

# Erosão do solo

## I - Caracterização geral

### Descrição:

A erosão do solo constitui um processo sequencial resultante do destacamento e transporte de partículas do solo, por agentes designados de erosivos (água, vento), resultando na diminuição da espessura do solo e na perda da sua fertilidade. Distinguem-se dois tipos de erosão: hídrica (laminar, por sulcos e por ravinas) e eólica (vento).

### Unidades de medida :

A perda de solo é, em regra, medida em unidade de massa por unidade de área (ton/ha ou kg/m<sup>2</sup>), e por ano.

### Relevância:

À medida que a população mundial aumenta, a necessidade de proteger o solo como recurso vital, sobretudo para a produção alimentar, também aumenta.

A erosão do solo é considerada, segundo a Comissão Europeia ("Para uma estratégia temática de proteção do solo", COM, 2002), uma das principais ameaças a que se encontram expostos os solos na União Europeia. Face às suas taxas de degradação potencialmente rápidas, que têm vindo a aumentar nas últimas décadas (pela pressão crescente das atividades humanas) em relação às suas taxas de formação e regeneração extremamente lentas, os processos de degradação do solo constituem um grave problema a nível mundial, com consequências ambientais, sociais e económicas significativas. O solo caracteriza-se por uma muito lenta taxa de formação (pedogénese), sendo frequentemente referidos valores médios de 0,1 a 1,0 mm de espessura por ano.

A Comissão das Comunidades Europeias, numa comunicação recente, indicou que, de acordo com as estimativas, 115 milhões de hectares, equivalentes a 12% do território europeu, estão sujeitos à erosão

hídrica e que 45% do solo europeu terá um teor de matéria orgânica demasiado baixo, afetando principalmente os países do Sul da Europa (Cortez & Abreu 2008).

Vários estudos apontam para taxas médias de erosão dos solos europeus entre as 10 e as 20 t/ha/ano. Contudo, Huber *et al* (2007) referem que apenas perdas de 1 a 2 t/ha/ano são toleráveis.

### Limitação:

A avaliação experimental da erosão é extremamente trabalhosa, onerosa e requer uma série longa de resultados correspondentes a diferentes tipos de solos, climas e de condições topográficas e de uso do solo, para se obterem valores da taxa de erosão fidedignos para uma determinada região.

Entre os fatores que contribuem para a erosão do solo pode-se destacar a destruição do coberto vegetal, o cultivo intensivo e o pastoreio excessivo conduzindo a situações de solo nu e sem proteção contra a energia da chuva e do vento, a compactação do solo provocada por maquinaria pesada e inadequada (caso das alfaías agrícolas rotativas) que reduz a capacidade de infiltração do solo e proporciona o escoamento de água e a erosão acelerada do solo, as mobilizações frequentes do solo que reduzem a matéria orgânica e a estabilidade da estrutura do solo, a regularização e nivelamento de terras, a eliminação dos limites das parcelas agrícolas e florestais tais como as valas, muros, sebes, árvores, entre outras, o aumento do tamanho das folhas de cultura, a aplicação de estrumes em quantidades mínimas, e o predomínio da monocultura. Estes fatores têm maior relevância nos Estados do Sul da União Europeia, como é o caso de Portugal, em que a precipitação intensiva e irregular, as condições de solo e a topografia aí existentes tornam o solo mais suscetível à erosão.

### Cuidados na interpretação:

A interpretação dos resultados experimentais das taxas de erosão do solo só pode ser extrapoláveis para locais ou áreas que mostrem tipos de solos, climas e condições topográficas e de uso do solo similares. Acresce o facto que, de ano para ano, para o mesmo local, a taxa de erosão pode ser diferente devido à variação das condições de erosividade da chuva, mesmo mantendo-se inalteráveis os outros fatores. Por outro lado, a generalidade dos modelos fornecem resultados que têm como principais objetivos a comparação do risco potencial de erosão entre diferentes áreas ou regiões e a tomada de decisões relativamente ao uso do solo a recomendar-se para essas áreas ou regiões, tendo em vista a proteção do solo.

