

**APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE FINS MÚLTIPLOS
DO CRATO – INFRAESTRUTURAS SECUNDÁRIAS**
**PROJETO DE EXECUÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE REGADIO
DO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO**

**RELATÓRIO DE CONFORMIDADE AMBIENTAL
DO PROJETO DE EXECUÇÃO**
PROPONENTE AIA: COMUNIDADE INTERMUNICIPAL DO ALTO ALENTEJO
PROCESSO DE AIA N.º 3473

VOLUME 4 – ANEXOS
**DT 13 - E.43., E.44. DETERMINAÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE E DA
CAPACIDADE DE SUMIDOURO DE CARBONO AFETADA**

MAIO 2024

APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE FINS MÚLTIPLOS DO CRATO
PROJETO DE EXECUÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE REGADIO
DO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO
RELATÓRIO DE CONFORMIDADE AMBIENTAL DO PROJETO DE EXECUÇÃO

ÍNDICE DE VOLUMES

VOLUME 1 - RESUMO NÃO TÉCNICO

VOLUME 2 - RELATÓRIO BASE

VOLUME 3 - PEÇAS DESENHADAS

VOLUME 4 - ANEXOS

APÊNDICES (Ap)

Ap 01 – TUA-DIA

Ap 02 – MUNICÍPIO DE AVIS

Ap 03 – OFÍCIO DA DGADR PARA DGEG

Ap 04 – ENTIDADES CONTACTADAS

Ap 05 – DECRETO-LEI N.º 62/2022, DE 26 DE SETEMBRO

DOCUMENTOS TÉCNICOS (DT)

DT 01 – E.10. REVISÃO DAS PRESSÕES POR MASSA DE ÁGUA

DT 02 – E.11. ESTUDO DAS CARGAS DE AZOTO E FÓSFORO

DT 03 – E. 18. MEDIDAS DE REPOSIÇÃO DA CONTINUIDADE FLUVIAL

DT 04 – E.19. PLANO DE CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO DAS GALERIAS RIBEIRINHAS ASSOCIADAS AO PERÍMETRO DE REGA

DT 05 – E.20. INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA DO PROJETO DE EXECUÇÃO, EM FORMATO SHAPEFILE

DT 06 – E.28. PLANO DE CIRCULARIDADE

DT 07 – E.29. PLANO DE COMPENSAÇÃO DAS QUERCÍNEAS

DT 08 – E.30. PROGRAMA DE DESARBORIZAÇÃO E DESMATAÇÃO

DT 09 – E.31. PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL

DT 10 – E.34. PROJETO DE INTEGRAÇÃO PAISAGÍSTICA

DT 11 – E.36. PLANO DE CONTROLO E GESTÃO DAS ESPÉCIES VEGETAIS
EXÓTICAS INVASORAS

DT 12 – E.38., E.41., E.42. MITIGAÇÃO, CONSERVAÇÃO E VALORIZAÇÃO
PATRIMONIAL

DT 13 - E.43., E.44. DETERMINAÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE E DA
CAPACIDADE DE SUMIDOURO DE CARBONO AFETADA

DT 14 – E.53. PROGRAMAS DE MONITORIZAÇÃO

NOTA INTRODUTÓRIA

O presente documento – **DT 13 - E.43 e 44. Determinação das Emissões de GEE e da Capacidade de Sumidouro de Carbono Afetada** – corresponde ao solicitado nos **Elementos 43 e 44** dos Elementos a apresentar em sede de Projeto de Execução e de RECAPE da DIA (Declaração de impacte ambiental) do AHFM do Crato.

Elemento 43. *“Indicação exata da afetação da capacidade de sumidouro de carbono tendo em conta o projeto de execução a ser desenvolvido.”*

Elemento 44. *“Síntese da estimativa das emissões de GEE passíveis de ocorrerem por ações e por fases de projeto (construção, exploração, desativação), devendo esta abranger todo o horizonte de vida útil previsto para o projeto.*

De salientar que para determinação das emissões de GEE em todos os setores devem ser utilizadas sempre que possível os fatores de cálculo (exemplos: fatores de emissão, Poder Calorífico Inferior (PCI)) e as metodologias de cálculo constantes do Relatório Nacional de Inventários (NIR – National Inventory Report) que pode ser encontrado no Portal da APA.”

**DT 13 - E.43 e 44. Determinação das Emissões de GEE e da Capacidade
de Sumidouro de Carbono Afetada**

ÍNDICES

TEXTO	Pág.
1 INTRODUÇÃO	1
2 CAPACIDADE DE SUMIDOURO DE CARBONO E ESTIMATIVA DE GASES DE EFEITO ESTUFA	2
2.1 FASE DE CONSTRUÇÃO E FASE DE DESATIVAÇÃO	2
2.1.1 Ação: Instalação e atividade de estaleiros	2
2.1.2 Ação: Desmatamento e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas (rede rega, estação elevatória, reservatório)	4
2.1.3 Ação: Escavação, aterro e execução de valas para colocação da rede de rega, execução das infraestruturas hidráulicas pontuais (estação elevatória e reservatório) e utilização de acessos provisórios para a realização dos trabalhos de construção e beneficiação/reposição de acessos existentes	6
2.1.4 Total de Emissões GEE na Fase de Construção e Fase de Desativação	11
2.2 FASE DE EXPLORAÇÃO	11
2.2.1 Ação: Presença, funcionamento e manutenção do sistema elevatório, rede de rega e rede viária	11
2.2.2 Ação: Atividade de regadio	14
2.2.3 Total de Emissões GEE na Fase de Exploração	16
QUADROS	Pág.
Quadro 2.1 – Informação de base para o cálculo de emissões diretas de GEE associadas ao consumo de gásóleo na fase de construção (Fonte: APA, 2021 ¹).....	3
Quadro 2.2 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a instalação e atividade de estaleiros da fase de construção.....	3
Quadro 2.3 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a desmatamento e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas da fase de construção.....	4
Quadro 2.4 – Compatibilização das classes de uso do solo e as classes existentes no NIR.	5
Quadro 2.5 – Perdas de biomassa devido desmatamento e/ou decapagem para realização da escavação, aterro e execução de valas para a colocação da tubagem de rega e implantação das infraestruturas pontuais (estação elevatória e reservatório).....	6
Quadro 2.6 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para esta ação da fase de construção.	7

