

## Recomendação Técnica

### Delimitação das Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo

A Resolução do Conselho de Ministros (RCM) nº 81/2012, de 3 de outubro, retificada pela Declaração de retificação nº 71/2012, de 30 de novembro, aprova as Orientações Estratégicas de âmbito Nacional e Regional (OENR) para a delimitação da Reserva Ecológica Nacional (REN) a nível municipal previstas nos artigos 5.º, 7.º e 8.º do Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de agosto, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 239/2012, de 3 de outubro (RJREN).

A aplicação das metodologias de delimitação constantes das OENR tem, nalguns casos, suscitado algumas dúvidas e gerado dificuldades. No caso das Áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo (AEREHS) essas dificuldades ocorrem sobretudo ao nível dos parâmetros considerados na equação para o cálculo da perda de solo, bem como dos limiares associados à classificação qualitativa do risco de Perda de Solo.

Considerando as funções que lhe estão cometidas pelo número 3 do artigo 184.º do Decreto-Lei n.º 80/2015, de 14 de maio, a CNT elaborou a seguinte recomendação técnica que visa apoiar a interpretação das OENR na delimitação desta tipologia REN.

As AEREHS são as que, devido às suas características de solo e de declive, estão sujeitas à perda excessiva de solo por ação do escoamento superficial, pelo que a avaliação da suscetibilidade à erosão hídrica do solo deverá ser feita com base nas variáveis físicas (erosão potencial), como a intensidade da precipitação, erodibilidade dos solos, comprimento e declive das vertentes.

A delimitação das áreas de Elevado Risco de Erosão Hídrica do Solo apoia-se na **identificação da erosão potencial do solo**, através da aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (EUPS), adaptada a Portugal continental e à unidade de gestão bacia hidrográfica, e resulta do cálculo da **perda de solo específico** (Pse) de acordo com a seguinte expressão:

$$(Pse) = SDR \times A$$

Em que:

**SDR** – é a Razão de Cedência dos Sedimentos (adimensional),

**A** – é a Erosão Específica do Solo ( $t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ ).

Para a identificação da erosão potencial do solo recomenda-se a utilização de Modelos Digitais do Terreno (MDT) com pixéis de 5 m ou 10 m de lado.

### **Cálculo da erosão específica do solo (A)**

A estimativa da **erosão específica do Solo (A)** é calculada pela aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (EUPS), de acordo com a seguinte expressão:

$$A=2,24 R K L S C P$$

Em que:

**A** - é dado em ( $t ha^{-1} ano^{-1}$ );

**2,24** - é uma constante que visa a conversão das unidades anglo-saxónicas para o Sistema Internacional (SI), do fator de erosividade da precipitação (R);

**R** - é o fator de erosividade da precipitação cujos valores constam do cartograma Erosividade da Precipitação (449 postos 50.8 mm). Os dados geográficos em formato vetorial estão disponíveis no Sistema Nacional de Informação do Ambiente (SNIAmb) através do seguinte endereço <http://sniamb.apambiente.pt/Home/Default.htm>, selecionando os seguintes temas no sítio eletrónico do SNIAmb: Atlas > Atlas da Água > Elementos Meteorológicos > Factor de erosividade da precipitação – R (449 postos 50.8 mm). Este fator é atualmente dado em unidades anglo-saxónicas ( $ton americanas pé acre^{-1}$ ). Se as unidades utilizadas forem no Sistema Internacional ( $MJ mm ha^{-1} h^{-1} ano^{-1}$ ), a constante de conversão 2,24 não é necessária, devendo ser considerada a mesma precipitação de 50,8 mm.

**K** - é o fator relativo à erodibilidade do solo, cujos valores estão disponíveis em [snirh.pt/snirh/download/relatorios/factorC\\_K.pdf](http://snirh.pt/snirh/download/relatorios/factorC_K.pdf) (Diretrizes para a Aplicação da Equação Universal da Perda de Solos em SIG, Pimenta, 1999). Os valores a utilizar deverão ser os que constam do quadro que está em anexo ao artigo (páginas 10 a 12), em unidades do SI ( $t h ha MJ^{-1} ha^{-1} mm^{-1}$ ). Caso o tipo de solo em causa não conste no quadro referido, recomenda-se a consulta do quadro 4 (página 8 do mesmo documento) e que faz a correspondência entre a classificação da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) e do SROA.

No caso dos solos cuja erodibilidade não esteja determinada, pode recorrer-se a outros estudos tecnicamente sustentados ou estimar o valor por analogia, a qual apenas deverá ocorrer após a verificação dos dois quadros anteriormente mencionados e se comprovada a inexistência de outros estudos.

Quando uma mancha integra mais do que um tipo de solo, o seu valor de erodibilidade deve corresponder à média ponderada dos valores respeitantes a cada um dos solos.

