

EXPERIMENTOS E MONITORAMENTOS EM EROÇÃO DOS SOLOS

Antonio José Teixeira Guerra

Resumo: O presente trabalho aborda a temática relacionada a experimentos e monitoramentos em erosão dos solos, tendo em vista que tem sido através dessas técnicas que o campo de conhecimento relativo aos processos erosivos tem tido um grande avanço. Com o avanço das técnicas citadas pode-se aprofundar o conhecimento sobre a erosão dos solos, propiciando conseqüentemente o avanço dessas técnicas. Uma série de exemplos e estudos de casos foi aqui abordada, não só com o objetivo de ilustrar o tema em questão, mas também para chamar a atenção da necessidade e da importância que essa temática possui num campo mais abrangente, que é a Geografia Física. Dessa forma, é preciso destacar que a abordagem aqui dada para essa temática refere-se ao que os geomorfólogos vêm desenvolvendo nesse campo de conhecimento, procurando entender como a dinâmica do processo erosivo se dá, levando em conta variáveis climáticas, geomorfológicas, pedológicas, hidrológicas e também as relativas ao uso da terra e cobertura vegetal, que são de grande importância na detonação dos processos erosivos.

Palavras-chave: Erosão Dos Solos; Monitoramento; Experimentos.

Introdução

O estudo dos processos erosivos vem sendo feito há diversas décadas, em todo o mundo. Para tal, os pesquisadores têm lançado mão de uma série de métodos e técnicas, dependendo dos objetivos do estudo, dos recursos humanos e financeiros disponíveis, das condições climáticas, dos tipos de solos, das condições ambientais e de outras características relevantes para o tema em questão (MORGAN, 1978, 1985, 1986 e 2005; WISCHMEIER e SMITH, 1978; BRYAN e DE PLOEY, 1983; BOARDMAN e ROBINSON, 1985; DE PLOEY, 1985; GOVERS e POESEN, 1988; MUTTER e BURNHAM, 1990; GUERRA, 1994, 1996, 2002 e 2005; GUERRA e MENDONÇA, 2004; FULLEN e CATT, 2004).

Inicialmente é preciso diferenciar monitoramento de experimento. O primeiro refere-se às mensurações sistemáticas de um processo erosivo, sendo necessárias as coletas de dados, em intervalos que podem ser fixos, ou não, dependendo do que está sendo estudado. Enquanto que os experimentos referem-se a ensaios, que podem ser de laboratório ou não, não havendo a obrigatoriedade de coletas em determinados intervalos de tempo. Nesse trabalho serão abordados apenas exemplos dessas técnicas de estudo de processo erosivo causado pela água.

Apesar de existir uma variedade muito grande de técnicas de experimento e monitoramento, foram selecionados aqui apenas aqueles que têm sido mais utilizados no Brasil e no mundo, como um todo. As técnicas de experimento que foram abordadas nesse

artigo referem-se, principalmente, ao uso dos simuladores de chuva e às chamadas *splash cups*, aqui traduzido por bandejas de salpicamento, enquanto que para as técnicas de monitoramento, foram selecionadas as estações experimentais, o monitoramento de voçorocas e os pinos de erosão, apesar de existirem várias outras.

FULLEN e CATT (2004) destacam que é fundamental que os solos sejam conservados para as atuais e futuras gerações. A partir da preocupação mundial dos problemas que a erosão dos solos tem causado, tanto nos países desenvolvidos, como naqueles em desenvolvimento, o PNUMA (Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente), criou um projeto denominado *GLASOD (Global Assessment of Soil Degradation)*, cuja melhor tradução seria – Acesso Global da Degradação dos Solos. Esse projeto foi coordenado principalmente pela Universidade de Wageningen, na Holanda e resultou numa publicação, em 1990, intitulada *Mapa Mundial do Status de Indução Humana da Degradação dos Solos*. O GLASOD estimou que existe uma perda anual de solo agrícola, por erosão, da ordem de 6 a 7 milhões de hectares. Essa estimativa não seria possível se o GLASOD não tivesse usado, nos seus estudos, uma série de dados referentes a estações experimentais e outros dados empíricos, resultantes de monitoramentos, distribuídos em várias partes do mundo. Isso, por si só já explicaria a importância da adoção de técnicas de monitoramento e experimento, espalhadas por quase todos os países onde o problema da erosão dos solos existe.

