinados fatores, resultantes de um projeto, comparadas com a ausência do mesmo (RJAIA, 2013).



Figura 4 - Impacte (Fonte: Vexels, 2009)

Estudo de Impacte Ambiental

Documento que contém uma descrição do projeto, a identificação e avaliação dos impactes, positivos e negativos que o projeto pode ter no ambiente, a avaliação sem ausência do projeto, as medidas de gestão ambiental para mitigar ou potenciar os impactes e um resumo não técnico (RJAIA, 2013).



Figura 9 - Globo Terrestre (Fonte: 588ku, 2024)

Resumo Não Técnico

Documento redigido com o objetivo de dar suporte à participação pública, descrevendo o projeto, numa linguagem e com uma apresentação acessível ao público em geral (RJAIA, 2013).

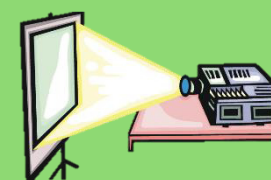


Figura 16 - Apresentação (Fonte: Grátispng, 2024)

julho de 2024

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa**Morada:**

Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1, 1959-007 Lisboa

Coordenadas GPS:

38.75691186259142, -9.116494150002076

Site:<https://www.isel.pt/>

Figura 20 - Logótipo (Fonte: ISEL, 2024)



Figura 21 – ISEL (Fonte: ISEL, 2024)



Figura 25 - ISEL (Fonte: ISEL, 2024)

2. Localização

O projeto localiza-se no Laboratório de Tecnologia Química do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, sito na Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1 na freguesia de Marvila, concelho de Lisboa.

O ISEL é uma organização de ensino superior que realiza atividades de investigação científica e de serviços à comunidade.

Na sua missão define-se como um centro de criação, transmissão e difusão da ciência, tecnologia e cultura, tendo como missão a promoção da excelência no ensino superior em engenharia e na investigação científica assentes em diversos fatores, como por exemplo no crescimento e no desenvolvimento sustentável (ISEL, n.d.).



Figura 22 - Localização (Fontes: Idealista,2024 e Maps,2024)

O Plano Diretor Municipal (PDM) indica que o ISEL se situa num local condicionado pelo Aeroporto Humberto Delgado, por Servidões Militares, Base Aérea nº6 do Montijo e pelo Depósito Geral de Material da Força Aérea em Alverca (CML, 2024).

O ISEL não se encontra abrangido por Áreas Sensíveis (ex. áreas protegidas, zonas Rede Natura 2000, zonas de conservação especial e zonas de proteção dos bens imóveis classificados).



Figura 26 - Logótipo do Projeto (Fonte: Gomes, 2023)

3. Objetivos e Descrição do Projeto

3.1. Objetivos

Durante o ano de 2020, surgiu o projeto CleanForest para dar uso a resíduos florestais provenientes da limpeza de zonas florestais, na produção de biocombustíveis de 2ª geração, mitigando assim ocorrência de incêndios (ISEL, 2020).

Indiretamente o projeto permitirá a melhoria da economia das zonas rurais, através da atribuição de um valor monetário a um resíduo (ISEL, 2020).

Os resíduos florestais são transformados em biomassa liquefeita, sendo depois adicionada ao hidrogénio, resultando em gás de síntese (ISEL, 2020).

No final o gás de síntese pode ser utilizado com um material para a produção de metanol ou queimado para a produção de energia (ISEL, 2020).

No final do processo e em conjunto com um tratamento de absorção irá produzir-se água purificada (ISEL, 2020).

O desenvolvimento deste projeto (ISEL, 2020):

- ✓ Contribui para o alcance da neutralidade carbónica;
- ✓ Reduz as importações de gás natural e de energia;
- ✓ Contribui para a redução do risco de incêndio, devido ao acréscimo de valor dos resíduos florestais;
- ✓ Reduz as imprevisibilidades de fornecimento energético, devido ao contexto internacional.



Figura 27 - Incêndios (Fonte: Redação, 2013)



Figura 28 - Resíduos Florestais (Fonte:Florestais, 2022)

3.2. Descrição do Projeto

Todo o processo é baseado em reações eletroquímicas, sendo que a energia utilizada pode ser obtida através de fontes renováveis (solar e eólica) (Martins, 2023).

O processo utilizado é a Eletrólise Alcalina de Água, com duas diferenças, relativamente a um processo tradicional (Martins, 2023):

1. O oxigénio produzido durante o processo, oxida a fonte de carbono, aumentando assim a produção de monóxido de carbono (CO) e de dióxido de carbono (CO₂);
2. Não existe uma seleção dos gases, originando por isso um gás de síntese muito heterogéneo.

Durante a produção de gás de síntese utiliza-se o hidróxido de sódio (NaOH) como eletrólito (Martins, 2023):

O equipamento utilizado para a produção de gás de síntese mede 50*50*60 cm (Martins, 2023).

Para o normal funcionamento do projeto são necessários outros equipamentos (Martins, 2023):

- Uma fonte de alimentação externa, para realizar testes de condutividade ao eletrólito;
- Um espectrofotómetro infravermelho para obter a absorvância e espectros de transmitância de misturas de eletrólitos;
- Analisador de gás para determinar com maior precisão a composição do gás resultante.

O equipamento consegue produzir durante um ano em contínuo 382 m³ de gás de síntese, consumindo 9377 kg de carbono, 8760 kW de energia elétrica, 63m³ de água e 170kg de NaOH (Martins, 2023).

Para o manusear o equipamento é necessário apenas de 1 operador, necessitando de operações de manutenção de 2 em 2 dias (Martins, 2023).



Figura 29 - Equipamento Utilizado (Fonte: Martins, 2023)

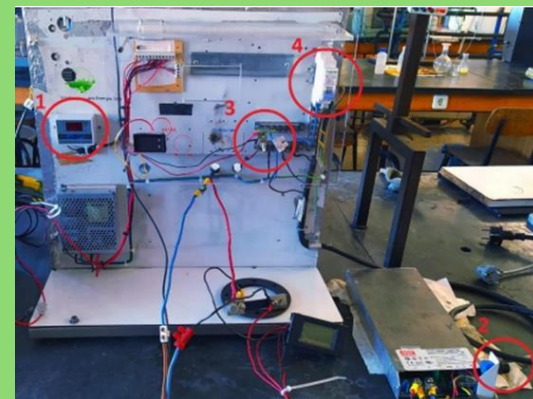


Figura 30 - Painel de Comandos (Fonte: Martins, 2023)

Legenda:

- 1-Mostrador da temperatura do sistema;
- 2-Botão da fonte de alimentação;
- 3-Botão de ligar/desligar a bomba de água;
- 4-Botão ligar/desligar o sistema completo.

