MF&A
Portugal

Central Solar Fotovoltaica de Sophia e LMAT associadas (Art.º16)

Plano de Controlo de Erosão

Coloursflow Lda

Setembro de 2026



GRUPO MF&A

www.mfassociados.pt

GRUPO MF&A

GRUPO DE CONSULTORIA NA ÁREA DO AMBIENTE

www.mfassociados.pt

LINKEDIN
Grupo Matos, Fonseca & Associados (Grupo MF&A)

FACEBOOK
@grupomfa

INSTAGRAM
@grupomfa

mfassociados@mfassociados.pt
+351 214 531 969

Estrada de Polima, 673 - Moradia, Parque Industrial Meramar I - Abóboda
2785-543 São Domingos de Rana

MF&A Portugal

MF&A Moçambique

Ecofield

Revisão	Produzido		Revisto		Verificado	
	Data	Por	Data	Por	Data	Por
v0	27/08/2026	António Albuquerque	29/09/2026	Ana Paiva	29/09/2026	Ana Salvador

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO 1
2 EQUIPA TÉCNICA 3
3 PLANO DE CONTROLO DE EROSÃO 4
3.1 METODOLOGIA 4
3.1.1 Análise bibliográfica 4
3.1.2 Análise da erosão hídrica do solo 8
3.2 RESULTADOS 17
3.3 PLANO DE ATUAÇÃO 22
3.4 MODO DE EXECUÇÃO 27
3.4.1 Área fotovoltaica 27
3.4.2 Rede Hidrográfica 29
4 PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO 31
4.1 IDENTIFICAÇÃO E OBJETIVOS DA MONITORIZAÇÃO 31
4.2 METODOLOGIA 31
4.2.1 Monitorização em estruturas constituídas 31
4.2.2 Monitorização por rastreio 32
4.3 MEDIDAS A ADOTAR FACE AOS RESULTADOS OBTIDOS 34
4.4 RELATÓRIO 35
BIBLIOGRAFIA 36
ANEXOS 40

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Plano Geral do Projeto de Integração Paisagística

Anexo 2 Programa de Monitorização da Erosão (Locais de amostragem)

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Equipa técnica 3

Quadro 3.1 – Remoção de solo em condições distintas de cobertura e precipitação 8

Quadro 3.2 – Escala de risco de erosão segundo o Fator LS (Pinheiro, L. S., Cunha, C. M. L., 2011) 14

Quadro 3.3 – Fator C segundo a unidade de ocupação do solo (Panagos *et al.*, 2015) 16

Quadro 3.4 – Sistema de classificação e avaliação de processos erosivos (Zachar, 1982) 16

Quadro 3.5 – Perda de solo, em termos médios, nos cenários analisados para a Central Solar Fotovoltaica de Sophia 21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 – Carta do fator da erosividade da precipitação (R), fonte ESDAC 10

Figura 3.2 – Esquema do procedimento de cálculo de LS com recurso ao *software* ArcGIS (Pena, S.B *et al.*, 2020). 13

Figura 3.3 – Resultados do cálculo do fator topográfico (LS) para a área em estudo, classificados segundo a escala de risco de erosão (Pinheiro, L. S., Cunha, C. M. L., 2011) 15

Figura 3.4 – Risco de erosão hídrica do solo em Situação de Referência 18

Figura 3.5 – Risco de erosão hídrica do solo em Fase de Construção 19

Figura 3.6 – Risco de erosão hídrica do solo em Fase de Exploração 20

Figura 3.7 – Travessões vivos 30

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 3.1– Barreira com esteira 24

Fotografia 3.2 – Barreira com biorolo 24

1 INTRODUÇÃO

A erosão, entre outros fatores, é causada por um conjunto de processos geodinâmicos, movidos pela energia gravitacional e energia potencial associadas aos desníveis do terreno (Pereira, 2001).

De forma geral, a degradação do solo resulta preferencialmente do processo erosivo, onde além de reduzir a sua capacidade produtiva para as culturas, pode causar graves danos ambientais, como o assoreamento e a contaminação das fontes de água. De acordo com o anteriormente referido, a perda de massas de solo pode encontrar-se correlacionada com grandes danos ao nível do meio ambiente e também com o meio antrópico.

A melhor forma de combater a erosão é a prevenção. Neste sentido, previamente a qualquer ação ligada à alteração do uso do solo, deve-se proceder a um planeamento fundamentado em medidas que atenuem a ação dos principais atores erosivos (e.g. escoamento superficial da água).

Como referido, a principal causa natural das perdas de solo diz respeito a um elemento climático importante – a precipitação. As características das chuvadas e as características que os solos apresentam quando estas ocorrem determinam a quantidade de perdas de solo e, consequentemente, a possibilidade de ocorrer uma degradação física do mesmo (Hudson, 1995). Em termos matemáticos, a erosão é função da erosividade da precipitação, da erodibilidade do solo, da topografia e ocupação do solo, cujos fatores combinados dão origem à Equação Universal de Perdas de Solo ou *Universal Soil Loss Equation* (USLE).

Embora a USLE tenha sido uma ferramenta poderosa, amplamente utilizada em diferentes contextos geográficos, a investigação e a experiência obtida desde a década de 1970 forneceram melhorias significativas, que foram incorporadas na nova USLE, traduzida pela RUSLE. A RUSLE apresenta a mesma estrutura da USLE, no entanto, incorpora, quer os conhecimentos entretanto adquiridos, quer novos algoritmos, mais adequados para o cálculo automático em Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

No presente Plano de Controlo de Erosão (PCE), a suscetibilidade de erosão, na área da Central Solar Fotovoltaica, foi avaliada por modelação com recurso à RUSLE, considerando 3 cenários de ocupação do solo, inerentes ao processo construtivo do projeto fotovoltaico (Situação de referência, fase de construção e fase de exploração), assim como as preocupações expressas no Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação (PANCD) - resolução do Conselho de Ministros n.º 78/2014, de 24 de dezembro.

O PANCD, aprovado em 1999, teve como principal objetivo orientar, disciplinar, promover, dinamizar, integrar e coordenar as ações de combate à desertificação e de minimização dos efeitos da seca nas zonas semiáridas e sub-húmidas, nomeadamente naquelas em que é mais notória a erosão com a degradação das propriedades do solo, a destruição da vegetação, a deterioração do ambiente e dos recursos naturais, assim como da paisagem em geral.

O presente Plano de Controlo de Erosão baseia-se em técnicas de Engenharia natural, encontrando-se as soluções propostas fundamentadas na modelação efetuada em ambiente SIG, com recurso à Equação Universal da Perda de Solo Revista (RUSLE), nomeadamente as indicadas para as áreas identificadas com maior potencial de erosão.

De acordo com os resultados obtidos, o presente plano dita as propostas de intervenção para promover o controlo de erosão. Fundamenta-se em técnicas de engenharia natural, adequadas às diferentes circunstâncias existentes em cada momento do desenvolvimento do projeto fotovoltaico, pretendendo sempre que as técnicas a utilizar se assumam como eficazes na prevenção da erosão. Por as intervenções previstas se fundamentarem na constituição de revestimentos vegetais do solo, nomeadamente no decorrer da fase de exploração, prevê-se que a informação reunida seja orientadora e implementada através de um Projeto de Integração Paisagística (PIP), desenvolvido com base na proposta do Plano de Estrutura Verde e Integração Paisagística, que se produziu no âmbito do Art.º 16.

2 EQUIPA TÉCNICA

Na elaboração do presente documento esteve envolvida uma equipa multidisciplinar, sob a coordenação da empresa Matos, Fonseca & Associados, Lda., cuja constituição é apresentada no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Equipa técnica

Nome	Formação académica	Função
Ana Salvador	Licenciada em Engenharia Zootécnica (Pré-Bolonha)	Coordenação geral
António Albuquerque	Licenciado em Recursos Florestais – Ramo de Recursos Naturais Mestre em Engenharia Florestal e Recursos Naturais	Coordenação técnica Redação do documento
Sílvia Barreiro	Mestre em Biologia da Conservação Licenciada em Ciências do Ambiente – Ramo de Qualidade do Ambiente	Apoio à Coordenação técnica
Ana Paiva	Licenciada em Engenharia Biofísica (Pré-Bolonha)	Apoio à redação
Duarte Belo	Licenciado em Planeamento e Ordenamento do Território	Análise em ambiente SIG (RUSLE) Elaboração de Cartografia

3 PLANO DE CONTROLO DE EROSÃO

De forma preventiva, perante as previsíveis alterações do território, inerentes à implantação da Central Solar Fotovoltaica, tornou-se necessário elaborar um Plano de Controlo de Erosão (PCE). O PCE que se apresenta encontra-se sustentado em modelações efetuadas em ambiente SIG, com recurso à Equação Universal da Perda de Solo Revista (RUSLE), desenvolvidas para a Situação de Referência e Fases de construção e exploração do projeto fotovoltaico, análises determinantes para identificar as áreas mais suscetíveis à ocorrência de erosão, assim como as medidas mais adequadas para promover o seu controlo.

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Análise bibliográfica

Na pesquisa bibliográfica efetuada podemos constatar que a avaliação da erosão em áreas fotovoltaicas é um tema controverso, tendo-se identificado artigos científicos que defendem que a presença dos painéis fotovoltaicos aumenta o escoamento nas encostas e a quantidade de material erodido (Jahanfar *et al.*, 2019, Elamri *et al.* 2018), enquanto outros defendem que a sua influência no escoamento nas encostas é pouco relevante, à escala de uma central de grande dimensão, e que a quantidade de material erodido é até inferior em comparação com as condições naturais da encosta (Darvishan *et al.*, 2014; Armenise *et al.*, 2018; Assouline, 2004; e Cook & McCuen, 2013).

Na sequência da pesquisa efetuada, tornou-se possível identificar alguns artigos que revelam medidas que podem ser aplicadas no caso da Central Solar Fotovoltaica de Sophia.

Recentemente, fundamentados em experiências de campo, foi publicado um artigo (Wang e Gao, 2023), onde se avalia o efeito da presença dos painéis fotovoltaicos no solo, nomeadamente o resultante da interceção das gotas de chuvas, e na consequente distribuição heterogénea da precipitação na área fotovoltaica.

Neste estudo é feita uma abordagem aos impactes dos painéis fotovoltaicos nos processos hidrológicos e sedimentares, especialmente nos processos de erosão do solo em encosta. Os mecanismos de erosão estudados fundamentaram-se em informação colhida numa área fotovoltaica localizada no planalto de Loess, na China, nomeadamente, quando esta se apresentava desprovida de vegetação, com o solo nu.

De forma resumida, apresenta-se o estudo desenvolvido por Wang e Gao (2023). Estes autores, fundamentados em simulações de precipitação em áreas de encosta, avaliaram os potenciais efeitos da presença de painéis fotovoltaicos nos processos de chuva-escoamento e erosão do solo.

O estudo desenvolveu-se sobre uma superfície de terreno natural, sem qualquer coberto vegetal, e fundamentou-se na colheita de informação em parcelas com 4 m^2. Entre as parcelas definidas, umas referem-se a parcelas de teste (parcelas onde um painel fotovoltaico cobre metade da sua área); as restantes, foram eleitas como de controlo (sem qualquer cobertura). De acordo com as frequências de precipitação no sul do planalto chinês de Loess desenharam-se os seguintes cenários: 1) referente a intensidades de precipitação moderadas (chuva de 30 mm/h e 50 mm/h); e 2) respeitantes às tempestades típicas (chuva de 80 mm/h e 100 mm/h). A duração da precipitação de cada cenário simulado foi de 1 hora. Por exemplo, para o período de retorno de 100 anos, a intensidade de precipitação foi de, aproximadamente, 50 mm/h.

Na análise dos resultados constatou-se que em situação de encosta o painel fotovoltaico interseta parte da chuva, concentrando o escoamento numa pequena faixa, circunstância que influencia o micro-relevo da encosta. Na experiência realizada observou-se, logo após a primeira simulação de precipitação, a formação de uma depressão ao longo da faixa para onde drena o painel.

A erosividade causada pelas gotas que caem dos painéis foi atenuada durante a maior parte do tempo de cada chuvada, por a depressão formada inicialmente se encontrar cheia de água. As gotas de água, normalmente, não afetam a superfície do solo quando caem numa poça de água com profundidade superior a 3 vezes o seu diâmetro.

No presente estudo, os diâmetros das gotas de água que caíram dos painéis fotovoltaicos foram inferiores a 10 mm, e as suas velocidades de impacto no solo foram inferiores à velocidade de impacto das gotas de chuva, uma vez que a queda foi de apenas 0,6m de altura. A depressão que se formou ao longo da faixa para onde drenavam os painéis, após simulação do primeiro evento de chuva, atingiu uma profundidade de 15 mm, tendo-se tornado responsável por absorver a maior parte da energia cinética das gotas de água que caíram em precipitações posteriores. Em conclusão, a presença dos painéis fotovoltaicos reduziu o efeito generalizado de *splash erosion* no solo, causado pela chuva, e aumentou a permeabilidade do solo que se encontrava sob os painéis, tendo contribuído para diminuir os escoamentos em encosta e consequentemente, a ocorrência de erosão.