1 Lab. de Geomorfologia Ambiental e Degradação dos Solos. Departamento de Geografia – UFRJ. www.lagesolos.ufrj.br; antoniotguerra@gmail.com

Técnicas de monitoramento

A coleta de dados sobre erosão dos solos pode ser obtida em laboratório ou diretamente no campo, dependendo dos objetivos da pesquisa. Como afirma MORGAN (2005), para a obtenção mais realística dos dados as mensurações de campo são mais apropriadas, mas ao mesmo tempo podem ser mais difíceis de serem obtidas, em função das mudanças e interferências que ocorrem no campo.

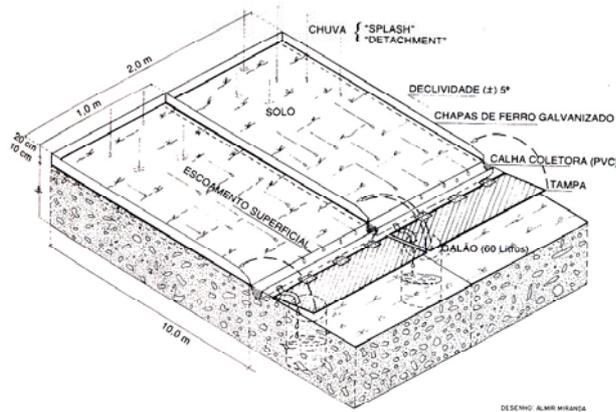


Figura 1 Parcela para monitoramento de runoff. Fonte: Guerra (2002).

Apesar da grande variedade de técnicas de monitoramento, para esse artigo foram selecionados apenas o monitoramento da erosão dos solos feito através das estações experimentais, o monitoramento de voçorocas, feito por meio de estacas que são colocadas ao redor das voçorocas, e os pinos de erosão, que são colocados no solo, para monitorar a perda de solo por erosão em lençol.

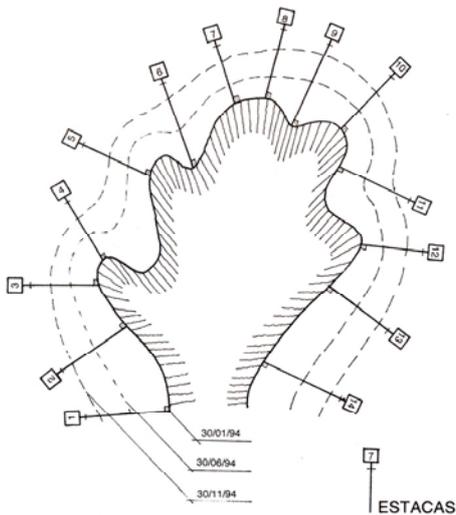


Figura 2 Monitoramento de voçoroca. Fonte: Guerra (2002).

No que diz respeito ao monitoramento feito por meio das estações experimentais, existem centenas de exemplos espalhados pelo mundo todo e os mais notáveis são aqueles que foram adotados nos Estados Unidos com o objetivo de se chegar à Equação Universal de Perda de Solo (USLE – *Universal Soil Loss Equation*), bem discutida por WISCHMEIER e SMITH (1978) e adotada em uma infinidade de trabalhos no mundo inteiro.

Não há regras específicas quanto às dimensões de cada parcela, numa estação experimental, mas MORGAN (1986, 2005) e GUERRA (1991, 2002) apontam que as parcelas deveriam ter no mínimo 10 metros de comprimento e 1 metro de largura, para que seja possível mensurar as perdas de solo que acontecem a cada evento chuvoso, quando este promove escoamento superficial.

Toda estação experimental deve ter próxima a ela, ou mesmo fazendo parte dela um pluviômetro ou, se for possível, um pluviógrafo, para que sejam registrados os totais pluviométricos diários ou a cada minuto, permitindo assim a determinação da intensidade da chuva, o que torna possível fazer associações com as perdas de água e solo.

