

MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DO SALPICO E INFLUÊNCIA DA COBERTURA DO SOLO EM CONDIÇÕES DE CHUVA NATURAL⁽¹⁾

J. R. C. SILVA⁽²⁾ & R. J. T. CARVALHO⁽³⁾

RESUMO

Independentemente da capacidade da enxurrada em transportar as partículas minerais e orgânicas do solo, a avaliação da ação erosiva da chuva, em sua fase inicial, não será completa, se os mecanismos de desagregação e salpico do solo pelo impacto das gotas de chuva não forem avaliados. Considerando a ausência de dados sobre esses mecanismos em solos do Ceará, os objetivos deste trabalho foram: comparar métodos para a coleta do solo desagregado e salpicado e avaliar as correlações entre a erosividade das chuvas e o salpico em solo descoberto e com cobertura para reduzir a erosão em sua fase inicial. O estudo foi realizado sob condições de campo, em Fortaleza (CE), em um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, durante a estação chuvosa de 21/3 a 9/7/1994, ocasião em que a erosividade da chuva foi de 6.003 MJ mm (ha h)⁻¹. Para quantificar as massas de partículas de solo desagregadas e salpicadas, foram empregados os métodos da bandeja coletora de Morgan (1982) e o do funil de Sreenivas et al. (1947). Intervalos de confiança a 95 %, para a diferença entre as médias do salpico coletado pelos dois aparelhos, foram calculados pelo teste t em dados emparelhados. Para ambos os tratamentos, solo descoberto e com uma cobertura de 50 % de colmos de capim-elefante, não houve diferença estatística significativa entre os dois métodos. Foram encontradas correlações significativas entre o parâmetro de erosividade EI₃₀ e a massa de solo salpicado para equações de regressão da forma de potência. A média dos salpicos totais coletados nos dois métodos apresentou uma redução de 52 % quando foi comparado o tratamento com cobertura (2,31 kg m⁻²) com o solo descoberto (4,81 kg m⁻²). Esse resultado vem confirmar a eficiência da cobertura do solo na redução da erosão por salpico, estágio inicial e de grande importância do processo erosivo.

Termos de indexação: erosão por salpico, desagregação do solo, parâmetro EI₃₀, cobertura morta.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do segundo autor, apresentada à Universidade Federal do Ceará – UFC, para obtenção do título de Mestre em Solos e Nutrição de Plantas. Recebido para publicação em agosto de 2001 e aprovado em janeiro de 2002.

⁽²⁾ Professor Titular do Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal do Ceará – UFC. CEP 60021-970 Fortaleza (CE). Bolsista do CNPq. E-mail: joesilva@ufc.br

⁽³⁾ Engenheiro-Agrônomo, MS. EMATER–PB. CEP 58700-000 Patos (PB).

SUMMARY: METHODS OF SOIL SPLASH DETERMINATION AND INFLUENCE OF SOIL COVER UNDER NATURAL RAINFALL CONDITIONS

Independent of the runoff capacity to transport mineral and organic particles of soil, the assessment of rainfall erosive action, during its initial phase, would not be complete if the mechanisms of soil detachment and splash by raindrop impact were not appraised. Considering the lack of data on these mechanisms in soils of Ceará State, Brazil, the objectives of this work were: to compare collection methods of detached and splashed soil and to evaluate the correlations between rainfall erosivity and splash on bare and covered soil to reduce erosion in its initial phase. The study was conducted under field conditions in Fortaleza, Ceará State, Brazil, on an eutrophic Red-Yellow Podzolic during the rainy season from 3/21 to 7/9/1994, with a rain erosivity of $6,003 \text{ MJ mm (ha h)}^{-1}$. In order to quantify the mass of detached and splashed soil particles, the splash cup method of Morgan (1982) and the funnel method of Sreenivas et al. (1947) were used. Confidence intervals at a level of 95 % were calculated by the t-test in paired data for the difference between means of the splash collected by the two devices. There was no statistically significant difference between both methods in the two treatments, 'bare soil' as well as 'soil with a 50 % cover of napier grass stems'. Significant correlations between the EI_{30} erosivity parameter and the splashed soil mass for regression equations in a potency form were found. The mean of total splash collected in both methods showed a reduction of 52 % in the treatment with cover (2.31 kg m^{-2}) when compared to that collected on bare soil (4.81 kg m^{-2}). This result confirmed once more the effectiveness of soil cover in reducing splash erosion, which is of great importance as it is the initial stage of the erosive process.

Index terms: splash erosion, soil detachment, EI_{30} parameter, mulch.

INTRODUÇÃO

Antes do estabelecimento de uma cobertura vegetal protetora pelas culturas em crescimento/desenvolvimento, o solo sob preparo convencional permanece vulnerável a altas taxas de desagregação e transporte provocadas pela ação do impacto das gotas das chuvas e pelo escoamento superficial. Nesse intervalo, a estabilidade dos agregados presentes na superfície do solo é particularmente importante, pois sua fragmentação vai liberar as partículas de areia, silte e argila que os constituem, podendo formar uma crosta superficial, que reduz a infiltração e aumenta a enxurrada, ou serem facilmente transportados pela água do escoamento (Greenland, 1977). A intensidade da erosão depende da quantidade de partículas primárias desagregadas e da capacidade da enxurrada em transportá-las (Morgan, 1982). Esse material, caracterizado pela quantidade de solo desagregado e movimentado pelo impacto das gotas de chuva, foi denominado por Bolline (1978) como erosão por salpico. Ellison (1947) detectou, sob chuvas de alta intensidade, uma taxa de salpico superior a 225 Mg ha^{-1} em solo com baixa estabilidade de agregados, sendo um dos pesquisadores conservacionistas que mais contribuíram para o esclarecimento da mecânica das gotas de chuva em queda livre no processo de erosão (Troeh et al., 1980).