Outros autores (Wu *et al.*, 2019) desenvolveram um modelo, onde foi ajustada a resistência das partículas do solo ao efeito de *splash erosion*, em função da inclinação da encosta e da intensidade da chuva, exprimindo-se pela seguinte função logarítmica:

$$SDr = 0.000126\ ln\ (0.36\ S^{-0,3}\ I^{\ 1,3} - 14)\ (R^2 = 0.96,\ NSE = 0.88,\ P < 0.01,\ n = 36)$$

Onde: *SDr* - Capacidade de uma partícula do solo resistir ao efeito de *splash erosion* ($kgm^{-2}\ s^{-1}$); *S* - Gradiente de declive (%); *I* - Intensidade da chuva ($mm\ h^{-1}$); e *n* - Número de amostras.

O valor de R^2=0,96 (P <0,01) revela a elevada explicação do modelo, considerando as variáveis (*S* e *I*); NSE revela a magnitude relativa da variância residual comparada com a variância dos dados observados.

Na interpretação do modelo pode-se constatar que a uma maior intensidade de chuva corresponde uma maior capacidade de libertar partículas de solo. No entanto, no que diz respeito ao declive, a relação é inversa, verificando-se que a capacidade de libertar partículas de solo diminui com o aumento de declive (expoente de *S* é negativo). Apesar do modelo ter sido desenvolvido para uma determinada situação geográfica, as relações entre as variáveis mantêm-se, circunstância que permite fazer uma leitura à escala global, podendo-se afirmar que terrenos sem proteção de vegetação e com inclinações maiores são menos afetados pela *splash erosion* que terrenos com inclinação menor, considerando a intensidade da chuva constante.

Na análise comparativa dos escoamentos superficiais, os registos efetuados nas diferentes parcelas em análise (teste e controlo), evidenciaram que a pequena depressão formada, pela presença de um painel, interceta parcialmente o escoamento em encosta, nomeadamente no início da precipitação, retardando o fluxo superficial relativamente às parcelas de controlo.

Segundo os resultados obtidos, referentes à concentração média de sedimentos na base das encostas, pôde-se constatar que as parcelas com painéis fotovoltaicos evidenciaram menos 27% a 63% de erosão do solo, que as parcelas de controlo. Por exemplo, sob uma precipitação de 80 mm/h, a área com painéis fotovoltaicos produziu apenas 38% da concentração média de sedimentos produzidos em área de controlo.

Segundo este estudo, a redução da erosão do solo na área de painéis fotovoltaicos deveu-se, quer à redução do fluxo superficial em encostas, resultante das depressões que foram formadas ao longo das faixas de descarga, quer à interceção das gotas de chuva pelos painéis fotovoltaicos. A redução do fluxo superficial em encostas repercutiu-se na redução da quantidade de sedimentos transportados.

Finalmente, Baiamonte *et al.* (2023) analisaram diretamente o impacto dos painéis no escoamento superficial, concluindo que a sua presença aumenta os caudais de descarga, relativamente a um solo descoberto, independentemente da sua disposição no território, e que podem reduzir o tempo de concentração em determinadas configurações, alertando que os solos em áreas fotovoltaicas devem encontrar-se revestidos por vegetação, para minimizar o risco de erosão.

Na Áustria, com o intuito de requalificar áreas intervencionadas, recorre-se a técnicas de engenharia natural desde os anos 50 do século passado. Atualmente, o número de profissionais aumentou, sendo

uma prática comum em vários países, como na Alemanha, Itália, França e Espanha. Em Portugal, muito embora os resultados sejam positivos, o recurso às técnicas de engenharia natural é ainda diminuto.

A principal referência bibliográfica sobre técnicas de engenharia natural é o livro do Prof. Florin Florineth "*Pfazen statt Beton. Handbuch zur Ingenieurbiologie und Vegetationstechnik* (2004)", que lecionou engenharia natural por muitos anos na Universitat fur Bodenkultur (Universidade dos Recursos Naturais e das Ciências da Vida), de Viena. O livro de Florineth encontra-se também traduzido em Italiano "Piante al posto del Cemento (2007)".

Na sequência do exposto anteriormente, a única forma de proteger o solo da erosão é a colocação de uma cobertura, artificial ou natural, que absorba a energia cinética das gotas de chuva. Quanto mais perto do solo se encontrar o elemento absorvente da energia das gotas, melhor será a proteção. Neste sentido, as plantas herbáceas, de porte rasteiro, protegem melhor o solo da erosão que as árvores. A presença de um prado tem efeitos benéficos na prevenção da erosão, podendo ser explicada pelas seguintes funções:

- **Interseção:** a folhagem e os resíduos vegetais absorvem a energia da chuva e evitam o desprendimento das partículas do solo pela ação das gotas de chuva;
- **Restrição:** os sistemas radiculares prendem e restringem fisicamente as partículas do solo, enquanto a parte aérea das plantas filtram os sedimentos do escoamento;
- **Infiltração:** as plantas e seus resíduos ajudam a manter a porosidade e a permeabilidade do solo, retardando o início do escoamento;
- **Retardo:** caules e folhagens aumentam a rugosidade da superfície e diminuem a velocidade do escoamento.

Segundo Florineth (2007), o recurso a sementeiras para promover um prado, assume-se como a técnica mais adequada para evitar a erosão, referindo como exemplo, a remoção de solo que aconteceu em Monte Corno Fana, perto de Dobbiaco, na região do Trentino-Alto-Adige, em Itália (1982 e 1983), em áreas localizadas acima do limite superior das florestas (Quadro 3.1).

Quadro 3.1 – Remoção de solo em condições distintas de cobertura e precipitação

Tipo de terreno, com proteção ou não	Eventos singulares		Terreno erodido no total
	Chuva de 60 mm com granizo 29.7-31.7.1982	Chuva de 15 mm com granizo 13.8.1982	No período vegetativo 3.6-18.10.1983 com 370 mm de chuva (sem eventos particulares)
Sulco de erosão com inclinação de 47° a 2100 m a.n.m.	5020 g/m²	350 g/m²	1284 g/m²
Superfície em erosão com inclinação de 34° a 2400 m a.n.m.	45 g/m²	79 g/m²	297 g/m²
Prado instalado com *mulch* e betume, de 2 anos	3,9 g/m²	3,5 g/m²	139 g/m²
Prado com 6 anos	2,4 g/m²	0	2,4 g/m²
Vegetação natural (associação com *Festuca varia*)	0	0	0
Vegetação natural (associação com *Festuca halleri*)	0	0	0

Fonte: Florineth, F., 2004. *Pflanzen* statt Beton: Handbuch zur Ingenieurbiologie und Vegetationstechnik. Patzer, Wien)

As plantas herbáceas não protegem só o solo do efeito *splash erosion*, mas também protegem as partículas do solo de serem arrastadas pelos escoamentos superficiais (Florineth, 2004). O mesmo autor refere, que a vegetação se mostra eficiente no controlo de erosão até ao momento em que os escoamentos revelam velocidades inferiores a 1,8 m/s, momento a partir do qual pode ser arrancada, perdendo a sua capacidade de proteção do solo.

3.1.2 Análise da erosão hídrica do solo

A erosão hídrica do solo é considerada como um dos principais mecanismos de degradação dos solos, assumindo principal relevância em regiões de clima mediterrâneo, onde as precipitações são pouco frequentes, mas muito intensas, principalmente, sobre áreas declivosas e com ocupação do solo esparsa ou por vezes artificializada.

O estudo que se apresenta foi desenvolvido com base em várias variáveis de ordem local, contempla os 3 cenários previsíveis de ocupação do solo, inerentes ao processo construtivo do projeto fotovoltaico (Situação de Referência, Fase de Construção e Fase de Exploração), e fundamentou-se na modelação, em ambiente SIG, com recurso à Equação Universal de Perda de Solo Revista (RUSLE).

3.1.2.1 Equação Universal de Perda de Solo

A Equação Universal de Pedra de Solo Revista (RUSLE) tem em consideração os seguintes fatores naturais: erosividade da precipitação (R), erodibilidade dos solos (K), topografia (LS), ocupação (C) e prática de conservação do solo (P), traduzida na expressão:

$$A = R.K.LS.C.P$$

Onde:

A - erosão específica [t.ha^{-1}.ano^{-1}];

R - fator de erosividade da precipitação [MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}];

K - fator de erodibilidade do solo [t.h.ha.MJ^{-1}.ha^{-1}.mm^{-1}];

LS - fator topográfico [-];

C - fator de técnica cultural [0 a 1];

P - fator de prática de conservação do solo [0 a 1].

Note-se, que o resultado desta equação corresponde a uma previsão média anual de perda de solo, pois é obtida a partir das séries anuais de dados utilizados na determinação dos seus fatores. Como resultado, a RUSLE pode ser utilizada na análise do risco de erosão para períodos de tempo determinados, embora não deva ser aplicada na previsão da erosão originada por eventos específicos de precipitação.

No presente estudo, efetuado de forma conservadora, considerou-se para o fator P o seu valor máximo (=1), circunstância que anula a sua influência no processo de cálculo.

3.1.2.2 Desenvolvimento metodológico

Criação do Modelo Digital do Terreno

A morfologia do terreno detém uma grande importância na delimitação das áreas com elevado risco de erosão hídrica do solo. No presente estudo foi produzido um Modelo Digital do Terreno (MDT), modelo matricial que representa digitalmente o solo, sem considerar as edificações, a vegetação e outras estruturas artificiais existentes acima do terreno. O MDT foi gerado a partir dos dados LIDAR, com uma resolução de 2 m (DGT, outubro de 2024).

Determinação das variáveis da RUSLE

<u>Erosividade da precipitação</u> (fator R)

O fator R é um índice médio que mede a energia cinética, a intensidade do impacto das gotas da chuva, e a taxa de escoamento associado. Assim, quantifica o potencial erosivo da precipitação, em particular a mais intensa (eventos pluviosos extremos, com valores iguais ou superiores a 50,8 mm) e é expresso em (MJ mm ha^{-1} h^{-1}ano^{-1}). O valor de R na área de estudo varia entre 643,65 e 842,01 (MJ

mm ha^{-1} $h^{-1}$$ano^{-1}$), tendo por base a informação disponível no ESDAC (*European Soil Data Centre*), ver Figura 3.1.

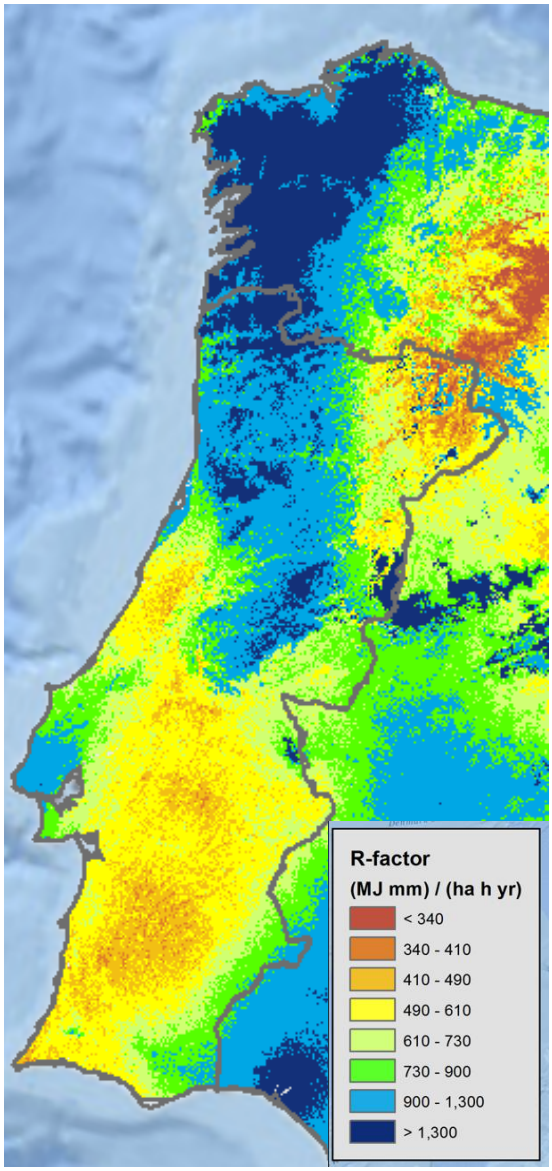


Figura 3.1 – Carta do fator da erosividade da precipitação (R), fonte ESDAC

Erodibilidade do solo (fator K)

Com o objetivo de analisar a resistência relativa dos solos ao destacamento causado pela chuva ou escoamento superficial é preciso conhecer algumas das suas características, tais como: a permeabilidade, a estrutura, a textura e o teor em matéria orgânica. No presente estudo, à semelhança do fator R, os valores do fator K fundamentaram-se na informação disponível no ESDAC, e variaram entre 0,0057 e 0,022.

Fator topográfico (LS)

A determinação do fator (LS) foi efetuada em ambiente SIG, tendo por base o MDT gerado a partir dos dados LIDAR, com uma resolução de 2 m (DGT, outubro de 2024).

