

Aplicação dos modelos PESERA e MEDALUS para avaliação dos riscos de erosão do solo e de desertificação da bacia hidrográfica do Vale do Gaio

Use of PESERA and MEDALUS models to assess soil erosion risks and land desertification in Vale do Gaio watershed

M. C. Gonçalves¹, T. B. Ramos¹, J. C. Martins¹ & C. Kosmas²

RESUMO

Neste trabalho testaram-se duas metodologias de avaliação dos riscos de erosão do solo e de desertificação na bacia hidrográfica de Vale do Gaio (513 km²), localizada no Alentejo. Os solos dominantes na bacia são os Cambissolos, Luvisolos e Regossolos. Os sistemas de Montado de Azinho e Sobre e os sistemas agrícolas de sequeiro dominam, por sua vez, a ocupação dos solos. O risco de erosão foi avaliado por estimativas das perdas do solo por erosão hídrica, através do modelo PESERA. As áreas em risco de desertificação foram determinadas com base na metodologia MEDALUS. 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. Quanto ao risco de desertificação, considerando o mesmo período de tempo, a área da bacia foi assim classificada: 1,8% como não ameaçada; 3,9% como

potencial; 68,4% como frágil; e 25,9% como crítica à desertificação.

Palavras-Chave: Erosão hídrica, Desertificação, PESERA, MEDALUS

ABSTRACT

In this study two methodologies were tested to assess soil erosion and land desertification risks in Vale do Gaio watershed (513 km²), located in the Alentejo region. Cambisols, Luvisols, and Regosols are the dominant soils in the watershed. Oak tree Mediterranean woodland, Agricultural crops and pastures are the major land uses. Soil erosion risks were assessed by estimating soil loss by water erosion with the PESERA model. Land area at risk of desertification was determined based on the MEDALUS methodology. Based on meteorological data from the period 2001-2006, the three most representative classes of soil loss by water erosion were: <0.5 t/ha/year in 32.1% of the

¹ Instituto Nacional de Recursos Biológicos, L-INIA, Unidade de Ambiente e Recursos naturais (ex. Estação Agronómica Nacional), Av. República, Quinta do Marquês, 2784-505 Oeiras, Portugal; maria.goncalves@inrb.pt; ²Agricultural University of Athens, Laboratory of Soils and Agricultural Chemistry, Iera Odos 75, Athens 11855, Greece

area; 5-10 t/ha/year in 23.3% of the area; and 10-20 t/ha/year in 16.9% of the area. Considering the same time period, the land area at risk of desertification was classified: 1.8% as none threatened; 3.9% as potential; 68.4% as fragile; and 25.9% as critical to desertification.

Key-words: Water erosion, Land desertification, PESERA, MEDALUS

INTRODUÇÃO

As ameaças a que os solos europeus podem estar sujeitos, identificadas na “Soil Communication” COM (2002) 179 e no documento “Thematic Strategy for Soil Protection” COM (2006) 231, são a erosão, declínio da matéria orgânica, contaminação, compactação, impermeabilização, declínio da biodiversidade, salinização, cheias e deslizamentos de terras. Huber *et al.* (2007) seleccionaram um conjunto de metodologias e indicadores quantitativos, definindo limites toleráveis para cada uma daquelas ameaças, com excepção das cheias e inclusão da desertificação resultante da combinação de algumas daquelas ameaças em condições climáticas áridas ou subáridas.

