

Projeto de Desflorestação da Unidade de Execução A2 do loteamento da Zona Industrial e Logística de Sines (ZILS)

Estudo de Impacte Ambiental

Anexo J – Avaliação do Risco de Erosão e Perda de Solo

Nº Trabalho: W24.041

Data: 15/09/2026



aicep Global Parques

Projeto de Desflorestação da Unidade de Execução A2 do loteamento da Zona Industrial e Logística de Sines (ZILS)

Estudo de Impacte Ambiental

Histórico do Documento

Revisão	Descrição	Editado	Verificado	Autorizado	Data
00	Emissão inicial	CFS	CNR	CNR	29-05-2026

Índice

1.	ENQUADRAMENTO E OBJETIVO.....	1
2.	METODOLOGIA	2
2.1	Equação Universal de Perda de Solo (EUPS)	2
2.1.1	Fator R – Erosividade da precipitação	3
2.1.2	Fator K – Erodibilidade do solo.....	3
2.1.3	Fator LS – Topografia.....	4
2.1.4	Fator C – Uso e coberto vegetal	5
2.1.5	Fator P – Práticas de conservação	6
2.2	Integração dos fatores em ambiente SIG	7
3.	CENÁRIOS DE AVALIAÇÃO	7
3.1	Situação de referência	8
3.2	Situação após a desflorestação.....	9
3.3	Situação após implementação de medidas de estabilização	10
4.	RESULTADOS	10
5.	CONCLUSÕES.....	11
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13

Tabelas

Tabela 2.1 – Valores do fator C considerados nos diferentes cenários de avaliação	4
Tabela 2.2 – Valores do fator C por classe de uso do solo	5
Tabela 2.3 – Valores do fator C considerados nos diferentes cenários de avaliação	6

Anexos

ANEXO A: DESENHO 1 – PLANO DE CONTROLO DE EROSÃO	A-1
---	------------

1. ENQUADRAMENTO E OBJETIVO

A erosão do solo constitui um dos mais prementes problemas ambientais, levando à perda ou deterioração de um dos mais importantes recursos naturais do planeta. Caracteriza-se pela remoção de material superficial, conduzindo ao empobrecimento do solo e, em situações extremas, à desertificação. O processo de erosão resulta de uma combinação de fatores que são dependentes e estão interligados entre si e apresenta grande variabilidade espacial e temporal, tornando este fenómeno difícil de equacionar e quantificar. Os fatores que influenciam os processos erosivos são a erosividade da precipitação, medida pela sua intensidade e energia cinética, a erodibilidade dos solos, definida pelas suas características físicas e químicas, o coberto vegetal, pela sua maior ou menor proteção do solo, os declives e comprimentos das encostas e, as práticas de conservação existentes.

A erosão, a par da salinização, compactação e mineralização, é um dos principais fatores que contribui para a degradação do solo. De entre estes processos, a erosão é um dos que mais diretamente pode influenciar a sua degradação e a rápida diminuição do seu potencial produtivo.

No âmbito do projeto de desflorestação da Unidade de Execução A2 da Zona Industrial e Logística de Sines, a remoção do coberto vegetal constitui uma alteração temporária das condições de proteção superficial do solo. Considerando que a desflorestação será realizada de forma faseada, acompanhando a disponibilização progressiva das áreas necessárias à concretização do loteamento, importa avaliar o potencial aumento da perda de solo associado aos períodos de exposição das áreas intervencionadas. O projeto prevê, igualmente, a implementação progressiva de medidas de estabilização e recuperação das áreas intervencionadas, cuja eficácia na redução do potencial erosivo importa considerar.

A avaliação desenvolvida dá resposta à solicitação da Comissão de Avaliação relativamente à avaliação do risco de erosão e perda de solo associado à exposição temporária das áreas a desflorestar, procurando caracterizar quantitativamente a alteração do potencial de perda de solo entre as condições de referência e as condições decorrentes da intervenção.

Para esse efeito, será aplicada a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), na sua versão revista (RUSLE – Revised Universal Soil Loss Equation), metodologia que pretende determinar a perda de solo e o risco potencial de erosão, considerando os fatores associados às características do solo, precipitação, topografia, cobertura do solo e práticas de conservação.

A aplicação da EUPS permitirá estimar a perda média anual potencial de solo por erosão hídrica, expressa em t/ha/ano, através da integração dos fatores de erosividade da precipitação (R), erodibilidade do solo (K), topografia (LS), uso e coberto vegetal (C) e práticas de conservação (P). A análise será desenvolvida em ambiente SIG, permitindo representar espacialmente a distribuição do potencial de perda de solo e identificar as áreas com maior suscetibilidade à ocorrência de processos erosivos.

A avaliação terá como objetivo comparar a situação de referência com as condições previsíveis após a desflorestação e após a implementação das medidas de estabilização previstas, permitindo avaliar o

efeito da remoção temporária do coberto vegetal e o contributo das medidas de proteção e recuperação do solo para a redução do potencial erosivo.

Neste contexto, constituem objetivos específicos da avaliação:

- estimar a perda média anual potencial de solo por erosão hídrica na situação de referência;
- avaliar a alteração do potencial de perda de solo associada à remoção temporária do coberto vegetal;
- quantificar o efeito das medidas de estabilização e recuperação previstas na redução do potencial erosivo;
- identificar espacialmente as áreas com maior potencial de perda de solo;
- avaliar a relevância do risco de erosão associado à exposição temporária das áreas desflorestadas.

A abordagem adotada considera, assim, não apenas a condição de exposição do solo decorrente da desflorestação, mas também a evolução das condições de proteção superficial resultante da aplicação das medidas previstas. Esta perspetiva é particularmente relevante face à importância atribuída à redução do período de exposição do solo e à execução progressiva das intervenções como medidas de prevenção dos fenómenos erosivos.

O presente estudo foi desenvolvido pela seguinte equipa técnica:

- Cláudia Silva – arquiteta paisagista – metodologia e elaboração do relatório;
- Pedro Félix – técnico de SIG – modelação, cálculos e peças desenhadas.