O fator (LS) engloba duas componentes importantes que descrevem a influência da topografia na erosão hídrica do solo, nomeadamente, o fator "extensão das vertentes" e o fator "inclinação das vertentes". A inclinação das vertentes (declive) constitui um fator essencial, pois reflete a ação da gravidade terrestre, que se traduz na energia necessária para a desagregação e transporte das partículas do solo ao longo das encostas. Maiores inclinações propiciam maior energia cinética e, logo, maior capacidade energética do fluxo responsável pela erosão dos solos. A extensão das vertentes, por seu lado, fornece o potencial de acumulação de água e de energia ao longo das vertentes após a ocorrência de uma chuvada. Pequenas extensões das vertentes não permitem grandes acumulações de fluxos nem o incremento da capacidade de transporte desde o topo até à base da vertente, visto que o fundo de vale (ou qualquer outro patamar intermédio, em que se verifique diminuição acentuada declive) é atingido rapidamente. Pelo contrário, vertentes mais extensas, desde que permitam a manutenção do fluxo laminar, e mantendo as restantes condições estáveis, levam a um aumento progressivo, de montante para jusante, da altura (volume) da lâmina de água e da velocidade de escoamento, proporcionando maior capacidade para desagregação e transporte das partículas do solo.

No presente trabalho, o fator L foi calculado com o algoritmo de Desmet e Govers (1996), que utiliza o conceito de área de contribuição unitária (Eq. 4, 5, 6), e o fator S foi calculado pela equação de Renard *et al.* (1997) (Eq. 7, Eq. 8). A aplicação destes algoritmos ao cálculo do fator LS permite identificar topografias complexas e pode ser aplicada numa modelação à escala da paisagem (Panagos *et al.*, 2015).

$$L_{i,j} = \frac{(A_{i,j}+D^2)^{m+1} - A_{i,j}{}^{m+1}}{D^{m+2} \times x_{i,j}{}^{m} \times 22.13^{m}} = \frac{P1-P2}{P3} \quad \text{(Eq. 4)}$$

$$m = \frac{\beta}{\beta+1} \text{ (Eq. 5)}$$

$$\beta = \frac{\frac{\sin\theta}{0.0896}}{0.56+3\times(\sin\theta)^{0.8}} \text{ (Eq. 6)}$$

$$S = 10.8 \times sin\,\theta + 0.03, \quad if\ slope\ gradient\ < 9\ \% \text{ (Eq. 7)}$$

$$S = 16.8 \times sin\,\theta - 0.5, \quad if\ slope\ gradient\ \geq 9\ \% \text{ (Eq. 8)}$$

Where,

$A_{i,j}$= Contributing area of grid cell i, j
D = grid cell size (meters)
m = ratio β of rill to interill erosion
θ = slope angle in degrees
$x_{i,j}$= aspect direction for the grid cell with coordinates i, j
P1= numerator: $\left(A_{i,j} + D^2\right)^{m+1}$
P2= numerator: $A_{i,j}{}^{m+1}$
P3= denominator: $D^{m+2} \times x_{i,j}{}^{m} \times 22.13^{m}$

Fonte: (Pena, S.B et al., 2020)

O cálculo do fator LS foi realizado através do *software* ArcGIS, de acordo com o esquema representado na Figura 3.2, no entanto, teve por base o Modelo Digital de Terreno com resolução de 2 metros.

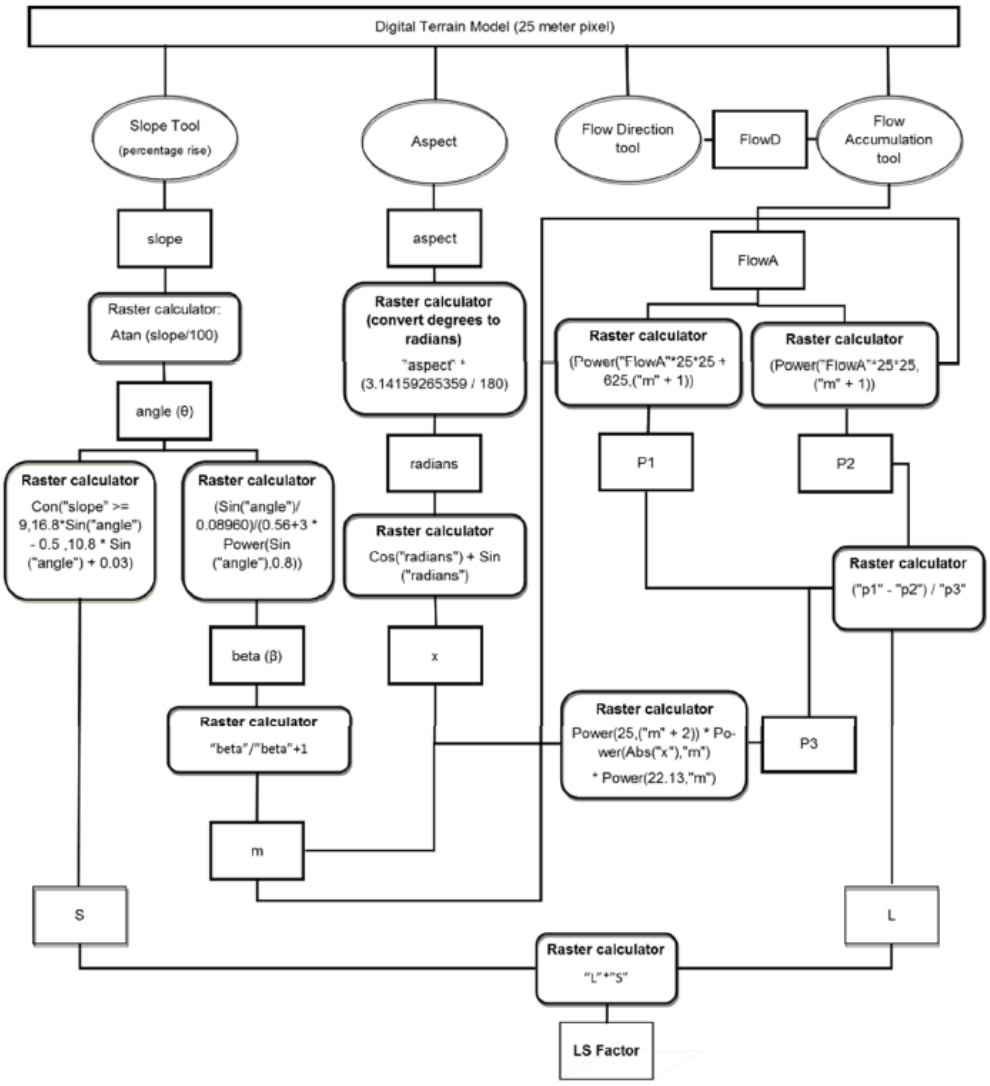


Figura 3.2 – Esquema do procedimento de cálculo de LS com recurso ao *software* ArcGIS (Pena, S.B *et al.*, 2020).

(Os pontos P1, P2 e P3 correspondem às parcelas da equação 4 e na presente análise foi tido por base um Modelo Digital do Terreno com uma resolução de 2 metros).

O fator LS traduz a dinâmica erosiva através do comprimento da vertente e da inclinação do relevo, tornando-se num fator fundamental para a compreensão do processo do escoamento hídrico superficial (Pinheiro, L. S., Cunha, C. M. L., 2011). Valores elevados do fator LS indicam áreas com maior capacidade de transporte de sedimentos, ou seja, mais vulneráveis a processos erosivos (Quadro 3.2).

Quadro 3.2 – Escala de risco de erosão segundo o Fator LS (Pinheiro, L. S., Cunha, C. M. L., 2011)

LS	CONTEXTO DA EROSÃO HÍDRICA	RISCO	EROSÃO HÍDRICA	
20 - 35	MUITO POUCAS CONDIÇÕES DINÂMICAS PARA A EXISTÊNCIA E SUSTENTAÇÃO DE SOLOS: MUITO FAVORÁVEL À EROSÃO CASO EXISTAM SOLOS	RISCO DE EROSÃO MUITO FORTE	MOVIMENTOS DE GRAVIDADE DOMINANTES	EROSÃO LINEAR DOMINANTE
8 - 20		RISCO DE EROSÃO FORTE	ESCOAMENTO CONCENTRADO E MOVIMENTOS DE MASSA DOMINANTES	
6 - 8		RISCO DE EROSÃO MODERADO A FORTE	ESCOAMENTO CONCENTRADO, ABARRANCAMENTOS, MOVIMENTOS DE CALHAUS E MOVIMENTOS DE MASSA EM TERRENOS AGRÍCOLAS	
2 - 6	CONDIÇÕES DIFÍCEIS PARA A SUSTENTAÇÃO DE SOLOS: FAVORÁVEL É EROSÃO	RISCO DE EROSÃO MODERADO	ESCORRÊNCIA CONCENTRADA E ABARRANCAMENTO DOMINANTE	
1,8 - 2	EROSÃO VARIÁVEL EM SOLOS AGRÍCOLAS, POUCO FAVORÁVEL NOS RESTANTES	RISCO DE EROSÃO BAIXO: EROSÃO VARIÁVEL EM SOLOS AGRÍCOLAS, POUCO FAVORÁVEL NOS RESTANTES	ESCORRÊNCIA CONCENTRADA COM RAVINAMENTO ACENTUADO E PRINCÍPIO DE ABARRANCAMENTO	EROSÃO LAMINAR DOMINANTE
1,2 – 1,8	EQUILÍBRIO COM TENDÊNCIA PARA EROSÃO		ESCORRÊNCIA CONCENTRADA COM RAVINAMENTO ACENTUADO	
0,8 – 1,2	EQUILÍBRIO		ESCORRÊNCIA CONCENTRADA COM RAVINAMENTO MODERADO A ACENTUADO	
0,4 – 0,8	EQUILÍBRIO COM TENDÊNCIA PARA DEPOSIÇÃO		ESCORRÊNCIA DIFUSA A CONCENTRADA COM RAVINAMENTO MODERADO	
0,2 – 0,4	MUITO POUCO FAVORÁVEL A EROSÃO	RISCO DE EROSÃO MÍNIMO	ESCORRÊNCIA DIFUSA COM RAVINAMENTO SUAVE	
0,15 – 0,2			ESCORRÊNCIA DIFUSA EM TOALHA	
< 0,15	ACUMULAÇÃO, DEPOSIÇÃO OU DESLOCAÇÃO TÊNUE OU NULA DE PARTÍCULAS DE SOLO		SEM ESCORRÊNCIA, OU ESCORRÊNCIA DIFUSA EM TOALHA MUITO FRACA	

Na Figura 3.3 expressam-se os resultados do cálculo do fator topográfico (LS) para a área em estudo, classificados segundo a escala de risco de erosão (Pinheiro, L. S., Cunha, C. M. L., 2011).

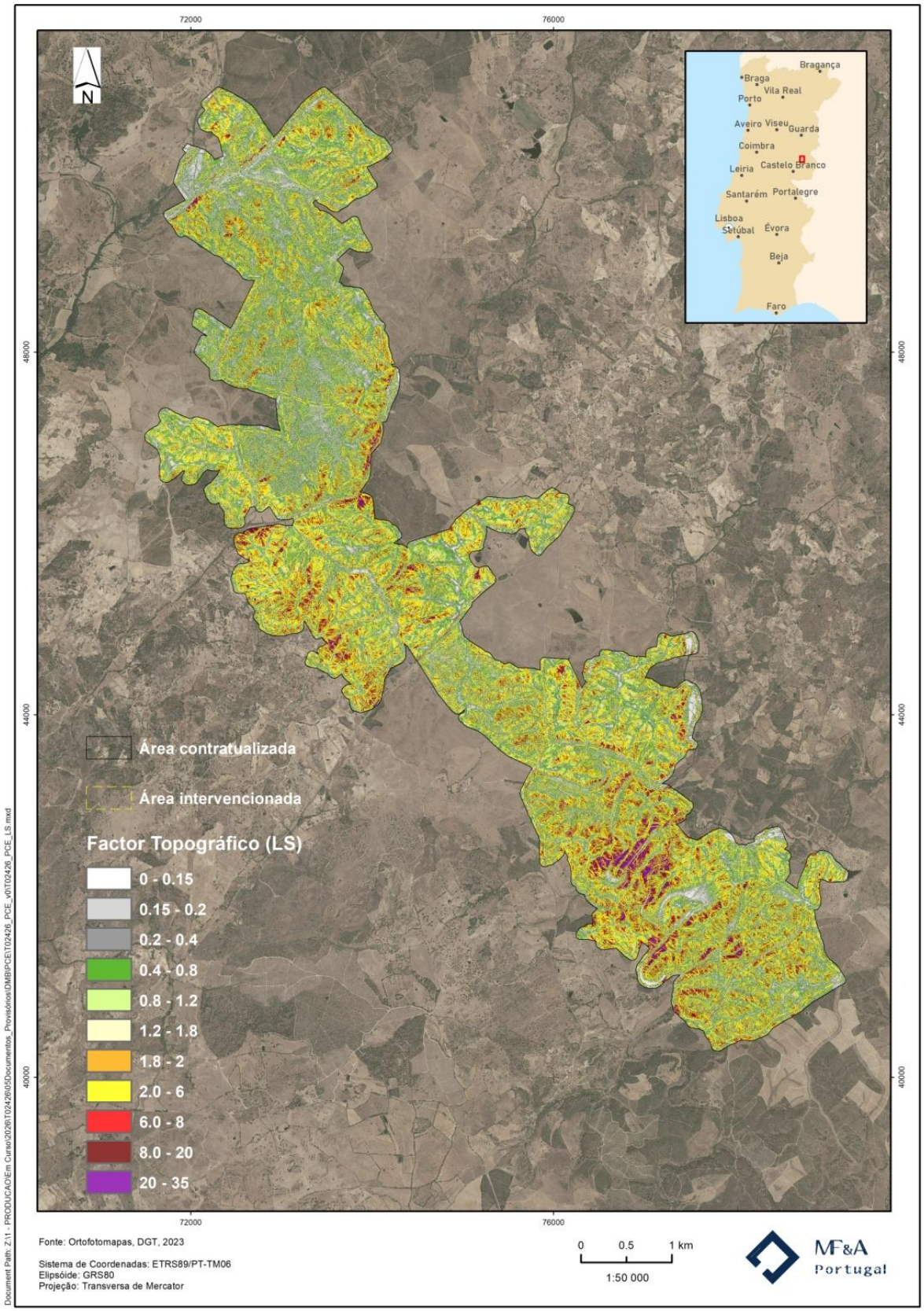


Figura 3.3 – Resultados do cálculo do fator topográfico (LS) para a área em estudo, classificados segundo a escala de risco de erosão (Pinheiro, L. S., Cunha, C. M. L., 2011)