A composição final do gás de síntese é a seguinte:

- ✓ Hidrogénio – 36,3%;
- ✓ Oxigénio – 4 %;
- ✓ Monóxido de Carbono – 0,9%;
- ✓ Dióxido de Carbono – 33,3%;
- ✓ Metano – 25,5%.

O gás de síntese no final é armazenado, podendo depois ser utilizado na produção de metanol, queimado para a produção de energia elétrica ou injetado na rede de gás natural.

3.3. Alternativas Razoáveis ao Projeto

O projeto ainda está numa escala piloto, por isso é ainda difícil apresentar soluções, no entanto, existem algumas alternativas para os processos utilizados no projeto.



Fornecimento de Energia

Atualmente o projeto utiliza energia elétrica fornecida pela rede, estando os impactos dependentes da flutuabilidade das fontes de energia elétrica da rede.

Propõe-se a utilização de energia produzida através de energia solar ou eólica, contribuindo largamente para a neutralidade carbónica e para a redução das emissões de Gases de Efeito Estufa.



Processo de Eletrólise

Os processos de eletrólise mais desenvolvidos atualmente são a Eletrólise Alcalina e a Eletrólise PEM.

O projeto utiliza a tecnologia de eletrólise alcalina, propõe-se como alternativa a utilização da tecnologia PEM, porque a área ocupada pelo equipamento é inferior, tem mais capacidade para tolerar na variação da carga e de energia fornecida, tem necessidades de operações e manutenções inferiores à eletrólise alcalina e diminui o risco de acidentes, porque não é necessário manusear produtos químicos perigosos.



Figura 14 - Power-to-Gas (Fonte: Entsog, 2024)

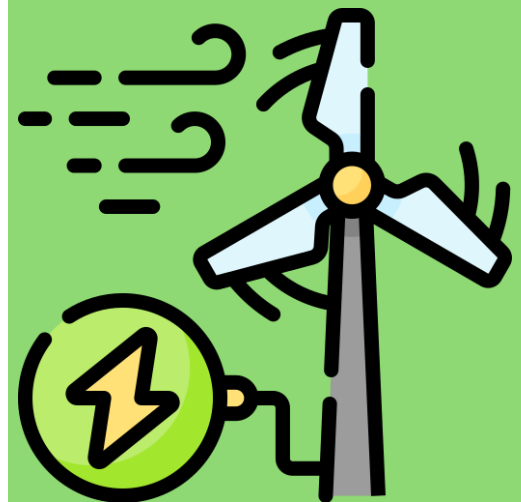


Figura 15 - Energia Eólica (Fonte: Freepick, 2024)

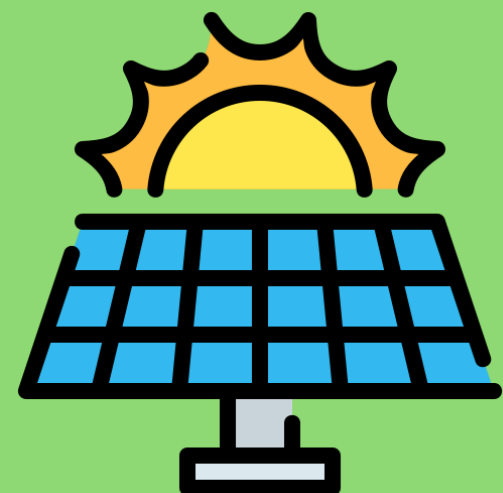


Figura 16 - Energia Solar (Nawicon, 2024)

4. Caracterização da Situação Ambiental Atual

Na caracterização da situação ambiental, não foram considerados todos os descritores ambientais porque o projeto encontra-se num laboratório.

4.1. Clima e Alterações Climáticas

O clima em Lisboa é caracterizado por uma temperatura média, ronda os 16 °C, a precipitação média anual varia entre os 650 mm e os 760 mm (Instituto de Meteorologia n.d.).

Por vezes o clima de Lisboa é influenciado por temperaturas acima dos 40 °C e valores negativos, pode ocorrer valores elevados de pluviosidade, rajadas de vento muito fortes e trovoadas (Instituto de Meteorologia n.d.).

4.2. Recursos Hídricos

O projeto localiza-se na Região Hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste e na Orla Ocidental (Nuno Machado et al. 2023).

Os recursos hídricos sofrem pressões derivadas da captação de água, pressões derivadas de infraestruturas junto das massas de águas, pressões biológicas devido a espécies exóticas e pressões derivadas das descargas de águas residuais (Nuno Machado et al. 2023).

4.3. Qualidade do Ar

Relativamente aos parâmetros de qualidade do ar, existem registo de excedências ao valor legal no ozono e nas partículas (PM₁₀).

Com a utilização de energia da rede pública o projeto é responsável pela emissão de 0,188 kg de CO₂/kWh (considerando os dados médios de produção de energia, e sem considerar a extração da energia primária e o transporte associado).

RESUMO NÃO TÉCNICO

Estudo de Impacte Ambiental da
Geração de Gás de Síntese e
Hidrogénio por co-eletrólise da água

julho de 2024



Figura 35 - Clima (Fonte: Uniconlabs, 2024)

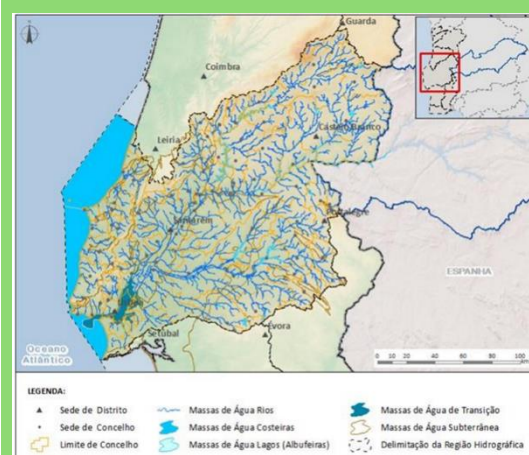


Figura 18 - Região Hidrográfica do Tejo e Ribeiras do Oeste (Fonte: Machado et al, 2023)



Figura 19 - Pressões Qualitativas - Descarga de Águas Residuais (Fonte: Surang, 2024)

4.4. Ambiente Sonoro

As principais fontes de ruído na proximidade do projeto são de origem humana e associadas ao tráfego rodoviário e ao comércio existente (CML, 2024).