2. METODOLOGIA

2.1 Equação Universal de Perda de Solo (EUPS)

A Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), ou *Universal Soil Loss Equation* (USLE), é um modelo empírico amplamente utilizado para estimar a perda média anual de solo por erosão hídrica. A equação é expressa pela seguinte fórmula:

$$A=R \times K \times LS \times C \times P$$

Onde:

- A é a perda média anual de solo por unidade de área (t/ha/ano).
- R é o fator de erosividade da chuva ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).
- K é o fator de erodibilidade do solo ($\text{t h ha MJ}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$).
- LS é o fator topográfico, adimensional, que combina o comprimento da encosta (L) e o declive (S).
- C é o fator de uso e coberto vegetal, adimensional.

- P é o fator de práticas de conservação, adimensional.

De forma geral, R traduz o potencial erosivo da precipitação, K a suscetibilidade do solo à erosão, LS a influência da topografia, C o efeito da ocupação e cobertura do solo e P o efeito das práticas de conservação sobre o escoamento superficial.

A aplicação integrada destes fatores em ambiente SIG permite estimar espacialmente a perda potencial de solo e identificar as áreas com maior suscetibilidade à erosão hídrica.

2.1.1 Fator R – Erosividade da precipitação

O fator R representa a capacidade erosiva da precipitação, determinada pela intensidade e energia cinética dos eventos pluviométricos. Para a sua determinação foi utilizado o conjunto de dados “REDES 2.0 – A pan-European rainfall erosivity dataset showing intensifying erosivity trends”, desenvolvido pelo Joint Research Centre (JRC) e disponibilizado através do European Soil Data Centre (ESDAC).

O conjunto de dados apresenta uma resolução espacial de 500 m e é expresso em $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

O REDES 2.0 constitui uma atualização da *Rainfall Erosivity Database at European Scale* (REDES), reunindo dados de precipitação de elevada resolução temporal provenientes de 9 138 localizações na Europa. A partir destes registos pluviométricos são determinados os valores de erosividade, considerando a energia cinética e a intensidade dos episódios de precipitação, permitindo obter valores médios anuais do fator R.

Para o presente estudo, a camada raster do fator R foi integrada em ambiente SIG e ajustada à área de análise, mantendo-se os valores correspondentes ao território em estudo.

Na área de estudo, os valores do fator R variam entre 493,1 e 604,2 $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, correspondendo, respetivamente, aos valores mínimo e máximo identificados.

2.1.2 Fator K – Erodibilidade do solo

O fator K representa a suscetibilidade intrínseca do solo à erosão, estando relacionado com as suas características físicas e químicas, nomeadamente a sua composição granulométrica, matéria orgânica, permeabilidade e estrutura.

A determinação do fator K foi efetuada com base na referência bibliográfica “*Diretrizes para a aplicação da Equação Universal de Perda dos Solos em SIG – Fator de Cultura C e Fator de Erodibilidade do Solo K*”, de Maria Teresa Pimenta, desenvolvida para aplicação da EUPS em Portugal continental. O trabalho estabelece valores de erodibilidade associados às diferentes unidades pedológicas e permite a sua representação cartográfica em ambiente SIG.

Assim, procedeu-se à correspondência entre as unidades pedológicas presentes na área de estudo e os respetivos valores de K definidos por Pimenta M. T. Na área de estudo estão presentes os solos classificados como Ppt, Ap e Pz, aos quais corresponde um valor de $K = 0,28$, e os solos classificados como A, aos quais corresponde um valor de $K = 0,26$, conforme se verifica na tabela seguinte.

Tabela 2.1 – Valores do fator C considerados nos diferentes cenários de avaliação

Classificação S.R.O.A.	Código	Fator K
Podzóis com e sem surraipa	Pz, Ppt, Ap	0,28
Aluviossolos modernos não calcários	A	0,26

Com base nesta correspondência, foi efetuada a atribuição dos valores de K às unidades pedológicas e produzida a respetiva camada raster em ambiente SIG.

2.1.3 Fator LS – Topografia

O fator LS representa o efeito combinado do comprimento e do declive das vertentes sobre a erosão hídrica, constituindo um dos principais fatores de variação espacial da perda de solo.

A área a desflorestar apresenta um relevo globalmente suave, com uma amplitude altimétrica de cerca de 44 m, variando entre 11 m, junto às margens da Ribeira da Sancha, e 55 m, no setor nordeste. A drenagem superficial é estruturada principalmente por esta ribeira, verificando-se uma pendente geral suave em direção a esta linha de drenagem.

O cálculo do fator LS foi efetuado em ambiente SIG a partir do Modelo Digital do Terreno (MDT) disponibilizado pela DGT, com resolução de 2×2 m, seguindo a metodologia definida no “*Guia de apoio à delimitação da REN – Cálculo do fator topográfico (LS)*”, publicado pela Comissão Nacional do Território em 2020.

O procedimento compreendeu, de forma sequencial:

1. correção do MDT através da eliminação de depressões;
2. cálculo da direção dos fluxos superficiais;
3. cálculo do fluxo acumulado;
4. determinação do comprimento das vertentes;
5. cálculo do expoente m em função do declive;
6. cálculo do fator L;
7. cálculo do fator S em função do declive;
8. multiplicação dos fatores L×S, obtendo-se o fator LS.

Para o cálculo do comprimento das vertentes, o fluxo acumulado foi convertido em unidades de comprimento através da resolução do MDT, sendo adotado o valor máximo de referência de 305 m para a extensão das vertentes, conforme a metodologia do guia.

O expoente m foi determinado de acordo com as classes de declive estabelecidas no guia:

- 0,2 para declives ≤1%;
- 0,3 para declives entre 1 e 3%;

- 0,4 para declives entre 3 e 5%;
- 0,5 para declives superiores a 5%.

O fator S foi calculado de acordo com as duas expressões definidas para declives inferiores e superiores a 9%.

Por fim, o fator LS foi obtido pela multiplicação dos fatores L e S.

