

POTENCIAL EROSIVO DA PRECIPITAÇÃO E SEU EFEITO EM PORTUGAL CONTINENTAL

RAINFALL EROSIVE EFFECT IN PORTUGAL

Cláudia Brandão

Chefe de Divisão da Direcção de Serviços de Recursos Hídricos do Instituto da Água (INAG), Telf.: (0031) 218430340; e-mail: claudiab@inag.pt

Rui Rodrigues

Director de Serviços da Direcção de Serviços de Recursos Hídricos do Instituto da Água (INAG), Av. Almirante Gago Coutinho, 30, 1049-066 Lisboa, Portugal; Telf.: (0031) 218430300; e-mail: rrr@inag.pt

Teresa Manuel

Engenheira do Ambiente, Técnica Superior, tmanuel@inag.pt

RESUMO: O estudo muito completo das características das precipitações intensas levado a cabo no INAG nos últimos cinco anos — iniciado com a definição de curvas de intensidade-duração-frequência em 40 locais distribuídos pelo todo o território continental português (Brandão *et al.*, 2001) — possibilitou uma extensão do conteúdo informativo assim adquirido para um âmbito adicional respeitante à acção

erosiva da precipitação, permitindo tirar partido do enorme espólio de udogramas então digitalizados.

Para tal foi desenvolvida uma metodologia, baseada nos estudos de Wischmeier e Smith (1978) e Ferro, Giordano e Iovino (1991), que, apoiada em duas determinações complementares do factor de erosividade da precipitação da Equação Universal de Perda do Solo (R), expandiu o número de estimativas pontuais para apoio ao estabelecimento de superfícies de potencial de erosividade.

A aplicação da metodologia a 449 postos udométricos permitiu, assim, obter mapas geograficamente representativos do factor de erosividade da precipitação (mapas de isoerodentes da precipitação) para Portugal Continental.

Por fim, e como forma de verificação das estimativas de erosão específica decorrentes da metodologia utilizada, confrontaram-se os valores do assoreamento calculado com base nessas estimativas com os valores observados de assoreamento em algumas albufeiras do País, que convergiram na ordem de grandeza dos processos envolvidos.

Palavras-chave: Potencial erosivo; mapas de isoerodentes; assoreamento em albufeiras.

ABSTRACT: *The comprehensive study of the characteristics of intense precipitations carried out by INAG during the last five years – and which resulted in the definition of intensity-duration-frequency curves in 40 spots fairly distributed in the Portuguese territory (Brandão et al., 2001) – and the enormous of rain graph then digitize made possible the further research of the erosive action of the precipitation. To develop this research a methodology based on the studies of Wischmeier and Smith (1978) and Iron, Giordano and Iovino (1991) was implemented, supported in two complementary determinations of the erosivity factor of the precipitation in the Universal Equation of Soil Loss (R) as a way of widening the number of point estimates and thus allowing spatial characterization of the phenomena based on 449 rain gages maps of the rainfall erosivity (maps of isoerodents from precipitation) for Portugal were establish. The validation of estimates thus achieved was done by cross-checking with measured sedimentation data.*

Keywords: *Rainfall erosive; maps of isoerodents; sedimentation reservoirs.*

1. INTRODUÇÃO

A disponibilização de mapas do potencial erosivo da precipitação tem constituído um dos principais objectivos dos serviços da Administração de diversos países como forma de possibilitar a identificação de zonas mais vulneráveis à acção erosiva da chuva e permitir à comunidade científica e técnica a aplicação de metodologias de cálculo da erosão.

A dificuldade da disponibilização destas cartas é a que resulta da dificuldade de obter estimativas pontuais em número suficiente para apoiar uma interpolação credível do potencial erosivo da precipitação - dependente da disponibilidade de estações udográficas com registos longos.

Já existem algumas estimativas baseadas geralmente em proxis relacionados com o índice de Fournier mas não há propostas de estimação que considerem valores pluviométricos diários ou de resolução temporal inferior. Este estudo visa colmatar esta deficiência tendo por objectivo mapear o factor de erosividade da precipitação, R, da Equação Universal de Perda de Solo EUPS (Wischmeier e Smith, 1978), em Portugal Continental a partir de 449 estimativas pontuais.

O estudo pretendeu, também, avaliar o grau de influência de dois limites de truncatura, uma e duas polegadas de precipitação (25,4 ou 50,8 mm respectivamente), na individualização de eventos pluviosos a considerar no factor de erosividade da precipitação da Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) e na magnitude dos resultados da metodologia proposta por Wischmeier e Smith (1978).

A verificação dos resultados utilizou a comparação entre o assoreamento observado e a estimativa desse assoreamento

em doze albufeiras do País calculada com base na erosão específica dependente, por sua vez, do mapeamento do factor R.