## **II - Caracterização técnica**

### **Metodologia:**

A medição experimental da taxa de erosão do solo é sempre limitada a um número restrito de locais que incluem zonas de risco moderado a alto e representativos de zonas agroecológicas. A taxa de erosão do solo varia muito no tempo e no espaço, o que dificulta o escalonamento desses resultados para áreas maiores e depende da extrapolação dos dados para zonas onde as medições não foram realizadas. Contudo, a erosão do solo pode ser estimada através de outras ferramentas, nomeadamente, de modelos de erosão.

Segundo Bhattarai & Dutta (2008), os modelos atualmente disponíveis, podem ser agrupados em duas categorias: empíricos e os orientados para os processos físicos fundamentais. O primeiro grupo baseia-se em medições em bacias hidrográficas ou terrenos de pequena área e na sua extrapolação para grandes áreas (Kinnell, 2008). Esses modelos têm uma origem comum: todos incluem uma versão adaptada da equação empírica da perda universal de solos (USLE; Wischmeier and Smith, 1978), ou a versão revista (RUSLE; Renard *et al.*, 1997). Neste grupo incluem-se o Water and Tillage Erosion Model (WATEM; van Oost *et al.*, 2000), Annualized Agricultural NonPoint Source model (AnnAGNPS; Bingner, 2001), RUSLE2 (Foster, 2005) ou AGNPS-UM (Kinnell, 2005). Estes modelos são amplamente aceites pela sua simplicidade e disponibilidade relativa de parâmetros mas apresentam, contudo, duas grandes desvantagens quando usados em bacias hidrográficas de grande área: a impossibilidade de prever a deposição de solo e a produção de sedimentos (Renard *et al.*, 1997), e a dificuldade de cálculo de parâmetros topográficos (Hickey, 2000).

No segundo grupo integram-se vários modelos desenvolvidos nas últimas décadas, tais como SWAT (Soil and Water Assessment Tool; Neitsch *et al.*, 2002), WEPP (Water Erosion Prediction Project; Flanagan and Livingston, 1995), EUROSEM (European Soil Erosion Model; Morgan *et al.*, 1998), KINEROS2 (Kinematic Runoff and Erosion Model; Smith *et al.*, 1995) and LISEM (Limburg Soil Erosion Model; De Roo *et al.*, 1996a,b). Licciardello (2009) refere que estes modelos têm o potencial não só para fornecer informações sobre o estado da erosão do solo a qualquer momento, mas também para contribuir para a compreensão das ligações entre diferentes fatores que causam erosão. Contudo, segundo os mesmos autores, a aplicação destes modelos espaciais, relativamente complexos, a grandes áreas (por exemplo > 100 km<sup>2</sup>) é problemático, pois a qualidade dos dados de entrada necessária é, em geral, em ambas as escalas insuficiente, o que limita a sua ampla aplicabilidade em prática de gestão, sendo no entanto ferramentas com um elevado potencial. O modelo Pan-European Soil Erosion Risk Assessment (PESERA; Kirkby *et al.* 2004) foi desenvolvido especificamente para ser aplicado a grandes áreas, e atender para o risco real de erosão em

toda a Europa. Tem uma estrutura relativamente simples, estima a perda de sedimento a partir do escoamento de água, combinando, portanto, o efeito da topografia, clima e uso da terra numa simples previsão integrada de escoamento e erosão do solo.

### Conceitos:

**A erosão do solo** é um processo de destacamento e transporte de materiais do solo, por agentes designados por erosivos. É um processo sequencial que envolve o destacamento das partículas do solo e o transporte das partículas destacadas. A erosão, ao remover as partículas de solo, reduz os níveis de matéria orgânica do solo, e contribui para a desagregação da estrutura do solo, diminui a profundidade de enraizamento e, portanto, diminui a quantidade de água, ar e nutrientes disponíveis para as plantas, criando, assim, um ambiente menos favorável para o crescimento das plantas.

Pode-se definir a **erodibilidade de um solo** como a sua vulnerabilidade ou suscetibilidade à erosão.

**A erosividade da chuva** é um conceito que se refere ao efeito sobre o solo das propriedades físicas da chuva, como a sua intensidade, a distribuição de tamanho das gotas, a velocidade da queda das gotas e ainda outras características que influenciam as anteriores, como a temperatura, a forma e o ângulo de impacto das gotas e o efeito do vento.