No sul de Portugal, uma região onde o equilíbrio entre o meio natural e a actividade humana é bastante sensível, a erosão hídrica e a desertificação merecem particular atenção. A erosão do solo é considerada uma ameaça quando a sua taxa é superior à taxa de formação do solo, e é acelerada, devido à actividade humana, podendo conduzir à deterioração/perda de uma ou mais funções do solo. Vários estudos apontam taxas médias de erosão dos solos europeus entre as 10 e as 20 t/ha/ano. Contudo, Huber *et al.* (2007) definiram como toleráveis, as perdas de solo de apenas 1 a 2 t/ha/ano. A medição 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 agro-ecológicas. 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. A erosão do solo pode alternativamente ser estimada através de outras ferramentas, nomeadamente, de modelos de erosão. Os mais comuns baseiam-se na Equação Universal da Perda de Solo – USLE (Wischmeier & Smith, 1978) ou na Equação Universal da Perda de Solo Revista – RUSLE (Renard *et al.*, 1997). Mais recentemente, Kirkby *et al.* (2004) desenvolveram o modelo *Pan-European Soil Erosion Risk Assessment* (PESERA) que estima a perda de sedimento a partir do escoamento de água. Huber *et al.* (2007) seleccionaram este modelo como um dos métodos mais apropriados para estimar o risco de erosão hídrica do solo por permitir comparar resultados entre as regiões da Europa.

A desertificação, por sua vez, está directamente associada à degradação do solo, água, vegetação e outros recursos. Corresponde à degradação da terra, nas zonas áridas, semi-áridas e sub-húmidas secas, em resultado da influência de vários factores, incluindo as variações climáticas e as actividades humanas (UNCCD, artigo 1, 1994). A desertificação está portanto directamente associada à erosão do solo, mas também ao declínio da matéria orgânica, salinização do solo e declínio da biodiversidade. Vários programas têm sido orientados visando a definição de áreas ambientalmente sensíveis à desertificação. Destacamos a metodologia MEDALUS (Kosmas *et al.*, 1999), testada em regiões da Grécia, Itália, Espanha e Portugal e o programa DISMED que permitiu elaborar uma carta da susceptibilidade à desertificação em Portugal (Rosário, 2004).

Huber *et al.* (2007) seleccionaram a metodologia MEDALUS como apropriada para comparar as áreas em risco de desertificação ao nível das diferentes regiões da Europa, sendo o indicador dado em termos de área ambientalmente sensível à desertificação.

Este trabalho teve como objectivo testar as metodologias e indicadores definidos por Huber *et al.* (2007) para os riscos de erosão e desertificação na bacia hidrográfica do Vale do Gaio (Alentejo). Para o risco de perda do solo por erosão hídrica foi definido o modelo PESERA (Kirkby *et al.* 2004). Para as áreas em risco de desertificação foi seleccionada a metodologia MEDALUS (Kosmas *et al.*, 1999).

MATERIAL E MÉTODOS

O modelo PESERA (*Pan-European Soil Erosion Risk Assessment*)

O modelo PESERA (*Pan-European Soil Erosion Risk Assessment*), desenvolvido por Kirkby *et al.* (2004), é um modelo que permite estimar as perdas de solo por erosão hídrica (t/ha/ano) com maior ou menor deta-

lhe conforme o grau de precisão da informação introduzida. O modelo baseia-se na partição dos valores de precipitação nas componentes resultantes: escoamento superficial; evapotranspiração e variações do armazenamento de água no solo. A transpiração é usada para criar um crescimento genérico das plantas em função do uso do solo, numa base mensal. A decomposição da matéria orgânica é modelada principalmente a partir dos dados da temperatura e tem também em consideração o teor de humidade, tipo de cobertura e uso do solo. O limite da infiltração a partir do qual ocorre escoamento superficial depende do coberto vegetal, do teor em matéria orgânica e propriedades do solo, variando ao longo dos anos. A distribuição da precipitação diária é ajustada, para cada mês, a uma distribuição Gama, a partir da qual se estima o escoamento superficial e o transporte de sedimentos (proporcional à soma do quadrado do escoamento). A erosão total é por fim calculada a partir da erodibilidade do solo, derivada das propriedades do solo, do quadrado do escoamento superficial, e do declive do terreno. A erosão total é calculada na base da vertente de modo a estimar a

Quadro 1 – Dados de entrada para o modelo PESERA (Irvine & Kosmas, 2003).