O **fator da técnica cultural** (C), representa o efeito das culturas e práticas culturais na taxa de erosão. Este fator foi consultado em Panagos *et al.*, 2015, onde se encontram definidos os valores a atribuir a cada tipo de ocupação do solo (Quadro 3.3).

Quadro 3.3 – Fator C segundo a unidade de ocupação do solo (Panagos *et al.*, 2015)

Unidade de Ocupação do Solo	Fator C	Unidade de Ocupação do Solo	Fator C
Massa de água	0,00	Culturas arvenses	0,14
Prado e Subestepes	0,04	Vias de comunicação, Parque de baterias, Subestação e urbano	0,00
Matos	0,02	Solo nu, em Fase de construção (com movimentação de terras)	1,00
Afloramento rochoso	0,00	Coberto herbáceo (área fotovoltaica, Fase de exploração)	0,04
Vegetação ribeirinha (Freixial e Salgueiral)	0,001	Olival	0,001
Povoamento de azinheiras	0,001	Núcleo de azinheiras	0,001
Povoamento de carvalho-negral	0,001	Povoamento de eucaliptos	0,001
Povoamento de pinheiro-bravo	0,001	Sebes arbóreas/arbustivas	0,02

Erosão hídrica do solo

Na classificação dos processos erosivos causados pelo escoamento em encosta propõe-se a escala desenvolvida por Zachar, 1982 (Quadro 3.4). No entanto, esta avaliação merece o devido cuidado (meramente indicadora), pois refere-se ao valor médio obtido para uma determinada área.

Quadro 3.4 – Sistema de classificação e avaliação de processos erosivos (Zachar, 1982)

Classe	Taxa de erosão (ton $ha^{-1}ano^{-1}$)
Não significativa	< 0,6
Baixa	0,6 - 1,4

Classe	Taxa de erosão (ton $ha^{-1}ano^{-1}$)
Moderada	1,4 - 6
Alta	6 - 18
Muito Alta	18 - 60
Severa	> 60

3.2 RESULTADOS

Como referido na descrição metodológica, foram realizadas várias análises, tendo-se determinado diferentes cenários de suscetibilidade à erosão, de acordo com a previsão do revestimento vegetal em cada fase de desenvolvimento do projeto fotovoltaico (Situação de Referência, Fase de Construção e Fase de Exploração).

Recorrendo ao *software* ArcGIS obteve-se, pela multiplicação dos fatores R, K, LS e C, um mapa com a representação das áreas com diferentes riscos de erosão hídrica, segundo os cenários de ocupação do solo previstos (Referência, Construção e Exploração). Na análise efetuada, os pixéis foram agregados através da limpeza de limites (*boundary clean*) e foram assumidos os valores de cada célula vizinha (*majority filter*, 8 vizinhos). O produto final foi reclassificado em 6 classes (Zachar, 1982), tendo em conta a quebra natural dos valores de erosão, e é expresso em (ton $ha^{-1}ano^{-1}$).

A análise efetuada permitiu determinar, em termos qualitativos, a suscetibilidade da área intervencionada à erosão hídrica do solo (Figura 3.4 a Figura 3.6 e Quadro 3.5).

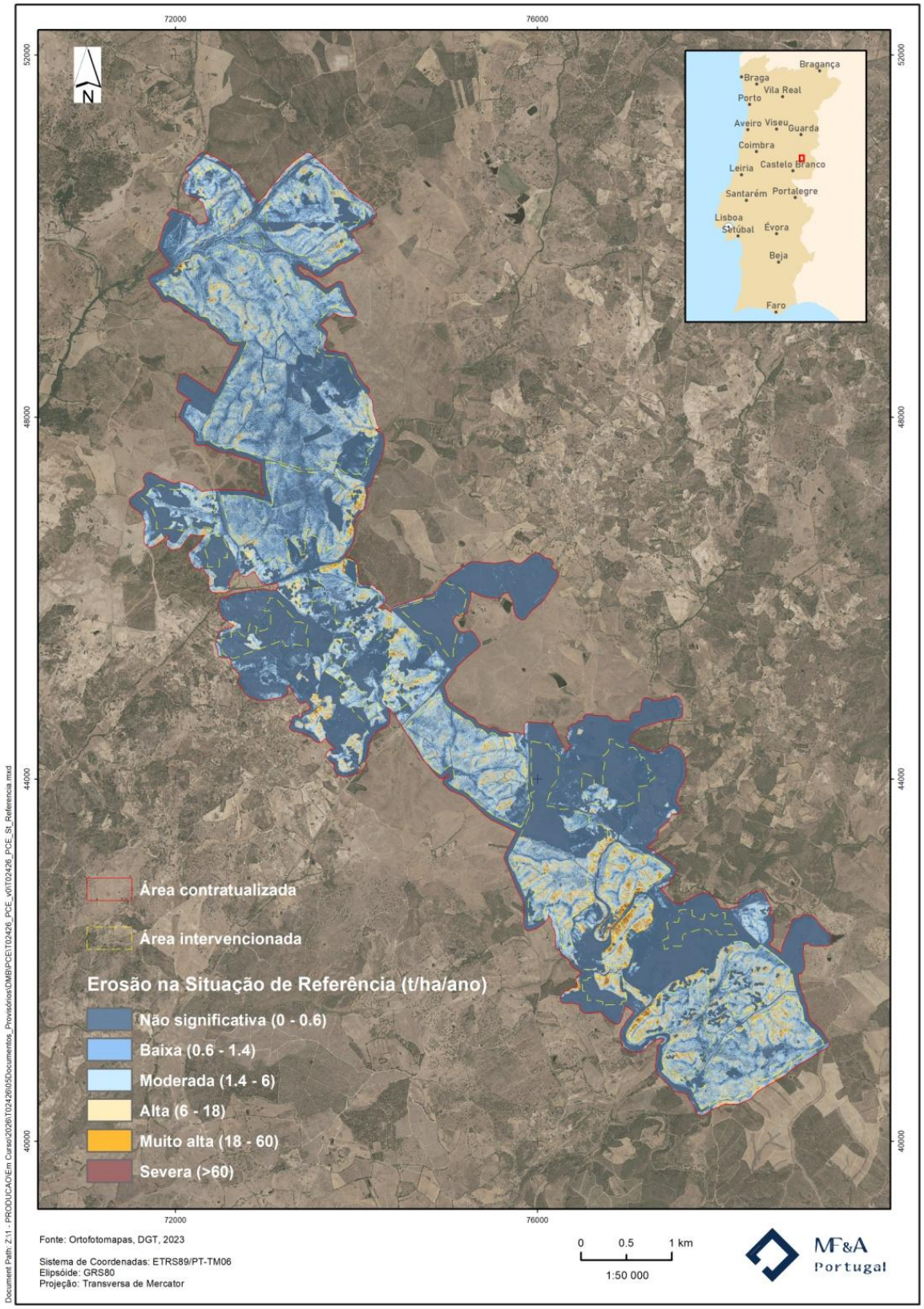


Figura 3.4 – Risco de erosão hídrica do solo em Situação de Referência (considerando a ocupação do solo atual)

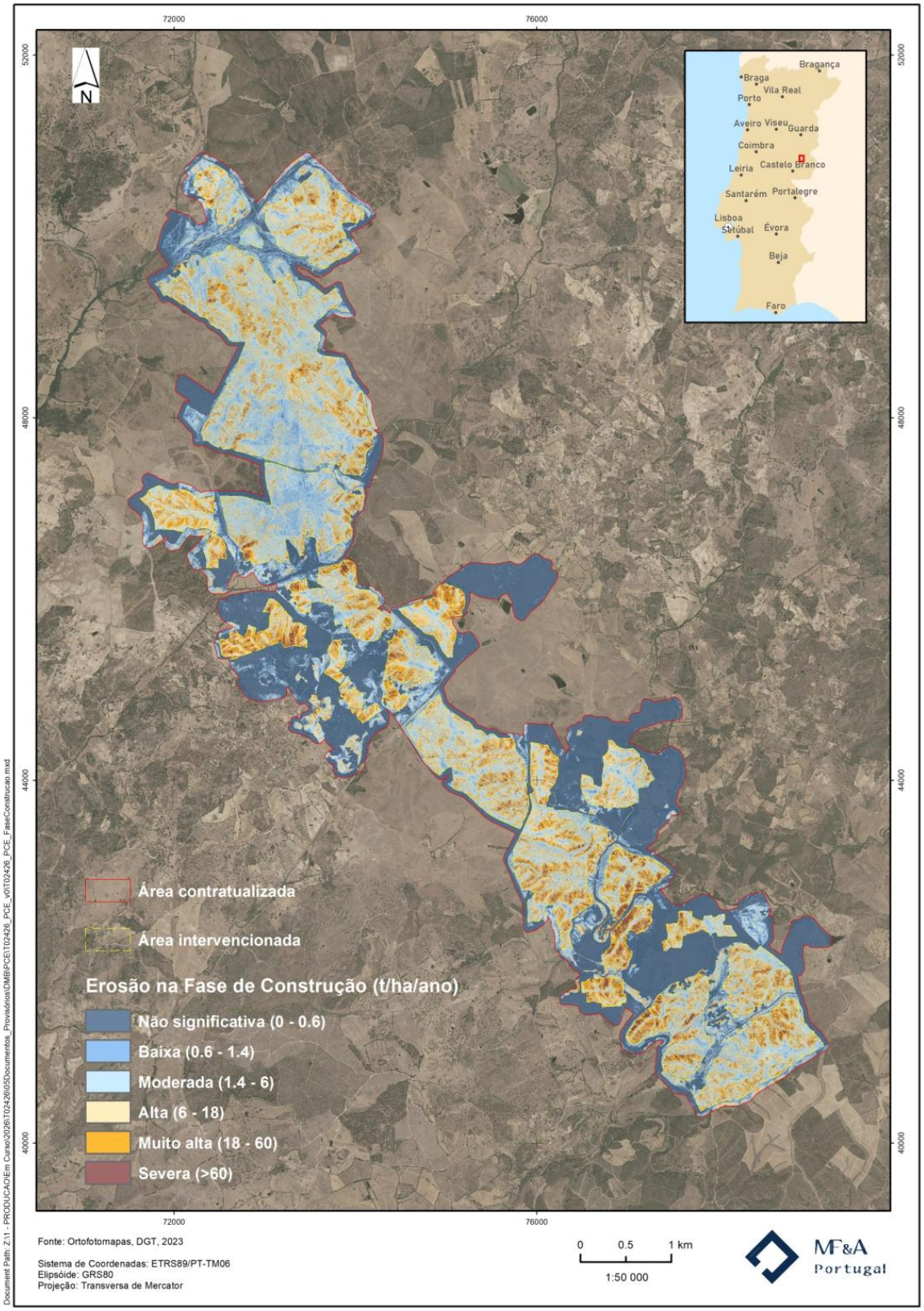


Figura 3.5 – Risco de erosão hídrica do solo em Fase de Construção
(considerando a área a intervencionar com solo nu)