2. PREPARAÇÃO DOS DADOS DE BASE

A metodologia utilizada foi baseada no estudo de Wischmeier e Smith (1978) e nas actualizações posteriores, com relevo para as adaptações introduzidas por Ferro, Giordano e Iovino (1991) na sua aplicação à Sicília, permitindo estender as estimativas do factor de erosividade da precipitação, R, da Equação Universal de Perda do Solo, de 40 para 449 locais de Portugal Continental.

Os 449 locais correspondem a implantações de postos udométricos com, pelo menos, 30 anos completos de registos de precipitação diária desde o início de funcionamento até ao ano hidrológico 1994/95. Dos 449 postos, 61 % têm séries de precipitação máxima diária anual com mais de 50 anos.

Os registos nos postos analisados foram sujeitos a uma avaliação de qualidade visando verificar a consistência da série das precipitações anuais. Os testes de consistência incluíram duplas acumulações e do teste do Número de Extremos Locais (Brandão e Hipólito, 1997).

Uma das séries rejeitadas pelo teste do Número de Extremos Locais (teste de aleatoriedade ou de não homogeneidade) foi a do posto da Barragem de Guilhofrei que, sujeita à análise dos valores aberrantes, foi amputada de dois valores (dois máximos diários de 500 mm), possibilitando, assim, a inclusão dessa série na análise das precipitações máximas diárias anuais.

3. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO FACTOR DE EROSIVIDADE DA PRECIPITAÇÃO, R

Para estimar o factor erosivo da precipitação em 449 locais de registo meramente udométrico foi necessário recorrer primeiro à análise dos registos da rede udográfica de base para o estudo das precipitações intensas em Portugal, composta por 40 postos udográficos (Figura 1). Destes, 24 foram já completamente analisados estando dezasseis em processo de digitalização sistemática de registos pluviométricos contínuos (udogramas) ou já em fase de transformação em suporte digital, fase que possibilita o teste de várias hipóteses de separação de eventos pluviosos.

Seleccionaram-se, para cada posto udográfico, dois grupos de eventos pluviosos, cruciais na metodologia de determinação do factor de erosividade da precipitação: um cuja precipitação total fosse igual ou superior a uma polegada (25,4 mm) e outro com precipitação igual ou superior a duas polegadas (50,8 mm). Por evento pluvioso entendeu-se o evento precedido de um intervalo de tempo de pelo menos seis horas sem precipitação.

Os limites de truncatura, bem como a definição dos eventos pluviosos propostos basearam-se na metodologia proposta por Huff (1967) para análise da distribuição



Figura 1 – Localização dos postos udográficos pertencentes à rede proposta para análise das precipitações intensas, com identificação por código dos postos da rede de monitorização de recursos hídricos do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do desenvolvimento Regional (Brandão, Rodrigues e Pinto da Costa, 2001).

temporal das precipitações intensas, metodologia já anteriormente aplicada a Portugal (Brandão *et al.*, 2001).

A metodologia de Huff selecciona como eventos aqueles cuja média da precipitação registada numa rede udométrica com 49 postos, distribuídos por uma área de 1036 km², fosse superior a meia polegada (12,7 mm) ou aqueles cujos registos em um ou mais postos fossem superiores a uma polegada (25,4 mm).

Tendo em consideração a maior abrangência espacial da rede udográfica portuguesa relativamente à analisada por Huff, o primeiro critério de selecção de eventos pluviosos (baseado na média da precipitação registada) não se mostrou indicado já que implicaria a exclusão de eventos pluviosos intensos muito localizados e característicos de algumas regiões do país (por exemplo na Serra Algarvia, na Serra da Estrela ou no interior sul).

Assim, foi utilizado o segundo critério de selecção de eventos pluviosos baseado no nível de truncatura de 25,4 mm em cada posto udográfico. Mas, como forma ainda de verificar a adequabilidade da magnitude do nível de truncatura nas estimativas do factor de erosividade da precipitação, R, foi testado ainda outro limite: onde os eventos pluviosos tivessem precipitação de pelo menos 50,8 mm.

No entanto, estes limites não são os considerados em Wischmeier (1959) e Wischmeier e Smith (1978) que, na

selecção dos eventos pluviosos a considerar na estimativa do factor de erosividade da precipitação, adoptaram precipitação total igual ou superior a meia polegada. Este limite de truncatura representa, segundo Wischmeier (1959), 94 % da perda de solo que ocorre em parcelas ocupadas, na época de verão, por alqueive (terra lavrada deixada em pousio).