Dados	Descrição	Nº Layers
Vegetação	Profundidade radicular (mm).	1
	Água utilizável à superfície do solo (mm).	1
	Redução da rugosidade da superfície do solo em cada mês (%).	1
	Uso do solo (-).	1
	Grau de cobertura em cada mês (%).	12
Clima	Precipitação média mensal (mm).	12
	Temperatura média mensal (°C).	12
	Amplitude térmica mensal (°C).	12
	Coefficiente de variação da precipitação por dias de chuva para cada mês (-).	12
	Precipitação mensal / dia de chuva (mm).	12
	Evapotranspiração potencial média mensal (mm).	12
Solos	Disponibilidade de água para as plantas (mm).	1
	Encrustamento (mm).	1
	Erodibilidade (mm).	1
	Profundidade do solo (mm).	1
Topografia	Desvio padrão da altitude (m).	1

perda de solo que conseqüentemente irá ser arrastada para as linhas de água. No Quadro 1 apresenta-se a informação mínima necessária para correr o modelo PESERA.

A metodologia MEDALUS (*Mediterranean Desertification and Land Use*)

A metodologia MEDALUS (*Mediterranean Desertification and Land Use*), desenvolvida por Kosmas *et al.* (1999), permite estimar as áreas ambientalmente sensíveis à desertificação (ESAs), em km² ou %, a partir de uma análise multifactorial dos índices de qualidade do solo (SQI), do clima (CQI), da vegetação (VQI) e de utilização do solo (MQI). Esses índices são calculados a partir de diversos parâmetros, que são divididos em classes distintas consoante a sua maior ou menor capacidade de protecção do solo. Os índices são calculados a partir das seguintes expressões:

$$\text{SQI} = (\text{textura} \times \text{rocha mãe} \times \text{fragmentos rochosos} \times \text{profundidade} \times \text{declive} \times \text{drenagem})^{1/6} \quad (1)$$

$$\text{CQI} = (\text{precipitação} \times \text{índice de aridez} \times \text{orientação da vertente})^{1/3} \quad (2)$$

$$\text{VQI} = (\text{risco de fogo} \times \text{protecção contra erosão} \times \text{resistência à seca} \times \text{cobertura vegetal})^{1/4} \quad (3)$$

$$\text{MQI} = (\text{intensidade uso do solo} \times \text{políticas de protecção})^{1/2} \quad (4)$$

onde as diferentes classes do SQI variam entre <1,13, 1,13-1,45, e >1,46, correspondendo a solos de alta, moderada e baixa qualidade, respectivamente. As classes do CQI variam entre <1,15, 1,15-1,81, e >1,81, correspondendo a climas de alta, moderada e baixa qualidade, respectivamente. As classes do VQI variam entre 1-1,6, 1,7-3,7, e 3,8-16, correspondendo a vegetação de alta, moderada e baixa qualidade, respectivamente. As classes do MQI variam entre 1-1,25,

1,26-1,5, e >1,51, correspondendo a uma gestão do solo de alta, moderada e baixa qualidade, respectivamente.

As áreas ambientalmente sensíveis à desertificação (ESAs) são depois calculadas a partir da seguinte equação:

$$\text{ESAI} = (\text{SQI} \times \text{CQI} \times \text{VQI} \times \text{MQI})^{1/4} \quad (5)$$