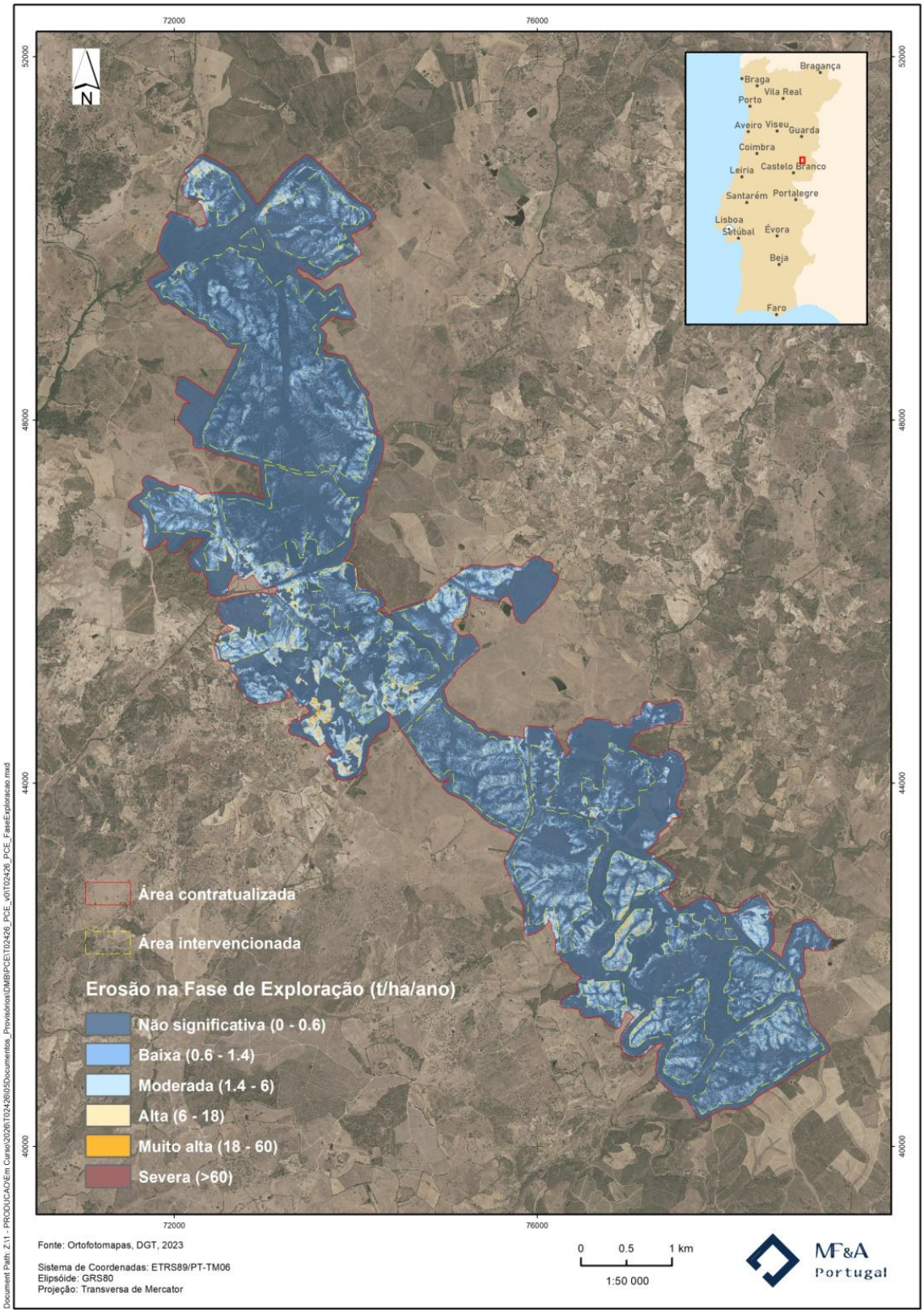


Figura 3.6 – Risco de erosão hídrica do solo em Fase de Exploração
(considerando a ocupação do solo prevista no PEVIP)

Quadro 3.5 – Perda de solo, em termos médios, nos cenários analisados para a Central Solar Fotovoltaica de Sophia

Perda de solo	Situação de referência	Fase de construção	Fase de exploração
ton/ha/ano	2,91	11,68	0,76

Como resultado das análises efetuadas, expressas pelas Figuras 3.4 a 3.6, e de acordo com o Quadro 3.5, pode-se concluir:

De uma forma genérica, verifica-se que os resultados são influenciados pelo fator topográfico (LS), mas salienta-se o papel desempenhado pelo fator C (técnica cultural/ocupação do solo). Esta constatação é particularmente evidente no cenário criado para a fase de construção, onde a presença de solo nu, na totalidade da área a intervencionar, se encontra correlacionada com os maiores valores de perda de solo. No seguimento do exposto, e de acordo com as análises efetuadas, podemos dizer:

- Em **Situação de referência**, as áreas que serão alvo de intervenção manifestam sobretudo Baixa/moderada suscetibilidade à erosão. No entanto, na área estudada, nomeadamente nas encostas associadas aos cursos de água, a suscetibilidade à erosão aumenta, atingindo níveis de Alta a Muito Alta suscetibilidade. No seu todo, de acordo com a análise efetuada, estimou-se uma perda média de 2,91 toneladas de solo, por hectare e por ano, valor que se enquadra, segundo Zachar, 1982, na classe de Moderada suscetibilidade à erosão (1,4 – 6 t/ha/ano);

- Em **Fase de construção**, tendo-se considerado o solo nu em todas as áreas que serão alvo de intervenção, a análise evidenciou as classes de Alta a Muito Alta suscetibilidade à erosão, excetuando nas áreas mais planas, onde a suscetibilidade à erosão é predominantemente Moderada/Baixa. Segundo os cálculos efetuados, se não forem implementadas medidas corretivas no decorrer desta fase, prevê-se que em termos médios haja uma perda de 11,68 toneladas de solo, por hectare e por ano, valor que se enquadra, segundo Zachar, 1982, na classe de Alta suscetibilidade à erosão (6 - 18 t/ha/ano);

- Em **Fase de exploração**, onde foi tido em conta um total revestimento de vegetação na área intervencionada, através de uma comunidade herbácea, assim como a requalificação/conversão das comunidades arbustivas e arbóreas que existem na envolvência, os resultados da análise efetuada revelam sobretudo Baixa suscetibilidade à erosão, excetuando, de forma pontual, áreas com suscetibilidades de nível Alto a Muito Alto. Para esta fase, a análise determinou, em termos médios, uma perda de 0,76 toneladas de solo, por hectare e por ano, valor que se enquadra, segundo Zachar, 1982, na classe de

Baixa suscetibilidade à erosão (0,6 – 1,4 t/ha/ano). Ressalva-se que os resultados obtidos são inferiores aos que foram determinados para a Situação de referência e que não exprimem algumas das medidas corretivas que serão implementadas, nomeadamente as referentes ao Projeto de drenagem.

Segundo os resultados obtidos, através da modelação com recurso à Equação Universal de Perda de Solo Revista (RUSLE), a implementação do PEVIP, nomeadamente: 1) constituição de uma cobertura herbácea em toda a área fotovoltaica; 2) constituição de novos povoamentos de azinheiras e de olivais; assim como 3) preservação/requalificação da vegetação fora da área de intervenção, revela-se como uma medida eficaz para mitigar os fenómenos de erosão, criando um cenário em Fase de exploração mais favorável que o existente em Situação de referência, passando a manifestar, segundo Zachar, 1982, uma Baixa suscetibilidade à erosão (0,6 – 1,4 t/ha/ano).

3.3 PLANO DE ATUAÇÃO

Para alcançar os objetivos pretendidos, redução dos fatores de erosão e de transporte de partículas de solo soltas, exige-se que seja feito um adequado planeamento de intervenção. Neste planeamento, por forma a minimizar a ocorrência de erosão, assume particular importância a preservação de todo o coberto vegetal que se encontra nas imediações das áreas envolvidas na construção do projeto fotovoltaico, assim como a implementação de medidas de controlo de erosão, adequadas aos resultados obtidos no presente estudo.

Fundamentados nas diferentes análises efetuadas, referentes ao escoamento superficial em encosta, determinou-se como fundamental:

- **No decorrer da Fase de construção:**

  De acordo com os resultados obtidos nas análises efetuadas, especificamente dentro das áreas vedadas, concluiu-se que existem, em momento de construção, situações com Alta a Muito Alta suscetibilidade à erosão, fundamentalmente associadas às zonas onde se identificou maiores valores do fator topográfico (LS).

  Pretendendo acautelar a ocorrência de erosão, tal como já referido anteriormente, não se deve destruir o coberto vegetal para além das áreas de intervenção, e quando tal for necessário, deve cingir-se à remoção da sua parte aérea, preservando o seu sistema radicular. A destruição total da vegetação só deverá ocorrer de forma pontual, nas áreas onde a obra exige a execução de movimentação de terras. No decorrer da obra, para evitar a ocorrência de erosão, deve-se ter em consideração:

- **Perante eventos de precipitação considerados normais**

Nestes momentos considera-se suficiente, no controlo de erosão, a implementação de medidas de prevenção apoiadas no planeamento dos trabalhos a desenvolver, nomeadamente:

i. As intervenções de construção nas áreas identificadas como mais suscetíveis a fenómenos de erosão devem decorrer preferencialmente no período de estio. Esta medida permite implementar as medidas de controlo de erosão antes dos eventos de precipitação (período húmido), atenuando o efeito erosivo dos escoamentos superficiais;

ii. Realizar a obra de forma faseada para minimizar a área de solo exposto aos agentes erosivos, onde se removeu a parte aérea das plantas ou, principalmente, onde houve a necessidade de efetuar a sua total destruição (áreas com mobilização do solo). Nesta fase dos trabalhos, dada a ausência de vegetação nas áreas intervencionadas, deve-se ponderar a necessidade de se proceder ao seu total revestimento, com palha, fundamentalmente nas áreas onde houve movimentações de terras;

iii. Quando se intervém em áreas consideradas mais suscetíveis à erosão, torna-se fundamental que a passagem para a construção de um novo setor fotovoltaico seja precedida dos acabamentos no setor onde se esteve a intervir (implementação de medidas de controlo de erosão);

iv. Em momento de chuva, implementar um sistema de desvio das águas pluviais para as linhas de escorrência de água mais próximas. A rede de drenagem a constituir não deve apresentar declives superiores a 2%;

v. Sempre que se verifique a necessidade de implementar uma medida preventiva, de carácter extraordinário (e.g. paliçadas ou muretes de pedra solta, ao longo das curvas de nível), devem-se utilizar materiais locais, como pedras e troncos da vegetação que foi cortada, para reforçar qualquer área vulnerável, ou em alternativa, recorrer à colocação de barreiras com recurso a esteiras ou biorolos (Fotografia 3.1; Fotografia 3.2).



Fotografia 3.1– Barreira com esteira



Fotografia 3.2 – Barreira com biorolo

Estas estruturas devem ser implantadas perpendicularmente ao sentido do escoamento em encosta, segundo as curvas de nível. Em termos de dimensão, as esteiras devem apresentar uma altura entre 0,25 a 0,40 metros, e no que diz respeito aos biorolos, devem ter um diâmetro de 0,40 m. A fixação destas estruturas deve ser efetuada por estacas, encontrando-se a sua duração dependente de diferentes parâmetros, nomeadamente: 1) pluviosidade após a instalação (intensidade da chuva); 2) densidade de instalação; 3) topografia; e 4) taxa de erosão do solo.

- **Para eventos de precipitação considerados extraordinários:**

  Perante um evento de precipitação de carácter extraordinário, as áreas mais vulneráveis são as encostas mais declivosas e extensas. Nesta situação, o empreiteiro deverá, para além de implementar as medidas referidas anteriormente, proceder:

  i. Aplicar uma cobertura temporária, como palha (*mulching*) ou esteira de palha, nas áreas de solo exposto. Com esta ação protege-se o solo do impacto direto da chuva e reduzem-se a as velocidades de escoamento superficial, principais vetores de erosão;

  ii. Estabelecer estruturas de proteção temporária ao redor das áreas intervencionadas. Entre estas estruturas ressalvam-se: cercas de sedimentos, barreiras de contenção e valas. Com esta ação, protegem-se as áreas intervencionadas dos escoamentos em encosta, vindos de montante, evitando-se a dispersão de sedimentos.

- Deve também ser dada a atenção aos acessos de obra/caminhos sem revestimento, que devido à compactação induzida pela passagem repetida de maquinaria, poderão sofrer erosão durante um evento de precipitação de intensidade significativa. A minimização deste impacte pode ser alcançada com a criação: 1) Sistema de drenagem longitudinal (valetas); 2) Pequenos sulcos no pavimento, reduzindo a área de drenagem, para desviar os caudais para as valetas; e 3) passagens hidráulicas galgáveis em áreas de depressão, responsáveis por encaminhar os caudais acumulados no atravessamento dos acessos.

- Realizar monitorizações, nomeadamente ao longo dos períodos húmidos (outubro a maio). As amostragens devem decorrer ao longo de toda a área intervencionada e ser efetuadas de forma sistemática, de 15 em 15 dias. Caso se identifiquem indícios de erosão, devem-se indicar, no mais curto espaço de tempo, os locais e as medidas preventivas a adotar, segundo o referido anteriormente.