Considerando que o objectivo deste estudo é produzir estimativas pontuais de “amarração” de superfícies de erosividade da precipitação (adequadas à especificidade do regime pluviométrico em Portugal), para posterior comparação entre as estimativas de assoreamento em albufeiras a partir dos processos de erosão e deposição nas suas bacias drenantes e o assoreamento realmente verificado, julgou-se adequado utilizar um limite de truncatura superior a meia polegada, visto assim se considerar uma situação mais favorável ao fenómeno da erosão (já que o solo em alqueive não proporciona qualquer protecção).

Os eventos pluviosos seleccionados foram divididos em intervalos de 5 min e caracterizados pelos seguintes parâmetros: precipitação em cada intervalo de 5 min; intensidade de precipitação em cada intervalo de 5 min; e intensidade máxima de precipitação num intervalo de tempo de 30 min (intervalo crítico). Adicionalmente, para cada evento seleccionado, identificado por um início e fim, determinou-se a precipitação e a duração total.

O passo de tempo de 5 min foi considerado o ideal na definição da chuvada crítica de 30 min já que para metade do intervalo crítico (ou seja, para 15 min), as estimativas do factor de erosividade da precipitação são em média cerca de metade das obtidas com integrações de 5 min (Costa *et al.*, 1997), e para intervalos ao minuto não é significativo o acréscimo de definição da magnitude desse factor R. As diferenças no intervalo de tempo utilizadas na discretização do evento pluvioso (hietograma) conduzem a diferentes estimativas de intensidade de precipitação máxima em 30 min (Figura 2).

Este procedimento permitiu obter para o factor de erosividade da precipitação, R, segundo a expressão de Wischmeier e Smith (1978):

$$E_i = (12,13 + 8,9 \text{LOG}(I_i))h_i \quad R = \frac{\sum_{i=1}^n E_i I_{30}}{1735} \quad (1)$$

sendo E_i , a energia cinética libertada por cada evento pluvioso (t/ha); I_i , a intensidade de precipitação para cada intervalo de tempo de 5 min do evento pluvioso (mm/h); h_i , a precipitação para cada intervalo de tempo de 5 min do evento pluvioso (mm) e I_{30} , a intensidade máxima em 30 min do evento pluvioso (mm/h).

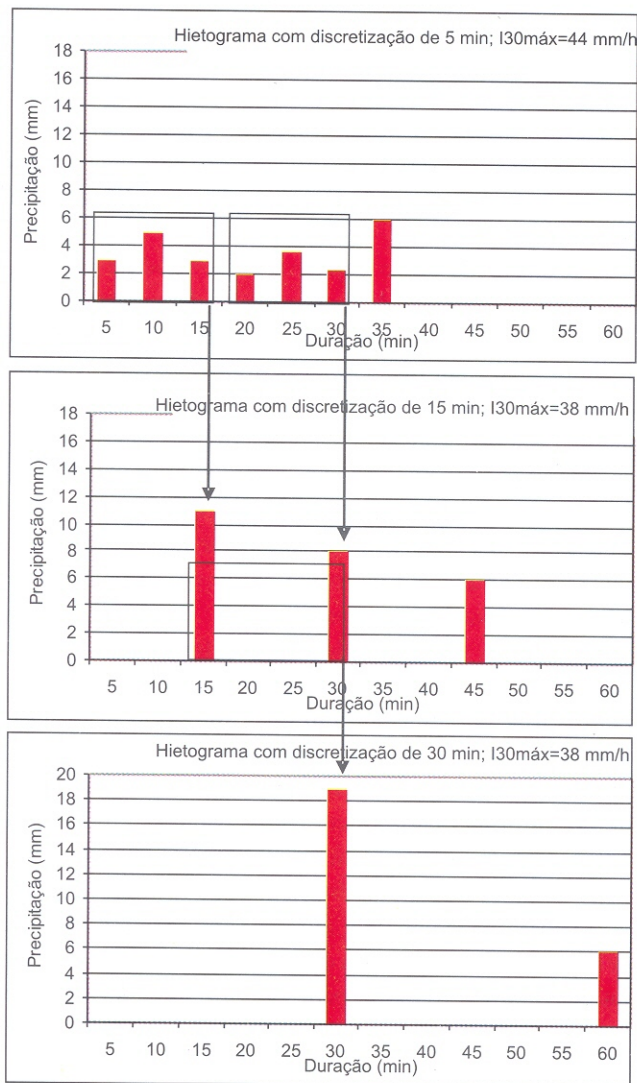


Figura 2 – Exemplo do efeito de três integrações temporais (5 min, 15 min e 30 min) no valor de I_{30} máximo (44 mm/h, 38 mm/h e 38 mm/h).