Os valores obtidos variam entre 0,03 e 63,5, correspondendo, respetivamente, aos valores mínimo e máximo registados na área de estudo.

2.1.4 Fator C – Uso e coberto vegetal

O fator C representa o efeito da ocupação e cobertura do solo na proteção contra a erosão hídrica, variando em função do tipo de uso do solo e do grau de cobertura vegetal.

A determinação do fator C foi efetuada com base nas “Diretrizes para a aplicação da Equação Universal de Perda dos Solos em SIG – Fator de Cultura C e Fator de Erodibilidade do Solo K”, de Maria Teresa Pimenta, que estabelece valores de C para diferentes classes de ocupação do solo em Portugal continental.

Para avaliar a situação de referência, os valores do fator C foram atribuídos às classes de uso do solo da COS 2023 em função das classes de referência definidas por Pimenta M. T., conforme apresentado na tabela seguinte.

Tabela 2.2 – Valores do fator C por classe de uso do solo

Classes de Uso do Solo (COS2023)	Classe de referência para atribuição do fator C (Pimenta M. T.)	Fator C
Agricultura com espaços naturais e seminaturais	Terras ocupadas principalmente por agricultura com espaços naturais importantes	0,30
Culturas temporárias de sequeiro e regadio	Culturas anuais – sequeiro e regadio (*)	0,30
Florestas de eucalipto	Eucalipto	0,20
Florestas de pinheiro-bravo	Pinheiro-bravo	0,05
Florestas de pinheiro-manso	Pinheiro-manso	0,05
Florestas de sobreiro	Sobreiro	0,10
Matos	Vegetação arbustiva baixa – matos	0,02
Mosaicos culturais e parcelares complexos	Sistemas culturais e parcelares complexos	0,20
Pastagens melhoradas	Pastagens permanentes	0,02
Superfícies silvopastoris de sobreiro	Territórios agroflorestais	0,30

(*) A classe “Culturas temporárias de sequeiro e regadio” da COS2023 não permite distinguir espacialmente os sistemas de sequeiro e de regadio. Na ausência de informação que permita essa diferenciação, foi adotado o valor

médio dos fatores C definidos por Pimenta M. T. para culturas anuais de sequeiro (0,40) e de regadio (0,20), resultando num valor de $C = 0,30$.

Para avaliar a situação após a desflorestação, considerou-se a remoção do coberto vegetal existente e a consequente exposição do solo. De acordo com o mesmo autor, para situações de solo desprotegido resultantes de corte raso deve ser adotado o valor de $C = 0,50$, independentemente da espécie florestal anteriormente presente. Assim, para este cenário foi considerado um valor de $C=0,50$ nas áreas sujeitas a desflorestação.

Por fim, na avaliação da situação após a implementação das medidas de minimização, foi considerada a aplicação de sementeiras/hidrossementeiras nas áreas intervencionadas, com o objetivo de promover o revestimento vegetal do solo. Estão previstas espécies herbáceas e/ou leguminosas de rápido estabelecimento, adequadas às condições edafoclimáticas locais, cuja seleção de espécies privilegia a rápida germinação, o desenvolvimento de um sistema radicular denso e a capacidade de formação de cobertura vegetal em curto período, de modo a reduzir a exposição da superfície do solo, limitar o escoamento superficial e minimizar o arrastamento de partículas durante o período que antecede o início das obras subsequentes.

Neste caso foi adotado o valor de $C=0,02$, correspondente às classes de prados permanentes/ocupação arbustiva e herbácea.

Os valores do fator C adotados para cada uma das situações consideradas na avaliação da perda de solo encontram-se sistematizados na tabela seguinte.

Tabela 2.3 – Valores do fator C considerados nos diferentes cenários de avaliação

Situação em avaliação	Revestimento do solo	Fator C
Situação de referência	Uso e cobertura do solo atual	Variável, de acordo com a classe da COS 2023
Situação após a desflorestação	Solo desprotegido após corte e remoção de vegetação	0,50
Situação após a implementação de medidas de revestimento e estabilização	Cobertura vegetal resultante da aplicação de sementeiras/hidrossementeiras	0,02

Os valores do fator C assim definidos foram posteriormente integrados no cálculo da perda média anual de solo, permitindo avaliar a influência das diferentes condições de ocupação e cobertura do solo nos cenários considerados.

2.1.5 Fator P – Práticas de conservação

O fator P representa o efeito das práticas de conservação que alteram o escoamento superficial e reduzem o potencial de erosão. O fator P assume, em geral, valores entre 0 e 1, sendo $P = 1$ associado à ausência de práticas específicas de conservação e valores inferiores a 1 associados à aplicação de

práticas com efeito na redução da erosão. A magnitude da redução depende do tipo e das características da prática implementada.

No presente estudo, não foram identificadas práticas de conservação do solo especificamente enquadráveis no fator P, pelo que foi adotado $P = 1$ em todos os cenários de avaliação.

As medidas de proteção do solo previstas, nomeadamente as sementeiras/hidrossementeiras, atuam principalmente através do aumento da cobertura vegetal e da proteção da superfície do solo, sendo o seu efeito considerado no fator C. Deste modo, não foi atribuída adicionalmente uma redução do fator P, evitando a contabilização simultânea do efeito da mesma medida nos dois fatores.

2.2 Integração dos fatores em ambiente SIG

Após a determinação dos fatores R, K, LS, C e P, cada um foi convertido numa camada raster com a mesma extensão espacial e resolução de análise.

A perda média anual de solo foi posteriormente calculada, célula a célula, através da multiplicação dos cinco fatores da EUPS:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

O resultado corresponde a uma estimativa espacial da perda média anual de solo, expressa em t/ha/ano, permitindo identificar as áreas com maior potencial de perda de solo por erosão hídrica.

Para a avaliação do efeito das medidas de minimização, foram comparados os resultados obtidos para os diferentes cenários considerados, permitindo identificar a alteração espacial e quantitativa da perda potencial de solo associada às medidas previstas.