Na envolvente do projeto existem também várias habitações.

4.5. Resíduos

Os resíduos devem ser armazenados o menor tempo possível, devendo o transporte dos mesmos obedecer à Portaria 145/2027(Ferreira et al. 2022).

Os locais para encaminhamento deverão estar devidamente licenciados, para tratamento de cada tipologia de resíduo, e os resíduos devem ser classificados por código de acordo com a Lista Europeia de Resíduos (Ferreira et al. 2022).

4.6. Uso do Solo

No local onde está implantado o projeto o solo é utilizado para educação de ensino superior e para investigação científica, na envolvente o solo é de uso habitacional, uso comercial e uso rodoviário.

RESUMO NÃO TÉCNICO

Estudo de Impacte Ambiental da
Geração de Gás de Síntese e
Hidrogénio por co-eletrólise da água

julho de 2024



Figura 20 - Produção de CO₂(Fonte: Eucalipto, 2024)



Figura 36 - Tráfego Rodoviário (Fonte: Konkapp, 2024)



Figura 22 - Uso habitacional (Fonte: Monge, 2024)

5. Identificação e Avaliação de Impactes Ambientais

Como o projeto já está construído, não foi considerada na identificação e avaliação de impactes a fase de construção, tendo sido consideradas as fases de exploração e desativação.

Esta avaliação foi desenvolvida tendo em conta o processo de produção de gás de síntese e os descritores ambientais estudados anteriormente.

Os impactes foram considerados positivos ou negativos, e significativos ou não significativos.

Nos esquemas seguintes apresentam-se as fases do projeto, seguidamente por descritor ambiental e por fim enumeram-se os impactes ambientais provocados pelo projeto, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Legenda da Identificação e da Avaliação dos Impactes Ambientais

Legenda	
	Impacte Positivo
	Impacte Negativo
S	Impacte Significativo
NS	Impacte Não Significativo



Figura 40 - Identificação (Fonte: Core, 2024)

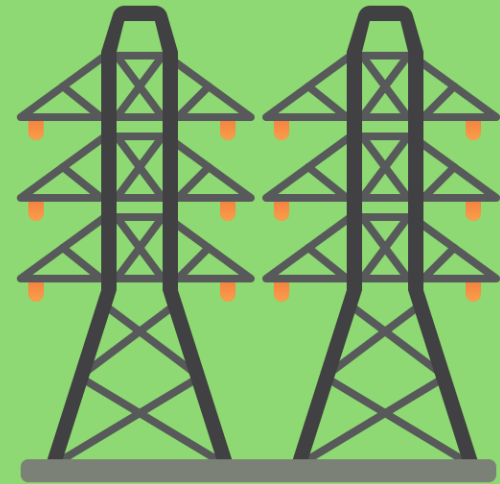


Figura 37 - Utilização de Energia Elétrica (Fonte: AmetistaDesign, 2024)



Figura 38 - Consumo de água (Fonte: Culmbio, 2024)