Quadro 2.7 – Informação de base para o cálculo de emissões indiretas de GEE de processo da produção de betão (adaptado de APA, 2021 ¹ , APEB, 2022 ³ , CIMPOR, 2023 e SECIL, 2022).....	9
Quadro 2.8 – Consumo estimado de combustível e emissões indiretas de GEE calculadas o processo da produção de betão.....	9
Quadro 2.9 – Informação utilizada no cálculo de emissões indiretas de GEE totais da produção de betão na fase de construção, associada ao consumo de energia (adaptado de APEB, 2022 ³ , CIMPOR, 2023 ⁵ e SECIL, 2022 ⁶).....	9
Quadro 2.10 – Consumo e emissões indiretas de GEE calculadas para o consumo de energia na produção de betão.	10
Quadro 2.11 – Informação para o cálculo de emissões indiretas de GEE de produção de aço (fator de emissão implícito considerando a abordagem de balanço de carbono).	10
Quadro 2.12 – Consumo de aço e emissões indiretas de GEE estimadas para a produção de aço na fase de construção.	10
Quadro 2.13 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para presença, funcionamento e manutenção do sistema elevatório, rede de rega e rede viária.	12
Quadro 2.14 – Evolução do sumidouro anual de C por uso do solo nas infraestruturas de rega.	13
Quadro 2.15 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para as atividades de regadio.	14
Quadro 2.16 – Evolução do sumidouro anual de C por uso do solo nos blocos de rega.	15

1 INTRODUÇÃO

No âmbito do Procedimento de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA) do Aproveitamento Hidráulico de Fins Múltiplos do Crato (AHFM do Crato), foi emitida Declaração de Impacte Ambiental (DIA) favorável à execução da Alternativa 2 do projeto do AHFM do Crato, condicionada ao cumprimento dos termos e condições da referida DIA.

A elaboração e apresentação da Revisão da Determinação das Emissões de GEE e da Capacidade de Sumidouro de Carbono Afetada está identificada nos **pontos 43 e 44 dos Elementos a apresentar em sede de Projeto de Execução e de RECAPE** da supracitada DIA.

O Estudo de Impacte Ambiental (EIA) do AHFM do Crato incidiu sobre a totalidade das infraestruturas do AHFM do Crato, contudo, no desenvolvimento a Projeto de Execução as infraestruturas do AHFM do Crato foram divididas em três componentes, sendo cada uma destas alvo de um RECAPE, são elas:

- Infraestruturas Hidráulicas Primárias;
- Infraestruturas de Regadio; e
- Centrais Solares Fotovoltaicas.

Considerou-se, contudo, que o Estudo das Emissões de GEE e respetiva análise da Capacidade de Sumidouro de Carbono deveria ser integrada em cada um destes documentos. No entanto, considerando que se produzirá energia elétrica de uma fonte renovável, o balanço final da implementação do Projeto como um todo será apresentado no último RECAPE, isto é, no das Centrais Solares Fotovoltaicas.

O presente documento encontra-se assim dividido em dois Capítulos: a presente introdução (Capítulo 1) e onde se realiza a análise da Capacidade de Sumidouro de Carbono e Estimativa de Gases com Efeito de Estufa (Capítulo 2).

Este Capítulo 2 está por sua vez dividido nas fases de desenvolvimento do Projeto:

- O item 2.1 apresenta a análise por ação desenvolvida nas
dada a semelhança entre estas fases.
- O item 2.2 apresenta a análise por ação desenvolvida na

O último capítulo consiste na listagem da bibliografia consultada durante a elaboração deste documento.

2 CAPACIDADE DE SUMIDOURO DE CARBONO E ESTIMATIVA DE GASES DE EFEITO ESTUFA

2.1 FASE DE CONSTRUÇÃO E FASE DE DESATIVAÇÃO

Para as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), considera-se as ações associadas à **fase de construção** semelhantes, na sua essência, às da **Fase de Desativação** (em que se considera o desmantelamento integral das infraestruturas).

2.1.1 Ação: Instalação e atividade de estaleiros

Tendo por base a experiência da equipa de projetistas em projetos similares assim como a informação acessível para fontes de emissão de GEE na fase de instalação e atividade de estaleiros, o impacto deverá ser direto e indireto, estando relacionado com os seguintes elementos e valores estimados para cada:

- **Consumo de gasóleo:** Emissões diretas em motores de combustão interna, com um consumo total estimado de $3,7 \times 10^5$ litros de gasóleo.
- **Consumo de energia elétrica:** Emissões indiretas para a produção de eletricidade usada nas atividades desta ação, com um consumo de energia elétrica estimado de 28,8 MWh.