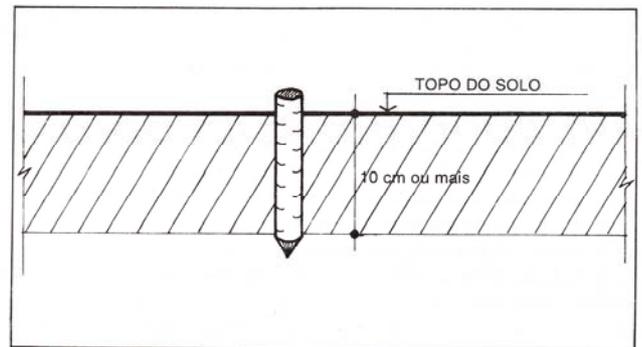


Figura 3 Pino de erosão visto em perfil. Fonte: Guerra (2002).

Existem várias maneiras de se instalar uma estação experimental (Fig. 1) e a literatura apresentada nesse artigo possibilita ao leitor se aprofundar no tema. O mais importante a destacar aqui é que algumas características e princípios básicos devem ser levados em conta pelo pesquisador: 1. as parcelas devem ter largura e comprimento iguais, para que seja possível a comparação entre elas; 2. é indispensável a existência de um pluviômetro, pelo menos, ou pluviógrafo, como destacado anteriormente; 3. devem ser feitos diferentes tratamentos em cada uma das parcelas; 4. elas devem ser separadas por madeira, ferro galvanizado, pequenas muretas, ou algum outro tipo de material; 5. devem ser colocados galões coletores de água e sedimento, na

parte mais baixa de cada parcela; 6. antes de atingir o coletor, o material chega até uma calha, a mais conhecida é a *Gerlach Trough* (calha de Gerlach), que deve estar protegida contra a ação direta das gotas de chuva; 7. as coletas de água e sedimentos devem ser diárias, se possível, ou pelo menos semanais. Essas são apenas algumas regras gerais, mas dependendo do local e dos objetivos da estação experimental, outros princípios podem ser adotados.

Além do que já foi mencionado, as estações experimentais devem ocupar segmentos das encostas onde não haja muita rugosidade do terreno, caso contrário, fica muito difícil sua montagem, bem como sua manutenção.

Uma outra regra a ser observada é que uma vez instalada uma estação experimental, é preciso evitar o pisoteio sobre as parcelas pois o valor da densidade aparente será alterado, devido à compactação. Ou seja, as estações devem ficar em locais onde o público não tenha acesso ou, então, devem ser cercadas para garantir a sua integridade durante o monitoramento (DE PLOEY, 1985; MORGAN, 1986, 2005; GUERRA, 1991, 1996, 2002; FULLEN e CATT, 2004).

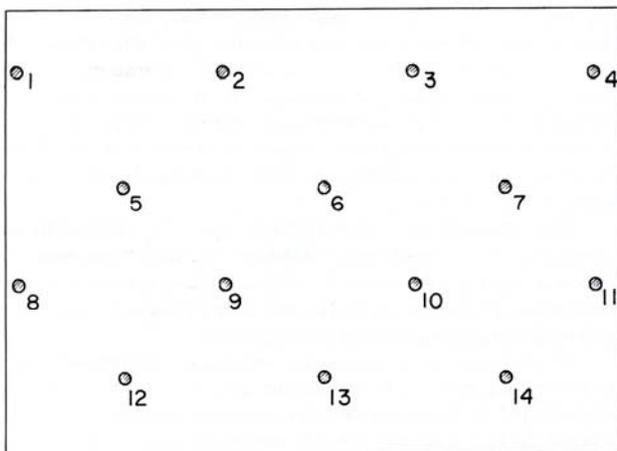


Figura 4 Rede de pinos, vista em planta. Fonte: Guerra (2002).

Apesar da eficiência que as estações experimentais têm demonstrado em várias partes do mundo, é preciso que seja também possível extrapolar os resultados para áreas maiores, mas isso deve ser feito com muita cautela, para que os dados não sejam subestimados ou superestimados. Isso depende de como a estação foi implantada e como o monitoramento foi feito, bem como da sua duração.

Com relação ao monitoramento de voçorocas, existe uma infinidade de formas para que seja realizado e, mais uma vez, a

literatura nacional e internacional é bem vasta (MORGAN, 1986 e 2005; MUTTER e BURNHAM, 1990; GUERRA, 1991, 2002 e 2005; FULLEN e CATT, 2004).