Independentemente da capacidade da enxurrada em transportar os sedimentos, várias pesquisas têm demonstrado que, sob condições de fortes intensidades de chuva, a desagregação provocada pelo impacto das gotas de chuva constitui a fase mais importante do processo de erosão (Ellison, 1947; Young & Wiersma, 1973; Hudson, 1981). Dedecek (1989) verificou que o salpico foi responsável por cerca de 88 % das perdas de solo em parcelas com coletores de enxurrada, em condições de campo. Kwaad (1994) observou em solo com textura siltosa que a massa de solo salpicado excedeu a capacidade da enxurrada em transportá-la. Em condições de chuva simulada em laboratório, Quansah (1985) obteve resultados semelhantes, detectando que, em declividades de até 10 %, o impacto das gotas de chuva era o principal agente de desagregação e salpico, contribuindo em mais de 85 % das perdas totais de solo, porém, em declividades maiores que 10 %, a contribuição da enxurrada nas perdas de solo aumentava em relação à do salpico.

A relação entre a textura e a taxa de salpico foi determinada por Reichert & Cabeda (1992) que observaram maiores taxa de salpico ($20,8$ a 40 g h^{-1}) em Podzólicos com textura franco-argilo-arenosa e franco-arenosa com baixa estabilidade de agregados que em solos com alto teor de argila e maior estabilidade de agregados como Latossolos,

Vertissolo e Brunizém (0,7 a 5,5 g h⁻¹) no Rio Grande do Sul. Observaram que a taxa de salpico foi significativamente correlacionada a 1 % (r = 0,92) com o teor de areia. Angulo et al. (1984) encontraram melhor correlação do fator erodibilidade com a resistência dos agregados ao impacto das gotas de chuva do que com a média do diâmetro médio ponderado dessas partículas, enquanto Silva (1994) observou que a quantidade de solo salpicado aumentava exponencialmente com acréscimos de energia cinética das gotas de chuva produzidas por microssimulador.

O efeito da cobertura do solo na diminuição das perdas por salpico foi estudado por Sidiras et al. (1984) nos manejos: preparo convencional, escarificação e plantio direto com cobertura do solo de 30, 50 e 90 %, respectivamente. Após 60 min de chuva simulada, as massas de solo salpicado e coletadas na área com plantio direto, escarificação e preparo convencional corresponderam a 0,9, 3,8 e 11,3 kg m⁻², respectivamente, indicando claramente que a maior cobertura no plantio direto reduziu as perdas em 92 e 33 % em relação às determinadas no solo escarificado e sob preparo convencional. Lopes et al. (1987) verificaram que as perdas totais de solo (PS), ocorridas durante 20 min finais de uma chuva simulada de 64 mm h⁻¹, diminuía com o aumento da cobertura do solo com palha de trigo. Carvalho et al. (1990), obtendo resultados semelhantes, reforçaram que a eficácia da cobertura de restos na redução da erosão devia-se à proteção exercida contra o impacto das gotas de chuva e à barreira física por ela formada, diminuindo tanto a desagregação quanto a velocidade da enxurrada. Detectaram que as perdas totais de solo, sob chuva simulada, diminuía exponencialmente com o aumento da cobertura do solo por restos de trigo, passando de cerca de 14 Mg ha⁻¹, em solo descoberto, para 2,5 Mg ha⁻¹, em solo com 50 % de cobertura.

O salpico também pode ser estudado sob o aspecto de sua correlação com valores de erosividade. Lo et al. (1985), utilizando o método de Elisson, (1947), verificaram que o parâmetro EI₃₀ apresentou a melhor correlação linear com o solo salpicado em amostragens de 14 chuvas no Havai. Já Hudson (1981) observou uma alta correlação entre o índice KE > 25 (r = 0,96) e o solo salpicado por chuvas em condições de clima tropical na África. No Brasil, Dedecek (1989) relatou correlação significativa a 0,1 % (r = 0,79) entre as perdas de solo por salpico e a erosividade das chuvas, caracterizada pelo parâmetro EI₃₀, em Latossolo Vermelho-Escuro, sem cobertura, submetido à ação de 32 chuvas erosivas.

Dentre os métodos utilizados para determinar a erosão por salpico em condições de campo, destacam-se os de Sreenivas et al. (1947) e Morgan (1982). Com relação a essa importante fase da erosão, nada foi estudado em solos do Ceará, motivando, assim, os objetivos deste trabalho os quais foram: comparar a

eficiência de métodos para a coleta do solo desagregado e salpicado em condições de campo e analisar as correlações entre a erosividade das chuvas e o salpico em solo descoberto e com cobertura, com vistas em avaliar seu efeito na redução das perdas de solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado sob condições de campo, em Fortaleza (CE), no período de 21 de março a 9 de julho de 1994, que corresponde à época de maior pluviosidade. A área experimental situava-se no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, a 3° 44' de latitude Sul e 38° 33' de longitude Oeste. O clima, segundo Köppen, é do tipo Awi, tropical chuvoso, com precipitação de verão e amplitude anual de temperatura inferior a 5°C. A normal pluviométrica é de 1.401 mm e a temperatura média anual é de 26,5°C. Pesquisou-se um Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico abrupto, cujas principais características físicas relacionadas com o presente estudo, na camada de 0-9 cm, eram: areia grossa = 456 g kg⁻¹; areia fina = 339 g kg⁻¹; silte = 97 g kg⁻¹; argila = 108 g kg⁻¹; matéria orgânica = 8,8 g kg⁻¹; densidade do solo = 1,54 g cm⁻³, e densidade de partícula = 2,65 g cm⁻³.