Para determinação das emissões de GEE são utilizados, sempre que possível, os fatores e as metodologias de cálculo constantes no Relatório Nacional de Inventários (NIR – *National Inventory Report*, ver APA, 2021¹).

- **Consumo de gasóleo**

As emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gasóleo na fase de construção foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (*1.A.2.g.v, off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*), sendo a informação de base apresentada no **Quadro 2.1**.

¹ APA (2021). *National Inventory Report – Portugal*. Departamento de Alterações Climáticas (DCLIMA) da Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

Quadro 2.1 – Informação de base para o cálculo de emissões diretas de GEE associadas ao consumo de gasóleo na fase de construção (Fonte: APA, 2021¹).

Combustível	Massa específica (kg/l)	Poder calorífico inferior (MJ/kg)	Fator de emissão de CO ₂ (kg/GJ)	Fator de emissão de CH ₄ (kg/TJ)	Fator de emissão de N ₂ O (kg/TJ)
Gasóleo	0,84	43	74,1	4,2	28,6

Desta forma, as emissões diretas de GEE estimadas para esta ação estão sintetizadas no **Quadro 2.2**, totalizando 990 t CO₂, 0,1 t CH₄ e 0,4 t N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de 3,7 x 10⁵ l (**Quadro 2.2**).

Quadro 2.2 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a instalação e atividade de estaleiros da fase de construção.

Consumo de combustível (l)	Emissões de CO ₂ (t)	Emissões de CH ₄ (t)	Emissões de N ₂ O (t)
370 000	990	0,1	0,4

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que a utilização de gasóleo nesta ação da fase de construção será responsável pela emissão direta de GEE de 1,1 t CO₂ eq.

- Consumo de energia elétrica

Relativamente às emissões indiretas da produção de eletricidade consumida nesta ação, considera-se o valor de 0,151 t CO₂ eq./MWh como fator de emissão de GEE, considerado como representativo do território de Portugal Continental em 2021, o último ano de cálculo deste fator (APA, 2023²). Considerando que a empreitada tem a duração de 24 meses, e estando previsto um consumo mensal de 1200 kWh, o consumo total de energia será de 28,8 MWh, correspondendo a uma estimativa de emissões indiretas de GEE de 4,3 t CO₂ eq.

Não se preconiza que as atividades associadas à ação de atividade de estaleiro tenham um impacto na componente natural, logo, assume-se que a capacidade de sumidouro de carbono se mantém intacta.

Emissões de GEE

Considerando a emissão de:

- 1,1 t CO₂ eq pela utilização de gasóleo,
- 4,3 t CO₂ eq pela utilização de energia elétrica,
- a não afetação da capacidade de carbono da componente natural,

² APA (2023). *Fator de Emissão da Eletricidade - 2023*. Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

a ação de “*Instalação e atividade de estaleiros*” será responsável pela emissão de 5,4 t CO₂ eq.

2.1.2 Ação: Desmatamento e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas (rede rega, estação elevatória, reservatório)

Considerando a informação acessível para as fontes de emissão de GEE relacionados com as atividades de desmatamento e decapagem dos terrenos, e tendo por base o conhecimento de empreitadas de construção de dimensão e características semelhantes, o impacto deverá ser direto e indireto, estando relacionado com:

- Consumo de gasóleo: Emissões diretas em motores de combustão interna, com um consumo total estimado de 2 x 10³ litros de gasóleo.

As emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gasóleo na fase de construção foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (1.A.2.g.v, *off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*).

O cálculo do consumo de gasóleo foi realizado considerando uma área de trabalho de 180 ha, com uma máquina com capacidade de processar 2 ha/dia (8 horas por dia), e um consumo de gasóleo de 15 l/h. Assim, foi estimado o valor de gasóleo consumido em 10,8 x 10³ l.

Desta forma, as emissões diretas de GEE estimadas para esta ação apresentam-se no **Quadro 2.3**, totalizando 29 t CO₂, 1,6 x 10⁻³ t CH₄ e 1,12 x 10⁻² t N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de 10,8 x 10³ l.

Quadro 2.3 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para a desmatamento e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas da fase de construção.

Consumo de combustível (l)	Emissões de CO ₂ (t)	Emissões de CH ₄ (t)	Emissões de N ₂ O (t)
10 800	29	1,6 x 10 ⁻³	1,12 x 10 ⁻²

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que as emissões de GEE associadas à utilização de combustível e emissões diretas da ação em estudo 32,4 kg CO₂ eq.

A componente natural, nesta ação, tem associada uma afetação do sumidouro de carbono, resultante da desmatamento e/ou decapagem para realização da escavação, aterro e execução de valas [para a colocação da tubagem de rega e implantação das infraestruturas pontuais (estação elevatória e reservatório)], foi assumida uma área de afetação de 3 m em torno das

condutas. Esta afetação poderá ser considerada como temporária, dado que, após o recobrimento da vala, será possível o restabelecimento de alguns usos do solo (tendo sido considerado que os usos do solo arborizados poderão convertidos em matos, culturas anuais de sequeiro, regadio e/ou pastagens).

Para estes cálculos utilizaram-se as taxas de crescimento anual presentes no *National Inventory Report*. As compatibilizações entre classes (levantadas no EIA no âmbito do fator ambiental “Usos do Solo” e as classes presentes no NIR) encontram-se apresentadas de seguida no **Quadro 2.4**. Estes valores foram depois multiplicados pelas respetivas áreas de afetação, sendo possível obter os resultados do **Quadro 2.5**.