As ESAs são, no final, divididas em zonas Críticas à desertificação C3 (>1,53), C2 (1,42-1,53) e C1 (1,38-1,41), Frágeis F3 (1,33-1,37), F2 (1,27-1,32) e F1 (1,23-1,26), Potenciais P (1,17-1,22) e Não Ameaçadas N (<1,17) pela desertificação. As áreas Críticas à desertificação (C3, C2 e C1) correspondem a áreas já bastante degradadas devido a uma incorrecta utilização no passado, constituindo uma ameaça para o ambiente das áreas envolventes. As áreas Frágeis à desertificação (F3, F2 e F1) correspondem a áreas onde qualquer alteração no delicado equilíbrio entre o meio natural e as actividades humanas pode conduzir o ecossistema no sentido da desertificação. As áreas Potenciais (P) correspondem a áreas ameaçadas pela desertificação em face de uma significativa alteração climática, se uma particular combinação de usos do solo for implementada e onde impactos externos podem produzir graves problemas. Esta situação inclui também as terras que são. As áreas não afectadas pela desertificação (N) correspondem a áreas com solos profundos ou muito profundos, quase planos, bem drenados, com textura grosseira ou mais fina, sob condições climáticas semi-áridas ou mais húmidas, independentemente do coberto vegetal.

A bacia hidrográfica do Vale do Gaio

A bacia hidrográfica do Vale do Gaio (Figura 1), com cerca de 513 km², está localizada na região do Alentejo, inserindo-se na

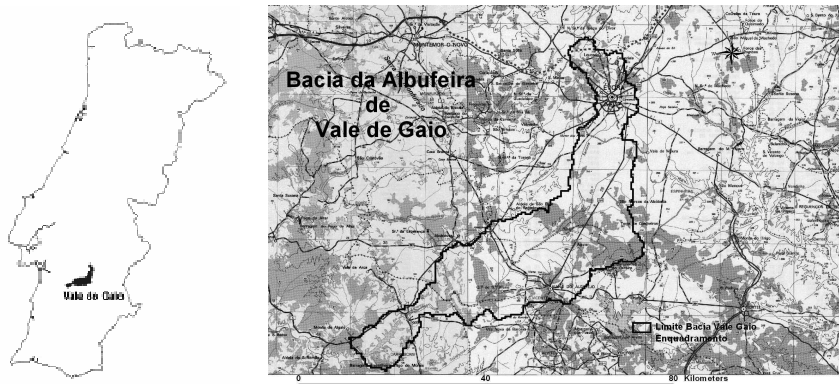


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica de Vale do Gaio.

bacia do Sado. O relevo da bacia é suavemente ondulado, típico da peneplanície alentejana, apresentando declives inferiores a 6% em 96% da área. A altitude da zona varia entre os 39 e os 418 m. A altitude, o declive e exposição das vertentes da bacia hidrográfica foram definidos através de um modelo digital do terreno com uma malha de 250 × 250 m.

Os grupos de solos de referência dominantes na bacia de Vale do Gaio são os Cambissolos e Luvisolos (FAO, 2006). Existem também Regossolos, Fluvisolos, Vertissolos e Leptossolos mas em menor percentagem. A identificação dos solos foi feita com base nas cartas de solo 1:25000. Como essas cartas descrevem apenas as unidades cartográficas e não têm uma base de dados analítica associada, os solos foram caracterizados com base na informação existente para perfis representativos destes solos (Serviço de Reconhecimento e de Ordenamento Agrário, 1973; Ramos *et al.*, 2007), de modo a satisfazer os requisitos necessários para aplicar as metodologias de Kirkby *et al.* (2004) e Kosmas *et al.* (1999). Com base nesta informação: (i) os solos em 13% da área foram caracterizados como pouco profundos (15-30 cm), 48% com

solos com profundidade moderada (30-75 cm) e 36% como tendo solos profundos; (ii) A textura à superfície foi classificada como grosseira em 79% da área; (iii) a capacidade de água utilizável apresentou níveis baixos (<50 mm) em 10 % da área, médios (50-100 mm) em 39% da área, altos (100-150 mm) em 37% da área e muito altos (>150 mm) em 14% da área; (iv) Os Luvisolos foram considerados como tendo problemas de drenagem. A drenagem foi ainda definida com base na informação das fases mal drenadas, existente nas cartas de solo (1:25000); (v) A pedregosidade foi também definida com base nas cartas de solo, em função da informação sobre pedregosidade e afloramentos rochosos.