3. CENÁRIOS DE AVALIAÇÃO

Para a avaliação da perda de solo foram considerados três cenários representativos das principais condições de ocupação e cobertura do solo associadas à intervenção: situação de referência, situação após a desflorestação e situação após a implementação das medidas de estabilização.

A análise foi efetuada através da aplicação da Equação Universal de Perda dos Solos, mantendo constantes, entre os diferentes cenários, os fatores R, K e LS, por estes representarem, respetivamente, as condições de erosividade da precipitação, erodibilidade dos solos e características topográficas da área de estudo. A diferenciação entre cenários decorre, assim, fundamentalmente da alteração das condições de cobertura e proteção do solo, refletida no fator C.

O fator P foi mantido igual a 1 nos três cenários, uma vez que não foram identificadas práticas de conservação do solo especificamente enquadráveis neste fator. O efeito das medidas de revestimento vegetal previstas é considerado através do fator C, evitando a contabilização simultânea do efeito da mesma medida nos fatores C e P.

3.1 Situação de referência

A situação de referência corresponde às condições atuais de ocupação e cobertura do solo na área a desflorestar, previamente à implementação das ações de desflorestação associadas ao projeto.

Neste cenário, o fator C foi atribuído em função das classes de ocupação do solo, considerando a informação do COS 2023, de acordo com a correspondência estabelecida com os valores definidos por Pimenta M. T. (1998). Esta condição representa a proteção do solo conferida pelo coberto vegetal atualmente existente, nomeadamente pelas formações florestais, matos e restantes ocupações identificadas na área a desflorestar.

Os fatores R, K, LS, C e P foram combinados através da aplicação da Equação Universal de Perda de Solo, obtendo-se a estimativa da perda média anual de solo em condições de referência e a respetiva representação cartográfica, apresentada no **Desenho A**, em anexo.

Para a totalidade da área a desflorestar, o valor médio estimado é de 3,5 t/ha/ano.

Considerando individualmente as quatro fases de desflorestação, obtiveram-se valores médios de:

- **Fase 1:** 4,6 t/ha/ano
- **Fase 2:** 3,1 t/ha/ano;
- **Fase 3:** 3,5 t t/ha/ano;
- **Fase 4:** 3,3 t t/ha/ano.

A expressão cartográfica dos resultados evidencia um claro predomínio das classes de menor risco de erosão e perda de solo, com a classe "Muito baixo" a abranger a maior parte da área a desflorestar. As classes de maior magnitude apresentam uma ocorrência mais localizada, sob a forma de manchas pontuais distribuídas pelos diferentes setores correspondentes às quatro fases de desflorestação.

A ocorrência dos valores mais elevados está associada, em particular, aos setores onde a configuração do relevo determina uma maior contribuição do fator LS, resultante da conjugação entre o declive e o comprimento das vertentes. Nestes locais, as condições topográficas favorecem a concentração e o encaminhamento do escoamento superficial, traduzindo-se em valores superiores de perda de solo estimada.

O padrão identificado deve ainda ser interpretado em articulação com a rede de drenagem local. Destacam-se o Barranco dos Bêbedos, a norte da área a desflorestar, e a Ribeira da Sancha, que atravessa o seu interior, constituindo ambos elementos estruturantes do escoamento superficial. Os setores adjacentes a estas linhas de água assumem particular relevância na avaliação da suscetibilidade à erosão, sobretudo quando coincidem com áreas de maior contribuição do fator LS, por poderem favorecer a convergência do escoamento e o encaminhamento de sedimentos.

A comparação entre as quatro fases evidencia diferenças na repartição das classes de perda de solo, decorrentes da conjugação das condições topográficas, das características do coberto do solo e da relação de cada setor com a rede de drenagem.

Globalmente, os resultados obtidos para a situação de referência caracterizam as condições atuais de proteção do solo na área a desflorestar, constituindo a base de comparação para a avaliação dos efeitos associados à desflorestação e à posterior implementação das medidas de estabilização.

3.2 Situação após a desflorestação

O cenário após a desflorestação representa a condição de maior exposição potencial do solo, decorrente da remoção do coberto vegetal existente nas áreas abrangidas pela intervenção.

Neste cenário, considerou-se a remoção do coberto vegetal e a consequente alteração das condições de proteção superficial do solo. De acordo com a metodologia adotada para o fator C, às áreas sujeitas a desflorestação foi atribuído o valor $C = 0,50$, correspondente à condição de solo desprotegido após corte raso, independentemente da espécie florestal anteriormente presente.

Os restantes fatores da USLE — R, K, LS e P — foram mantidos inalterados relativamente à situação de referência, permitindo que a diferença observada entre os dois cenários decorra essencialmente da alteração da cobertura do solo.

A aplicação da USLE conduz, neste cenário, a um valor médio de perda de solo de 25,7 t/ha/ano. Face à situação de referência, verifica-se um aumento de 22,2 t/ha/ano da perda média estimada.

Considerando individualmente as quatro fases de desflorestação, obtiveram-se valores médios de:

- **Fase 1:** 20,4 t/ha/ano;
- **Fase 2:** 24,2 t/ha/ano;
- **Fase 3:** 30,2 t/ha/ano;
- **Fase 4:** 28,1 t/ha/ano.

A expressão cartográfica dos resultados evidencia uma alteração generalizada da classe de perda de solo relativamente à situação de referência, com predominância da classe “Moderado” na área sujeita a desflorestação. Observam-se, pontualmente, áreas com valores superiores, enquadradas nas classes “Grave” e “Muito severo”, sobretudo associadas às zonas de maior declive e de concentração do escoamento superficial.

A distribuição espacial dos resultados evidencia uma maior perda potencial de solo nas zonas de maior declive, associadas a condições mais favoráveis à concentração do escoamento superficial. As áreas com estas características, particularmente as localizadas na envolvente da Ribeira de Sancha, deverão merecer especial atenção na definição das medidas de proteção do solo, tendo em consideração o potencial transporte de sedimentos para a linha de água.