- **No decorrer da Fase de exploração:**

No seguimento do exposto anteriormente, nomeadamente, de acordo com os resultados obtidos nos estudos efetuados, assume-se como fundamental, para prevenir a ocorrência de

erosão ao longo da fase de exploração deste projeto fotovoltaico, a adoção das seguintes medidas:

- Implementar um Projeto de Integração Paisagística (PIP), desenvolvido segundo a proposta de Plano de Estrutura Verde e Integração Paisagística (PEVIP) apresentada em art.º16, peça que integrou todas as diretrizes que derivaram das análises efetuadas no âmbito do Plano de Controlo de Erosão (Desenho 1 – Anexo 1).

- Preservação da vegetação existente na área remanescente do projeto fotovoltaico. Nesta ação deve-se contemplar a preservação/requalificação da vegetação ribeirinha associada às diferentes linhas de escorrência de água;

- A execução de sementeiras, de misturas herbáceas biodiversas com palha, nas áreas fotovoltaicas menos suscetíveis à erosão e que não evidenciem regeneração natural, pretendendo que a área fotovoltaica fique totalmente revestida por um prado;

- A execução de sementeiras, de misturas herbáceas biodiversas com palha, revestidas por esteira de palha, nas áreas com maior fator topográfico (LS), que foram alvo de mobilização do solo. Esta ação pretende reforçar a eficiência do controlo de erosão desempenhado pelo prado;

- Proceder à instalação, de forma pontual (e.g. de 50 em 50 metros), a adaptar às circunstâncias locais (e.g. ao declive do leito da linha de escorrência de água), de travessões vivos ao longo dos segmentos das linhas de escorrência de água que venham a evidenciar sensibilidade para a erosão (informação proveniente do programa de monitorização). Esta técnica de engenharia natural permite instalar vegetação de porte arbustivo, produzindo, de forma sistemática, uma redução das velocidades de escoamento. Estas plantas, de espécies autóctones próprias da região, podem ser instaladas com recurso a plantação e/ou através de estacaria viva, adequando-se às condições ambientais locais;

- Realizar monitorizações até ao momento em que se evidencie que não existem fenómenos de erosão. Neste período, tal como anteriormente, as amostragens devem decorrer ao longo de toda a área que foi intervencionada, e devem processar-se três vezes por ano, no decorrer do período húmido (1.ª novembro; 2.ª janeiro; e 3.ª abril), acrescidas de amostragens extraordinárias, sempre que

ocorram fenómenos de precipitação fora do normal. Caso se identifiquem indícios de erosão, devem-se indicar, no mais curto espaço de tempo, os locais e as medidas preventivas a adotar, segundo o referido anteriormente.

3.4 MODO DE EXECUÇÃO

De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, o controlo de erosão nos diferentes setores fotovoltaicos será promovido com o recurso a técnicas de engenharia natural, a implementar no âmbito do PIP, contemplando ainda, a valorização da vegetação existente na área remanescente à área fotovoltaica. Como medidas essenciais a implementar no âmbito do controlo de erosão referem-se: 1) a promoção do revestimento vegetal na área fotovoltaica que não evidencie regeneração natural suficiente (execução de sementeiras, de mistura herbácea, cobertas com palha); 2) a execução de sementeiras cobertas com palha, complementadas pela colocação de esteiras de palha, nas áreas identificadas como mais suscetíveis à erosão (e.g. maior LS, com movimentação de terras); e 3) a preservação/requalificação da vegetação ribeirinha associada à rede de drenagem natural, envolvendo a instalação de vegetação higrófita na área de talude. Muito embora se entenda que estas medidas devem ser implementadas no âmbito do PIP, apresenta-se, nos seguintes pontos, uma súmula das técnicas a aplicar.

3.4.1 Área fotovoltaica

Sementeira de uma cobertura herbácea:

As técnicas apresentadas são uma variante da descrita por Schiechtl 1973, onde a sementeira era protegida por *mulch*.

Nas áreas identificadas como a semear, áreas onde não ocorreu regeneração natural, ou onde se evidenciou maior suscetibilidade à erosão, deverá proceder-se a uma sementeira, de forma manual ou através de um espalhador acoplado a trator.

Se estivermos perante uma área pouco suscetível à erosão, posteriormente à ação de sementeira, deve-se nutrir o solo com fertilizante granular, e cobrir a área semeada com palha solta de fibra larga.

Quando na presença de áreas com fator topográfico elevado, nomeadamente, quando estas áreas foram alvo de movimentação de terras, a sementeira com palha deve ser complementada, colocando esteiras de fibra de palha sobre toda a superfície, ficando esta fixa ao terreno através de arame e grampos.

A cobertura das sementeiras com palha, para além de proteger as sementes, abriga o solo, enquanto as sementes não germinam, do efeito erosivo causado pela chuva. Esta técnica só se torna eficaz se a palha ou a esteira ficarem bem aderentes à superfície do solo, tornando-se num obstáculo ao movimento da água que escoa em encosta, e promovendo a sua infiltração no solo.

A cobertura efetuada pelos elementos referidos anteriormente desempenha ainda funções no incentivo à germinação das sementes, retendo a humidade no solo e diminuindo as oscilações de temperatura entre a noite e o dia, funcionando como uma estufa. Estes elementos, nomeadamente a palha, contribuem também para aumentar a camada orgânica do solo, favorecendo o estabelecimento de pedofauna que ativa o processo de formação do húmus. No caso de dificuldades no aprovisionamento da palha pode-se tomar em consideração o uso alternativo de outras fibras, como a juta ou o cânhamo, sabendo-se, no entanto, que a palha é a fibra mais eficiente para os fins que se pretendem.

A implementação destas técnicas de sementeira deve ocorrer preferencialmente entre outubro e fevereiro. No entanto, de acordo com experiências realizadas, estas podem ser aplicadas até ao início do verão, manifestando um êxito muito satisfatório (Bifulco, 2015).

Na implementação destas técnicas deve-se recorrer aos seguintes materiais, ou equivalentes:

- Sementes de herbáceas 30g/m^2 (leguminosas 20g/m^2, gramíneas e outas herbáceas não leguminosas 10g/m^2);
- Fertilizantes (“NPK 10-10-10” ou similar) 100g/m^2;
- Palha solta de caule comprido 700 g/m^2. Solução para áreas onde não houve movimentação de terras e que apresentem reduzido LS;
- Esteira de palha pré-confecionada e grampos de ferro (2 unidades/m^2), par a sua fixação. Os grampos devem apresentar um diâmetro de ø 8 mm, um comprimento total de 30cm, e devem encontrar-se dobrados em "L". Esta solução encontra-se particularmente indicada para as áreas com LS elevado, nomeadamente onde houve movimentação de terras, áreas onde a análise determinou maior suscetibilidade à erosão.

De acordo com as condições existentes na área da Central Fotovoltaica, a aplicação destas técnicas deve ocorrer em dois momentos: 1) No processo preparatório do terreno, depois dos trabalhos de desmatação e corte de árvores, e antes de instalar as estruturas para colocação dos painéis fotovoltaicos, as áreas que não evidenciem regeneração natural devem ser alvo de espalhamento de palha, usando aproximadamente um terço da quantidade de palha sugerida (250 g/m^2). Desta forma, os trabalhos que irão decorrer promoverão a sua incorporação no solo, e a presença da palha

atenuará o efeito erosivo causado pelo impacto da chuva; e 2) utilização da restante quantidade de palha, dois terços (450 g/m^2), complementada com a instalação da esteira de palha (em áreas mais sensíveis à erosão), após concluída a instalação dos paneis e as ligações elétricas, e imediatamente depois de se ter efetuado a 1ª sementeira.

As sementes a utilizar devem respeitar os elencos próprios da região e devem encontrar-se disponíveis no mercado. Paralelamente, podem ainda usar-se as sementes provenientes da biomassa que foi destroçada após as ações de desmatação. Tal como já mencionado, a sementeira deve ser efetuada na área fotovoltaica, em todas as áreas que manifestem uma parca regeneração natural, ou onde se identificou maior suscetibilidade à erosão.

3.4.2 Rede Hidrográfica

Nos segmentos ribeirinhos onde se venha a identificar vulnerabilidade à erosão das margens, informação proveniente do programa de monitorização, considera-se necessário instalar vegetação de porte arbustivo na base dos taludes. Esta vegetação pode ser instalada através de plantação (adequada para áreas com algum deficit hídrico), ou recorrendo à técnica de estacaria viva (a adotar em zonas mais húmidas). O estabelecimento desta vegetação protegerá a base dos taludes do efeito de erosão (Florineth, 2004).

Na ação de plantação deve-se contemplar o uso de quatro plantas por metro linear, sendo aconselhável que exista uma alternância entre as espécies a utilizar. Quando na presença de terrenos que se revelam húmidos ao longo do ano, pode-se recorrer à técnica de estacaria viva, usando vinte estacas por metro linear. A viabilidade das estacas deve ser acompanhada pelo programa de monitorização, devendo as estacas, que não foram viáveis, ser substituídas por plantas com raízes.

Para implementar esta técnica aconselha-se o uso dos seguintes materiais:

- Jovens plantas, a fornecer em alvéolo florestal. Aconselha-se o estabelecimento de 4 plantas/m;
- Estacas vivas. Aconselha-se a colocação de 20 estacas/m;
- Fertilizante (“NPK 10-10-10” ou similar) 50g/cova de plantação;
- Água 10 l/planta, sempre que necessário.

A escolha das espécies a utilizar deve ter em conta as suas especificidades ecológicas, devendo recorrer-se sempre a espécies autóctones próprias para a região. Nos segmentos das linhas de

escorrência de água que evidenciem um maior teor de humidade, segmentos de jusante, pode-se recorrer às espécies *Salix atrocinerea* e *Sambucus nigra*, enquanto nos segmentos de montante, de carácter mais efémero, deverá recorrer-se às espécies *Salix salviifolia* e *Erica arborea*.

Para promover a regularização de caudais, caso se justifique, pode-se recorrer à instalação de travessões vivos na área de leito das linhas de escorrência de água (Figura 3.7).

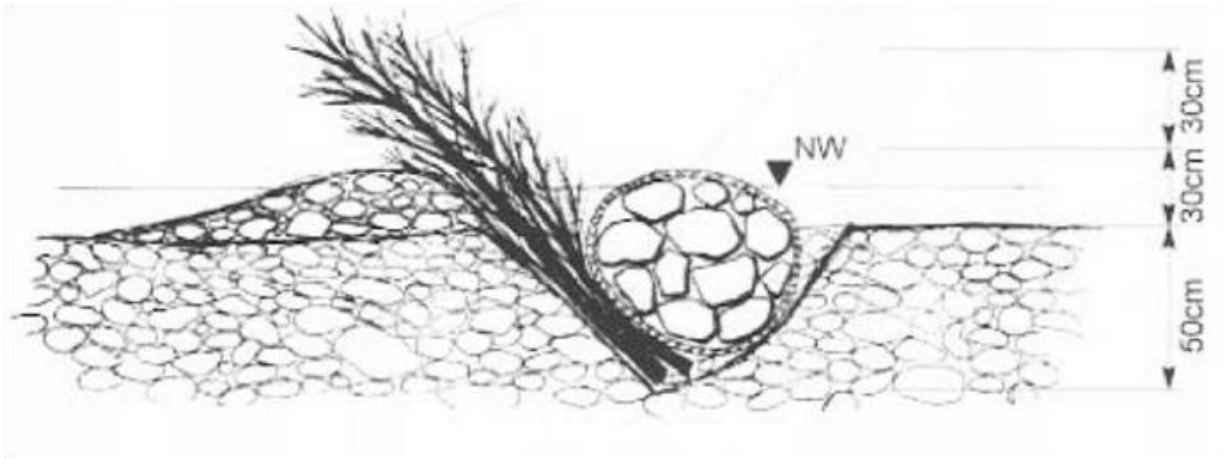


Figura 3.7 – Travessões vivos

A implantação de travessões vivos deve ser limitada aos segmentos das linhas de escorrência de água que evidenciaram suscetibilidade à erosão (informação proveniente do programa de monitorização), e a sua disposição deve ter como referência os 50 metros entre si, sendo que a determinação final para a sua localização se deve adequar às condições existentes nos seus leitos. Trata-se de criar obstáculos transversais ao sentido do fluxo de água, neste caso um gabião cilíndrico preenchido com pedras, que deverão ser fixados ao leito das linhas de água através de estacas de ferro com 15 mm de diâmetro. No lado de jusante do gabião devem ser instalados rizomas, da espécie *Scirpoides holoschoenus*, cinco por metro linear. Ainda a jusante do gabião, devem-se colocar seixos para apoiar o gabião. A instalação destas estruturas induzirá o abrandamento da velocidade de escoamento, promovendo o depósito de sedimentos finos.

O presente Plano de Controlo de Erosão, por se fundamentar essencialmente na constituição de unidades de vegetação, assumiu-se como indicador para a elaboração do Plano de Estrutura Verde e integração Paisagística (PEVIP), onde se encontram traduzidas as medidas a implementar (Desenho 1 - Anexo 1).