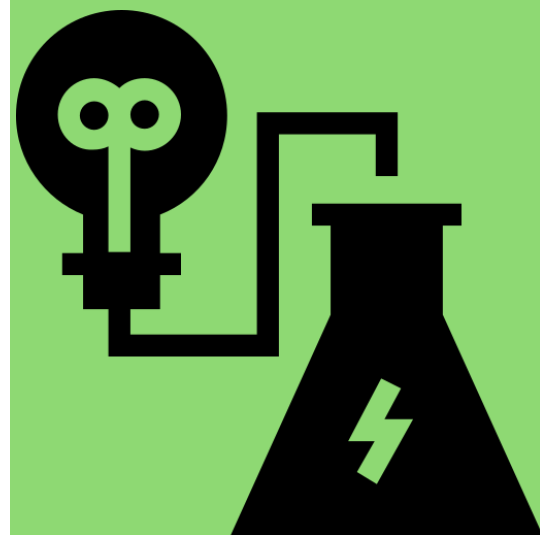
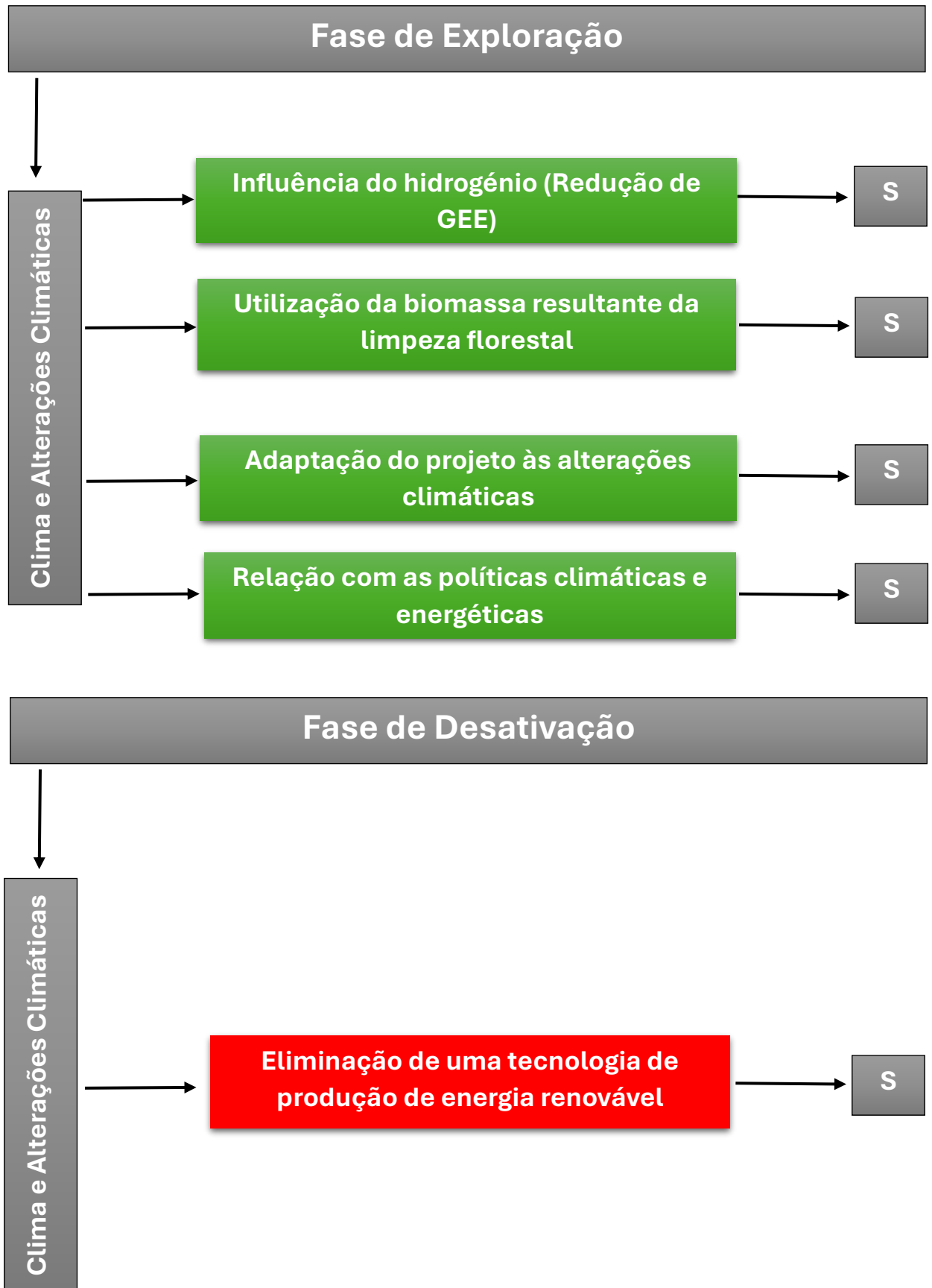
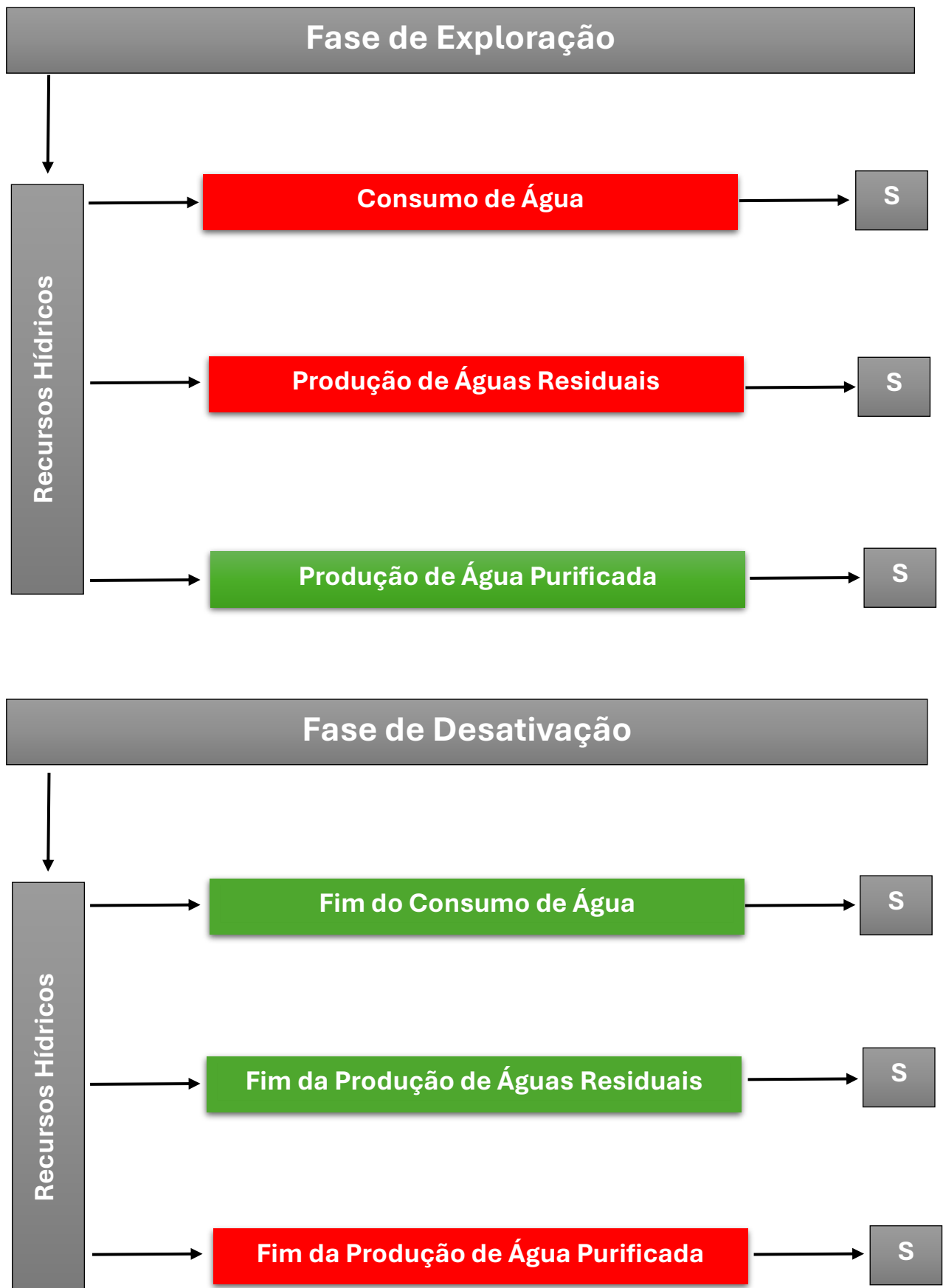


Figura 39 - Investigação Científica (Fonte: Vetores, 2024)