Quadro 2.4 – Compatibilização das classes de uso do solo e as classes existentes no NIR.

	Classes Usos do Solo	Classes NIR	Crescimento anual t C/(ha.ano)
Crops	Culturas anuais de regadio	<i>CL2 Irrigated annual crops</i>	0,58
	Culturas anuais de sequeiro e pastagens	<i>33% - CL1 Rainfed and annual crops</i>	0,58
		<i>66% - 2/3 Grasslands</i>	1,92
	Culturas anuais de sequeiro e pastagens com árvores dispersas	<i>75% - CL1 Rainfed and annual crops</i>	0,58
		<i>25% - FL7 Quercus spp</i>	1,66
	Olivais de regadio	<i>CL5 olive groves</i>	0,24
	Olivais de sequeiro		
Vinhas	<i>CL4 vineyards</i>	0,27	
Forest	Florestas de azinheira	<i>FL6 Quercus rotundofila</i>	0,33
	Florestas de eucalipto	<i>FL4 Eucalyptus</i>	3,59
		Montado	<i>FL6 1/2 Quercus rotundofila</i>
	<i>GL1 1/2 Grassland</i>		1,92
	Povoamento de quercíneas	<i>FL 7 Quercus spp</i>	1,66
	Matos	<i>GL2 shrubland</i>	0,51
	Frutos secos	<i>Other permanent crops</i>	0,27

No caso dos "Usos do Solo" que incluem quercíneas (assinalados no **Quadro 2.5** com um “*”) a referida afetação será compensada fora da área de estudo do RECAPE do AHFM do Crato, considerando o adensamento de povoamentos já existentes. Tendo por base o estipulado no Documento Técnico específico (**DT07 E29 Plano de Compensação das Quercíneas**), o adensamento será efetuado num compasso de 18,5x18,5 m, o que resulta num acréscimo de ~30 quercíneas/ha aos povoamentos existentes (que apresentam um valor médio de 200 árvores/ha), gerando consequentemente um incremento de 15% na capacidade de absorção de carbono. No entanto, considerando o tempo de desenvolvimento destas árvores, esta compensação só poderá ser contabilizada na Fase de Exploração do projeto.

Quadro 2.5 – Perdas de biomassa devido desmatagem e/ou decapagem para realização da escavação, aterro e execução de valas para a colocação da tubagem de rega e implantação das infraestruturas pontuais (estação elevatória e reservatório).

Classe de Uso do Solo	Área Afetação Rede de Rega (ha)	Carbono médio perdido t CO ₂ eq
Áreas artificializadas	0,259	---
Culturas anuais de regadio	4,637	10,534
Culturas anuais de sequeiro e pastagens	18,920	82,271
Culturas anuais de sequeiro e pastagens com árvores dispersas *	9,484	483,550
Florestas de azinheira *	0,003	0,169
Florestas de eucalipto	0,099	8,061
Linhas de água e vegetação ripícola	0,616	---
Matos	0,053	2,644
Montado *	6,717	181,646
Olivais de regadio	0,712	415,032
Olivais de sequeiro	11,872	
Planos de água	0,047	---
Povoamento de quercíneas *	1,828	137,697
Vinhas	0,223	5,065
Total	55,246	1 004,682

Emissões de GEE

Considerando a emissão de:

- 32,4 kg CO₂ eq pela utilização de gasóleo,
- as perdas de biomassa que rondam as 1 004,68 t CO₂ eq,

a ação de “Desmatagem e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas” será responsável pela emissão de 1 037,08 t CO₂ eq.

2.1.3 Ação: Escavação, aterro e execução de valas para colocação da rede de rega, execução das infraestruturas hidráulicas pontuais (estação elevatória e reservatório) e utilização de acessos provisórios para a realização dos trabalhos de construção e beneficiação/reposição de acessos existentes

Considerando a informação acessível para as fontes de emissão de GEE na fase de construção, o impacto deverá ser direto e indireto, estando relacionado com os seguintes elementos e valores estimados para cada:

- Consumo de gasóleo: Emissões diretas em motores de combustão interna, com um consumo total estimado de $3,98 \times 10^6$ litros de gasóleo.
- Consumo de energia elétrica: Emissões indiretas para a produção de eletricidade usada nas atividades da fase de obra, com um consumo de energia elétrica estimado de 1 320 MWh.
- Consumo de matérias de construção civil (aço e betão): Emissões indiretas associadas à produção de materiais utilizados na obra, com um consumo estimado de $41\,190 \text{ m}^3$ de betão e de 6 684 t de aço.

As emissões de GEE foram determinadas, sempre que possível, utilizando os fatores de cálculo e as metodologias de cálculo constantes no NIR (APA, 2021¹).

- Consumo de gasóleo

As emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gasóleo na fase de construção foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (*1.A.2.g.v, off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*), sendo a informação de base apresentada no **Quadro 2.1**, acima apresentado.

Desta forma, as emissões diretas de GEE da fase de construção estimadas apresentam-se no **Quadro 2.6**, totalizando 10 652 t CO₂, 0,6 t CH₄ e 4,1 t N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de $3,98 \times 10^6$ l.

Quadro 2.6 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para esta ação da fase de construção.

Consumo de combustível (l)	Emissões de CO ₂ (t)	Emissões de CH ₄ (t)	Emissões de N ₂ O (t)
3 980 000	10 652	0,6	4,1

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que a utilização de gasóleo nesta ação da fase de construção será responsável pela emissão direta de GEE de 11,9 t CO₂ eq.