4 PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO

4.1 IDENTIFICAÇÃO E OBJETIVOS DA MONITORIZAÇÃO

O presente Programa de monitorização tem como finalidade avaliar os processos erosivos que se poderão fazer sentir na área da Central Solar Fotovoltaica, assim como determinar a eficiência das medidas corretivas que derivaram do Plano de Controlo de Erosão. Este programa deve decorrer ao longo de toda a Fase de construção, e na Fase de exploração da Central Solar Fotovoltaica, até ao momento em que se evidencie que não existem fenómenos de erosão.

4.2 METODOLOGIA

A suscetibilidade à erosão na área da Central Solar Fotovoltaica de Sophia será avaliada, quer pela monitorização de estruturas que deverão ser construídas perpendicularmente aos escoamentos superficiais (tipo paliçada), quer pela identificação de indícios de erosão, detetados por um rastreio que deverá abarcar a totalidade da área intervencionada.

4.2.1 Monitorização em estruturas constituídas

4.2.1.1 Locais de amostragem predefinidos

No universo da área de estudo elegeram-se 60 locais de amostragem, distribuídos pelas áreas que evidenciaram maior potencial de erosão e cobrindo todas as bacias de drenagem (Desenho 1 – Anexo 2). Em cada local deve ser construída uma pequena estrutura (paliçada), com 3 metros de comprimento, perpendicularmente ao sentido de escoamento. Por sua vez, em cada estrutura deve ser colocada uma estaca graduada em centímetros. A fixação da estaca graduada deve ser efetuada a montante da estrutura, ficando o zero ao nível do solo original.

4.2.1.2 Parâmetros a monitorizar

Nos diferentes locais definidos a monitorizar devem-se registar os seguintes parâmetros:

- Estado das paliçadas (e.g. estáveis ou presença de deslocação dos elementos colocados);
- Representatividade da cobertura vegetal: percentagem de cobertura dos diferentes estratos da vegetação existente (herbáceo e arbustivo);
- Aspeto macroscópico do solo à superfície: representatividade das granulometrias dominantes (argila, silte, areia fina, areia grossa, gravilha, cascalho, pedra, blocos e rocha);

- Matéria orgânica na camada superficial do solo: presença/ausência de matéria orgânica particulada grosseira (CPOM, > 1 mm) na camada superficial do solo;
- Indícios de erosão: presença/ausência de indícios de erosão (e.g. sulcos, regos, deslizamentos e acumulação de sedimento);
- Identificação de acumulação de sedimento a montante da paliçada (leitura na escala fixada); e
- Registo fotográfico.

4.2.1.3 Periodicidade de amostragem

A amostragem deve decorrer ao longo da fase de exploração da Central Solar Fotovoltaica, três vezes por ano, no decorrer do período húmido (1ª novembro; 2ª janeiro; e 3ª abril), até ao momento que se evidencie que não existem fenómenos de erosão. Paralelamente, deverá ponderar-se a execução de amostragens extraordinárias, sempre que ocorra um fenómeno de precipitação fora do normal.

4.2.1.4 Técnicas e métodos de recolha de dados

Em cada local definido a amostrar, onde se construiu uma paliçada e se estabeleceu uma estaca graduada, a amostragem deve consistir, quer na leitura, na escala de referência fixada, da altura de sedimento acumulado, quer na caraterização da área envolvente, nomeadamente ao nível da cobertura vegetal do solo e do aspeto macroscópico do solo. Paralelamente, deve-se ainda proceder ao registo fotográfico do local e avaliar-se o estado de conservação das estruturas constituídas para a presente monitorização.

4.2.1.5 Técnicas e métodos de análise de dados

Os dados recolhidos devem ser alvo de uma análise descritiva, e quando possível, deve ser realizada uma análise comparativa, confrontando-os com os dados recolhidos nas campanhas de monitorização efetuadas anteriormente.

4.2.2 Monitorização por rastreio

Esta tarefa refere-se a vistorias que deverão decorrer na totalidade da área do projeto fotovoltaico, ao longo da Fase de construção e nos primeiros anos de exploração, assumindo-se como imprescindíveis no decorrer da Fase de construção.

Em Fase de exploração, tratando-se de uma central fotovoltaica de dimensões consideráveis, as visitas de campo devem ser precedidas de uma análise de imagens de satélite, em ambiente SIG, recorrendo à aplicação de índices como o NDVI ou SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*). Esta abordagem permitirá identificar as áreas que se encontram menos revestidas por vegetação, prioritárias a monitorizar, e assume-se relevante no acompanhamento, ao longo do tempo, do desenvolvimento da cobertura vegetal. Para a obtenção de melhores resultados, salienta-se que as imagens de satélite devem apresentar uma elevada resolução e que devem referir-se ao período de maior desenvolvimento vegetal.

Pretende-se com esta ação detetar a ocorrência de fenómenos erosivos de carácter aleatório, quer sobre áreas com moderada suscetibilidade à erosão, quer onde a análise efetuada no âmbito do Plano de controlo de erosão determinou reduzida suscetibilidade à erosão.

4.2.2.1 Locais de amostragem

Deve-se percorrer a totalidade da área do projeto fotovoltaico, em viatura e apeado, por forma a detetar claros focos de erosão (e.g. sulcos, regos, ravinamentos ou depósitos).

Nesta prospeção deve ser dada particular atenção às áreas onde a análise efetuada no âmbito do PCE identificou maior suscetibilidade à erosão, assim como às áreas que se mostraram menos revestidas por vegetação, de acordo com os índices NDVI ou SAVI.

4.2.2.2 Parâmetros a monitorizar

Tal como já referido anteriormente, caso se identifiquem fenómenos erosivos, deve-se proceder à sua georreferenciação, caraterização, e fazer uma descrição do ambiente envolvente, registando o grau de cobertura da vegetação, caraterísticas do solo e registo fotográfico.

No seguimento do referido anteriormente, deve-se proceder ao registo dos seguintes parâmetros:

- Georreferenciação do local onde se manifesta erosão;
- Caraterização do fenómeno erosivo (e.g. sulcos, regos, deslizamentos e acumulação de sedimento);
- Dimensionamento do fenómeno erosivo (e.g. comprimento, largura, profundidade);
- Representatividade da cobertura vegetal: percentagem de cobertura dos diferentes estratos da vegetação existente (herbáceo e arbustivo);

- Aspeto macroscópico do solo à superfície: representatividade das granulometrias dominantes (argila, silte, areia fina, areia grossa, gravilha, cascalho, pedra, blocos e rocha);
- Matéria orgânica na camada superficial do solo: presença/ausência de matéria orgânica particulada grosseira (CPOM, > 1 mm) na camada superficial do solo;
- Registo fotográfico: fotografia da parcela de amostragem e, quando adequado, das situações que indiciavam erosão.

4.2.2.3 Periodicidade de amostragem

A amostragem deve decorrer, quer ao longo da Fase de construção, quer durante a Fase de exploração da Central Solar Fotovoltaica, até ao momento em que se evidencie que não existem fenómenos de erosão.

Durante a Fase de construção, a amostragem deve decorrer ao longo do período húmido (outubro a maio), de forma sistemática, de 15 em 15 dias.

Durante a Fase de exploração, a amostragem deve decorrer em simultâneo com a monitorização das estruturas constituídas, três vezes por ano (1.ª novembro; 2.ª janeiro; e 3.ª abril), ou quando se verificar um pico de precipitação, considerado extraordinário.

4.2.2.4 Técnicas e métodos de recolha de dados

Nos locais onde eventualmente se venha a identificar ocorrência de erosão, a amostragem deve consistir, quer na caraterização do fenómeno erosivo, quer na caraterização da área envolvente, nomeadamente ao nível da cobertura vegetal do solo e do aspeto macroscópico do solo. Paralelamente, deve-se ainda proceder ao registo fotográfico do local.

4.2.2.5 Técnicas e métodos de análise de dados

Os dados recolhidos devem ser alvo de uma análise descritiva, e quando possível, deve ser realizada uma análise comparativa, confrontando-os com os dados recolhidos nas campanhas de monitorização efetuadas anteriormente.

4.3 MEDIDAS A ADOTAR FACE AOS RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos em cada visita determinarão a necessidade, ou não, de implementar ações corretivas. Caso se justifique, estas medidas devem ser implementadas antes do período das chuvas (outubro a abril), para que os escoamentos se processem de forma adequada, sem promover erosão,

preservando a qualidade do solo e dos ecossistemas existentes a jusante, assim como a biodiversidade, premissas ambientais consideradas no Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação (PANCD) - Resolução do Conselho de Ministros n.º 78/2014, de 24 de dezembro.

4.4 RELATÓRIO

Anualmente deve ser produzido um relatório, obedecendo à estrutura indicada na Portaria n.º 395/2015, de 4 de novembro, ponderando-se, em casos excecionais (e.g. precipitação extraordinária), a execução de notas técnicas. O relatório anual deve ser entregue no espaço de 2 meses após a realização da última amostragem, enquanto as notas técnicas, devido ao seu carácter excecional, devem ser entregues no espaço de 15 dias após a realização da amostragem. Nas peças escritas a desenvolver (relatório ou nota técnica), deve constar uma descrição, discriminando-se as eventuais ocorrências de erosão, assim como o estado/desempenho das diferentes medidas de controlo de erosão implementadas. A descrição de cada ocorrência de erosão deve contemplar um levantamento exaustivo das suas caraterísticas e deve fazer-se acompanhar de registo fotográfico.

Em caso de evidência de erosão, deve ser identificada a sua origem (e.g. áreas desprovidas de cobertura vegetal na bacia de drenagem), e sugeridas medidas complementares para a correção da erosão.

As medidas sugeridas para promover o controlo de erosão devem ser implementadas antes do período húmido, até ao mês de outubro do respetivo ano, sendo exceção as que derivarem de notas técnicas, que devem ser implementadas de imediato.

São Domingos de Rana, 29 de setembro de 2026

Margarida Fonseca

Nuno Ferreira Matos

BIBLIOGRAFIA

Andrade Perez, A., Cazzolla Gatti, R., Herrera Fernandez, B. 2010 Building resilience to climate change: ecosystem-based adaptation and lessons from the field, IUCN, Gland.

APA, 2013. Recomendação Técnica - Metodologia para delimitação das "áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo", Comissão Nacional da Reserva Ecológica Nacional.

Armenise, E., Simmons, R.W., Ahn, S., Garbout, A., Doerr, S.H., Mooney, S.J., Sturrock, C.J., Ritz, K., 2018. Soil seal development under simulated rainfall: Structural, physical and hydrological dynamics. Journal of Hydrology. 556, 211–219.

Assouline, S., 2004. Rainfall-induced soil surface sealing: a critical review of observations, conceptual models, and solutions. Vadose Zone Journal. 3, 570–591.

Baiamonte, G. Gristina, L. Palermo, S. (2023). Impact of solar panels on runoff generation process. Hydrological Processes, Vol 37, Issue 12, 17 de dezembro de 2023.

Bauduceau, N., Berry, P., Cecchi, C., Elmqvist, T., Fernandez, M., Hartig, T., Krull, W., Mayerhofer, E., N, S., Noring, L., Raskin-Delisle, K., Roozen, E., Sutherland, W., & Tack, J. 2015 Towards an EU Research and Innovation Policy Agenda for Nature-based Solutions & Re-naturing Cities: Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on 'Nature-based Solutions and Re-naturing Cities', Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2777/765301

Bifulco, C., Pereira, A., Ferreira, V., Mota, A., Martins, L., Rego, F. 2015 "Renewing dangerous highway slopes in Portugal" Ingenieurbiologie/ Génie biologique/ Ingegneria Naturalistica 3: 43-50.

Bischetti, G.B., Di Fi Dio, M., Florineth,F. 2014. "*On the origin of Soil Bioengineering*" Landscape Research, 39/5 September 2014, pp. 583-595.

Castroviejo, et al., 1986. Flora Iberica. Consulta efetuada em 28-4-2026. http://www.floraiberica.es/PHP/generos_lista.php

Chow, V., D. Maidment., e L. Mays., 1988. "Applied Hydrology-International Edition." McGraw-Hill.

Coutinho, L. M. et al. 1988. Cálculo do fator LS da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) para a bacia do Rio da Prata, Castelo-ES. Agroambiente

Cook, L.M., McCuen, R.H., 2013. Hydrologic Response of Solar Farms. Journal of Hydrology Engineering. 18(5), 536–541.

Darvishan, A.K., Sadeghi, S.H., Homaee, M., Arabkhedri, M., 2014. Measuring sheet erosion using synthetic color-contrast aggregates. Hydrological Processes 28 (15), 4463–4471.

Desmet, P. & Govers, G. (1996) A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. JournalofSoiland.

Elamri, Y., Cheviron, B., Mange, A., Dejean, C., Liron, F., Belaud, G., 2018. Rain concentration and sheltering effect of solar panels on cultivated plots. Hydrology and Earth System Sciences 22 (2), 1285–1298.