**Erosão hídrica** é o tipo de erosão provocada pela água. Esta ação é acelerada quando a água encontra o solo desprotegido de vegetação. A primeira ação da chuva dá-se através do impacto das gotas de água sobre o solo, provocando a desagregação dos torrões e agregados do solo, lançando o material mais fino para cima e para longe, o que é conhecido como salpicamento.

**Erosão laminar** é a remoção de uma fina camada de solo relativamente uniforme pela chuva e escorrência superficial generalizada e não canalizada. Apesar de ser uma forma menos gravosa de erosão, é responsável por grande prejuízo às terras agrícolas e por fornecer grande quantidade de sedimentos que vai assorear rios, lagos e albufeiras.

**Erosão em Sulcos** é um processo de erosão em campos inclinados onde numerosos canais aleatórios se formam com apenas alguns centímetros de profundidade; ocorre sobretudo em solos recentemente cultivados.

**Erosão de barrancos (ravinar)** é o processo de erosão pelo qual a água se acumula e origina por entalhe canais estreitos, por curtos períodos de tempo, que removem o solo desta área até profundidades consideráveis. Um barranco tem tipicamente de 0.5m até 25 a 30m de profundidade e ocorre em situações e tipos de rocha específicos.

**A erosão eólica** ocorre quando o vento transporta partículas diminutas que se chocam contra rochas e se dividem em mais partículas que se chocam contra outras rochas. Podem ser vistas nos desertos na forma de dunas e de montanhas retangulares ou também em zonas relativamente secas.

#### Fontes:

Bhattarai, R. & Dutta, D. 2008. A comparative analysis of sediment yield simulation by empirical and process-oriented models in Thailand. *Hydrol. Sci. J.* **53**(6), 1253–1269.

Ellison, W. D. 1947. Soil erosion. *Soil Sci. Soc. Am Proc.*, 12: 479-484.

Kinnell, P.I.A. 2005. AGNPS-UM: Agricultural Non-Point Source Pollution Model using the USLE-M. User guide, version 4.02. University of Canberra, Canberra, Australia.

Kirkby, M.J., Irvine, B., Jones, R.J.A. & Govers, G., 2008. The PESERA coarse scale erosion model for Europe. I – Model rationale and implementation. *European Journal of Soil Science*, 59 (6): 1293-1306.

Kirkby, M.J., Jones, R.J.A., Irvine, B., Gobin, A, Govers, G., Cerdan, O., Van Rompaey, A.J.J., Le Bissonnais, Y., Daroussin, J., King, D., Montanarella, L., Grimm, M., Vieillefont, V., Puigdefabregas, J., Boer, M., Kosmas, C., Yassoglou, N., Tsara, M., Mantel, S., Van Lynden, G.J. & Huting, J., 2004. Pan-European Soil Erosion Risk Assessment: The PESERA Map, Version 1 October 2003. Explanation of Special Publication Ispra 2004 No.73 (S.P.I.04.73). European Soil Bureau Research Report No.16, EUR 21176, 18pp. and 1 map in ISO B1 format. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Renard, K. G., Foster, G. A., Weesies, G. A., McCool, D. K. & Yoder, D. C. (1997) Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). *USDA Agricul. Handbook 703*. Agricultural Research Service, Washington, DC, USA.

Wischmeier, W. H. & Smith, D. D. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. *Agriculture Handbook* nº. 537. US Department of Agriculture, Washington, DC.

### **III - Análise sumária dos dados**

Uma abordagem para a estimativa da erosão do solo consiste em avaliar a distribuição e extensão do risco de erosão do solo numa determinada região ou país, como efectuado através do Programa CORINE, para o território da Comunidade a Sul do paralelo 46º N, com base em directrizes e critérios previamente acordados (Giordano, A. *et al*, 1991). Para a área de Portugal Continental, estimou-se que 68% (61120 km<sup>2</sup>) da área total apresentava um risco potencial de erosão alto, que 25% da área apresentava risco potencial moderado e que apenas 6% da área mostrava um risco potencial de erosão baixo. No entanto, em termos reais, isto é, se se considerar o coberto vegetal, a situação foi diferente para melhor, sendo a área com risco alto da ordem dos 30% (26878 km<sup>2</sup>), com risco moderado em 54% do território e com risco baixo em 15% da área total, ou seja, um aumento de 9% de área relativamente à correspondente área de risco potencial baixo.