- Consumo de energia elétrica

Relativamente às emissões indiretas da produção de eletricidade consumida na fase de construção, foi assumido o fator de emissão de GEE de 0,151 t CO₂ eq./MWh, considerado como representativo do território de Portugal Continental em 2021 (APA, 2023²). Para o período de duração de 24 meses, e estando previsto um consumo mensal de 55 MWh de

eletricidade, o consumo total de energia atingirá os 1320 MWh, sendo a estimativa de emissões indiretas de GEE associadas à eletricidade consumida de 199,3 t CO₂ eq.

- Consumo de betão

Para o betão utilizado na obra, foram contabilizadas as emissões associadas à produção de cimento. Perante a ausência de indicações específicas no projeto, foi considerado um betão com classe de exposição XC1/XC2 na avaliação de impactes, por ser este adequado a ambiente permanentemente húmido ou húmido. Face às aplicações de betão armado necessárias ao projeto (e.g., APEB, 2022³), foi assumido um cimento CEM I ou CEM II/A, com aproximadamente 240 kg/m³.

A produção de cimento em Portugal é realizada em seis instalações, todas dedicadas à produção de cimento Portland segundo método seco. As emissões de CO₂ associados ao uso do betão são contabilizadas tendo em conta:

- A produção de clínquer, mais especificamente ao processo de descarbonização através do qual os carbonatos de cálcio e magnésio presentes no calcário são convertidos em óxido de cálcio e óxido de magnésio (APA, 2021¹).
- O consumo de energia utilizado na sua produção.

Ainda que o NIR mencione uma estimativa de emissões de CO₂ da produção de clínquer baseada no consumo de matérias-primas e em fatores de emissão específicos das instalações (abordagem *Tier 3*), a informação necessária a tal cálculo não é aí apresentada por motivos de confidencialidade (APA, 2021¹).

Perante esta omissão, são realizadas estimativas indiretas das emissões de CO₂ decorrentes do uso de cimento pelo projeto (abordagem *Tier 1*), consideram a percentagem de clínquer incorporada apresentada pelas empresas produtoras de cimento, assim como o fator de emissão de CO₂ específico do clínquer, apresentado por IPCC (2006)⁴, e apresentado no **Quadro 2.7**.

³ APEB (2022). *Guia do Betão*. Documento preparado pela Comissão Técnica da Associação Portuguesa das Empresas de Betão Pronto. Abril de 2022.

⁴ IPCC (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*

Quadro 2.7 – Informação de base para o cálculo de emissões indiretas de GEE de processo da produção de betão (adaptado de APA, 2021¹, APEB, 2022³, CIMPOR, 2023⁵ e SECIL, 2022⁶).

Material	Conteúdo em cimento (kg/m ³)	Incorporação de clínquer no cimento (%)	Fator de emissão de CO ₂ (t/t clínquer)
Betão	240	95	0,52

Assumindo os valores acima apresentados, as emissões indiretas de GEE resultantes do processo da produção de betão são apresentadas no **Quadro 2.8**, totalizando 4 327 t CO₂, para uma estimativa de consumo de betão de 36 500 m³.

Quadro 2.8 – Consumo estimado de combustível e emissões indiretas de GEE calculadas o processo da produção de betão.

Consumo de betão (m ³)	Emissões de CO ₂ (t)
36 500	4 327

No que respeita às emissões resultantes do consumo de energia na produção de cimento em Portugal, estas decorrem do uso de coque de petróleo e combustíveis alternativos, incluindo pneus, resíduos industriais e biomassa. Por questões de confidencialidade, o NIR não apresenta fatores de emissão neste contexto (APA, 2021²). Assim, os dados utilizados nesta contabilização tiveram origem em informação disponibilizada pelas principais empresas produtoras de cimento (e.g., CIMPOR, 2023⁵; SECIL, 2022⁶), de onde foram obtidos fatores de emissão para a estimativa das emissões totais (diretas) geradas na produção de cimento, usando uma abordagem de produção *Tier 1* (**Quadro 2.9**).

Quadro 2.9 – Informação utilizada no cálculo de emissões indiretas de GEE totais da produção de betão na fase de construção, associada ao consumo de energia (adaptado de APEB, 2022³, CIMPOR, 2023⁵ e SECIL, 2022⁶).

Material	Conteúdo em cimento (kg/m ³)	Incorporação de clínquer no cimento (%)	Fator de emissão de CO ₂ eq (t/t clínquer)
Betão	240	95	0,855

Assim, as emissões indiretas de GEE totais associadas ao consumo de energia na produção de betão são apresentadas no **Quadro 2.10**, totalizando 7 115 t CO₂ eq., para uma estimativa de consumo de betão de 36,5 x 10³ m³.

⁵ CIMPOR (2023). disponível em <https://www.cimpor.com/-/cem-ii-b-l-32-5-n> e consultado em dezembro de 2023

⁶ SECIL (2022) *Sólidos na evolução - relatório de sustentabilidade*.

Quadro 2.10 – Consumo e emissões indiretas de GEE calculadas para o consumo de energia na produção de betão.

Consumo de betão (m ³)	Emissões de CO ₂ (t)
36 500	7 115

- Consumo de aço

As emissões de GEE resultantes da produção de aço foram estimadas para a sua produção, tendo sido multiplicado o consumo de aço por um fator de emissão (*Tier 1*). Embora o NIR preconize a abordagem de balanço de carbono para a estimativa das emissões do processo de produção de aço, a informação de quantidades de matérias-primas utilizadas por unidade de produto não se encontra disponível. Importa também referir que não são apresentadas consumos de energia por unidade de produto.