As voçorocas são formas resultantes de processos erosivos acelerados que evoluem no tempo e no espaço. Dessa maneira, para se conhecer como e para onde estão evoluindo, é necessário fazer o seu monitoramento. Existem diversas formas de avaliar a sua evolução. Nesse artigo é proposta uma maneira de se monitorar as voçorocas, colocando-se estacas no solo, ao redor das voçorocas, afastadas uma das outras cerca de 20 metros (esse afastamento pode ser maior caso a dimensão da voçoroca seja quilométrica), com afastamento de pelo menos 10 metros das bordas da voçoroca. Após a colocação dessas estacas é preciso que se faça um esquema da distribuição espacial das estacas e seja medida a distância de cada estaca até a borda da voçoroca. A cada dois ou três meses (ou com uma periodicidade relacionada à distribuição temporal das chuvas) retorna-se ao local e realiza-se nova medição. Com isso, pode-se traçar com um bom grau de precisão a evolução da voçoroca (Fig. 2), no tempo e no espaço. Essa evolução pode estar associada com a distribuição das chuvas, com as propriedades do solo, com a cobertura vegetal, com o uso e manejo da terra, etc.

Os pinos de erosão são uma outra técnica barata e simples de se monitorar o processo erosivo, relacionado, nesse caso, ao escoamento superficial difuso, que provoca erosão em lençol (*sheet erosion*). Vários autores propõem diferentes formas de se monitorar esse processo, mas destacamos aqui as técnicas sugeridas por DE PLOEY e GABRIELS (1980), MORGAN (1986, 2005) e GUERRA (1996, 2002). Basta escolher uma encosta (de preferência sem cobertura vegetal) e cravar no solo os pinos (Fig. 3) numerados (que podem ser de vergalhão ou pregos). Tudo deve ser plotado num diagrama, para se saber exatamente a sua distribuição espacial (Fig. 4). O monitoramento dos pinos de erosão consiste em voltar à área de estudo (de preferência após cada evento chuvoso significativo) e medir o quanto o pino está ficando exposto em relação ao solo (as medidas podem ser feitas em milímetros). Esses pinos devem estar enterrados no solo a 10 centímetros ou mais, de preferência em encostas onde não haja passagem de animais e pessoas, ou então, a área deve ser cercada para que não haja nenhum tipo de perturbação. Após um tempo determinado (um ou dois anos, por exemplo), é possível verificar a taxa de rebaixamento do solo pelos dos pinos instalados e monitorados (pelo menos uns 50 pinos numa porção da encosta é aconselhável). Além do rebaixamento, se a densidade aparente do solo for determinada, é possível estimar com um razoável grau de

precisão a perda de solo, em toneladas por hectare.

Técnicas de experimento

Assim como no monitoramento, existem várias técnicas de experimento. Mas para esse artigo, foram selecionadas apenas duas (simuladores de chuva e bandejas de salpimento), que são

aquelas de maior utilização por parte dos geomorfólogos, nas suas pesquisas e levantamentos (BRYAN e DE PLOEY, 1983; DE PLOEY, 1985; MORGAN, 1986, 2005; GUERRA, 1991, 1994, 1996, 2005; FULLEN e CATT, 2004).