O material originário foi definido a partir da carta geológica (1:50000) dos Serviços Geológicos de Portugal. O material dominante é o granito, existindo também em menor percentagem, xistos, arenitos e materiais não consolidados.

O uso do solo foi definido com base na carta Corine Land Cover 2001. O sistema de montado e os sistemas agrícolas de sequeiro são os principais usos do solo. O sistema de Montado, composto por sobreiros (*Quercus suber*) e azinheiras (*Quercus rotundifolia*),

ocupam cerca de 34% da área da bacia, localizando-se principalmente nas zonas Oeste e Sudeste. Os sistemas agrícolas de sequeiro, podendo estar associados ao sistema de montado, ocupam cerca de 48% da área, localizando-se nas zonas mais central e Nordeste da bacia hidrográfica. Dentro da área da bacia localizam-se também as áreas urbanas de Évora e de Viana do Alentejo. Podem-se ainda encontrar algumas áreas de regadio, mas com pouca expressão.

Os dados meteorológicos, dado o reduzido tamanho da bacia hidrográfica, foram extraídos unicamente da estação meteorológica de Vale do Gaio (38,25 °N; -8,29 °W, WGS84) da rede do Instituto Nacional da Água (snirh.pt). O clima pode ser classificado como Csa (Köppen) ou C₂B'₂S₂a' (Thornthwaite). Os dados da precipitação diária e mensal e da temperatura média mensal referem-se ao período 1979-2006. A evapotranspiração de referência mensal foi calculada para o período de 2001-2006. O índice de aridez de Bagnouls-Gausson para a região é de 132.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estimativa da perda do solo por erosão hídrica

A estimativa da perda do solo por erosão hídrica para a bacia de Vale do Gaio é apresentada na Figura 2. A respectiva percentagem de área de cada classe de risco de erosão hídrica é indicada no Quadro 2.

Segundo o modelo PESERA, 32,1% da área apresenta um risco de erosão hídrica <0,5 t/ha/ano. Estas áreas estão localizadas essencialmente, nas zonas Oeste e Sudeste da bacia hidrográfica, correspondendo às áreas onde o solo é ocupado por Montado de sobre e azinho, mesmo apesar de algumas dessas áreas apresentarem declives relativamente mais acentuados. O sistema de Montado, apesar de poder ser sujeito a agricultura e pastoreio extensivos sob as copas das árvores, é reconhecidamente um sistema que confere grande protecção ao solo contra a erosão, uma vez que o solo encontra-se coberto com vegetação na maior parte do ano. As áreas que apresentam maior risco de erosão localizam-se sobretudo na zona central e nordeste da bacia, correspondendo às zonas de agricultura mais intensiva, quer de sequeiro, quer de regadio. As classes de risco de erosão hídrica dominantes são as perdas entre 5-10 e 10-20 t/ha/ano, correspondendo a 23,3 e 16,9%, respectivamente. As mobilizações do solo para a instalação das culturas de Inverno, geralmente concordantes com o início das chuvas, originando maiores arrastamentos de solo com o escoamento superficial das águas de chuva, ajudam a explicar os maiores valores de perda de solo estimados com o modelo PESERA para estas áreas. É de referir ainda que 60% da área da bacia de Vale do Gaio apresenta estimativas de risco de erosão hídrica acima das 2 t/ha/ano, definido por Huber *et al.* (2007), como limite tolerável para a erosão do solo.

Quadro 2 – Classes de perda de solo do modelo PESERA para a bacia de Vale do Gaio.