A representação cartográfica da perda de solo para este cenário é apresentada no **Desenho B**, em anexo.

3.3 Situação após implementação de medidas de estabilização

O terceiro cenário corresponde à condição prevista após a implementação das medidas de estabilização do solo, considerando a aplicação de sementeiras/hidrossementeiras nas áreas intervencionadas.

As medidas previstas têm como objetivo promover, no período entre a desflorestação e o início da construção, a formação de uma cobertura vegetal herbácea, que contribui para a proteção da superfície do solo e para o desenvolvimento de um sistema radicular capaz de favorecer a sua estabilização. No contexto da aplicação da USLE, estes efeitos são refletidos principalmente através da alteração do fator C.

Para este cenário, foi adotado $C=0,02$, correspondente à condição de cobertura herbácea considerada como referência metodológica. Os restantes fatores (R, K, LS e P) mantêm-se iguais aos utilizados nos cenários anteriores.

A aplicação da USLE resulta num valor médio estimado de perda de solo de $0,8 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Comparativamente com o cenário após a desflorestação, verifica-se uma redução de $24,9 \text{ t/ha/ano}$, associada à recuperação da cobertura protetora do solo.

Considerando individualmente as quatro fases de intervenção, obtiveram-se valores médios de:

- **Fase 1:** $0,8 \text{ t/ha/ano}$;
- **Fase 2:** $1,0 \text{ t/ha/ano}$;
- **Fase 3:** $1,2 \text{ t/ha/ano}$;
- **Fase 4:** $1,0 \text{ t/ha/ano}$.

A representação espacial evidencia uma redução generalizada da perda potencial de solo face ao cenário após a desflorestação, passando a predominar, em praticamente toda a área intervencionada, a classe "Muito baixo". Os valores mais elevados ocorrem de forma pontual e encontram-se associados às zonas de maior declive, onde se mantêm condições mais favoráveis à concentração do escoamento superficial.

A implementação das medidas de estabilização, através da instalação de uma cobertura herbácea, traduz-se assim numa redução significativa da perda potencial de solo. Os resultados evidenciam a importância da manutenção de uma cobertura vegetal contínua no período entre a desflorestação e o início das obras, contribuindo para a proteção e estabilização da superfície do solo.

A representação cartográfica da perda de solo para este cenário é apresentada no **Desenho C**, em anexo.

4. RESULTADOS

Os resultados obtidos indicam que, na situação de referência, a perda de solo apresenta um valor médio de $3,5 \text{ t/ha/ano}$, resultante da aplicação combinada dos fatores R, K, LS, C e P nas condições de referência.

No cenário após a desflorestação, a remoção do coberto vegetal e a consequente alteração das condições de proteção do solo determinam um aumento do valor médio estimado para 25,7 t/ha/ano, correspondendo a este cenário os valores mais elevados de perda de solo. Este aumento resulta da alteração do fator C nas áreas sujeitas a desflorestação, mantendo-se os restantes fatores constantes.

Após a implementação das medidas de estabilização, nomeadamente através da aplicação de sementeiras/hidrossementeiras, verifica-se uma redução do valor médio estimado para aproximadamente 1,0 t/ha/ano, associado à recuperação da cobertura vegetal e à consequente redução do fator C.

A análise dos resultados foi complementada pela avaliação das diferentes fases de intervenção, permitindo comparar, para cada fase, os valores médios obtidos nos três cenários considerados. Esta abordagem permite identificar as fases em que a alteração das condições de cobertura do solo associada à desflorestação conduz a um maior incremento da perda de solo e avaliar a redução proporcionada pelas medidas de estabilização. Os resultados para a totalidade da área a desflorestar e para cada fase de desflorestação encontram-se sintetizados na tabela seguinte.

Tabela 4.1 – Valores médios de perda anual de solo por cenário e fase de intervenção

Área a desflorestar/Fase de desflorestação	Perda média anual de solo (t/ha/ano)		
	Sit. de referência	Sit. após a desflorestação	Sit. após implementação de medidas de estabilização
Fase 1	4,6 (muito baixo)	20,4 (moderado)	0,8 (muito baixo)
Fase 2	3,1 (muito baixo)	24,2 (moderado)	1,0 (muito baixo)
Fase 3	3,5 (muito baixo)	30,2 (moderado)	1,2 (muito baixo)
Fase 4	3,3 (muito baixo)	28,1 (moderado)	1,1 (muito baixo)
Área a desflorestar – total	3,5 (muito baixo)	25,7 (moderado)	1,0 (muito baixo)

A análise espacial dos resultados permite ainda identificar as áreas onde se concentram os valores mais elevados, particularmente nas zonas que conjugam maiores declives, maior comprimento das vertentes e ausência de cobertura vegetal. Estas áreas apresentam maior suscetibilidade à erosão e ao arrastamento de sedimentos, devendo ser consideradas prioritárias para a aplicação, monitorização e eventual reforço das medidas de controlo da erosão e de retenção de sedimentos após a fase de desflorestação.

5. CONCLUSÕES

Face aos resultados obtidos, conclui-se que a remoção do coberto vegetal associada à desflorestação conduz, nas condições consideradas na modelação, a um aumento notório da perda potencial de solo relativamente à situação de referência. O aumento observado evidencia o papel determinante da cobertura vegetal na proteção da superfície do solo e na redução da sua exposição à ação da precipitação e do escoamento superficial. Este efeito assume maior expressão nas áreas em que as

características topográficas favorecem a concentração do escoamento e, consequentemente, a mobilização e o transporte de partículas.

Os resultados obtidos após a aplicação das medidas de estabilização evidenciam, por sua vez, a importância da reposição de uma cobertura vegetal contínua nas áreas intervencionadas. A instalação de uma cobertura herbácea através de sementeira/hidrossementeira permite reduzir de forma acentuada os valores estimados relativamente à condição de solo desprotegido, demonstrando o contributo potencial deste revestimento para a proteção e estabilização superficial do solo. Neste sentido, a implementação atempada destas medidas constitui uma componente relevante da gestão das áreas desflorestadas durante o período anterior ao início das obras, reduzindo o tempo de exposição da superfície do solo e favorecendo a sua proteção face aos processos erosivos.