Florineth, F., 2004. Dispensa di ingegneria naturalistic. BOKU Universität.

Florineth, F., 2004. Pflanzen statt Beton: Handbuch zur Ingenieurbiologie und Vegetationstechnik. Patzer, Wien.

Florineth, F., 2004. Piante al posto del cemento, manuale di ingegneria naturalistica e verde tecnico. Edição italiana 2007. Il verde editoriale, Milano.

Goldman, S. J., Jackson, K., Bursztynsky, T. A. 1986 Erosion and Sedimentation Control Handbook, McGraw- Hill, New York.

Hudson, N., 1995. Soil Conservation. London: BT Batsford Ltd.

Jahanfar, A., Drake, J., Sleep, B., Margolis, L., 2019. Evaluating the Shading Effect of Photovoltaic Panels on Green Roof Discharge Reduction and Plant Growth. Journal of Hydrology. 568, 919–928.

Meneses, B., 2011. Erosão Hídrica de Solos, Caso de Estudo do Concelho de Tarouca. Dissertação de mestrado em Gestão do Território. FCSH – Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa. 137p. Disponível em https://run.unl.pt/handle/10362/7087.

Mccool , D. K.; Brown, L. C.; Foster, G. R. Revised slop steepness factor of the Universal Soil Loss Equation. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers.

Mitasova, H., Hofierka, J., Zlocha, M., Iverson, R. (1996) Modelling Topographic Potential for Erosion and deposition using GIS. International Journal of Geographical InformationS ystems.

Morgan, R.P.C (1986). Soil erosion e conservation. Editora Longman Scientificac e Technical, Inglaterra, 1ªed, 1986.

Morgan, R.P.C. (2005). Soil Erosion and conservation. Malden, Blackwell Publishing On Line, 2005. 304p. http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf.

Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., (2015) A New European Slope Length and Steepness Factor (LS-Factor) for Modelling Soil Erosion by Water.

Pereira A.R. (2001). *Controle e recuperação de processos erosivos com técnicas de bioengenharia*. Anais do VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. 2001, pp 1-11.

Pimenta, M.T., 1998. Caraterização da erodibilidade dos solos a Sul do rio Tejo, Instituto da Água (INAG), Lisboa.

Pimenta, M. T., 1999. Diretrizes para a aplicação da Equação Universal de Perda dos Solos em SIG. Fator de Cultura C e Fator de Erodibilidade do Solo K, in http://snirh.pt

Pisinaras, V., Wei, Y., Barring, L., Gemitzi, A., 2014. Conceptualizing and assessing the effects of installation and operation of photovoltaic power plants on major hydrologic budget constituents. Science of the Total Environment 493, 239–250.

Kreudner, A. 1951 Ingenieurbiologie München/Basel, Verlag

Reis E & Pena S. 2020. *Guias de apoio à delimitação da Reserva Ecológica Nacional*, Junho 2020. Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo, Cálculo do Fator Topográfico (LS). Direção-Geral do Território - Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

Renard K., Foster G., Weesies A., Porter, J. (1991) RUSLE Revised universal soil loss equation. Journal of Soil and Water Conservation. SoilandWaterConservation Society.

Renard, K., Foster, G., Weesies, G.., McCool, D., Yoder, D. (1997) Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). USDAAgricultureHandbook703, Agricultural Research Service, Washington, DC, USA.

Schiechtl H. 1973. Bioingegneria forestale, basi, materiali da costruzione vivi, metodi (1985) Feltre, Edizioni Castaldi.

Selma Beatriz Pena, Maria Manuela Abreu, Manuela Raposo Magalhães, Nuno Cortez, 2020. Water erosion aspects of land degradation neutrality to landscape planning tools at national scale. Geoderma 363 (2020) 114093. www.elsevier.com/locate/geoderma

Sociedade Portuguesa de Botânica 2023. Flora-On: Flora de Portugal Interativa. Consulta efetuada em 28-4-2026 www.flora-on.pt.

Soil Conservation Service (1973) — «A method for estimating volume and rate of runoff in small watersheds», U. S. Department of Agriculture.

Souza Pinheiro, L., & Lupinacci da Cunha, C. M. (2011). A importância da geração do fator topográfico (LS) da EUPS para modelagem erosiva de bacia hidrográfica. Revista Geográfica de América Central., Vol. 2(47E).

Towards an EU Research and Innovation Policy Agenda for Nature-based Solutions & Re-naturing Cities: Final Report of the Horizon 2020 Expert Group on 'Nature-based Solutions and Re-naturing Cities', Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2777/765301

UTAD 2007. Flora digital de Portugal. Consulta em 28-4-2026 https://www.jb.utad.pt/flora

Wang, F., Gao, J., 2023. How a photovoltaic panel impacts rainfall-runoff and soil erosion processes on slopes at the plot scale. Journal of Hydrology. Volume 620, 129522.

Wischmeier, W. & Smith D. (1978) Predicting rainfall erosion losses. Agriculture Handbook537, U. S. Dept. Agr., Washington, DC.

Wua B., Wang, Z., Zhang, Q., Shen, N., Liud, J., 2019. Evaluating and modelling splash detachment capacity based on laboratory experiments. Catena. 176, 189–196.

Zachar, D., 1982. Soil erosion (Developments in Soil Science 10). Elsevier Scientific Publishing Company.

ANEXOS

Anexo 1
Plano Geral do Projeto de Integração Paisagística

71000 73000 75000 77000 79000

51000 49000 47000 45000 43000 41000 39000

N

Fonte: Ortofomapa 2023, DGT

Sistema de Coordenadas: ETRS89/PT-TM06
Elipsóide: GRS80
Projeção: Transversa de Mercator

Plano de Estrutura Verde e Integração Paisagística

Unidades a preservar

- Afloramentos rochosos
- Culturas arvenses
- Culturas arvenses com Azinheiras/Sobreiros
- Matos
- Matos com Afloramentos rochosos
- Matos com Azinheiras/Sobreiros
- Matos com Azinheiras/Sobreiros e Afloramentos rochosos
- Núcleo de Azinheiras/Sobreiros
- Núcleo de Azinheiras/Sobreiros com Afloramentos rochosos
- Olival
- Olival com Azinheiras/Sobreiros
- Povoamento de Azinheiras/Sobreiros
- Povoamento de Azinheiras/Sobreiros com Afloramentos rochosos
- Povoamento de Carvalho-negral com Azinheiras/Sobreiros
- Povoamento de Eucaliptos
- Povoamento de Eucaliptos com Azinheiras/Sobreiros
- Povoamento de Pinheiro-bravo
- Povoamento de Pinheiro-bravo com Azinheiras/Sobreiros
- Prados ou pastagens
- Prados ou pastagens com Azinheiras/Sobreiros
- Prados ou pastagens com Azinheiras/Sobreiros e Afloramentos rochosos
- Subestepes de gramíneas altas
- Vegetação ribeirinha (Freixial)
- Vegetação ribeirinha (Freixial) com afloramentos rochosos
- Vegetação ribeirinha (Salgueiral)
- Árvores notáveis (Azinheira)
- Carvalho-negral (PAP ≥ 0,4 m)

Unidades a converter

- Culturas arvenses a converter em Povoamento de Azinheiras/Sobreiros
- Culturas arvenses a converter em olival (transplante)
- Matos com Azinheiras/Sobreiros a converter em Pov. de Azinheiras
- Matos a converter em Pov. de Azinheiras
- Povoamento de Eucaliptos com Azinheiras/Sobreiros a converter em Pov. de Azinheiras
- Povoamento de Eucaliptos a converter em Pov. de Azinheiras
- Prados ou pastagens a converter em Pov. de Azinheiras
- Prados ou pastagens com Azinheiras/Sobreiros a converter em Pov. de Azinheiras

Unidades a gerir e constituir

- Sebe arbórea (Tipo 1)
- Sebe arbustiva (Tipo 2)
- Coberto herbáceo sob gestão
- Olival a adensar por transplante

Áreas artificializadas

- Acessos a construir/beneficiar
- Reservatório
- Ruína
- Urbano
- Vias de comunicação

Elementos do projeto

- Parque de baterias
- Subestação
- Postos de transformação
- Mesas fotovoltaicas
- Acessos novos a construir
- Acessos a beneficiar
- Área vedada
- Área potencialmente contratualizada

Projeto de Drenagem

Passagem hidráulica

- Passagem galgável
- Passagem galgável ou em tubo

Valas

Vala triangular com 0,30 m de profundidade

- Vala não revestida
- Vala revestida com enrocamento não argamassado

Vala triangular com 0,50 m de profundidade

- Vala revestida com enrocamento não argamassado

0 0.5 1 km



Central Solar Fotovoltaica de Sophia e as Linhas de Muito Alta Tensão associadas (Artigo 16)

Plano de Estrutura Verde e Integração Paisagística

MF&A Portugal

DATA:	DESENHOU:	PROJECTOU:	VERIFICOU:	ESCALA:	DESENHO Nº:
02/10/2026	DMB	ACA	AIS	1:20 000	1
FOLHA: 1/1 A1					

Z:\1 - PRODUCAO\Em Curso\2026\T02426\03Subcontratados\ECOFIELD\SIG\APRX\T02426.aprx - A1 (594mm x 821mm)

Anexo 2
Programa de Monitorização da Erosão (Locais de amostragem)

71000
73000
75000
77000
79000
51000
49000
47000
45000
43000
41000
39000
N

Fonte: Ortofomapa 2023, DGT

Sistema de Coordenadas: ETRS89/PT-TM06
Elipsóide: GRS80
Projeção: Transversa de Mercator

Locais de Monitorização

- Locais de amostragem - Erosão

Projeto de Drenagem

Passagem hidráulica

- Passagem galgável
- Passagem galgável ou em tubo

Valas

Vala triangular com 0,30 m de profundidade

- Vala não revestida
- Vala revestida com enrocamento não argamassado

Vala triangular com 0,50 m de profundidade

- Vala revestida com enrocamento não argamassado

Plano de Estrutura Verde e Integração Paisagística

Unidades a preservar

- Afloramentos rochosos
- Culturas arvenses
- Culturas arvenses com Azinheiras/Sobreiros
- Matos
- Matos com Afloramentos rochosos
- Matos com Azinheiras/Sobreiros
- Matos com Azinheiras/Sobreiros e Afloramentos rochosos
- Núcleo de Azinheiras/Sobreiros
- Núcleo de Azinheiras/Sobreiros com Afloramentos rochosos
- Olival
- Olival com Azinheiras/Sobreiros
- Povoamento de Azinheiras/Sobreiros
- Povoamento de Azinheiras/Sobreiros com Afloramentos rochosos
- Povoamento de Carvalho-negral com Azinheiras/Sobreiros
- Povoamento de Eucaliptos
- Povoamento de Eucaliptos com Azinheiras/Sobreiros
- Povoamento de Pinheiro-bravo
- Povoamento de Pinheiro-bravo com Azinheiras/Sobreiros
- Prados ou pastagens
- Prados ou pastagens com Azinheiras/Sobreiros
- Prados ou pastagens com Azinheiras/Sobreiros e Afloramentos rochosos
- Subestepes de gramíneas altas
- Vegetação ribeirinha (Freixial)
- Vegetação ribeirinha (Freixial) com afloramentos rochosos
- Vegetação ribeirinha (Salgueiral)
- Árvores notáveis (Azinheira)
- Carvalho-negral (PAP ≥ 0,4 m)

Unidades a converter

- Culturas arvenses a converter em Povoamento de Azinheiras/Sobreiros
- Culturas arvenses a converter em olival (transplante)
- Matos com Azinheiras/Sobreiros a converter em Pov. de Azinheiras
- Matos a converter em Pov. de Azinheiras
- Povoamento de Eucaliptos com Azinheiras/Sobreiros a converter em Pov. de Azinheiras
- Povoamento de Eucaliptos a converter em Pov. de Azinheiras
- Prados ou pastagens a converter em Pov. de Azinheiras
- Prados ou pastagens com Azinheiras/Sobreiros a converter em Pov. de Azinheiras

Unidades a gerir e constituir

- Sebe arbórea/arbustiva
- Coberto herbáceo sob gestão
- Olival a adensar por transplante

Áreas artificializadas

- Acessos a construir/beneficiar
- Reservatório
- Ruína
- Urbano
- Vias de comunicação

Elementos do projeto

- Parque de baterias
- Subestação
- Postos de transformação
- Mesas fotovoltaicas
- Acessos novos a construir
- Acessos a beneficiar
- Área vedada
- Área potencialmente contratualizada

0 0.5 1 km



Central Solar Fotovoltaica de Sophia e as Linhas de Muito Alta Tensão associadas (Artigo 16)

Programa de Monitorização de Erosão (PCE)

MF&A Portugal

DATA:	DESENHOU:	PROJECTOU:	VERIFICOU:	ESCALA:	DESENHO Nº:
02/10/2026	DMB	ACA	AIS	1:20 000	1

FOLHA: 1/1 A1

Z:\1 - PRODUCAO\Em Curso\2026\T02426\03Subcontratados\ECOFIELD\SIG\APRXT\02426.aprx - A1 (594mm x 821mm)