Taxa erosão (t/ha/ano)	<0,5	0.5-1	1-2	2-5	5-10	10-20	20-50	>50
Área (%)	32,1	4,2	3,4	10,2	23,3	16,9	9,0	0,8

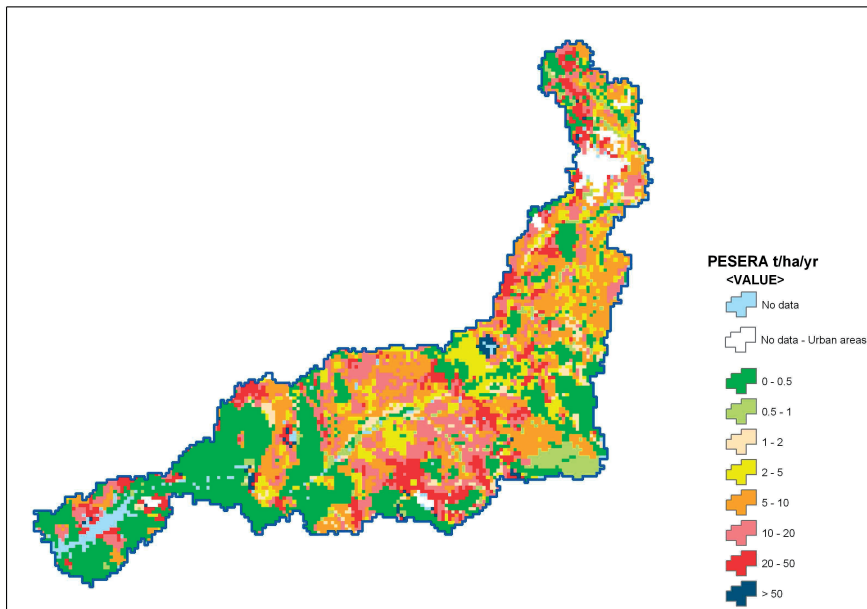


Figura 2 – Estimativa da perda de solo com o modelo PESERA para a bacia de Vale do Gaio.

Áreas ambientalmente sensíveis à Desertificação

Na Figura 3 apresentam-se os índices de qualidade do solo (SQI), clima (CQI), vegetação (VQI) e utilização do solo (MQI). De acordo com a metodologia MEDALUS, o SQI indica solos de qualidade moderada e alta, em 82,4 e 16,7% da área, respectivamente. Em função do CQI, o clima é classificado como de qualidade moderada em 74% da área, e de qualidade baixa quando a vertente apresenta uma exposição Sul (25,9%). A vegetação existente é caracterizada (VQI) como sendo de boa qualidade em 89% da área, uma vez que plantas como os sobreiros e azinheiras são resistentes à seca e ao fogo, estão dispersas pela paisagem e conferem um elevado grau de protecção ao solo contra a erosão. Na restante área, a vegetação foi caracterizada como de moderada qualidade. Quanto à utilização do solo (MQI), 81,4% da área da bacia é repre-

sentada como de qualidade moderada, sendo 18,6% considerada de mau uso, atendendo ao declive desses locais.

Na Figura 4 apresentam-se as áreas ambientalmente sensíveis à desertificação, de acordo com a metodologia MEDALUS. No Quadro 3 apresentam-se as percentagens correspondentes a cada uma dessas áreas. As áreas Críticas à desertificação (C1, C2 e C3) ocupam cerca de 26% da área total da bacia. Estas áreas estão localizadas essencialmente, nas vertentes expostas a Sul, mas também em áreas a Sul e Nordeste da bacia, definidas com um uso do solo mais intensivo. É certo que uma melhoria das técnicas agrícolas poderá diminuir o risco de desertificação em algumas dessas áreas. As áreas Frágeis à desertificação (F1, F2 e F3) ocupam a maior área na bacia do Vale do Gaio (68%). A classe F1 está mais representada nas zonas a Oeste e Sudeste da bacia onde domina o sistema de Montado. A classe F3, próxima da classe Crítica, prevalece mais no