Métodos de coleta do material desagregado e salpicado

No período estudado, realizaram-se 88 coletas do solo desagregado e salpicado em oito pontos da área experimental de 60 m², com declividade de 0,5 % (0,005 m m⁻¹), empregando-se seguintes métodos:

- Método da bandeja coletora

Utilizou-se o método descrito por Morgan (1982) que consiste no emprego de bandeja de forma circular formada por um anel metálico com 30 cm de diâmetro e 10 cm de altura e por um anel interno menor com 10 cm de diâmetro e 2,5 cm de altura. Após colocada sobre o solo, a bandeja é pressionada até que a parte superior desse anel interno permaneça rente com a superfície do solo. Em seguida, uma tela de morim é posta na parte inferior da bandeja, circundando o anel interno e limitada pela parede do anel externo (Figura 1). Essa tela constitui o fundo da bandeja e tem a finalidade de captar partículas salpicadas do bloco de solo limitado pelo anel interno. Dessa forma, durante as chuvas, apenas as partículas salpicadas do anel interno e as do solo que circundam a bandeja são captadas e retidas no interior do aparelho. A bandeja é dividida ao meio por duas lâminas, sendo o solo salpicado das partes superiores e inferiores do declive coletado separadamente nos dois compartimentos. No

presente estudo, dada a pequena declividade do terreno, determinou-se a massa total de solo salpicado no conjunto de ambos os compartimentos, somando-se as massas individuais de cada partição da bandeja coletora.

- Método do funil coletor

Utilizou-se o método descrito por Sreenivas et al. (1947) e que consiste em abrir uma cova com 10 cm de diâmetro e com 30,5 cm de profundidade na qual é introduzido um cilindro de zinco, fechado no fundo. Dentro desse cilindro é colocada uma garrafa, acoplada a um funil com 10 cm de diâmetro, com boca a 2 cm acima do nível do solo, o que evita que a enxurrada penetre na garrafa, porém permite que o solo salpicado pelo impacto das gotas de chuva seja coletado no funil e depositado no fundo da garrafa. No presente estudo, foram modificadas apenas as dimensões da cova e do funil: o diâmetro da cova foi de 14,5 cm, com uma profundidade de 44 cm, e o diâmetro do funil foi de 14,5 cm. Esse funil, com boca 2 cm acima da superfície do solo, de forma idêntica à do método de Sreenivas et al. (1947), foi acoplado a uma garrafa de plástico com dois litros de capacidade (Figura 2).

Tratamentos

No solo em estudo, foi delimitada e cercada uma área com 10 m de comprimento e 6 m de largura. No centro dessa área, limpa com enxada e ancinho, a 2 m de cada lado desse retângulo, foram marcadas duas linhas de 6 m de comprimento e equidistantes de 2 m. Em cada linha, foram colocadas duas bandejas, intercaladas por dois funis coletores, de forma que cada aparelho equidistava de 2 m entre si.

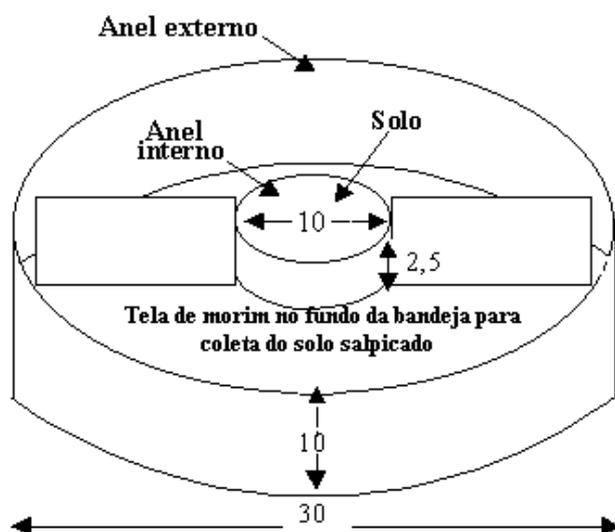


Figura 1. Bandeja coletora do solo salpicado com a área de coleta, na parte inferior do anel externo, coberta com morim. Dimensões em cm.

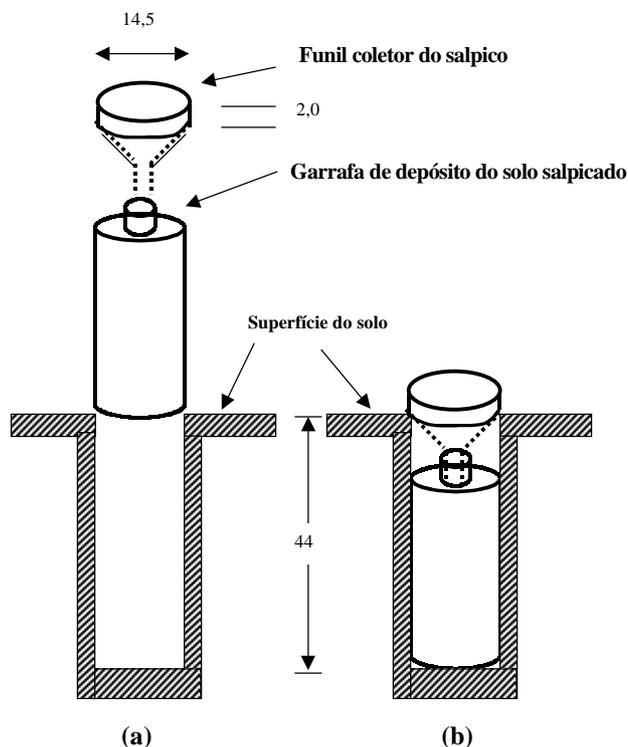


Figura 2. Sistema coletor com funil e garrafa de depósito do solo salpicado, antes da montagem (a) e pronto para a coleta após introduzido em escavação no solo (b). Dimensões em cm.