O processo de produção de aço em Portugal é, desde 2002, o do Forno de Arco Elétrico (FAE), utilizando como matérias-primas principais sucata de aço e chapas metálicas, que contabilizaram aproximadamente 92% em 2021 (MEGASA, 2021⁷). Este método utiliza como principal fonte de energia a energia elétrica e, em fração minoritária, combustíveis gasosos. As emissões do processo de produção de aço em FAE resultam principalmente de aditivos de carbono como elétrodos de grafite, antracite e do consumo de coque (APA, 2021¹).

Desta forma, para a estimativa das emissões associadas à produção do aço utilizado no projeto foi utilizada a informação apresentada no **Quadro 2.11**.

Quadro 2.11 – Informação para o cálculo de emissões indiretas de GEE de produção de aço (fator de emissão implícito considerando a abordagem de balanço de carbono).

Material	Processo	Fator de emissão de CO ₂ (t/t aço)
Aço	FAE	0,84

As emissões indiretas de GEE totais associadas à produção de aço na fase de construção são apresentadas no **Quadro 2.12**, totalizando 5 712 tCO₂, para uma estimativa de consumo de aço de 6 800 t.

Quadro 2.12 – Consumo de aço e emissões indiretas de GEE estimadas para a produção de aço na fase de construção.

Consumo de aço (m ³)	Emissões de CO ₂ (t)
6 800	5 712

⁷ MEGASA (2021). Grupo MEGASA: Relatório de sustentabilidade - ano de 2021.

Não se preconiza que as atividades associadas às ações de construção civil para instalação das infraestruturas hidráulicas (rede de rega, estação elevatória e reservatório) afetem a componente natural, logo, assume-se que capacidade de sumidouro de carbono se mantém intacta.

Emissões de GEE

Considerando a emissão de:

- 11,9 t CO_{2 eq} pela utilização de gasóleo,
- 199,3 t CO_{2 eq} pela utilização de energia elétrica,
- 7 115 t CO_{2 eq} pela utilização de betão,
- 5 712 t CO_{2 eq} pela utilização de aço,

a ação de “Escavação, aterro e execução de valas para colocação da rede de rega, execução das infraestruturas hidráulicas pontuais (estação elevatório e reservatório) e utilização de acessos provisórios para a realização dos trabalhos de construção e beneficiação/reposição de acessos existentes” será assim responsável pela emissão de 13 038,2 t CO_{2 eq}.

2.1.4 Total de Emissões GEE na Fase de Construção e Fase de Desativação

Considerando que as ações associadas à fase de construção serão, tal como mencionado anteriormente, na sua essência, idênticas às da fase de desativação (em que se considera o desmantelamento integral das infraestruturas), e todas as estimativas de emissões de GEE previamente apresentadas, estão previstas um total de 14 080,68 t CO_{2 eq}.

2.2 FASE DE EXPLORAÇÃO

2.2.1 Ação: Presença, funcionamento e manutenção do sistema elevatório, rede de rega e rede viária

Considerando a informação acessível para as fontes de emissão de GEE para as atividades de manutenção das infraestruturas, o impacte deverá ser direto e indireto, estando relacionado com os seguintes elementos e valores estimados para cada:

- **Consumo de gasóleo:** Emissões diretas em motores de combustão interna, com um consumo total estimado de 2 x 10³ litros de gasóleo.
- **Consumo de energia elétrica:** Emissões indiretas para a produção de eletricidade usada nas atividades, com um consumo de energia elétrica estimado de 4 453 MWh.

- Consumo de gasóleo

As emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gasóleo foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (1.A.2.g.v, *off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*), constando do **Quadro 2.1** (acima apresentado) a informação de base para o cálculo das emissões.

Desta forma, as emissões diretas de GEE da fase de construção estimadas apresentam-se no **Quadro 2.13**, totalizando 5 t CO₂, 3 x 10⁻⁴ t CH₄ e 2,1 x 10⁻³ t N₂O, para um consumo de gasóleo estimado de 2 x 10³ l.

Quadro 2.13 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para presença, funcionamento e manutenção do sistema elevatório, rede de rega e rede viária.

Consumo de combustível (l)	Emissões de CO ₂ (t)	Emissões de CH ₄ (t)	Emissões de N ₂ O (t)
2 000	5	3 x 10 ⁻⁴	2,1 x 10 ⁻³

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que a utilização de gasóleo nesta ação da fase de exploração será responsável pela emissão direta de GEE de 5,6 kg CO_{2 eq}.

- Consumo de energia elétrica

Foi previsto que a operação da estação elevatória implique um consumo anual de 4 453 MWh. Tomando o valor de 0,151 t CO_{2 eq}/MWh como fator de emissão de GEE, considerado como representativo do território de Portugal Continental em 2021 (APA, 2023²), foi estimado que as emissões indiretas de GEE associadas à eletricidade consumida contabilizem 672,4 t CO_{2 eq}/ano. Considerando um tempo de vida útil do AHFM de 50 anos, perfaz-se um total de 33 620 t CO_{2 eq}.

A área onde se implantará a estação elevatória é atualmente responsável pelo sequestro anual de 2,76 t CO_{2 eq} (**Quadro 2.14**). Considerando a compensação de quercíneas a realizar, de acordo com o explicitado acima [ver 1.1.2 Ação: *Desmatagem e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas (rede rega, estação elevatória, reservatório)*], haverá um acréscimo na capacidade de sumidouro a rondar as 0,06 t CO_{2 eq}/ano.