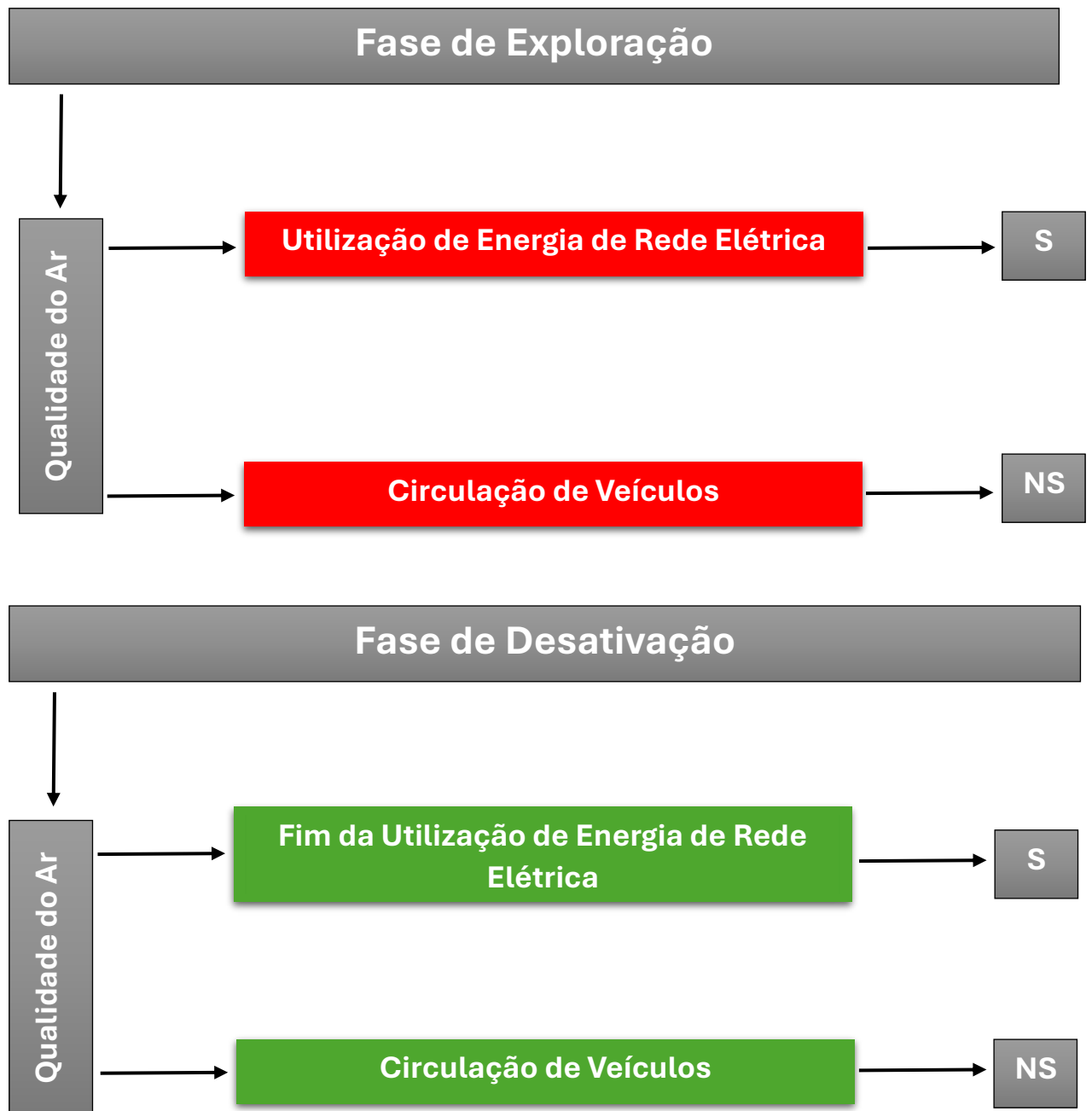
5.1. Clima e Alterações Climáticas



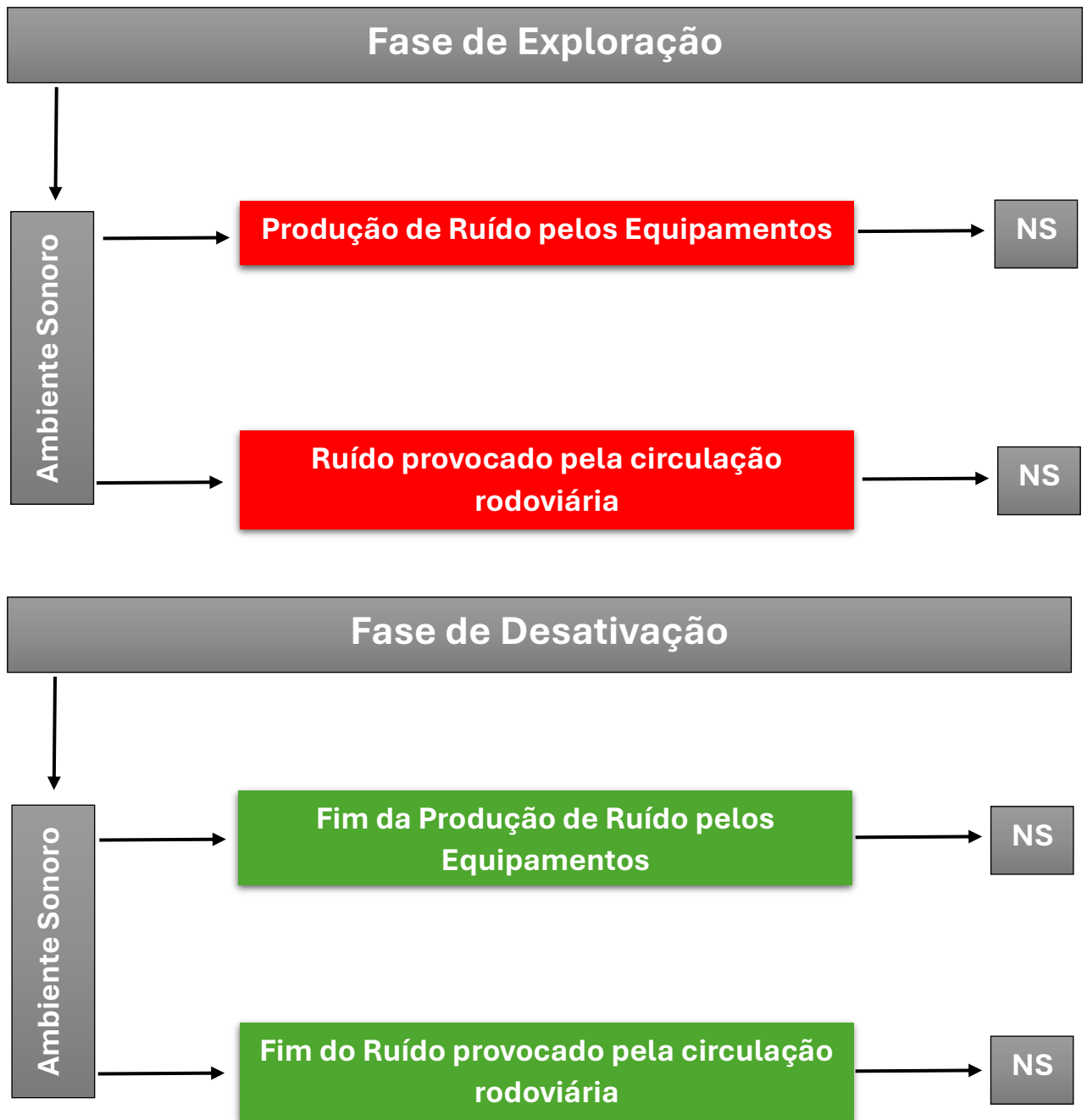
5.2. Recursos Hídricos



5.3. Qualidade do Ar



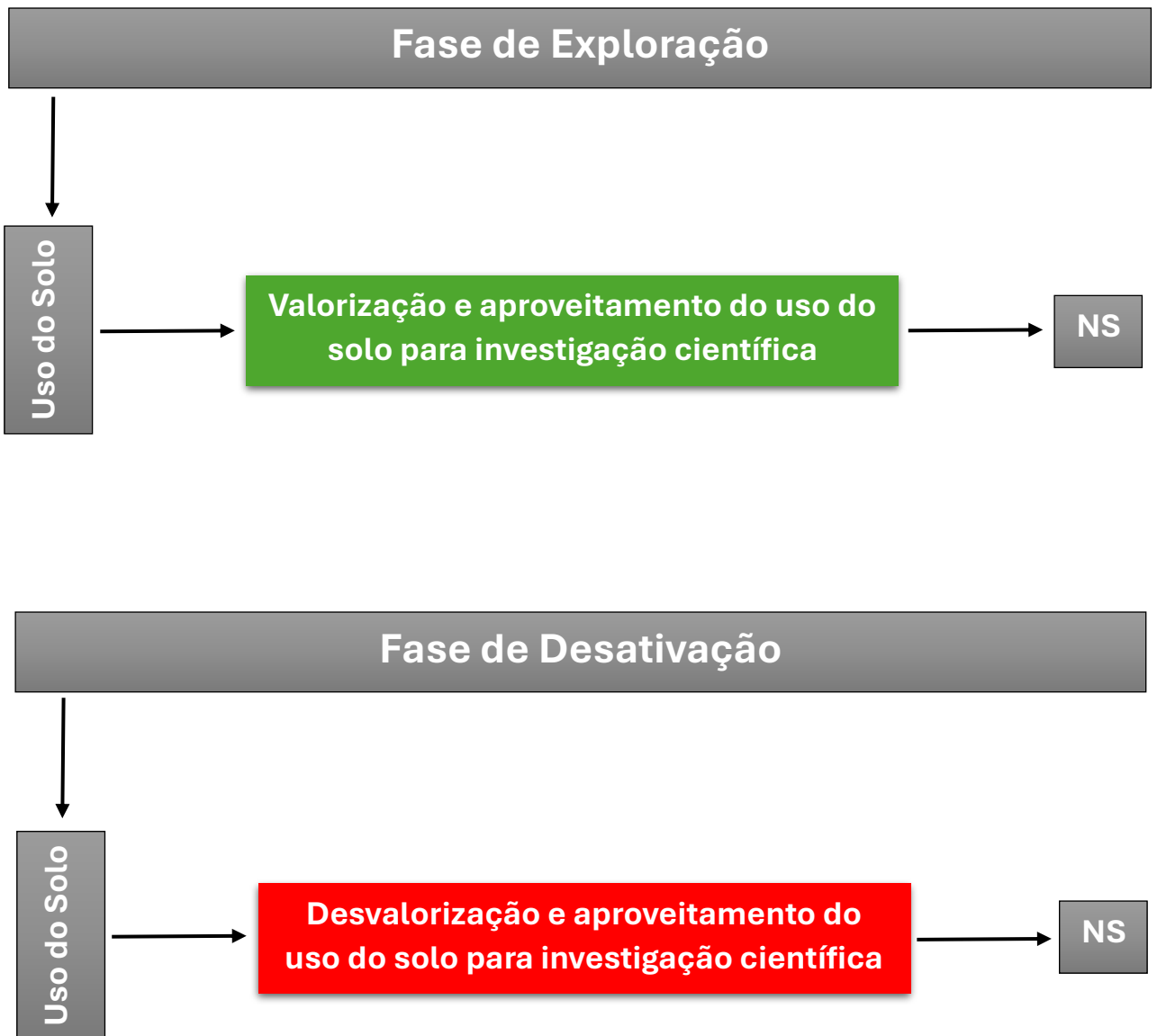
5.4. Ambiente Sonoro



5.5. Resíduos



5.6. Uso do Solo



6. Medidas Mitigação e de Potenciação

Implementam-se medidas de mitigação para diminuir os impactes negativos no ambiente ou medidas de potenciação para aumentar o efeito dos impactes positivos.

As medidas de mitigação/potenciação estão apresentadas por descritor na Tabela 2 e 3.

Tabela 2 - Medidas de Mitigação/Potenciação para Fase de Exploração

Descritor Ambiental	Potenciação /Mitigação	Medida
Clima e Alterações Climáticas	Potenciação	Efetuar mais trabalhos de investigação/académicos com objetivo de melhorar as eficiências do projeto e tornar o processo mais atrativo para as empresas;
		Utilização da biomassa resultante da limpeza de florestas, procurando fazer acordos com proprietários/empresas de limpezas para fornecimento da biomassa sobranante; Aproveitamento e armazenamento da água da chuva, diminuindo deste modo o consumo em períodos de seca.
Recursos Hídricos	Potenciação	Aproveitamento e comercialização da água; Utilização da água no processo produtivo.
	Mitigação	Aproveitamento e armazenamento da água da chuva; Formação e sensibilização para o uso responsável da água, durante o normal funcionamento das instalações sociais; Monitorizar a produção de águas residuais. Assegurar o adequado encaminhamento das águas residuais produzidas pelo projeto.
Uso do Solo	Potenciação	Efetuar mais trabalhos de investigação/académicos com objetivo de aprimorar e desenvolver o projeto.
Resíduos	Mitigação	Monitorizar a produção de resíduos; Encaminhamento dos resíduos para operador licenciado. Formação e sensibilização para a redução da produção de resíduos durante o normal funcionamento do projeto.