Foram utilizados os seguintes tratamentos: (a) solo descoberto: na primeira linha, em cada grupo de duas bandejas e de dois funis, o terreno que circundava os aparelhos era mantido permanentemente sem cobertura e retiradas as ervas daninhas manualmente; (b) solo com cobertura morta: na segunda linha, sobre o cilindro interno e circundando duas bandejas, foi colocada uma cobertura com colmos finos e secos de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* L.), de forma a deixar uma cobertura permanente de 50 % sobre a superfície do solo, eliminando as ervas daninhas que brotavam entre os colmos da cobertura. Idêntica cobertura foi aplicada circundando dois funis coletores, abrangendo um círculo com diâmetro de 0,80 cm, equivalente a uma área de 0,5 m².

Para cada tratamento, ao longo do estudo, foram realizadas 11 coletas em intervalos variando de 10 a 21 dias, conforme a ocorrência de chuvas erosivas, totalizando 44 determinações para cada método de amostragem. Em cada determinação, o solo salpicado e depositado sobre o morim nas bandejas e no interior das garrafas foi destacado de seus recipientes com jatos de água, seco em estufa e pesado em balança de precisão com aproximação de 0,001 g. Em função das áreas de captação do funil e da bandeja, os dados da massa do solo salpicado (g) foram transformados em kg m⁻².

Erosividade

Diagramas diários das precipitações obtidos na Estação Meteorológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, situada a 20 m da área do experimento, foram utilizados para o cálculo da erosividade das chuvas. Esta foi determinada pelo método proposto por Wischmeier & Smith (1978), que utiliza o parâmetro EI_{30} , produto da energia cinética das chuvas (E) pela intensidade máxima em 30 min (I_{30}). Os resultados obtidos foram convertidos para o Sistema Internacional de Unidades de acordo com Foster et al. (1981).

Análises estatísticas

O intervalo de confiança para comparação das diferenças entre as médias do salpico coletado pelos dois métodos, nos tratamentos com e sem cobertura, foi verificado pelo teste t a 5 %. Se zero não estivesse incluído nesse intervalo de confiança para as diferenças entre as médias, a hipótese nula (H_0) seria rejeitada, ou seja, os métodos apresentar-se-iam diferentes com relação à sua eficiência na coleta do solo salpicado.

Os resultados foram também submetidos à análises de regressão para verificar correlações entre a erosividade das chuvas (EI_{30}) e a erosão por salpico em ambos os métodos de coleta. Nas análises estatísticas, foram utilizados os programas Paired T-Test e Regression (MINITAB, 1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparação da eficiência dos métodos e efeito da cobertura no salpico do solo

Sob uma erosividade de $6.003 \text{ MJ mm (ha h)}^{-1}$, determinada para o total de 1.332 mm das chuvas ocorridas no período de 21 de março a 9 de julho de 1994, foram encontrados no solo sem cobertura 4,69 e $4,93 \text{ kg m}^{-2}$ de sedimentos salpicados e coletados no funil e na bandeja, respectivamente. No solo com cobertura, esses totais foram de $2,94 \text{ kg m}^{-2}$, no primeiro método, e de $2,71 \text{ kg m}^{-2}$, no segundo, representando, respectivamente, diminuições de 37,3 e 45,0 % nas massas de solo coletadas (Figura 3).

Embora, no Brasil, existam dados sobre as taxas de salpico em prazos curtos de 30 a 360 min, em condições de laboratório com chuvas simuladas (Reichert & Cabeda, 1992; Silva, 1994), a literatura disponível sobre essas taxas obtidas de experimentos de campo em períodos mais dilatados como o do presente estudo (110 dias) é mais escassa ainda. Disponível na literatura brasileira encontra-se apenas o trabalho de Dedecek (1989), no qual o estudo do salpico foi desenvolvido em longo prazo (30/10/1985 a 30/04/1986). Assim, comparando os valores dessas taxas de salpico com as obtidas por outros autores, percebe-se a dificuldade em avaliar

as unidades utilizadas para caracterizá-las, pelo fato de terem sido diferentes os valores de erosividade das chuvas, os solos estudados e suas respectivas declividades em relação a essas variáveis pesquisadas neste estudo.

Os resultados do experimento confirmaram a relevante contribuição do salpico na degradação da estrutura e das perdas de solo na fase inicial da erosão (Ellison, 1947; Bubenzer & Jones, 1971; Young & Wiersma, 1973; Greenland, 1977; Bolline, 1978; Hudson, 1981; Morgan, 1982; Quansah, 1985; Kwaad, 1994). Verificou-se que, mesmo sem a ação das enxurradas, foi detectada uma desagregação, bem como o transporte de solo equivalente a $48,1 \text{ Mg ha}^{-1}$ (média do total do salpico coletado na bandeja e funil) em solo descoberto, em condições semelhantes às do solo após preparo convencional. Em contraposição, também foi expressiva a proteção que a cobertura proporcionou, como também observada por outros autores (Sreenivas et al., 1947; Sidiras et al., 1984; Lopes et al., 1987; Lombardi Neto et al., 1988; Bertol et al., 1989; Carvalho et al., 1990), diminuindo essas perdas para uma massa de solo equivalente a $28,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ (Figura 3).

Quanto ao manejo conservacionista do solo, confirmou-se o efeito benéfico da cobertura do solo, a qual, dissipando a energia cinética das gotas de chuva, proporcionou redução de até 45 % na taxa de salpico, em relação ao solo descoberto. Dedecek (1989) verificou que as menores perdas de solo por salpico com uso de cobertura artificial do solo (sombrite), tanto em contato com o solo como em cobertura suspensa, tiveram significância estatística, confirmando a importância do impacto direto da chuva em solo descoberto. Verificou, ainda, que a ação do impacto da chuva era responsável por 87,6 % das perdas de solo, atribuindo à ação erosiva da enxurrada apenas 12,6 % dessas perdas em tratamentos com essa cobertura simulada. Entretanto, esses percentuais de perdas de solo encontrados por Dedecek (1989) não podem ser comparáveis aos do presente trabalho, considerando as diferenças no modelo experimental, na classe de solo e na erosividade das chuvas.