Utilizando a metodologia de Wischmeier e Smith (1978) foram elaborados dois tipos de mapas de isoerodentes de precipitação:

- Mapa de isolinhas do factor de erosividade médio anual da precipitação (\bar{R}). A determinação do factor médio anual utilizou as seguintes equações:

$$\bar{R} = \frac{I}{N} \sum_{j=1}^N R_{anual} \quad ; \quad R_{anual} = \sum_{i=1}^M R_i \quad (2)$$

sendo R_i o factor de erosividade da precipitação para cada evento pluvioso seleccionado i ocorrido durante o ano hidrológico j ; M , o número de eventos pluviosos seleccionados num determinado ano hidrológico j e N , o número de anos hidrológicos analisados.

- Mapa de isolinhas do factor de erosividade médio dos eventos pluviosos (\bar{R}_e). A determinação do factor médio do conjunto de eventos pluviosos baseou-se na aplicação de:

$$\bar{R}_e = \frac{I}{P} \sum_{k=1}^P R_k \quad (3)$$

sendo R_k o factor de erosividade da precipitação para cada um dos eventos pluviosos seleccionados (k) e P , o número desses eventos.

Os mapas de isolinhas foram determinados para os dois grupos de eventos pluviosos seleccionados, associados aos dois limites de truncatura adoptados, tendo sido definidos quatro mapas de isoerodentes de precipitação: dois referentes ao factor de erosividade médio anual da precipitação e dois, ao factor de erosividade médio dos eventos pluviosos.

Por fim, visando obter maior definição no traçado das isolinhas das estimativas de R , recorreu-se ao procedimento proposto por Giordano e Iovino (1991), relativo à mobilização da informação udométrica simples para suplementação espacial de informação erosiva da precipitação. Este procedimento recuperara uma estratégia de suplementação, que já remonta ao trabalho de Wischmeier e Smith (1978), baseada na forte correlação entre a precipitação ocorrida em 6 h, associada ao período de retorno de 2 anos, e o factor de erosividade médio anual da precipitação, R , traduzia segundo Giordano e Iovino (1991) pela seguinte equação matemática:

$$R = a P_{6,2}^2 \quad (4)$$

sendo R o factor de erosividade da precipitação; $P_{6,2}$, a precipitação com duração de 6 h e período de retorno de 2 anos; e a , o parâmetro resultante do ajustamento.

Apesar de não ser muito comum a disponibilização de precipitações em 6 h, estas podem ser correlacionadas com as precipitações diárias (Brandão *et al.*, 2001). O mapa de isolinhas para Portugal Continental da relação entre a precipitação em 6 h e a precipitação diária, associada ao período de retorno de 2 anos (Figura 3) está disponível no site do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (<http://snirh.pt>).

As precipitações diárias para o período de retorno de 2 anos, nos 449 postos, foram determinadas a partir dos parâmetros da função de distribuição de probabilidade Gumbel (lei de extremos tipo I) obtidos no estudo de Brandão e Hipólito (1997). A partir dessas estimativas e do mapa da Figura 2 determinaram-se as precipitações com duração de 6 h e o período de retorno de 2 anos.

Para obter estimativas de erosividade da precipitação espacialmente enriquecidas recorreu-se à relação entre a precipitação com a duração de 6 h e o período de retorno de

2 anos e o factor de erosividade médio anual da precipitação (equação 4). Produziram-se, então, quatro mapas de isoerodentes médios anuais da precipitação (\bar{R}): dois provenientes das estimativas directas baseadas nos 24 postos udográficos com registos já digitalizados e processados e dois provenientes de estimativas indirectas baseadas em 449 postos, considerando os dois grupos de eventos pluviosos associados aos dois níveis de truncatura.

A validação dos mapas de isoerodentes da precipitação, para Portugal Continental foi efectuada com base em doze secções correspondentes a doze albufeiras, através da comparação entre o assoreamento aí observado nas albufeiras e o estimado pela EUPS a partir da erosão específica.

O assoreamento estimado nas albufeiras (ASS) é igual ao produto entre:

- erosão específica, A (Wischmeier e Smith, 1978) determinada pela EUPS ponderada pela perda de solo específico;
- razão de cedência dos sedimentos, SDR (SCS, 1971, in Cardoso, 1984, in Michell *et al*, 1980);
- eficiência da retenção dos sedimentos nas albufeiras, CT, função da área da bacia hidrográfica na secção da barragem e da capacidade de armazenamento da albufeira (Bruñe, 1953).