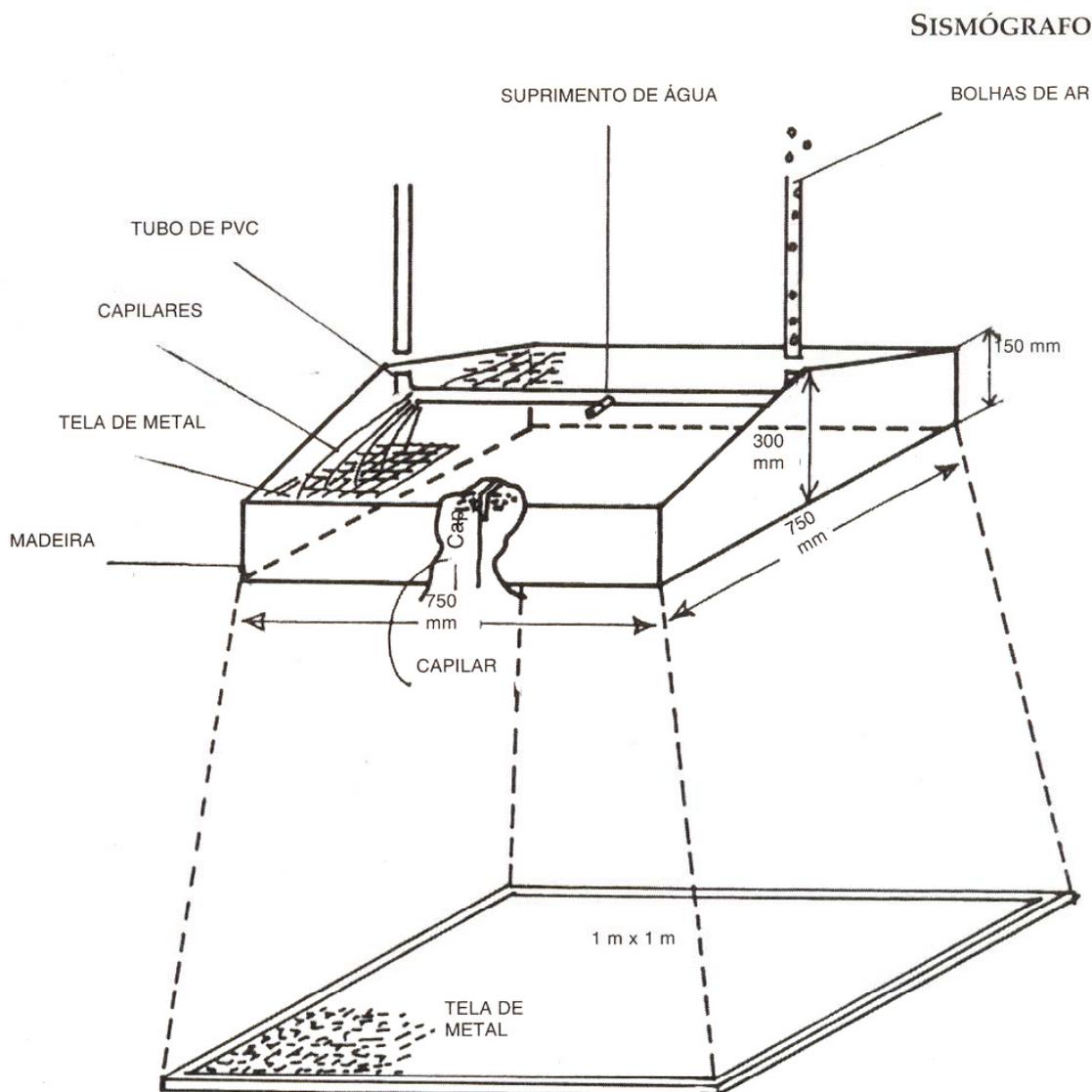


Figura 5 Esquema de simulador de chuva. Fonte: DE PLOEY (1981).

Os simuladores de chuva podem ter dimensões variadas e características diferenciadas, mas o princípio de uso desses equipamentos torna os simuladores mais ou menos semelhantes entre si (Fig. 5). Trata-se de aparelhos que, como o próprio nome

sugere, simulam chuvas em intensidades e quantidades desejadas pelo pesquisador. Eles devem estar a uma altura determinada do solo (geralmente cinco metros) para que as gotas de chuva possam atingir a velocidade terminal, ou seja, bem semelhante à de uma

chuva natural. São, em geral, construídos de madeira, com capilares de silicone e tubos de PVC, por onde a água passa antes de cair no alvo desejado (uma parcela no campo ou um flume em laboratório). É preciso que seja controlada a pressão da água e que seja muito bem determinada a intensidade da chuva, antes do experimento. Os simuladores podem ser utilizados tanto no campo como em laboratório, ou em ambos. As críticas feitas ao uso de simuladores no campo estão relacionadas à certa dificuldade de transporte e operação e ao suprimento de água (MORGAN, 1986, 2005; GUERRA, 1991). O vento também pode ser um fator limitante na sua operação, além da possibilidade de ocorrer uma chuva natural, durante o experimento, o que resultaria na paralisação do ensaio. Apesar destas e outras críticas que possam ser feitas, em relação ao uso de simuladores como, por exemplo, as condições artificiais em que a chuva é produzida e, em especial, a simulação em laboratório, onde as condições são bastante artificiais, esses aparelhos vêm sendo cada vez mais usados por pesquisadores no mundo todo. Suas principais vantagens são as de produzir chuvas com a intensidade desejada e possibilitar a replicagem dos experimentos, quantas vezes forem necessárias, além de independência da ocorrência de chuvas naturais, para realizar estudos que ampliem os conhecimentos sobre os processos erosivos.