Para a identificação dos solos deve recorrer-se à carta de solos de Portugal à escala 1:25000, do SROA, as quais poderão ser solicitadas nos endereços:

- <http://www.dgadr.mamaot.pt/cartografia/cartas-solos-cap-uso-analogico>,
- <http://www.dgadr.mamaot.pt/cartografia/cartas-solos-cap-uso-digital>.

Para as zonas com aptidão agrícola:

- Entre Douro e Minho, existe cartografia em suporte analógico na escala 1:100000 e em suporte digital às escalas 1:100000 e 1:25000;
- Beira Interior, existe cartografia em formato vetorial na escala 1:100000, disponível em <http://www.dgadr.mamaot.pt/cartografia/cartas-solos-cap-uso-digital>.

Para o Nordeste Transmontano existe cartografia em suporte analógico, da responsabilidade da UTAD (1:100000), existindo, também, uma versão convertidas para suporte digital.

Na ausência de cartografia poderá recorrer-se:

- À digitalização da cartografia que existe em suporte analógico na Direção Geral da Agricultura e Desenvolvimento Regional (DGADR), designadamente os “Esboços de Ordenamento Agrário”;
- Ao trabalho realizado pelo Joint Research Center (JRC) sobre o K para a Europa (resolução 500 metros), disponível em unidades do SI, no endereço <http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/themes/soil-erodibility-europe>.

**LS** – é o fator topográfico que exprime a importância conjugada do comprimento da encosta (L) e do seu declive (S). É um fator adimensional determinado ou pela expressão:

$$LS = \left( \frac{\lambda}{72,6} \right)^m (65,41 \text{sen}^2\theta + 4,56 \text{sen}\theta + 0,065)$$

Em que:

**λ** – é o comprimento do desnível, em pés. Caso o valor seja dado em metros, utiliza-se a expressão:  $\lambda/22,3$

**θ** – é o ângulo associado à inclinação do desnível, em radianos;

**m** – é um coeficiente dependente do declive que assume os seguintes valores:

Declive (s)	M
$S \geq 5\%$	0,54
$3\% \leq S < 5\%$	0,40
$1\% \leq S < 3\%$	0,30
$S < 1\%$	0,20

A determinação do comprimento da encosta através do Mapa do Sentido dos Fluxos tem que ser aferida em função do comprimento máximo da encosta verificada no território. Assim,

obtido o valor do comprimento máximo da encosta existente no concelho e calculado o número de pixéis correspondente, deve aplicar-se uma condição que estabeleça este valor como o valor máximo de pixéis a considerar para efeitos de cálculo.

Tal correção torna-se necessária para minimizar o erro associado a este parâmetro, uma vez que o fluxo acumulado dá, apenas, a noção dos pixéis acumulados e não do comprimento real da vertente. Assim, ao aplicar-se esta condição, não são contabilizadas as áreas de fundos de vale que apresentam os maiores valores de acumulação, ao refletirem a acumulação do fluxo de todo o sector a montante.

O LS pode, ainda, ser determinado através de ferramenta disponível em Sistema de Informação Geográfica (SIG), recomendando-se, a título de exemplo, o recurso ao modelo desenvolvido por Mitsova<sup>1</sup>.

Este parâmetro pode também ser obtido a partir do trabalho realizado pelo JRC sobre o LS para a Europa (resolução de 25 metros), disponível em <http://eusoiils.jrc.ec.europa.eu/themes/slope-length-and-steepness-factor-ls-factor>.

**C** – é o fator relativo à ocupação do solo

Para efeitos de delimitação da REN, a aplicação deste fator ao território municipal apresenta limitações, podendo não traduzir a mutabilidade relacionada com as alterações ao uso e ocupação do solo nos valores finais da erosão específica do solo. Assim, e por forma a assumir um carácter preventivo, pode considerar-se o valor de C constante e igual a 1.

**P**- é o fator antrópico

Também a aplicação deste fator ao território municipal apresenta fortes limitações, não havendo informação disponível que permita traduzir a sua heterogeneidade nos territórios municipais. Por outro lado, a aplicação da metodologia tem demonstrado que a consideração deste fator distorce os valores da erosão potencial que se pretende avaliar, desfasando-os da realidade. Assim, por forma a assumir um carácter preventivo, deve utilizar-se no fator P o valor de 1.

### **Razão de Cedência dos Sedimentos (SDR),**

Expressa em %, é definida por:

$$SDR=0,332Ab^{-0,2236}$$

**Ab** – é a área de drenagem (km<sup>2</sup>), calculada a partir do Mapa do Sentido dos Fluxos.

---

<sup>1</sup> Mitsova, H. M. Hofierka, J.; Zlocha, M.; Iverson, R. (1996)–“Modelling Topographic Potential for Erosion and deposition using GIS”. In International Journal of Geographical Information Systems, 10(59), pp. 629-641.

Corresponde à bacia do pixel, sendo o seu valor determinado pelo produto entre a área do pixel e o número de pixels em que houve acumulação de sedimentos que são drenados desde o sector mais a montante.