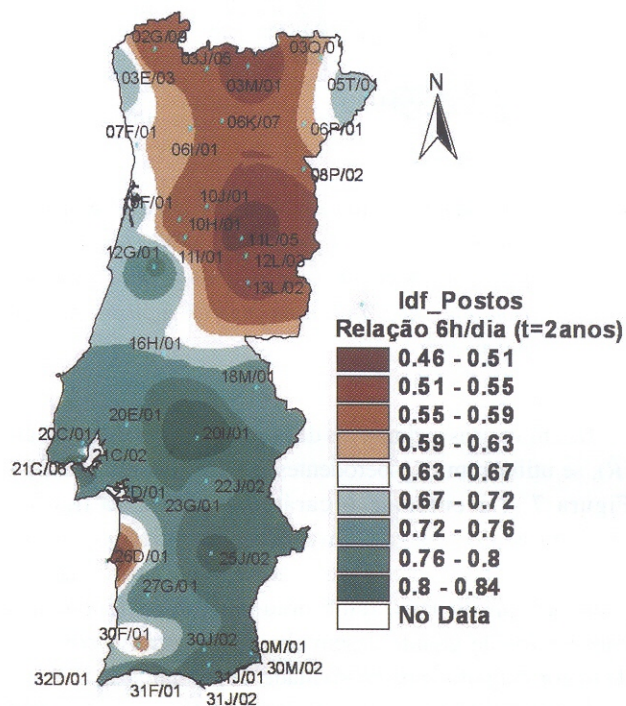


Figura 3 – Localização dos 40 postos udográficos com registos já digitalizados e isolinhas da relação entre a precipitação ocorrida em 6 horas e a diária para o período de retorno de 2 anos.

Assim, a equação que fornece ASS é dada por:

$$ASS=A*SDR*CT_{(C/W)} \tag{5}$$

As estimativas de assoreamento recorreram ao factor de erosividade médio anual da precipitação dos dois grupos de eventos pluviosos: com precipitação igual ou superior a 25,4 mm (uma polegada); e com precipitação igual ou superior 50,8 mm (duas polegadas).

O factor da erosividade médio anual da precipitação (\bar{R}), bem com os restantes factores envolvidos na estimativa da erosão específica pela EUPS - K (factor relativo à erodibilidade dos solos, Pimenta, 1999), LS (factor topográfico), C (factor relativo ao tipo de culturas e sua sequência, Pimenta, 1999) e P (factor antrópico) - foram estimados de forma ponderada na bacia hidrográfica relativa a cada albufeira.

4. RESULTADOS E ANÁLISE

As equações que, para Portugal Continental, traduzem a relação entre a precipitação com duração de 6 h e o período de retorno de 2 anos, $P_{6,2}$, e o factor de erosividade médio anual da precipitação, \bar{R} , são dadas por - Figura 4:

$$R = 0,1442 P_{6,2}^{2,2} \text{ para eventos pluviosos com precipitação superior a 25,4 mm} \tag{6}$$

$$R = 0,1174 P_{6,2}^{2,2} \text{ para eventos pluviosos com precipitação superior a 50,8 mm} \tag{7}$$

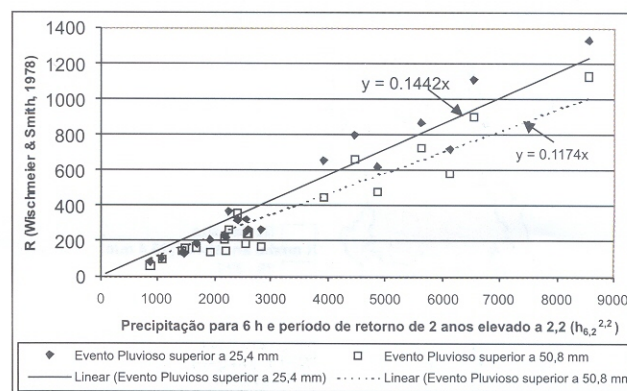


Figura 4 – Relação entre o factor de erosividade médio anual da precipitação, R, e precipitação com duração de 6 h e o período de retorno de 2 anos (eventos pluviosos com precipitações iguais ou superiores a 25,4 mm e a 50,8 mm).

Nas Figuras 5 e 6 apresentam-se os isoerodentes médios anuais da precipitação baseados em 24 postos e em 449 postos, estes últimos, correspondentes a postos com mais de 30 anos de registo de precipitação até ao ano de 1993/94.

Comparando os isoerodentes médios anuais da precipitação obtidos nos dois grupos de eventos pluviosos (Figuras 5 e 6) verifica-se que os valores de erosividade da precipitação decrescem em média 18 % quando se passa do limiar de truncatura de 25,4 mm para o valor mais exigente de 50,8 mm, que decorre da menor totalização de eventos com um limiar mais exigente. É na região do Alto Minho e na zona montanhosa central que se registam os maiores isoerodentes médios anuais da precipitação (zonas onde a passagem sucessiva de sistemas frontais vindos de NO são continuamente estimulados pela topografia).