Esses resultados, ao demonstrarem a eficiência da cobertura do solo no controle da erosão, também reforçam a inadiável estratégia de substituir o preparo convencional do solo, "antagônico à sustentabilidade", e ainda extensivamente usado no Ceará, pelo plantio direto na palha (Melo Filho & Silva, 1993; Silva, 2000), a exemplo do que já vem ocorrendo nos estados do Sul, Sudeste e Centro-Oeste, conforme citações de várias pesquisas de autores nacionais catalogados por De Maria (1999).

A análise estatística das taxas de salpico no solo descoberto indicou médias de $0,43$ e $0,45 \text{ kg m}^{-2}$, para os métodos do funil e da bandeja, respectivamente, enquanto, no solo com cobertura, essas médias foram iguais a $0,27$ e $0,25 \text{ kg m}^{-2}$. Os intervalos de confiança

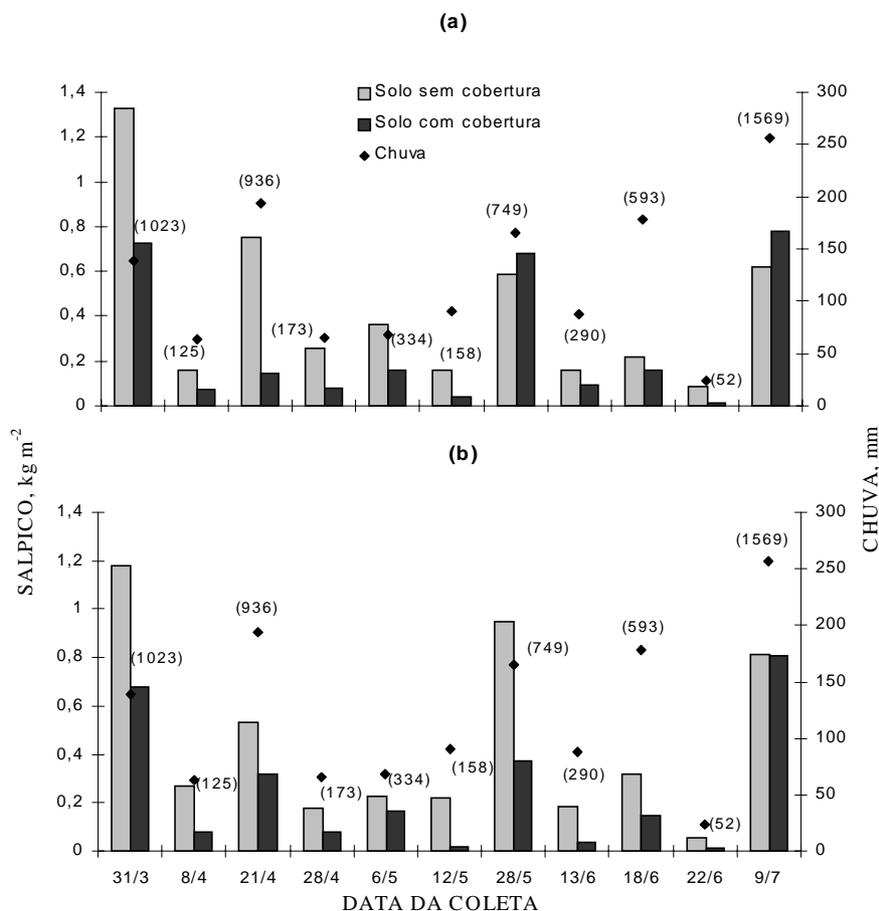


Figura 3. Comparação da taxa de solo salpicado e coletado pelos métodos do funil (a) e bandeja (b) nos tratamentos com e sem cobertura morta em relação às chuvas ocorridas no período de 21 de março a 9 de julho de 1994 (médias de duas repetições em cada data). Os valores entre parênteses indicam a erosividade ($\text{MJ mm} (\text{ha h})^{-1}$) determinada entre os intervalos de tempo decorridos entre as datas de coleta.

para as diferenças entre as médias obtidas nos dois métodos foram de: $-0,136$; $0,092$ e $-0,055$; $0,097$, para os tratamentos do solo sem cobertura e com cobertura, respectivamente. Observa-se que ambos os intervalos de confiança incluem zero, aceitando-se, portanto, a hipótese nula. Nesse caso, os dois métodos não diferem com relação à sua eficiência na captação do material desagregado e salpicado pelas chuvas. No método do Sreenivas et al. (1947), recipientes recicláveis (garrafas plásticas) e funis plásticos duráveis e de baixo custo podem ser utilizados, além da maior facilidade de separação do material coletado, em contraste com o custo mais elevado da confecção de bandejas e maior dificuldade de separação do material depositado sobre o morim no método de Morgan (1982). A simplicidade, eficiência e economicidade do método de Sreenivas et al. (1947) são características favoráveis à sua adoção em estudos básicos da erosão, em que se faça necessária a coleta do material desagregado e salpicado pelo embate das chuvas sobre a superfície do solo.

Correlações entre a erosividade das chuvas e o salpico em solo descoberto e com cobertura

Considerando as precipitações ocorridas entre as datas de coleta do salpico, para ambos os métodos de coleta e tratamentos, com e sem cobertura do solo (Figura 3), pode-se observar que as massas de solo salpicado, em grande parte, variaram proporcionalmente com a altura das precipitações. Os valores mais discrepantes ocorreram para a data de coleta de 18 de junho. Nas demais coletas, a tendência das variações das massas salpicadas seguiu as alturas das precipitações (Figura 3). Os dados de 31 de março e de 22 de junho, com precipitações de 139,1 e 23,5 mm, respectivamente, apresentaram para condições de solo descoberto uma massa de salpico de 1,33 e 1,18 kg m^{-2} , para os métodos do funil e da bandeja, respectivamente.