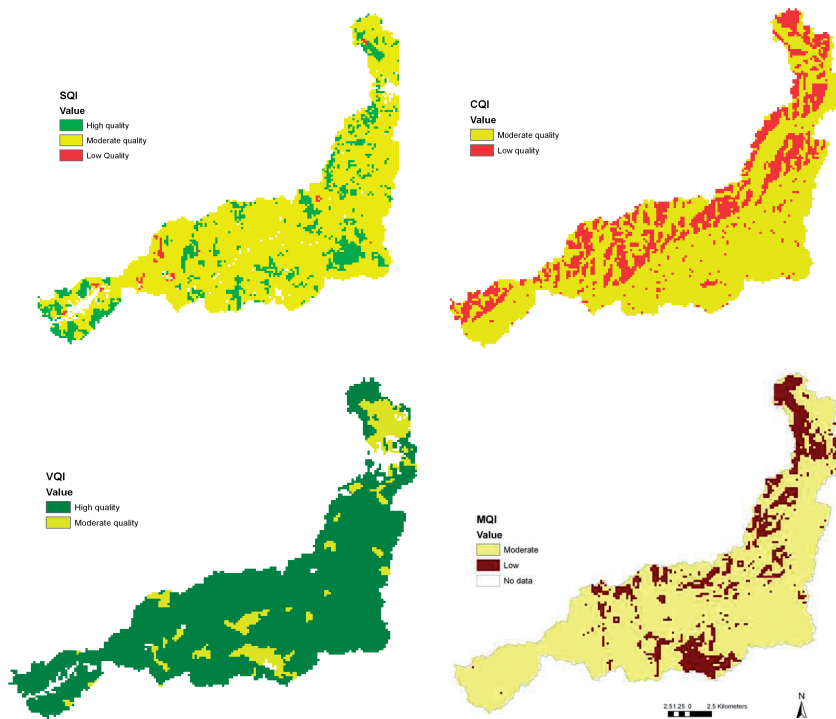


Figura 3 – Mapas dos índices de qualidade do solo (SQI), clima (CQI), vegetação (VQI) e utilização do solo (MQI).

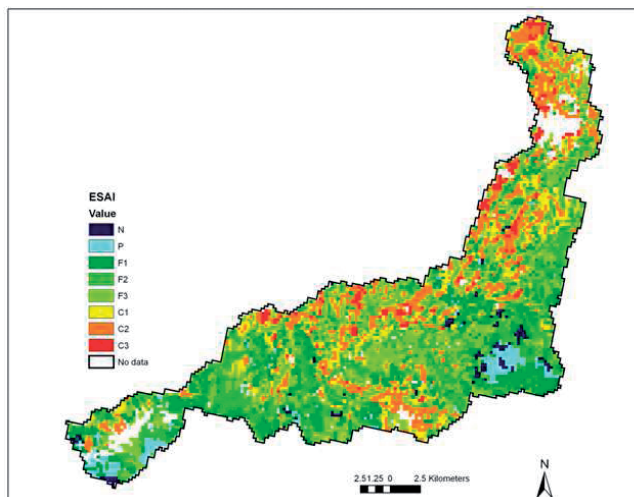


Figura 4 – Áreas ambientalmente sensíveis à desertificação na bacia de Vale do Gaio

Quadro 3 – Áreas (%) ambientalmente sensíveis à desertificação (ESAs).

Classe	Não ameaçada	Potencial	Frágil			Crítica		
	N	P	F1	F2	F3	C1	C2	C3
Área (%)	1,8	3,9	17,1	24,8	26,5	10,4	13,1	2,4

centro e Nordeste da bacia hidrográfica, em áreas onde a agricultura é mais intensiva. Estas áreas Frágeis à desertificação são muito sensíveis ao uso do solo, clima e vegetação. Quaisquer mudanças provocadas pela perda de vegetação, nomeadamente devido a incêndios ou períodos de secas, e pelo aumento da erosão do solo poderão favorecer a desertificação da terra e reclassificar estas zonas Frágeis como Críticas.