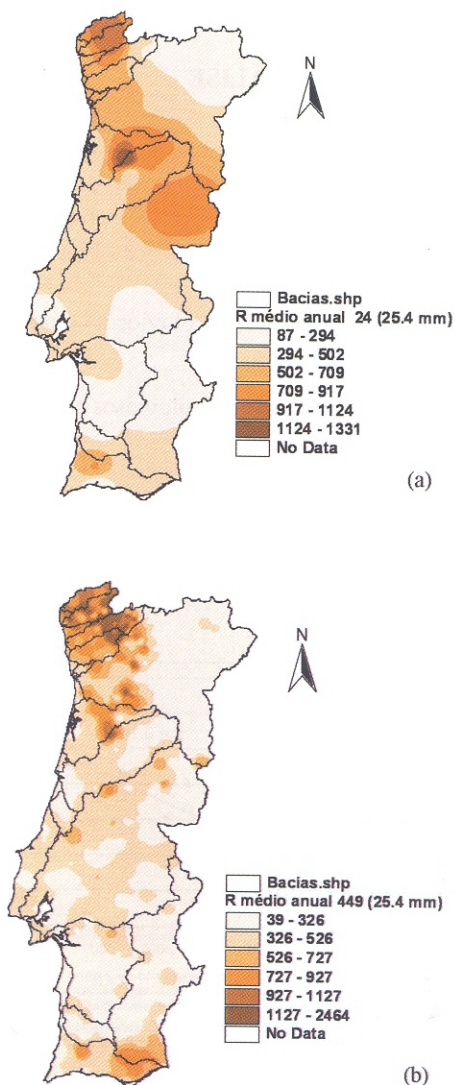


Figura 5 – Isoerodentes médios anuais da precipitação, estimados com base em: (a) 24 postos udográficos e (b) 449 postos udométricos, considerando eventos pluviosos com precipitação igual ou superior a 25,4 mm (uma polegada).

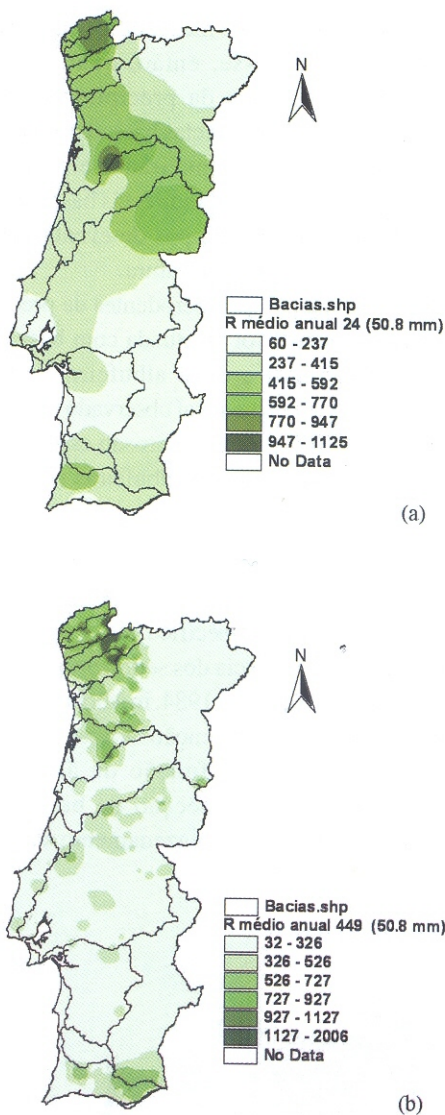


Figura 6 – Isoerodentes médios anuais da precipitação, estimados com base em: (a) 24 postos udográficos (a) e (b) 449 postos udométricos, considerando eventos pluviosos com precipitação igual ou superior a 50,8 mm (duas polegadas).

Se em vez das estimativas de isoerodentes médios anuais (\bar{R}), se utilizarem os isoerodentes médios de eventos (\bar{R}_e) - Figura 7 -, acentua-se o carácter erosivo do tipo de precipitação dominante (convectivo, orográfico, ciclónicas ou mistas) e não o efeito cumulativo anual, aparecendo as zonas do sul do País, onde predominam os fenómenos convectivos de grande desenvolvimento vertical, como as de maior magnitude de erosividade da precipitação.

Comparando os isoerodentes médios dos eventos pluviosos obtidos nos dois grupos de eventos pluviosos verifica-se que estes crescem em média 49 % quando se passa da estimativa de truncatura de 25,4 mm para 50,8 mm, facto que decorre do contributo para a média de eventos em menor número mas com maior magnitude.