Num estudo similar, realizado para a região do Algarve, verificou-se que a erodibilidade do solo é alta em 75% da área algarvia e baixa em apenas 1% da área total. A situação é mais grave no Sotavento Algarvio, já que a erodibilidade do solo é alta em 86% da área respectiva enquanto no Barlavento a mesma classe abrange 62% da área respectiva. Quanto ao risco potencial de erosão, constatou-se que é baixo em apenas 9% da área algarvia, intermédio ou moderado em 16% e alto em 75%. As áreas de risco baixo são praticamente idênticas quer no Sotavento quer no Barlavento (8 a 9%), diferindo apreciavelmente quanto à classe intermédia (21% no Barlavento e 11% no Sotavento) e conseqüentemente quanto à classe alta (70% no Barlavento e 81% no Sotavento). O risco real de erosão do solo no Algarve é menor que potencial, já que por efeito da vegetação, a área de risco potencial alto passou de 75% para 30%, a área de risco baixo aumentou para 12% e ficando a área de risco intermédio como a maior (57%).

No âmbito do Projecto Europeu “FP6-SSP-4\_Policies-1.5\_task 6 Proposal 022713 “ENVironmental ASsessment of Soil MONitoring – ENVASSO” (<http://www.envasso.com/>), o INRB. I. P. (actual INIAV, I. P.), teve a seu cargo a aplicação dos indicadores propostos para as “ameaças” erosão (perdas de solo por erosão hídrica) e desertificação do solo, tendo sido seleccionada a Bacia Hidrográfica do Vale do Gaio, Alentejo, como área piloto para avaliar aquelas ameaças. Coligiram-se dados de solo, clima e vegetação necessários para a execução do modelo PESERA (erosão) e para a aplicação da metodologia MEDALUS (desertificação) que tinham sido seleccionados para se quantificarem aquelas ameaças. As três classes mais representativas de perdas do solo por erosão hídrica, com base nos dados meteorológicos de 2001-2006, foram: <0,5 t/ha/ano em 32,1% da área; 5-10 t/ha/ano em 23,3% da área; e 10-20 t/ha/ano em 16,9% da área. As zonas

em que o risco de erosão era mais elevado correspondiam, também, às zonas de maiores riscos de desertificação.

Na Operação “Desenvolvimento de indicadores agro-ambientais para identificação dos efeitos das políticas sobre o mundo rural” (PA 0400039), do programa da Rede Rural Nacional, entre outras tarefas, procedeu-se à avaliação da erosão hídrica potencial de uma área piloto, designadamente a Bacia da ribeira do Enxoé (60 km<sup>2</sup>), integrante da bacia do rio Guadiana, Alentejo. A percentagem de área da bacia do Enxoé correspondente a cada classe de perda de solo é indicada no Quadro 1. Segundo o modelo PESERA, 64,6% da área apresenta um risco de erosão hídrica inferior a 0,5 t/ha/ano. Esta área, de cerca de 2/3 da área total, corresponde às zonas ocupadas por olival e por montado de sobro e de azinho. Este sistema, embora possa ser sujeito também a agricultura e pastoreio extensivos, é reconhecidamente um sistema que confere grande protecção ao solo contra a erosão, dado que o solo encontra-se coberto com vegetação na maior parte do ano.

**Quadro 1. Classes de perda potencial de solo e respectivas áreas e quantidades de sedimentos erodidos por ano, na bacia do Enxoé**

Classe (t/ha/ano)	%	Área (ha)	Perda de solo (T/ano)
0-0.5	64.6	3593.77	898.4
0.5-1.0	2.7	151.32	113.5
1.0-2.0	1.8	100.57	150.9
2.0-5.0	7.0	389.69	1363.9
5.0-10.0	3.3	181.95	1364.7
10.0-20.0	1.6	87.97	1319.6
20.0-50.0	0.4	20.23	708.1
>50.0	18.6	1033.0	51650.1
Total	100	5558.51	57569.1

As áreas que apresentam maior risco de erosão, isto é, com mais de 50 t/ha/ano, localizam-se sobretudo na zona noroeste e sudeste da bacia, correspondendo às zonas de agricultura mais intensiva, nomeadamente por culturas anuais, ocupando cerca de 1000 hectares, isto é, cerca de 19% da área total da bacia. As mobilizações do solo, efectuadas antes da instalação das culturas de Inverno, geralmente concordantes com o início das chuvas, originam maiores arrastamentos de solo com o escoamento superficial das águas de chuva e permitem explicar os maiores valores estimados com o modelo PESERA para a perda de solo, para estas áreas.