cilindro de PVC, com 30 cm de diâmetro e 10 cm de altura, dividido ao meio por duas pequenas placas de PVC (Fig. 6). No centro desse cilindro é colocado um outro cilindro, com 10 cm de diâmetro e 2,5 cm de altura, que é enterrado no solo. A parte de baixo do cilindro maior é totalmente fechada com uma placa de PVC, enquanto o cilindro central é vazado para que o solo preencha esse espaço. A bandeja de salpimento é enterrada no terreno, e a parte central fica totalmente preenchida com solo. Uma parte do instrumento fica voltada para o topo da encosta e a outra fica voltada para a base da encosta. Após cada evento chuvoso, é coletado, em cada um dos compartimentos do instrumento, o solo que foi salpicado para cima e para baixo da encosta. Se somarmos o total de solo salpicado de cada compartimento teremos o total de solo que sofreu salpimento, mas se subtrairmos o total de solo do compartimento da parte de baixo pelo da parte de cima, teremos a erosão por *splash*. Sabendo-se a área do cilindro menor (10 cm de diâmetro), preenchido pelo solo, é possível extrapolar o valor de solo erodido por salpimento para uma área de 1 ha, por exemplo. Isso, se forem instaladas várias bandejas de salpimento em uma mesma encosta.

Conclusões

O presente trabalho não pretendeu esgotar o tema referente aos monitoramentos e experimentos em processos erosivos, mas sim destacar algumas técnicas e métodos empregados no Brasil e, em vários outros países. É importante destacar que as técnicas aqui apresentadas, além de baratas e simples são de fácil execução.

A partir da adoção e da criação de outras técnicas e métodos para monitorar os processos erosivos, é possível conhecer melhor a dinâmica da erosão e, conseqüentemente, adotar práticas de conservação dos solos que é, em última análise, um dos objetivos do estudo dos processos erosivos. A bibliografia aqui apresentada pode ser também um início para aqueles interessados na temática e que ainda não sabem por onde começar.

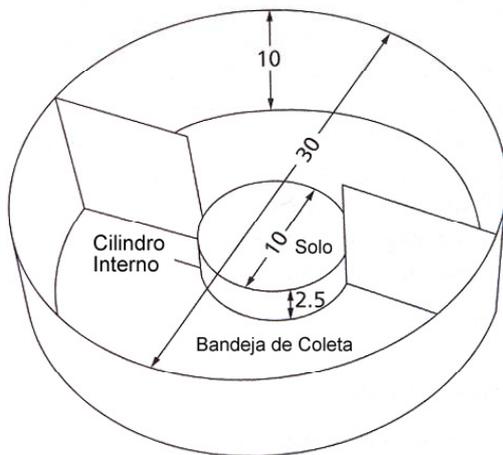


Figura 6 Bandeja de salpimento. Fonte: Morgan (2005).

As bandejas de salpimento, tradução aqui dada para as *splash cups*, na literatura internacional, são instrumentos que podem ser construídos em PVC ou qualquer outro material, usados para medir a erosão por salpimento (*splash erosion*). Existe uma série de tipos de aparelhos. Nesse trabalho será apresentado um proposto por MORGAN (1986, 2005). O aparelho consiste em um

GUERRA, A.J.T. (2005). Experiments and monitoring in soil erosion. *Revista do Departamento de Geografia*, n. 16, p. 32-37.

Abstract: The present paper regards experiments and monitoring in soil erosion, taking into account that through these techniques soil erosion has had a great advance in the last years, due to the advancement of these techniques. Several examples and case studies are addressed, in order to illustrate this issue and also to call attention that this field is rather important to Physical Geography. Therefore, it is important to outline that the approach on this scientific field refers to what geomorphologists have been developing in order to understand the erosion process, taking into account variables related to climate, geomorphology, soil science, hydrology and also land use and vegetation cover, which are altogether important to cause the erosion processes.