Importa, contudo, interpretar estes resultados tendo em consideração a natureza da metodologia aplicada. Os três cenários correspondem a condições distintas de cobertura do solo, avaliadas sobre o mesmo suporte físico e mantendo constantes os fatores R, K, LS e P. Não constituem, por isso, uma simulação temporal ou dinâmica da evolução do terreno ao longo das diferentes etapas da intervenção. A comparação entre os cenários permite avaliar o efeito que diferentes condições de cobertura apresentam sobre os valores estimados pela USLE, mas não pressupõe que o terreno evolua efetivamente de uma condição para a seguinte nem que, após a implementação das medidas de estabilização, apresente necessariamente uma situação mais favorável do que a existente antes da intervenção.

Esta ressalva é particularmente importante na interpretação da redução obtida para o cenário após a implementação de medidas de estabilização. O resultado decorre da atribuição de um fator C correspondente à condição de cobertura herbácea contínua adotada na metodologia. Representa, assim, o comportamento potencial do terreno perante uma condição de cobertura vegetal estabelecida, e não uma previsão das condições que serão necessariamente verificadas no terreno após a aplicação das medidas. A eficácia real das sementeiras/hidrossementeiras dependerá do seu estabelecimento, densidade e continuidade, bem como das condições meteorológicas, edáficas e de gestão que se verifiquem após a intervenção. Uma cobertura que não se estabeleça adequadamente, que apresente desenvolvimento insuficiente ou que seja afetada por períodos de precipitação intensa durante as fases iniciais de desenvolvimento poderá não proporcionar o nível de proteção considerado na modelação.

Do mesmo modo, o cenário após a desflorestação representa uma condição de solo desprotegido definida para efeitos de modelação, não incorporando diretamente todos os efeitos decorrentes do processo físico de desflorestação. A USLE, na presente aplicação, não traduz de forma explícita alterações como a compactação e perturbação do solo, a alteração da rugosidade superficial, a circulação de maquinaria, a formação de sulcos ou outras modificações localizadas das condições de drenagem e escoamento que possam ocorrer durante as operações. A perda de solo efetivamente verificada no terreno poderá, por isso, diferir dos valores estimados, em função das condições concretas resultantes das operações e da resposta do solo e da cobertura vegetal após a intervenção.

Consequentemente, os resultados devem ser entendidos como estimativas comparativas da perda potencial média anual de solo associadas a diferentes condições de cobertura, permitindo evidenciar a importância da proteção superficial do solo, mas não como uma previsão exata da evolução do

processo erosivo ao longo da intervenção. Em particular, o facto de o cenário com cobertura herbácea apresentar valores inferiores aos da situação de referência não significa que, após a desflorestação e a implementação das medidas, o terreno passe efetivamente a apresentar condições erosivas mais favoráveis do que as existentes antes da intervenção. A comparação traduz o efeito isolado da condição de cobertura considerada, mantendo constantes os restantes fatores da USLE, e não os efeitos acumulados das operações realizadas sobre o solo e sobre o regime de escoamento.

A análise espacial evidencia ainda que a suscetibilidade à erosão não se distribui uniformemente pela área intervencionada, sendo os valores mais elevados associados, sobretudo, às zonas em que o relevo favorece o desenvolvimento e a concentração do escoamento superficial. Estas áreas deverão merecer especial atenção na implementação das medidas de controlo da erosão, nomeadamente nas zonas de maior declive, nas áreas de convergência do escoamento e nos locais em que estas condições se conjugam com a proximidade à Ribeira da Sancha e Barranco dos Bêbedos, tendo em consideração o potencial transporte de sedimentos para a rede de drenagem.

Em síntese, a análise realizada evidencia que a desflorestação, ao eliminar temporariamente a proteção conferida pelo coberto vegetal, aumenta o potencial de mobilização e transporte de solo, reforçando a necessidade de minimizar o período de exposição das áreas intervencionadas. A instalação de uma cobertura herbácea através de sementeiras/hidrossementeiras constitui, neste contexto, uma medida relevante para favorecer a estabilidade superficial do solo e reduzir a sua vulnerabilidade à erosão. A eficácia desta medida deverá, contudo, ser acompanhada no terreno, em função do efetivo estabelecimento e desenvolvimento da cobertura vegetal, e complementada, quando necessário, por medidas complementares.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Pimenta, M. T. (1998). *Diretrizes para a aplicação da Equação Universal de Perda dos Solos em SIG – Fator de Cultura C e Fator de Erodibilidade do Solo K*. INAG/DSRH.

Comissão Nacional do Território (2020). *Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo – Cálculo do Fator Topográfico (LS)*. Guias de apoio à delimitação da Reserva Ecológica Nacional. Direção-Geral do Território.

Panagos, P. et al. (2015). *Rainfall erosivity in Europe*. *Science of the Total Environment*, 511, 801–814.

Bezak, N. et al. (2026). *REDES 2.0: A pan-European rainfall erosivity dataset showing intensifying erosivity trends*. *CATENA*, 272, 110393.