Figura 41 – Proteção do Ambiente (Fonte: Berkhacion, 2024)

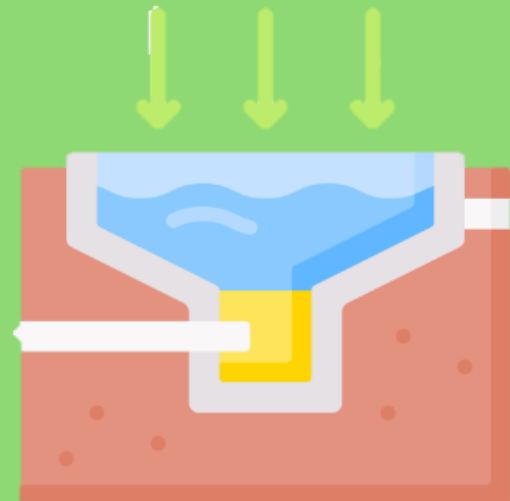


Figura 42 - Tratamento de Águas Residuais (Fonte: Flaticon, 2024)



Figura 43 - Formação e Sensibilização (Fonte: Geotatá, 2024)

RESUMO NÃO TÉCNICO

Estudo de Impacte Ambiental da
Geração de Gás de Síntese e
Hidrogénio por co-eletrólise da água

julho de 2024



Figura 45 - Energia Solar e Eólica (Fonte: Design, 2024)

Descritor Ambiental	Potenciação /Mitigação	Medida
Ambiente Sonoro	Mitigação	Cumprir com os planos de manutenção dos equipamentos; Incentivar a partilha de veículos com pessoal do ISEL ou a circulação em transportes públicos; Sensibilização rodoviária para o respeito do limite de velocidade.
Qualidade do Ar	Mitigação	Instalar sistemas de produção de energia renovável (eólica ou solar); Incentivar a partilha de veículos com pessoal do ISEL ou a circulação em transportes públicos.

Tabela 3 - Medidas de Mitigação/Potenciação para Fase de Desativação

Descritor Ambiental	Potenciação /Mitigação	Medida
Clima e Alterações Climáticas	Mitigação	Aplicar o conhecimento adquirido no desenvolvimento de novos projetos desta temática.
Recursos Hídricos	Potenciação	Não se prevê medidas de potenciação para este impacte.
	Mitigação	Não se prevê medidas de potenciação para este impacte.
Uso do Solo	Mitigação	Não se prevê medidas de potenciação para este impacte.
Resíduos	Mitigação	Monitorizar a produção de resíduos; Encaminhamento dos resíduos para operador licenciado; Formação e sensibilização para a redução da produção de resíduos durante o normal funcionamento das instalações sociais.
Ambiente Sonoro	Potenciação	Não se prevê medidas de potenciação para este impacte.
Qualidade do Ar	Potenciação	Não se prevê medidas de potenciação para este impacte.



Figura 50 - Transportes Públicos (Fonte: Pojok, 2024)



Figura 51 - Check-List (Fonte: Flaticon, 2024)

7. Programas de Monitorização

Os programas de monitorização são processos de observação e recolha sistemática de dados sobre o estado do ambiente ou sobre os efeitos ambientais de determinado projeto por meio de relatórios com o objetivo de permitir a avaliação da eficácia das medidas de mitigação para evitar, minimizar ou compensar os impactos ambientais decorrentes da execução do respetivo projeto (RJAIA, 2013).



Recursos Hídricos

Registo dos consumos de água utilizada no projeto;
Registo de produção de águas residuais e efetuar análises químicas aos parâmetros estipulados no Regulamento para Lançamento de Efluentes Industriais na Rede de Coletores de Lisboa.



Qualidade do Ar

Registo dos consumos de energia e estimativa da produção de CO₂ (kg), tendo em conta a percentagem de fonte de energia que abastece a rede elétrica e os fatores de conversão associados a cada tipo de fonte de energia.



Resíduos

Registo da quantidade de resíduos produzidos (kg), bem como a contabilização dos resíduos encaminhados para operações de valorização ou para uma operação de eliminação.



Figura 55 - Análises Químicas (Fonte: Flaticon, 2024)



Figura 62 - Registos de Consumos (Fonte: IwitoStudio, 2024)

8. Conclusão

Tendo por base avaliação dos impactes ambientais, considera-se que o projeto é positivo no ponto de vista ambiental.

Devido à situação energética no mundo e em Portugal, bem como os objetivos definidos até 2050, o projeto assume-se como um fator positivo para a descarbonização do setor da produção de energia.

Atualmente o projeto é responsável por algumas emissões de GEE, devido energia utilizada, no entanto quando se adotar como fonte de energia a solar ou a eólica, as emissões começarão a ser nulas.

Devido à dimensão reduzida do projeto os impactes provocados pelo mesmo, embora considerados significativos pelo estudo, não irão ter grande efeito na envolvente do mesmo.

Realça-se também os impactes positivos produzidos quer na utilização da biomassa proveniente da limpeza florestal e da produção de água purificada, impactes que serão mais significativos com o aumento da instalação.

9. Referências

- AmethystDesign. n.d. “Eletricidade - Ícones de Indústria Grátis.” Recuperado Julho 6, 2024 (https://www.flaticon.com/br/icone-gratis/eletricidade_2860156).
- Anon. 2009. “Baixar Vetor De Seta No Alvo Alvo.” Recuperado Julho 6, 2024 (<https://br.vexels.com/vetores/previsualizar/99852/seta-no-alvo-alvo>).
- Artu. n.d. “Ferramenta PNG - Ferramenta Chave Cartoon Ilustração Transparente.” Recuperado Julho 6, 2024 (<https://www.gratispng.com/png-dnlmwig/>).
- Berkahicon. n.d. “Earth - Free Ecology and Environment Icons.” Recuperado Julho 6, 2024 (https://www.flaticon.com/free-icon/earth_2962006).
- Circle, Design. n.d. “Energia Renovável - Ícones de Ecologia e Meio Ambiente Grátis.” Recuperado Julho 6, 2024 (https://www.flaticon.com/br/icone-gratis/energia-renovavel_5918690).
- CIVIL, ISEL. 2022. “ISEL CIVIL | Facebook.” Recuperado Julho 6, 2024 (https://www.facebook.com/iselcivil/events/?_rdr).
- CML. 2024. “Câmara Municipal de Lisboa, Urbanismo, Planeamento Urbano, Plano Diretor Municipal - MUNICÍPIO de LISBOA.” Recuperado Março 29, 2024 (<https://www.lisboa.pt/cidade/urbanismo/planeamento-urbano/plano-diretor-municipal/pdm-em-vigor>).
- Core. n.d. “Avaliação de Impacto | Responsabilidade Social | CORE.” Recuperado Julho 6, 2024 (<https://core.org.pt/avaliacao-de-impacto/>).
- Culmbio. n.d. “Resultados Da Pesquisa Para Consumo Água - Flaticon.” Recuperado Julho 6, 2024 (https://www.flaticon.com/br/icone-gratis/economize-agua_5997943?term=consumo+%C3%A1gua&page=1&position=52&origin=search&related_id=5997943).
- D, Pojok. n.d. “Transporte Público - Ícones de Transporte Grátis.” Recuperado Julho 6, 2024 (https://www.flaticon.com/br/icone-gratis/transporte-publico_11210178?term=public+transport&page=2&position=20&origin=search&related_id=11210178).
- Eduard. n.d. “Projetores Multimídia PNG - Projetores Multimídia Projetor De Lcd Telas De Projeção Ilustração Transparente.” Recuperado Julho, 2024 (<https://www.gratispng.com/png-c1ts8k/>).
- ENTSOG. n.d. “Power to Gas | ENTSOG.” Recuperado Julho 6, 2024 (<https://www.entsog.eu/power-gas>).
- Eucalyp. n.d. “Dióxido de Carbono - Ícones de Indústria Grátis.” Recuperado Julho 6, 2024 (https://www.flaticon.com/br/icone-gratis/dioxido-de-carbono_2856789).
- Ferreira, Maria, Susana Costa, Nuno Santos, Margarida Colaço, Elisabete Raimundo, Susana Baptista, Jorge Inácio, and João Albergaria. 2022. *Estabelecimento GalpH2Park de Produção e Armazenagem de Hidrogénio Verde de 100 MW de Origem Renovável EIA-Volume 2-Relatório Síntese ÍNDICE GERAL GALPH 2 Park*