De referir que as áreas Críticas à desertificação obtidas para a bacia do Vale do Gaio (26%) são inferiores às obtidas por Roxo *et al.* (1999) para o concelho de Mértola (36%). Em contrapartida, observa-se uma maior percentagem de áreas Frágeis à desertificação na bacia do Vale do Gaio (68%), em relação àquele concelho (47%).

CONCLUSÕES

O modelo PESERA, que estima a perda de solo, e a metodologia MEDALUS, que permite avaliar as Áreas Ambientalmente Sensíveis à Desertificação (ESAs), apresentam resultados concordantes. As zonas onde o risco de erosão é maior correspondem às zonas que apresentaram maiores riscos de desertificação. Considerando o valor de 2 t/ha/ano como limite tolerável para a erosão do solo, verificamos que 60% da área da bacia hidrográfica de Vale do Gaio apresenta estimativas de perda de solo superiores a aquele valor. Quanto à classificação das ESAs, constata-se que 26% da área classifica-se como Crítica, ou seja, inclui áreas já bastante degradadas devido a um uso incorrecto no passado, e 68% da área é classifi-

cada como Frágil, isto é, onde qualquer alteração no delicado equilíbrio entre o meio natural e as actividades humanas poderá conduzir o ecossistema no sentido da desertificação.

A aplicação do modelo PESERA e da metodologia MEDALUS são exequíveis apesar de alguns dos dados de entrada terem sido extrapolados e os resultados obtidos carecerem de validação devido à inexistência de dados experimentais. Apresentam, no entanto, a vantagem de permitirem uma fácil comparação de resultados entre diferentes regiões, quer de Portugal quer da Europa. Seria útil proceder a campanhas de monitorização da erosão do solo, de modo a melhor fundamentar os resultados obtidos, tal como se procede na Grécia e em Espanha onde estas metodologias têm sido validadas com dados de campo.

AGRADECIMENTOS

São devidos ao projecto ENVironmental ASsessment of Soil for MONitoring – ENVASSO (EU Sixth Framework Research Programme, Contract No: 022713).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.
- 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 6th Framework Research Programme.
- 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., Yasoglou, 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.
- Kosmas, C., Kirkby, M. & Geeson, N., 1999. The MEDALUS Project: Mediterranean desertification and land use. Manual of Key indicators and mapping environmentally sensitive areas to desertification. EUR 18882 EN, 88pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Ramos, T. B., Gonçalves, M. C., Martins, J. C. & Pires, F. P., 2007. PROPSOLO – Base de dados georreferenciada de propriedades do solo. II Congresso Nacional de Rega e Drenagem, CD-ROM, 26 a 28 de Junho, Fundão.
- Rosário, L., 2004. Indicadores de Desertificação para Portugal Continental. Direcção Geral dos Recursos Florestais, Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas, pp. 56.
- Roxo, M. J., Mourão, J. M., Rodrigues, L. & Casimiro, P. C., 1999. Application of the proposed Methodology for defining ESAs: 3. The Alentejo region (Mértola municipality, Portugal). In: C. Kosmas, M. Kirkby & N. Geeson (eds.). The MEDALUS Project: Mediterranean desertification and land use. Manual of Key indicators and mapping environmentally sensitive areas to desertification. EUR 18882 EN, p.80-84. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weessies, 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). U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 703.
- Serviço de Reconhecimento e de Ordenamento Agrário. 1973. Carta de solos de Portugal. Classificação e caracterização dos solos de Portugal. II Volume. Dados analíticos das unidades pedológicas.

Boletim de solos nº 16. Secretaria de Estado da Agricultura, Ministério da Agricultura, pp. 252.
UNCCD, article 1, 1994. www.unccd.int
(último acesso 19/8/2007).

Wischmeier, W. H. & Smith, D. D., 1978.
Predicting rainfall erosion losses. USDA
Agricultural Research Service, Hand-
book 537.