ANEXO A

Desenho A – Avaliação do Risco de Erosão e Perda de Solo

Anexo A: Desenhos – Avaliação do Risco de Erosão e Perda de Solo



Simbologia

- ++ Limites de concelhos
- Área de estudo
- Unidade de Execução A2
- Linhas de água (Carta militar)

Fases da desflorestação

- Fase 1
- Fase 2
- Fase 3
- Fase 4

Risco de erosão e perda de solo (t/ha/ano) - Irvem et al., 2007

- Muito baixo (0 - 5)
- Baixo (5 - 12)
- Moderado (12 - 50)
- Grave (50 - 100)
- Muito severo (100 - 200)
- Extremamente severo (≥ 200)

REV	DATA	RESP	DESCRIÇÃO
REVISÃO			

CLIENTE	ENTREPLANOS
PROJETO	ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL DO REEQUIPAMENTO DO PARQUE EÓLICO DO ALTO DO CÔTO

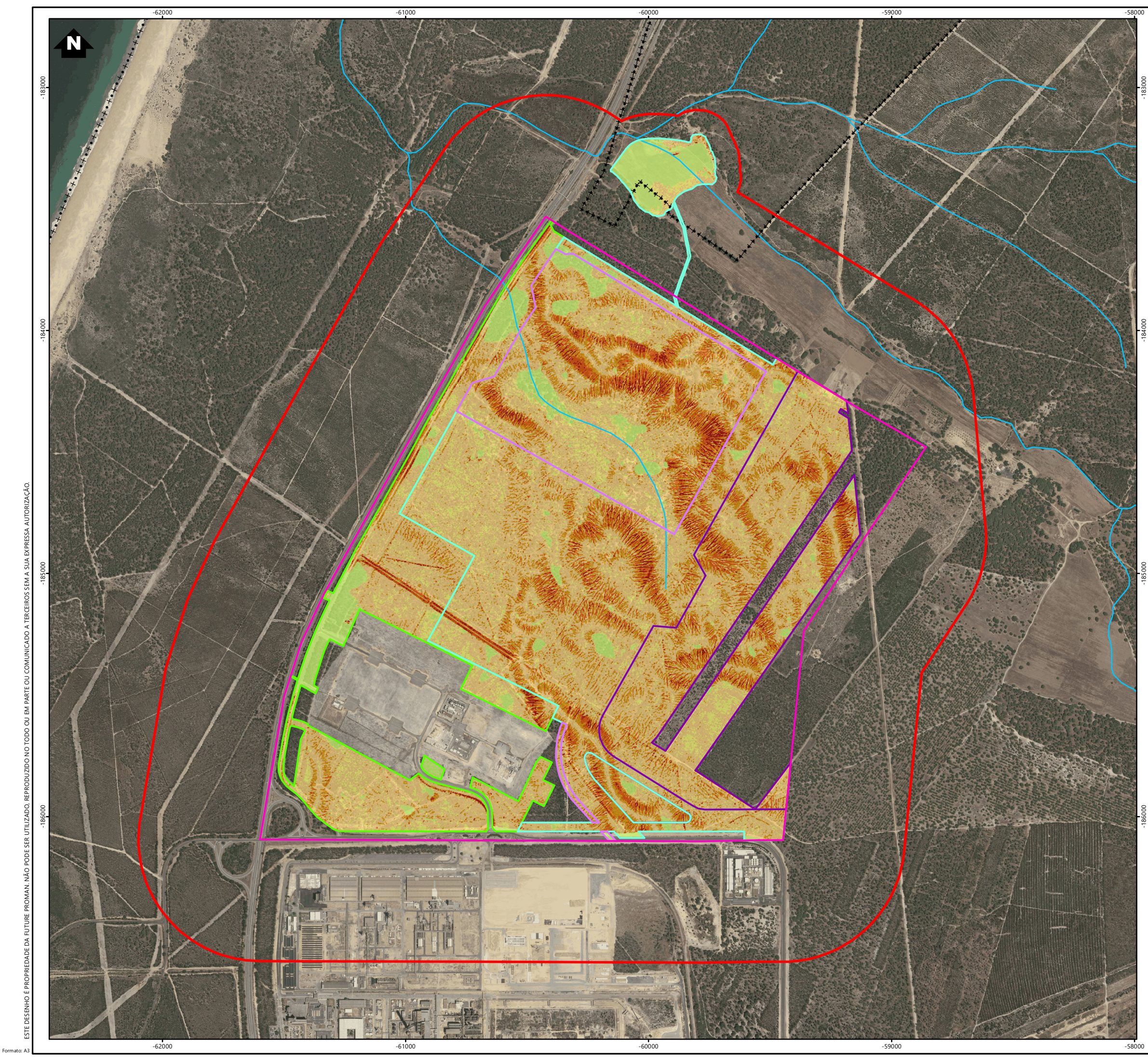
DESIGNAÇÃO Avaliação do Risco de Erosão e Perda de Solo - Situação de referência

RESP	Cristina Reis	ESCALAS	DESENHO Nº	FOLHA	REVISÃO
CO-AUTOR	Pedro Félix	1:15000	A	1/1	
DATA	setembro 2026	FICHEIRO	W24.041-001		

ESTE DESENHO É PROPRIEDADE DA FUTURE PROMAN. NÃO PODE SER UTILIZADO, REPRODUZIDO NO TODO OU EM PARTE OU COMUNICADO A TERCEIROS SEM A SUA EXPRESSA AUTORIZAÇÃO.

Formato: A3

Sistema de Coordenadas: ETRS 1989 Portugal TM06
Divisão Administrativa: DG Território - CAOP2025
Base Cartográfica: OrnoSat 30 cm - Portugal Continental - 2023, DGT



ESTE DESENHO É PROPRIEDADE DA FUTURE PROMAN. NÃO PODE SER UTILIZADO, REPRODUZIDO NO TODO OU EM PARTE OU COMUNICADO A TERCEIROS SEM A SUA EXPRESSA AUTORIZAÇÃO.