Relativamente à rede de rega (*i.e.*, condutas) a instalar, foi assumido (**Quadro 2.14**) que os Usos do Solo arborizados irão ser transformados – de forma a não comprometer a integridade

das infraestruturas – em matos⁸, culturas anuais de regadio, culturas anuais de sequeiro e pastagens. Desta forma, verifica-se uma redução da captação de carbono de 63,85 t CO₂eq/ano; (172,95 vs 109,10 t CO₂eq/ano) no entanto, ao considerar a compensação a realizar para as quercíneas, foi estimado um acréscimo anual de sumidouro na ordem das 2,76 t CO₂eq/ano; a estimativa final de balanço total será de redução da captação de carbono em 61,09 t CO₂eq/ano.

Quadro 2.14 – Evolução do sumidouro anual de C por uso do solo nas infraestruturas de rega.

Classes Usos do Solo	Classes NIR adotadas	Crescimento anual tCO ₂ eq/(ha.ano)	Área ocupada pela Estação elevatória		Área ocupada pelas Conduitas	
			(atual)	(futuro)	(atual)	(futuro)
			Sequestro C t CO ₂ eq/ano		Sequestro C t CO ₂ eq/ano	
Culturas anuais de regadio	CL2 <i>Irrigated annual crops</i>	2,14	---	---	9,90	35,15
Culturas anuais de sequeiro e pastagens	CL1 <i>Rainfed and annual crops (1/3 da área)</i>	2,14	---	---	102,18	5,51
	GL1 <i>Grasslands (2/3 da área)</i>	7,03				
Culturas anuais de sequeiro e pastagens com árvores dispersas	CL1 <i>Rainfed and annual crops (3/4 da área)</i>	2,14	---	---	18,10	---
	FL7 <i>Quercus spp</i> ⁹ (1/4 da área)	1,23				
Olivais de regadio	CL5 <i>Olive groves</i>	0,89	---	---	11,18	---
Olivais de sequeiro						
Vinhas	CL4 <i>Vineyards</i>	0,99	---	---	0,22	---
Florestas de azinheira	FL6 <i>Quercus rotundifolia</i>	1,23	---	---		---
Florestas de eucalipto	FL4 <i>Eucalyptus</i>	13,15	---	---	1,30	---
Montado	FL6 <i>Quercus rotundifolia (1/2 da área)</i>	1,23	2,76	---	27,74	---
	GL1 <i>Grassland (1/2 da área)</i>	7,03				
Povoamento de quercíneas	FL 7 <i>Quercus spp</i> ⁹	1,23	---	---	2,24	---
Matos	GL2 <i>shrubland</i>	1,86	---	---	0,10	68,44
TOTAL			2,76	---	172,95	109,10

Emissões de GEE

⁸ A opção de assumir a conversão em matos, decorre deste uso de solo ser, entre os considerados, o mais semelhante a um terreno baldio, já que durante a exploração do AHFM do Crato a áreas de implantação das conduitas não poderá ter nenhuma utilização com estrato arbóreo.

⁹ Assumindo que são exclusivamente sobreiro (*Q. suber*) e/ou azinheira (*Q. rotundifolia*).

Considerando a emissão de:

- 5,6 kg CO_{2 eq} pela utilização de gasóleo,
- 33 620 t CO_{2 eq} pela utilização de energia elétrica ao longo de um tempo de vida útil estimado de 50 anos do AHFM,
- a redução do sumidouro de carbono de 61,09 t CO_{2 eq}/ano (que, considerando o tempo de vida útil do Projeto de 50 anos, perfaz um total de 3 054 t CO_{2 eq}),

a ação de “Presença, funcionamento e manutenção do sistema elevatório, rede de rega e rede viária”, deverá ser responsável pela emissão de 36 674,0 t CO_{2 eq}.

2.2.2 Ação: Atividade de regadio

As atividades associadas à ação Atividade de Regadio envolvem uma variedade considerável de maquinaria que consome gasóleo (e.g., tratores, pulverizadoras, ceifeiras, motobombas, motosserras e motoroçadoras), pelo que se esperam emissões de GEE decorrentes do seu uso. Assim para as presentes estimativas foi considerado um consumo de gasóleo anual, tendo por base a experiência da equipa de consultores nas principais culturas que estão previstas¹⁰ serem implementadas no AHFM do Crato.

Uma vez mais, as emissões diretas de GEE decorrentes do consumo de gasóleo foram aferidas de acordo com a metodologia e dados indicados para combustão em fontes móveis na categoria de Construção (1.A.2.g.v, *off-road vehicles and other machinery*), contidas no NIR. Assim, foi multiplicado o consumo estimado de combustível por um fator de emissão de GEE (abordagem de referência *Tier 1*), constando do **Quadro 2.1** (acima apresentado) a informação de base para o cálculo das emissões.

Desta forma, as emissões diretas de GEE associadas à ação Atividade de Regadio no **Quadro 2.15**, totalizando 17 646 t CO₂, 1,0 t CH₄ e 6,8 t N₂O, para um consumo de gasóleo anual estimado de 6 592 800 litros para os 5 494 ha.

Quadro 2.15 – Consumo estimado de combustível e emissões diretas de GEE calculadas para as atividades de regadio.