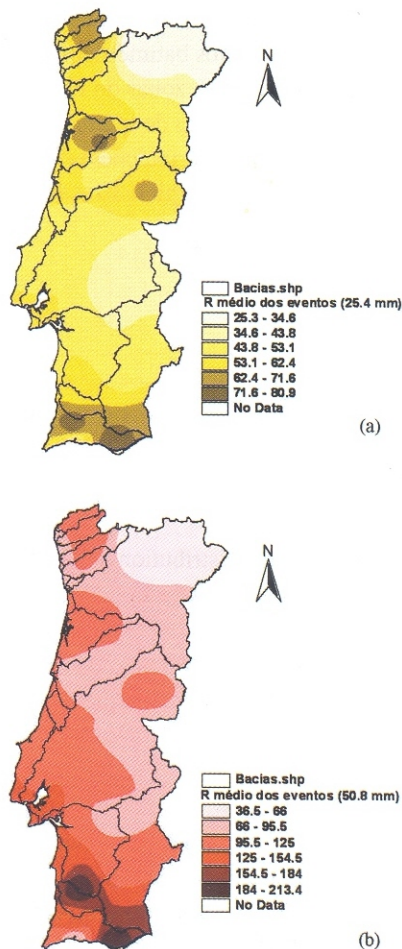


Figura 7 – Isoerodentes médios dos eventos pluviosos obtido através da média dos eventos pluviosos, estimados para 24 postos udográficos, considerando eventos pluviosos com precipitação superior a (a) 25,4 mm e (b) 50,8 mm.

5. VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

A validação das estimativas do factor erosivo da precipitação, \bar{R} , baseou-se na confrontação entre os assoreamentos reportados em inúmeras fontes (Alvares, *et al.*, 2001; Cardoso, J., 1985 e 1986; LNEC, 1986; Loureiro, 1987) e os assoreamentos estimados pela metodologia descrita no ponto 3, equação (4), para doze albufeiras do País.

A Figura 8 resume os resultados obtidos sendo visível a concordância generalizada entre os valores observados e as duas estimativas. Exceptuam-se dois casos em que os valores ditos “observados” merecem alguma reserva, nomeadamente o assoreamento na albufeira de Montargil, obtido apenas dois anos após o início do enchimento e como tal muito susceptível a erro, quer pelo curto período de observação, quer pela dependência do grau de hidraulicidade desse período (e seu potencial erosivo); e o assoreamento na albufeira da Bravura no Odeáxere, onde o valor é insignificante, apesar de corresponder a um período de 27 anos.

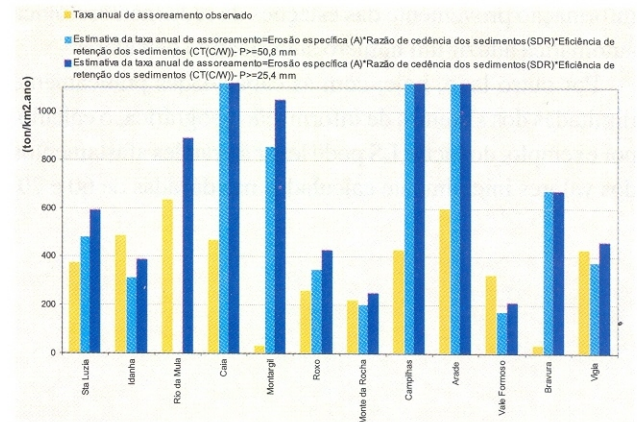


Figura 8 – Comparação entre os assoreamentos observados e os estimados.

Relações regionais parecem indicar que os valores observados que se deveriam esperar em Montargil e Bravura deveriam ser da ordem de grandeza de, respectivamente, 1000 e 300 ton/km².ano.

As estimativas de assoreamento obtidas recorrendo aos eventos pluviosos superiores a 25,4 mm e 50,8 mm são mais elevadas, em média, respectivamente 44% e 15%, do que os valores observados de assoreamento; o desvio quadrático médio em relação aos valores observados é de 651 ton/km².anos e 254 ton/km².ano, respectivamente. As albufeiras para as quais se obtiveram estimativas de assoreamento mais consentâneas com os levantamentos batimétricos, ainda que confinadas ao universo sedimentológico conhecido, abrangem uma região que vai de Sta. Luzia e Idanha, mais a norte, até Monte da Rocha e Vigia, mais a sul. As excepções ficaram a dever-se a regiões montanhosas onde a cobertura udométrica, ainda que superior à udográfica, é ainda deficiente quanto à representatividade geográfica dos eventos pluviosos, acentuando excessivamente a erosão específica.

6. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Com base no mapeamento do factor de erosividade média anual da precipitação (\bar{R}) e através da metodologia descrita, obtêm-se perdas de solo específico balizadas com dados de sedimentologia, e isto apesar da sua generalização a extensas áreas drenantes (ao invés de encostas e parcelas experimentais).