Para o solo com cobertura, esses valores diminuíram para 0,73 e 0,69 kg m^{-2} . Coerente com a tendência supramencionada, para a segunda data, correspondente ao menor volume de chuvas

(23,5 mm), observaram-se as menores taxas de salpique, ou seja, de 0,09 e 0,07 kg m⁻², coletados em solo descoberto, no funil e na bandeja, respectivamente, enquanto, no solo com cobertura, esses valores diminuíram para apenas 0,01 kg m⁻², em ambos os métodos estudados.

Por outro lado, nem sempre os maiores valores de erosividade corresponderam às maiores taxas de salpico, conforme se pode evidenciar para as datas de 31 de março e 9 de julho. Na primeira, considerando a média das massas de solo salpicado nos dois métodos, para uma erosividade de 1.023 MJ mm (ha h)⁻¹, observaram-se massas de 1,26 e 0,71 kg m⁻² para o solo descoberto e com cobertura, respectivamente, enquanto na segunda, correspondente à maior erosividade (1.569 MJ mm (ha h)⁻¹), essas médias foram de 0,72 e 0,79 kg m⁻². Essa menor taxa de salpico ao final do experimento, mesmo sob o mais elevado valor de erosividade, pode ser consequência da compactação das partículas na superfície do solo proveniente do impacto das gotas de chuva, reduzindo a taxa de desagregação (Moore & Singer, 1990; Truman & Bradford, 1990; Sharma et al., 1993). Ao mesmo tempo, a possível formação de uma crosta superficial (camada compactada) pode ter diminuído a infiltração da água no solo, possibilitando a formação de uma lâmina de água mais espessa sobre a superfície do solo, a qual poderá ter amortecido parcialmente o impacto das gotas de chuva, proporcionando a diminuição da desagregação e do salpico (Mutchler & Larson, 1971). Já no início do experimento, o solo recém-preparado permitiu uma maior taxa de salpico. Reichert & Cabeda (1992), trabalhando com chuvas simuladas, em solo com baixa estabilidade de agregados (Argissolo Vermelho-Amarelo), semelhante ao do presente estudo, verificaram que as taxas de salpico foram maiores no início do experimento do que no seu final, atribuindo esta redução à formação do encrostamento superficial. Posto que os dois métodos não apresentaram diferença estatística em relação à eficiência da coleta, foram considerados os valores médios do material coletado, correlacionando-os com a soma das erosividades das chuvas ocorridas no período entre as leituras (Figura 4).

Para essas variáveis, os coeficientes de determinação (R²) apresentaram valores altamente significativos e muito próximos entre si, para o solo descoberto e com cobertura.

A equação sob forma de potência ($y = ax^b$) foi a que apresentou o melhor ajuste para o comportamento entre o salpico e a erosividade da chuva. Resultados semelhantes foram encontrados por Bubenzer & Jones (1971) e Morgan (1982). No presente estudo, foi considerada como variável independente o valor do parâmetro EI₃₀.

Comparando as características das curvas de respostas para os dois tratamentos, com cobertura e sem cobertura do solo (Figura 4), pode-se observar

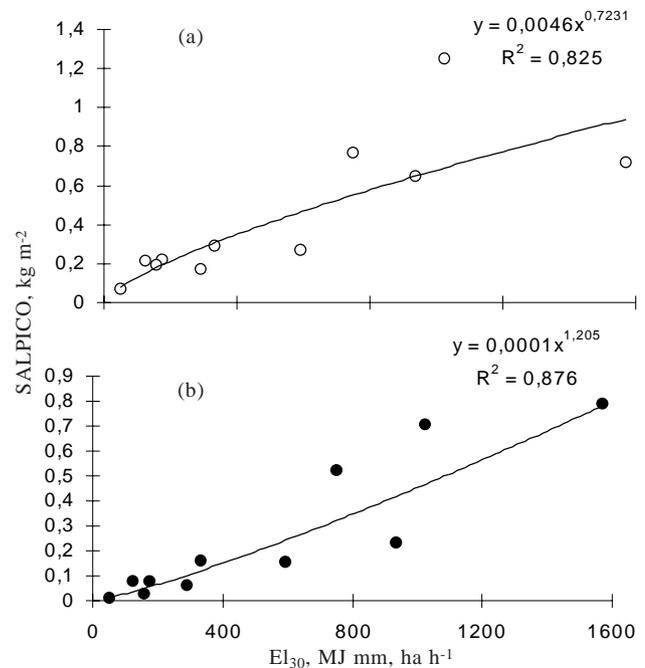


Figura 4. Relação entre o Índice EI₃₀ e o salpico no solo descoberto (a) e com cobertura (b), considerando a média do material coletado nos métodos da bandeja e do funil (p < 0,001 em ambas as equações).

que, para as condições de solo descoberto, as taxas de salpico decrescem com o aumento da erosividade da chuva (expoente b < 1), enquanto, para o tratamento com cobertura, as taxas são crescentes (b > 1). Mais uma vez, este comportamento da taxa de salpico no solo descoberto pode ser atribuído à formação do encrostamento superficial, visualizado na área do experimento.

Reichert & Cabeda (1992), e Alves et al. (1995) também observaram a formação de crostas que protegiam os agregados abaixo dessa camada de selamento na superfície do solo. Para o tratamento com cobertura, no qual o total de solo salpicado foi inferior ao do solo descoberto (Figura 3), é possível que o efeito da proteção do capim tenha diminuído o encrostamento, propiciando condições favoráveis ao ligeiro aumento das taxas de erosão pelo salpico com o aumento da erosividade da chuva (Figura 4).