Consumo de combustível (l)	Emissões de CO ₂ (t)	Emissões de CH ₄ (t)	Emissões de N ₂ O (t)
6 592 800	17 646	1,0	6,8

Utilizando o *Global Warming Potential* (GWP) de cada uma destas substâncias (1 para CO₂, 25 para CH₄ e 296 para N₂O) é possível concluir que a utilização de gasóleo nesta ação da

¹⁰ Importa referir que em algumas das áreas a beneficiar já são presentemente ocupadas por culturas agrícolas de regadio, não existindo contudo informação sobre consumos de gasóleo.

fase de exploração será responsável pela emissão direta de GEE de 19,7 t CO₂ eq/ano. Considerando um tempo de vida útil do AHFM de 50 anos, perfaz-se um total de 985 t CO₂ eq.

Relativamente à atividade de regadio, foi assumido que o uso do solo na área a beneficiar pelos blocos de rega iria ter a evolução descrita no RECAPE do AHFM do Crato, tendo sido estimado que o sumidouro de carbono diminui em 2 810,91 t CO₂ eq/ano (15 404,35 t CO₂ eq/ano na situação atual *versus* 12 594,02 t CO₂ eq/ano – estimado após instalação dos blocos de rega).

Quadro 2.16 – Evolução do sumidouro anual de C por uso do solo nos blocos de rega.

Classes Usos do Solo	Classes NIR adotadas	Crescimento anual tCO ₂ eq/(ha.ano)	Área ocupada pelos Blocos de Rega	
			(atual)	(futuro)
			Sequestro C t CO ₂ eq/ano	Sequestro C t CO ₂ eq/ano
Culturas anuais de regadio	CL2 <i>Irrigated annual crops</i>	2,14	2 554,53	555,05
Culturas anuais de sequeiro e pastagens	CL1 <i>Rainfed and annual crops</i> (1/3 da área)	2,14	10 041,03	8 772,77
	GL1 <i>Grasslands</i> (2/3 da área)	7,03		
Culturas anuais de sequeiro e pastagens com árvores dispersas	CL1 <i>Rainfed and annual crops</i> (3/4 da área)	2,14	1 203,40	0,00
	FL7 <i>Quercus spp</i> ⁹ (1/4 da área)	6,09		
Olivais de regadio	CL5 <i>Olive groves</i>	0,89	1 524,58	1 923,66
Olivais de sequeiro				
Vinhas	CL4 <i>Vineyards</i>	0,99	78,80	268,71
Florestas de azinheira	FL6 <i>Quercus rotundifolia</i>	1,23	0,98	0,00
Florestas de eucalipto	FL4 <i>Eucalyptus</i>	13,15	0,72	0,00
Montado	FL6 <i>Quercus rotundifolia</i> (1/2 da área)	1,23	0,62	0,00
	GL1 <i>Grassland</i> (1/2 da área)	7,03		
Povoamento de quercíneas	FL 7 <i>Quercus spp</i> ⁹	6,09	0,01	0,00
Matos	GL2 <i>shrubland</i>	1,86	0,25	0,00
Frutos secos	<i>Other permanent crops</i>	0,99	0,00	1 073,83
TOTAL			15 404,93	12 594,02

No entanto, ao ser considerada a compensação de quercíneas a realizar com os pressupostos acima identificados [ver 1.1.2 Ação: *Desmatção e/ou decapagem dos terrenos nos locais de implantação das infraestruturas (rede rega, estação elevatória, reservatório)*], verificar-se-á um aumento da retenção em 144,3 t CO₂ eq/ano.

Acrescem ainda as emissões associadas à utilização de fertilizantes nos blocos de rega. Segundo a FAO¹¹, por kg de N-fertilizante, são emitidos cerca de 6,2 kg de CO_{2 eq}, sendo que em Portugal é estimado que sejam utilizados cerca de 49,85 kg N/ha / ano. Desta forma, a sua utilização corresponderá a uma emissão de 309 kg CO_{2 eq}/ha. Considerando que os blocos de rega têm uma área total de 5 494 ha, as emissões decorrentes da sua aplicação serão aproximadamente 170 t CO_{2 eq}/ano.

Emissões de GEE

Considerando a emissão de

- 985 t CO_{2 eq} pela utilização de gasóleo ao longo de um tempo de vida útil estimado de 50 anos do AHFM,
- o aumento do sumidouro de carbono de 144,3 t CO_{2 eq}/ano (que, considerando o tempo de vida útil do Projeto de 50 anos, perfaz um total de 7 215 t CO_{2 eq} de carbono captado extra pela compensação de quercíneas a realizar),
- a emissão de 170 t CO_{2 eq}/ano pela utilização de fertilizantes (que, considerando o tempo de vida útil do Projeto de 50 anos, perfaz um total de 8 500 t CO_{2 eq}),

a ação de “*Atividade de regadio*”, deverá ser responsável pela emissão de 2 270 t CO_{2 eq}.

2.2.3 Total de Emissões GEE na Fase de Exploração

Considerando que as ações associadas à fase de exploração, cujas estimativas de emissões de GEE se encontram descritas nos pontos anteriores, estão previstas um total de 38 944 t CO_{2 eq} ao longo de um tempo de vida útil assumido como 50 anos.

¹¹ Disponível em: <http://faostat.fao.org/>, consultado em setembro de 2023.



Rua do Mar da China, 1 - Escritório 2.4 • Parque das Nações, 1990-137 Lisboa • Portugal
Telefone (+351) 21 752 01 90 • Fax (+351) 21 752 01 99 • E-mail geral@aqualogus.com
www.aqualogus.com