Finalmente, é de referir que cerca de 30% da área da bacia do Enxoé apresenta um risco de erosão hídrica acima das 2 t/ha/ano, limite considerado como tolerável para a erosão do solo.

#### IV - Documentação de referência

EEA 2002. CORINE Land Cover update, I&CLC2000 project, Technical Guidelines. European Commission, 2002. Communication of 16 April 2002 from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the regions: Towards a thematic strategy for soil protection. COM 2002, 179 final.

European Commission, 2006. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the regions: Towards a thematic strategy for soil protection. COM 2006, 231 final.

FAO, 2006. World reference base for soil resources. A framework for international classification, correlation and communication. *World Soil Resources Reports 103*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Giordano, A. et al. 1991. The methodological approach to soil erosion and important land resources evaluation of the European Community. *Soil Technology*, 4: 65-77

Gonçalves, M. C., Ramos, T. B., Martins, J. C. & Kosmas, C. 2010. Aplicação dos modelos PESERA e MEDALUS para avaliação dos riscos de erosão do solo e de desertificação da bacia hidrográfica do Vale do Gaio. *Revista de Ciências Agrárias*, Volume 33, no.1: 236-246. ISSN 0871-018X.

Huber, S., Prokop, G., Arrouays, D., Banko, G., Bispo, A., Jones, R., Kibblewhite, M., Lexer, W., Möller, A., Rickson, J., Shishkov, T., Stephens, M., Van den Akker, J., Varallyay, G. & Verheijen, F., 2007. Indicators and Criteria report. ENVASSO Project (Contract 022713) coordinated by Cranfield University, UK, for Scientific Support to Policy, European Commission 6<sup>th</sup> Framework Research Programme.

Hudson, N. 1981. *Soil Conservation*. 2<sup>nd</sup> Edition. Cornell University Press, Ithaca, New York.

Irvine, B. & Kosmas, C., 2003. PESERA User's Manual. PESERA Technical Report Deliverable 15, European Commission funded fifth framework project - contract QLK5-CT- 1999-01323, 34pp.

Kirkby, M.J., Jones, R.J.A., Irvine, B., Gobin, A, Govers, G., Cerdan, O., Van Rompaey, A.J.J., Le Bissonnais, Y., Daroussin, J., King, D., Montanarella, L., Grimm, M., Vieillefont, V., Puigdefabregas, J., Boer, M., Kosmas, C., Yassoglou, N., Tsara, M., Mantel, S., Van Lynden, G.J. & Huting, J., 2004. Pan-European Soil Erosion Risk Assessment: The PESERA Map, Version 1 October 2003. Explanation of Special Publication Ispra 2004 No.73 (S.P.I.04.73). European Soil Bureau Research Report No.16, EUR 21176, 18pp. and 1 map in ISO B1 format. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Martins, J. C., Gonçalves, M. C., Sequeira, E. M. & Gomes, M. P. 1992. Avaliação da erodibilidade e dos riscos de erosão do solo no Algarve. *7º Congresso do Algarve*: 413-418.

Renard, K. G., Foster, G. A., Weesies, G. A., McCool, D. K. & Yoder, D. C. (1997) Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). *USDA Agricul.Handbook 703*. Agricultural Research Service, Washington, DC, USA.

Sequeira, E. M., Gomes, M. P., Martins, J. C. & Gonçalves, M. C. 1994. Uma avaliação dos riscos de erosão do solo e da qualidade da terra em Portugal Continental. *Congresso 94 da Ordem dos Engenheiros (Tema 7- Áreas de Engenharias Agronómica, Silvícola e Geográfica: O Mundo Rural na Viragem do Século)*, Lisboa.