Formato: A3

Simbologia

- Limites de concelhos
- Área de estudo
- Unidade de Execução A2
- Linhas de água (Carta militar)

Fases da desflorestação

- Fase 1
- Fase 2
- Fase 3
- Fase 4

Risco de erosão e perda de solo (t/ha/ano) - Irvem et al., 2007

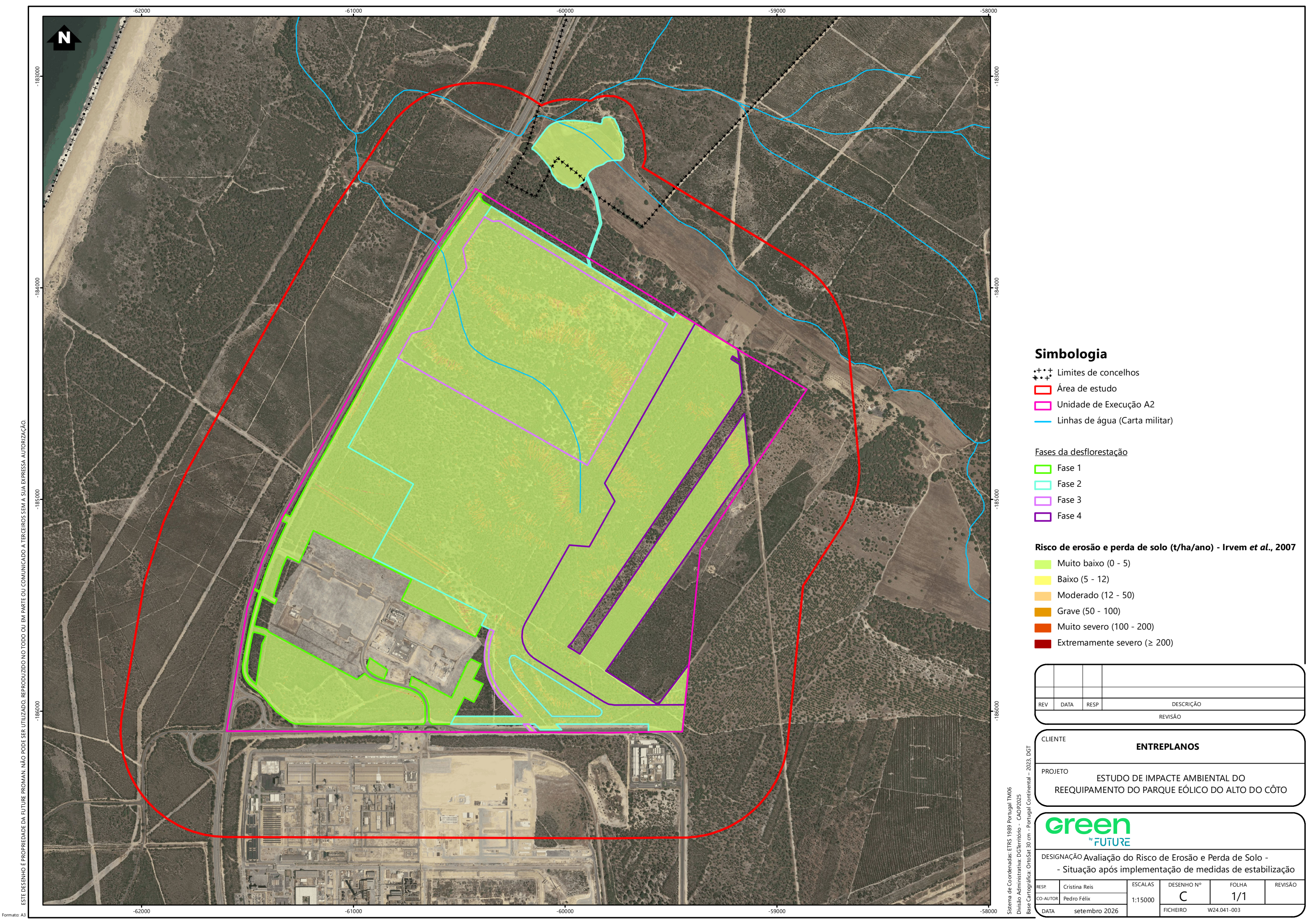
- Muito baixo (0 - 5)
- Baixo (5 - 12)
- Moderado (12 - 50)
- Grave (50 - 100)
- Muito severo (100 - 200)
- Extremamente severo (≥ 200)

REV	DATA	RESP	DESCRIÇÃO
REVISÃO			

CLIENTE	ENTREPLANOS
PROJETO	ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL DO REEQUIPAMENTO DO PARQUE EÓLICO DO ALTO DO CÔTO

DESIGNAÇÃO Avaliação do Risco de Erosão e Perda de Solo - Situação após desflorestação					
RESP.	Cristina Reis	ESCALAS	DESENHO Nº	FOLHA	REVISÃO
CO-AUTOR	Pedro Félix	1:15000	B	1/1	
DATA	setembro 2026		FICHEIRO	W24.041-002	

Sistema de Coordenadas: ETRS 1989 Portugal TM06
Divisão Administrativa: DG Território - CAOP2025
Base Cartográfica: OrnoSat 30 cm - Portugal Continental - 2023, DGT



Simbologia

- +++ Limites de concelhos
- Área de estudo
- Unidade de Execução A2
- Linhas de água (Carta militar)

Fases da desflorestação

- Fase 1
- Fase 2
- Fase 3
- Fase 4

Risco de erosão e perda de solo (t/ha/ano) - Irvem et al., 2007

- Muito baixo (0 - 5)
- Baixo (5 - 12)
- Moderado (12 - 50)
- Grave (50 - 100)
- Muito severo (100 - 200)
- Extremamente severo (≥ 200)

REV	DATA	RESP	DESCRIÇÃO
REVISÃO			

CLIENTE	ENTREPLANOS
PROJETO	ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL DO REEQUIPAMENTO DO PARQUE EÓLICO DO ALTO DO CÔTO

DESIGNAÇÃO Avaliação do Risco de Erosão e Perda de Solo - Situação após implementação de medidas de estabilização					
RESP.	Cristina Reis	ESCALAS	DESENHO Nº	FOLHA	REVISÃO
CO-AUTOR	Pedro Félix	1:15000	C	1/1	
DATA	setembro 2026		FICHEIRO	W24.041-003	

ESTE DESENHO É PROPRIEDADE DA FUTURE PROMAN. NÃO PODE SER UTILIZADO, REPRODUZIDO NO TODO OU EM PARTE OU COMUNICADO A TERCEIROS SEM A SUA EXPRESSA AUTORIZAÇÃO.

Formato: A3

Sistema de Coordenadas: ETRS 1989 Portugal TM06
Divisão Administrativa: DG Território - CAOP2025
Base Cartográfica: OrnoSat 30 cm - Portugal Continental - 2023, DGT