Deve ter em conta a área da bacia pertencente à vertente do concelho adjacente, como forma de garantir a continuidade territorial desta tipologia de áreas da REN. Isto é, para efeito do cálculo da área do pixel, a topografia utilizada para o concelho poderá ser complementada com outra fonte de informação que abranja o concelho limítrofe, como por exemplo, o modelo digital do terreno proveniente do satélite Aster, com resolução de 30 m.

O valor de SDR varia entre 0 e 1, devendo assumir o valor 1 sempre que resulte um valor superior.

Apoiando-se a delimitação das AEREHS na identificação da erosão potencial do solo, concluiu-se que o cálculo do SDR utilizado para a estimativa dos volumes de sedimentos gerados numa bacia e que são transportados para jusante (mais especificamente, cálculo dos sedimentos que podem “deixar” a bacia), embora seja essencial na gestão de infraestruturas hidráulicas, não é pertinente para a delimitação daquelas áreas. Assim, para efeitos de delimitação das AEREHS a integrar na REN e na prossecução dos objetivos que se pretendem atingir com a delimitação destas áreas, considera-se que o fator SDR não deve ser utilizado.

### **Avaliação qualitativa da perda de solo associada a um risco de erosão hídrica para efeitos de integração das áreas na Reserva Ecológica Nacional**

A Comissão Nacional da Reserva Ecológica Nacional emitiu uma recomendação em 28.05.2015 no sentido de ser realizada *“a calibração do modelo de identificação das AEREHS quanto aos limiares de classificação de risco (...) tendo em consideração a melhor informação disponível e as conclusões de trabalhos científicos e técnicos recentes e relevantes que apontam para a adoção de limiares de definição das áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo abaixo do valor de  $Pse \geq 55 \text{ ton/ha.ano}$ , de forma a conseguir-se uma maior aderência das áreas integradas na REN às características do território, conforme previsto nas OENR”*.

A título de exemplo, em Verheijen *et al*<sup>2</sup>, consideram-se a taxas de erosão do solo atual na Europa referenciadas no quando seguinte, tendo em conta uma taxa tolerável  $< 1.0 \text{ t ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$ .

---

<sup>2</sup> Verheijen, F. G. A., R. J. A. Jones, R. J. Rickson & C. J. Smith (2009) Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe, in *Earth-Science Reviews* 94: (1-4): 23-38.

Tipo de erosão	Taxas médias	Taxas máximas	Nota	Fatores médios
Laminar por córregos	0,1-8,8	23,4		Uso e coberto do solo, declive
Em ravinas	na	455		Clima, uso solo
Pelo vento	0,1-2,0	15		Tipo e coberto do solo, clima
Por lavoura	3,0-9,0	na		Manejo do solo
De encosta	na	454		Manejo do solo
Engenharia de colheita	1,3-19,0	na	Por variedade de cultivo	Tipo de cultura, humidade solo
Erosão média cumulativa em agricultura com lavoura	3,0 - 10,0	na	Apenas lavoura	
	3,2 - 19,8		Chuva + vento + lavoura	
	4,5 - 38,8		Chuva + vento + lavoura + colheita	

Por sua vez, em Figueiredo & Fonseca<sup>3</sup> recomenda-se que a tolerância admissível para a perda de solo seja de 10 t para os solos profundos ou rocha mãe não consolidada e de 2 t para os solos delgados ou de rocha mãe dura.

Também a nível europeu, Panagos *et al.*<sup>4</sup> desenvolveu uma nova cartografia do risco de erosão hídrica dos solos em toda a União Europeia, referenciada a um pixel de 100 x 100 metros (1 ha) e com base numa aplicação metodológica a que se designou por RUSLE 2015. Em tal contexto, Jones<sup>5</sup> propõe os seguintes limiares para a suscetibilidade erosão hídrica: baixa <2 t ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>; média: 2 a 5 t ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup> e elevada: >5 t ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>.

Neste enquadramento, tendo por base as OENR, recomenda-se que para efeitos de integração na REN sejam consideradas as áreas de “elevada” (>= 55 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) e “média” (entre 25 e 55 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) perda específica de solo, sem prejuízo de, em função da informação técnica disponível e desde que devidamente fundamentado, poderem ser integradas na REN áreas com valor inferior de perda específica do solo, atentas as suas características próprias.

3

Figueiredo T.; Fonseca, F. (2009) Soil conservation measures: classification and description, in Evelpidou, N. ; Figueiredo, T. de (eds.) *Soil Protection in Sloping Mediterranean Agri-Environments: Lectures and exercise*: 77-85.

<sup>4</sup> Panagos, Panos, et al. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. In *Environmental Science & Policy* 54 (2015): 438-447.

<sup>5</sup> Erwin Jones (com. inedit) 2016, *An overview of soil threats in the EU – Working document v.0. Ad hoc report to DG Environment Soil Expert Group*, April 2016, Securing Soil as Natural Capital Work Package. Land Resource Management Unit – Joint Research Centre.