ESTABELECIMENTO DE PRODUÇÃO E ARMAZENAGEM DE HIDROGÉNIO VERDE DE 100 MW DE ORIGEM RENOVÁVEL VOLUME 4-PEÇAS DESENHADAS.

- Flat, Surang. n.d. “Pollution Surang Flat Icon.” Recuperado Julho 6, 2024 (https://www.freepik.com/icon/pollution_2563443).
- Florestais, Produtores. 2022. “Ecopontos Florestais Reduzem Queimadas Em Viseu – Produtores Florestais.” Recuperado Julho, 2024 (<https://produtoresflorestais.pt/ecopontos-florestais-reduzem-queimadas-em-viseu/>).
- Freepik. n.d.-a. “Energia Eólica - Ícones de Ecologia e Meio Ambiente Grátis.” Recuperado Julho 6, 2024 (https://www.flaticon.com/br/icone-gratis/energia-eolica_5782302?term=energia+e%C3%B3lica&page=1&position=8&origin=search&related_id=5782302).
- Freepik. n.d.-b. “Experiment - Free Education Icons.” Recuperado Julho 6, 2024 (https://www.flaticon.com/free-icon/experiment_6747050).
- Freepik. n.d.-c. “Lista de Controle - Ícones de Arquivos e Pastas Grátis.” Recuperado Julho 6, 2024 (https://www.flaticon.com/br/icone-gratis/lista-de-controle_2666436).
- Freepik. n.d.-d. “Purification - Free Industry Icons.” Recuperado Julho 6, 2024 (https://www.flaticon.com/free-icon/purification_12041758).
- Geotatah. n.d. “Educação - Ícones de Pessoas Grátis.” Recuperado Julho 6, 2024 (https://www.flaticon.com/br/icone-gratis/educacao_991922).
- Idealista. n.d. “Mapa de Lisboa: Casas à Venda — Idealista.” Recuperado Julho 6, 2024 (<https://www.idealista.pt/comprar-casas/lisboa/mapa>).
- Instituto de Meteorologia, I. P. n.d. *Ministério Da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior*.
- ISEL. 2016. “Obrigad... - ISEL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa | Facebook.” Recuperado Julho 6, 2024 (https://www.facebook.com/isel.pt/posts/1431491673533472/?locale=es_LA&_rdr).
- ISEL. 2020. “Clean Forest | Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.” Recuperado Março 29, 2024 (<https://www.isel.pt/investigacao-e-inovacao/ecossistema-de-inovacao/projetos/2019/clean-forest>).
- ISEL. n.d.-a. “Home Page | Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.” 2024. Recuperado Julho 6, 2024 (<https://www.isel.pt/>).
- ISEL. n.d.-b. “Missão, Visão e Valores | Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.” Recuperado Julho 6, 2024 (<https://www.isel.pt/isel/quem-somos/instituicao/missao>).
- KonKapp. n.d. “Car - Free Transport Icons.” Recuperado Julho 6, 2024 (https://www.flaticon.com/free-icon/car_3097180?term=car&page=1&position=3&origin=search&related_id=3097180).
- Martins, Diogo. 2023. *Liquified Biomass Utilization in Water Co-Electrolysis for Synthesis Gas Production*.

Monkik. n.d. “Apartamento - Ícones de Edifícios Grátis.” Recuperado Julho 6, 2024 (https://www.flaticon.com/br/icone-gratis/apartamento_1259768).

Nawicon. n.d. “Painel Solar - Ícones de Ecologia e Meio Ambiente Grátis.” Recuperado Julho 6, 2024 (https://www.flaticon.com/br/icone-gratis/painel-solar_2511668?term=painel+solar&page=1&position=7&origin=search&related_id=2511668).

Nuno Machado, Felisbina Quadrado, Maria Fernanda Gomes, MariaCatarina Mariano Ana Rita Lopes Ana Telhado Andreia Franco António Branco Lia de Barros dos Reis Luís Pereira Maria Manuela Saramago Paula Viana Pedro Travessa Raquel Guerra Rosário Jesus Simone Martins, Ana Susana Nunes Verónica Onofre Pinto, and Ana Gonçalves Ana Rita Moutinho Anabela Rebelo Carlos Graça José Madeira Maria João Mendo Paula Machado Paulo Salgueiro Teresa Ferreira. 2023. *FICHA TÉCNICA Coordenação Técnica Nacional ELABORAÇÃO DOS ESTUDOS DE BASE, DOCUMENTOS PARA CONSULTA PÚBLICA E RELATÓRIOS FINAIS Departamento de Recursos Hídricos.*

Pngtree. n.d. “Earth Globe Clipart Transparent Background, Cartoon Earth Hand Drawn Earth Cartoon Globe Hand Painted Globe, Metal Arrow, Plastic Tray, Latitude PNG Image For F... | Cartoon Globe, Typography Hand Drawn, Globe Drawing.” Recuperado Julho 6, 2024 (<https://pt.pinterest.com/pin/664562488755718039/>).

Decreto-Lei n.º 151-B/2013 de 31 de outubro do Ministério da Agricultura, do Mar do Ambiente e do Ordenamento do Território. Diário da República, 1.ª Série.

Uniconlabs. n.d. “Climate Change - Ícones de Clima Grátis.” Recuperado Julho 6, 2024 (https://www.flaticon.com/br/icone-gratis/climate-change_9601669?term=climate+changes&page=2&position=27&origin=search&related_id=9601669).