Considerando que a presença da cobertura proporcionou a estabilidade e proteção de parte dos agregados na superfície do solo, esse resultado mostrou-se coerente com o determinado por Albuquerque et al. (2000), que verificaram em solos com agregados estáveis uma menor formação do selo superficial, maior taxa de infiltração de água e menor erosão hídrica.

Finalmente, considerando a elevada e significativa correlação entre o parâmetro EI₃₀ e a erosão por

salpico (Figura 4), pode-se afirmar que estes resultados são semelhantes aos obtidos por pesquisadores brasileiros (Morais et al., 1988; Carvalho et al., 1989; Dedecek, 1989, Cantalice & Margolis, 1993; Lopes & Brito, 1993; Rufino et al., 1993; Albuquerque et al., 1994; Silva et al., 1996; Marques et al., 1997; Albuquerque et al., 1998; Chaves et al., 1999; Castro Filho et al., 2000; Silva & Dias, 2000) no que concerne à viabilidade ou adequação desse parâmetro para a avaliação do potencial erosivo das chuvas do País.

CONCLUSÕES

1. Os métodos testados mostraram-se igualmente eficientes no estudo da erosão por salpico, não sendo significativas as diferenças observadas nas massas das partículas coletadas por ambos os métodos, tanto para condição de solo descoberto quanto para solo com cobertura.

2. Quando comparado ao método da bandeja coletora, o método do funil apresentou vantagens caracterizadas por sua simplicidade, menor custo do material utilizado e maior facilidade operacional.

3. As taxas de salpico foram positivamente correlacionadas com o parâmetro EI_{30} , sendo expressas por equações de regressão sob forma de potência.

4. As taxas da erosão por salpico para a condição de solo descoberto foram superiores às do solo com cobertura, porém apresentaram uma tendência a decrescerem com o aumento da erosividade das chuvas.

5. Para a condição de solo com cobertura, as taxas de erosão por salpico, embora inferiores às do solo descoberto, apresentaram uma tendência a crescerem com o aumento da erosividade das chuvas.

LITERATURA CITADA

- ALBUQUERQUE, J.A.; CASSOL, E.A. & REINERT, D.J. Relação entre a erodibilidade em entressulcos e estabilidade dos agregados. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:141-151, 2000.
- ALBUQUERQUE, A.W.; CHAVES, I.B. & VASQUES FILHO, J. Características físicas da chuva correlacionadas com as perdas do solo num regossolo eutrófico de Caruaru (PE). *R. Bras. Ci. Solo*, 18:279-283, 1994.
- ALBUQUERQUE, A.W.; LOMBARDI NETO, F.; CATANEO, A. & SRINIVASAN, V.S. Parâmetros erosividade da chuva e da enxurrada correlacionado com as perdas de solo de um solo bruno-não cálcico vértico em Sumé (PB). *R. Bras. Ci. Solo*, 22:743-749, 1998.
- ALVES, A.G.C.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Relações da erosão do solo com a persistência da cobertura vegetal morta. *R. Bras. Ci. Solo*, 19:127-132, 1995.
- ANGULO, R.J.; ROLOFF, G. & SOUSA, M.L.P. Relações entre a erodibilidade e agregação, granulometria e características químicas de solos brasileiros. *R. Bras. Ci. Solo*, 8:1323-138, 1984.
- BERTOL, I.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Cobertura morta e métodos de preparo de solo na erosão hídrica em solo com crosta superficial. *R. Bras. Ci. Solo*, 13:373-379, 1989.
- BOLLINE, A. Study of the importance of splash and wash on cultivated loamy soils of Hesbaye (Belgium). *Earth Surf. Proc.*, 3:71-84, 1978.
- BUBENZER, G.D. & JONES, B.A. Drop-size and impact velocity effects on the detachment of soils under simulated rainfall. *Trans. Am. Soc. Agr. Eng.*, 14:625-628, 1971.
- CANTALICE, J.R.B. & MARGOLIS, E. Características das chuvas e correlação de índices de erosividade com as perdas de solo do agreste de Pernambuco. *R. Bras. Ci. Solo*, 17:275-281, 1993.
- CARVALHO, F.L.C.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Eficácia relativa de doses e formas de manejo do resíduo cultural de trigo na redução da erosão hídrica do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 14:227-234, 1990.
- CARVALHO, M.P.; LOMBARDI NETO, F.; VASQUES FILHO, J. & CATANEO, A. Índices de erosividade da chuva correlacionados com as perdas de um Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico textura argilosa/muito argilosa de Mococa (SP): primeira aproximação do fator erodibilidade do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 13:237-242, 1989.
- CHAVES, I.B.; LEITE Jr., G.P. & MAIA NETO, F.F. Análise da pluviometria e da erosividade das chuvas de Patos - PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., Brasília, 1999. Anais. Brasília, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. (CD-ROM)
- CASTRO FILHO, C.; CAVIGLIONE, J.H. & RUFINO, R.L.F. Determinação do potencial erosivo das chuvas da bacia do Rio Paraná. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., Ilhéus, 2000. Anais. Ilhéus, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2000. (CD-ROM)
- DEDECEK, R.A. Coberturas permanentes do solo na erosão sob condições de cerrados. *Pesq. Agropec. Bras.*, 24:483-488, 1989.
- De MARIA, I.C. Erosão e terraços em plantio direto. *B. Inf. SBCS*, 24:17-21, 1999.
- ELLISON, W.D. Soil erosion studies. Part II: Soil detachment hazard by raindrop splash. *Agric. Eng.*, 28:197-201, 1947.
- FOSTER, G.R.; McCOOL, D.K.; RENARD, K.G. & MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. *J. Soil Water Conserv.*, 36:355-359, 1981.
- GREENLAND, D.J. Soil structure and erosion hazard. In: GREENLAND, D.J. & LAL, R., eds. *Soil conservation and management in the humid tropics*. Chichester, John Wiley & Sons, 1977. p.17-23.
- HUDSON, N. *Soil conservation*. 2.ed. Ithaca, Cornell University Press, 1981. 324p.