Key words: Soil Erosion; Monitoring; Experiments.

Recebido em 7 de setembro de 2005, aceito em 2 de outubro de 2005.

Referências

- BOARDMAN, J. e ROBINSON, D.A. (1985). Soil erosion, climatic vagary and agricultural change on the South Downs around Lewes and Brighton, Autumn, 1982. *Applied Geography*, 5. p. 243-258.
- BRYAN, R.B. e DE PLOEY, J. (1983). Comparability of soil erosion measurements with different laboratory rainfall simulators. In: *Rainfall simulation, runoff and soil erosion*. Ed. J. De Ploey. Catena Supplement, 4. p.33-56.
- DE PLOEY, J. (1985). Experimental data on runoff generation. In: *Soil erosion and conservation*. Eds. S.A. Swaify, W.C. Moldenhauer e A. Lo. p. 528-539.
- DE PLOEY, J. (1981). Crusting and time-dependent rainwash mechanisms on loamy soil. In: *Soil Conservation Problems and Prospects*. Editor: R.P.C. Morgan . p.139-152
- DE PLOEY, J. e GABRIELS, D. (1980). Measuring soil loss and experimental studies. In: *Soil Erosion*. Eds. M.J.Kirkby e R.P.C. Morgan. p. 63-108.
- FULLEN, M.A. e CATT, J.A. (2004). *Soil Management – Problems and Solutions*. Arnold Publisher, Londres, Inglaterra. 269p.
- GOVERS, G. e POESEN, J. (1988). Assessment of the interrill and rill contribution to total loss from an upland field plot. *Geomorphology*, 1. p. 343-354.
- GUERRA, A.J.T. (1991). *Soil characteristics and erosion, with particular reference to organic matter content*. Tese de Doutorado, Universidade de Londres. 441p.
- GUERRA, A.J.T. (1994). The effect of organic matter content on soil erosion in simulated rainfall experiments in W. Sussex, UK. *Soil Use and Management*, 10. p.60-64.
- GUERRA, A.J.T. (1996). Técnicas e métodos utilizados no monitoramento dos processos erosivos. *Sociedade e Natureza*, 15. p. 15-19.
- GUERRA, A.J.T. (2002). Processos Erosivos nas Encostas. In: *Geomorfologia - Exercícios, Técnicas e Aplicações*. Orgs. S.B. Cunha e A.J.T. Guerra. Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2.ed. p. 139-155.
- GUERRA, A.J.T. (2005). Processos Erosivos nas Encostas. In: *Geomorfologia – uma Atualização de Bases e Conceitos*. Orgs. A.J.T. Guerra e S.B. Cunha. Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 6. ed. p. 149-209.
- GUERRA, A.J.T. e MENDONÇA, J.K.S. (2004). Erosão dos Solos e a Questão Ambiental. In: *Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil*. Orgs. A.C. Vitte e A.J.T. Guerra. Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro. p. 225-280.
- MORGAN, R.P.C. (1978). Field studies of rainsplash erosion. *Earth Surface Processes*, 3. p. 295-299.
- MORGAN, R.P.C. (1985). Establishment of plant cover parameters for modeling splash and detachment. In: *Soil Erosion and Conservation*. Eds. S.A. Swaify, W.C. Moldenhauer e A. Lo. p. 377-383.
- MORGAN, R.P.C. (1986). *Soil erosion and conservation*. Longman Group, Inglaterra. 298p.
- MORGAN, R.P.C. (2005). *Soil erosion and conservation*. Blackwell Publishing, Inglaterra, 3.ed. 304p.
- MUTTER, G.M. e BURNHAM, C.P. (1990). Plot studies comparing water erosion on chalky and non-calcareous soils. In: *Soil Erosion on Agricultural Land*. Eds. J. Boardman, I.D.L. Foster e J.A. Dearing. p. 15-23.
- WISCHMEIER, W.H. e SMITH, D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses. *Guide to Conservation Farming*. US Department of Agriculture Handbook, 537. 58p.