Assim sendo, os mapas de isoeodentes de precipitação estimados poderão ser utilizados em estudos sobre erosão, perda de solo e assoreamento no território continental.

Estas estimativas correspondem à utilização da maior quantidade de informação udográfica, disponível até ao presente momento em formato digital. O programa em curso de digitalização de udogramas históricos irá brevemente permitir um maior detalhamento espacial do factor erosivo da precipitação, que será ainda mais detalhado quando a

informação proveniente das estações da rede meteorológica automática aduzir um número significativo de valores.

Por outro lado, hoje, com as capacidades praticamente ilimitadas dos sistemas de informação geográfica, o cálculo, por exemplo, do factor LS pode levar a grandes afastamentos dos valores inicialmente calculados nas décadas de 60 e 70.

Por outro lado, com mais dados de sedimentologia, obtidos através de novos levantamentos batimétricos, será possível estender as verificações a novas zonas do País e, ao mesmo tempo, começar a tratar os valores de sedimentação em cada albufeira como elementos de distribuições estatísticas, o que permitirá mais facilmente a sua regionalização.

BIBLIOGRAFIA

- ALVARES, T, FERNANDES, S., MARIANO, A., PIMENTA, M. E VERÍSSIMO, M. (2001). "Monitorização Batimétrica em Albufeiras". Secção temática nº 6 do ESIG2001, Lisboa, Novembro.
- BRANDÃO, C. RODRIGUES, R. E PINTO DA COSTA, J. (2001). "Análise de Fenómenos Extremos. Precipitações Intensas em Portugal Continental", Sistema Nacional De Informação de Recursos Hídricos, <http://snirh.pt>, Dezembro.
- BRANDÃO, C. E HIPÓLITO JOÃO (1997). "Análise da Precipitações para o Estudo de Cheias em Portugal", 3º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa, Polana, Maputo (Moçambique).
- BRUNE, G. M. (1953). "Trap Efficiency of Reservoirs", Transactions, American Geophysical Union, Vol. 34, nº 3, June.
- CARDOSO, J. (1984). "A Erosão de Bacias Hidrográficas e o Assoreamento de Albufeiras", Dissertação para obtenção de grau de Doutoramento.
- CARDOSO, J. (1985). "A Erosão de Bacias Hidrográficas e o Assoreamento de Albufeiras. Estudo-Piloto de um Caso Português", Boletim da secção autónoma de Geotecnia, GeoTécnico, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e tecnologia, nº 1 Dezembro.
- COSTA, C.; RUI RODRIGUES E BRANDÃO C. (1997). "Expressões Regionais para o Cálculo de Precipitações Extremas e seu Efeito Erosivo em Bacias Montanhosas deficientemente Monitorizadas. Caso do Maciço da Serra da Estrela", Poster in "IV Congresso Nacional dos Engenheiros do Ambiente".
- FERRO, V. E GIORDANO, G. E IOVINO, M. (1991). "Isoerosivity and Erosion risk map for Sicily", Hydrological Sciences, Journal des Sciences Hydrologiques, 36,6, December.
- HUFF, F. A. (1967). "Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms". Water Resources Research , Vol. 3, Nº. 4.
- LNEC (1986). "Métodos de Previsão da erosão Hídrica Continental. Aplicabilidade das Equações de Fournier em Portugal", Relatório 66/86-NHFF, Lisboa, Março.
- LOUREIRO, J. (1987). "Breves Notas Sobre as Medições de Transporte Sólido em Suspensão e Arrastamento e Dos Estudos do assoreamento de Albufeiras em Portugal", DGRAH, Madrid, Maio.
- MITCHELL, J. K. E BUBENZER, G. D. (1980). "Soil Erosion", Chapter 2-Soil loss estimation, Edited by M, J. Kirkby and R. P. C. Morgan, John Wiley and Sons Ltd.
- PIMENTA, M. T. (1999). "Directrizes para a Aplicação da Equação Universal de Perda dos Solos em SIG. Factor de Cultura, C, e Factor de Erodibilidade do Solo, K", <http://snirh.pt> (opção Relatórios Técnicos, Erosão e Assoreamento).
- USDA-SCS (1971). "Sediment sources, yields and delivery ratios", Engineering Handbook, Washington D.C.
- WISCHMEIER, W. H. (1959). "A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation", Soil Science Society of America, Proceedings 23:246-249.
- WISCHMEIER E SMITH (1978). "Predicting Rainfall Erosion Losses", U.S. Department of Agriculture in Cooperation With Agriculture Experiment Station, A Guide to Conservation Planning, Supersedes Agriculture Handbook nº 282.
- WITZIG, B. (1852). "Sedimentation in Reservoirs", American Society of Civil Engineers, November, pp. 793-985.