- KWAAD, F.J.P.M. A splash delivery ratio to characterize soil erosion events. In: RICKSON, R.J., ed. *Conserving soil resources: european perspectives*. Wallingford, CAB International, 1994. p.264-272.
- LO, A.; EL-SWAIFY, S.A.; DANGLER, E.W. & SHINSHIRO, L. Effectiveness of EI_{30} as an erosivity index in Hawaii. In: EL-SWAIFY, S.A.; MOLDENHAUER, W.C. & LO, A., eds. *Soil erosion and conservation*. Iowa, Soil Conservation Society of America, 1985. p.384-392.
- LOMBARDI NETO, F.; DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; DECHEN, S.C.F. & VIEIRA, S.R. Efeito da quantidade de resíduos culturais de milho nas perdas de solo e água. *R. Bras. Ci. Solo*, 12:71-75, 1988.
- LOPES, P.C.R.; COGO, N.P. & CASSOL, E.A. Influência da cobertura vegetal morta na redução da velocidade da enxurrada e na distribuição de tamanho dos sedimentos transportados. *R. Bras. Ci. Solo*, 11:193-197, 1987.
- MARQUES, J.J.G.S.M.; ALVARENGA, R.C.; CURTI, N.; SANTANA, D.P. & SILVA, M.L.N. Índices de erosividade da chuva, perdas de solo e fator erodibilidade para dois solos da região dos cerrados - Primeira aproximação. *R. Bras. Ci. Solo*, 21:427-434, 1997.
- MELO FILHO, J.F. & SILVA, J.R.C. Erosão, teor de água no solo e produtividade do milho em plantio direto e preparo convencional de um Podzólico Vermelho-Amarelo no Ceará. *R. Bras. Ci. Solo*, 17:291-297, 1993.
- MOORE, D.C. & SINGER, M.J. Crust formation effects on soil erosion processes. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54:1117-1123, 1990.
- MINITAB. Minitab statistical software - Release 12. User's guide 2: data analysis and quality tools. State College. Minitab Inc. 1998. (Não paginado)
- MORAIS, L.F.B.; MUTTI, L.S.M. & ELTZ, F.L.F. Índices de erosividade correlacionados com perdas de solo no Rio Grande do Sul. *R. Bras. Ci. Solo*, 12:281-284, 1988.
- MORGAN, R.P.C. Splash detachment under plant covers: results and implications of a field study. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 25:987-991, 1982.
- MUTCLHER, C.K. & LARSON, C.L. Splash amounts from water drop impact on a smooth surface. *Water Res. Res.*, 7:195-200. 1971.
- QUANSAH, C. Rate of soil detachment by overland flow, with and without rain, and its relationship with discharge, slope steepness and soil type. In: EL-SWAIFY, S.A.; MOLDENHAUER, W.C. & LO, A., eds. *Soil erosion and conservation*. Iowa, Soil Conservation Society of America, 1985. p.406-423.
- REICHERT, J.M. & CABEDA, M.S.V. Salpico de partículas e selamento superficial em solos de Rio Grande do Sul. *R. Bras. Ci. Solo*, 16:389-396, 1992.
- RUFINO, R.L.; BISCAIA, R.C.M. & MERTEN, G.H. Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná, através da pluviometria. *R. Bras. Ci. Solo*, 17:439-441, 1993.
- SHARMA, P.P.; GUPTA, S.C. & FOSTER, G.R. Predicting soil detachment by raindrops. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 57:674-680, 1993.
- SIDIRAS, N.; ROTH, C.H. & FARIAS, G.S. Efeito da intensidade da chuva na desagregação por impacto de gotas em três sistemas de preparo do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 8:251-254, 1984.
- SILVA, M.L.N.; FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P. & CURTI, N. Índice de erosividade de chuva da região de Goiânia (GO). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 11., Águas de Lindóia, 1996. Anais. Águas de Lindóia, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. (CD-ROM)
- SILVA, M.L.N. Erodibilidade e impacto direto das gotas de chuva simulada sobre a superfície de latossolos sob cerrados. Lavras, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1994. 109p. (Tese de Mestrado)
- SILVA, J.R.C. & DIAS, A.S. Potencial de erosividade das chuvas de Fortaleza e suas correlações com parâmetros pluviométricos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., Ilhéus, 2000. Anais. Ilhéus, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2000. (CD-ROM)
- SILVA, J.R.C. Erosão e produtividade do solo no semi-árido. In: OLIVEIRA, T.S.; ASSIS Jr., R.N.; ROMERO, R.E. & SILVA, J.R.C., eds. *Agricultura, sustentabilidade e o semi-árido*. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000, p.169-213.
- SREENIVAS, L.; JOHNSTON, J.R. & HILL, H.O. Some relationship of vegetation and soil detachment in the erosion process. *Soil Sci. Soc. Proc.*, 11:471-474, 1947.
- TROEH, F.R.; HOBBS, J.A. & DONAHUE, R.L. Soil and water conservation for productivity and environmental protection. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1980. 718p.
- TRUMAN, C.C. & BRADFORD, J.M. Effect of antecedent soil moisture on splash detachment under simulated rainfall. *Soil Sci.*, 150:787-798, 1990.
- YOUNG, R.A. & WIERSMA, J.W. The role of rainfall impact on soil detachment and transport. *Water Res. Res.*, 9:1629-1636, 1973.
- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, USDA, 1978. 58p. (Agricultural Handbook 537)

