



Erosão em entressulcos em área de pastagem.

Flávio Pereira da Mota Silveira⁽¹⁾; José Ramon Barros Cantalice⁽²⁾; Yuri Jacques Agra Bezerra da Silva⁽³⁾; Douglas Monteiro Cavalcante⁽⁴⁾; Cicero Gomes⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Engenheiro Agrônomo; Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Macaíba, Rio Grande do Norte; flaviopms@hotmail.com; ⁽²⁾ Professor; Universidade Federal Rural de Pernambuco; ⁽³⁾ Doutor em Ciências do Solo; Universidade Federal Rural de Pernambuco; ⁽⁴⁾ Doutorando em Ciências do Solo; Universidade Federal Rural de Pernambuco; ⁽⁵⁾ Professor, Universidade Federal de Alagoas.

RESUMO: A microrregião do Brejo Paraibano nas últimas décadas vem sofrendo um processo de substituição de sua cobertura nativa por culturas agrícolas, sobretudo por pastagens para exploração de pecuária extensiva, o que vem favorecendo a ocorrência de degradação do solo na forma de erosão hídrica. Diante desse contexto, este estudo teve como proposta quantificar as taxas de erosão em entressulcos sob chuva simulada em área de pastagem em relevo movimentado. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado nas condições de declive: 15%, 25%, 35% e 45%, em um Argissolo Vermelho-Amarelo sob pastagem, em 5 repetições, totalizando 20 parcelas experimentais. Na condição de 45% de declive não ocorreram as maiores perdas de solo em virtude de ter ocorrido a remoção do horizonte A, estando o processo erosivo atuando sobre o horizonte B textural. A cobertura vegetal mostrou-se um fator pro-ativo de controle da erosão em entressulcos. Na medida em que houve aumento da porcentagem de cobertura vegetal, as taxas de infiltração de água no solo também elevaram-se.

Termos de indexação: *Brachiaria decumbens*, chuva simulada, taxas de erosão.

INTRODUÇÃO

A erosão hídrica é uma ação de degradação física do solo ocorrida mediante ação da precipitação pluvial e do escoamento superficial, promovendo três processos fundamentais: desagregação, transporte e deposição das partículas do solo (Asadi et al. 2007; Silva et al. 2012). A primeira e mais importante etapa, desagregação das partículas do solo devido ao impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo é agravada quando não há ou encontra-se em quantidade reduzida a cobertura vegetal sobre a superfície, seja cobertura viva ou restos culturais. Esse processo pode promover o selamento superficial do solo, reduzindo a capacidade de infiltração, gerando o escoamento superficial. No segundo momento, tem-se o transporte das partículas desagregadas, advindo do efeito splash,

salpicamento das partículas desagregadas quando do encontro das gotas de chuva com a massa de solo, ocorrendo em distâncias menores, e o escoamento superficial, que sucede-se quando a taxa de precipitação pluvial supera a capacidade de infiltração de água no solo, transportando as partículas a distâncias maiores. E, finalizando o processo, tem-se a deposição das partículas desagregadas, que acontece quando a capacidade de transporte é superada pela resistência do material transportado, por meio de seu peso ou por extinção da lâmina de escoamento.

A erosão hídrica é compreendida por dois sub-processos em função do mecanismo de desagregação e transporte do solo, erosão em entressulcos e erosão em sulcos (Liu et al., 2006; Govers et al., 2007). Na erosão em entressulcos, o impacto das gotas de chuva é o mecanismo predominante no desprendimento do solo, e o fluxo laminar é o principal agente transportador deste material. Enquanto que na erosão em sulcos o fluxo superficial concentrado e turbulento é o principal agente desagregador.

A magnitude com que ocorre esse processo é comandada por uma série de fatores que agem interagindo entre si, por exemplo: cobertura vegetal, tipo de solo, condições climáticas, topografia, práticas de manejo da terra e das culturas, e práticas conservacionistas (Romkens et al., 2001; Asadi et al., 2007). A declividade representa um fator de extrema importância nesse processo, consistindo em um dos fatores mais estudados na erosão em entressulcos.

A vegetação exerce influência no controle da erosão hídrica através da cobertura que esta proporciona, por meio de suas raízes e de seus resíduos que recobrem a superfície, além de seus próprios aspectos de composição estrutural, bem como o padrão de crescimento (Gyssels et al., 2005).

A microrregião do Brejo Paraibano, mais precisamente no município de Areia, nas últimas décadas vem sofrendo um processo de substituição de sua cobertura nativa por culturas agrícolas, sobretudo por pastagens para exploração de pecuária extensiva. Além do mais, nessa região predominam áreas de relevo ondulado a



montanhoso que, aliado às práticas inadequadas de sistemas de manejo adotadas pela maioria dos produtores, resultam na degradação do solo, acarretando a ocorrência do processo de erosão que é facilmente identificado em quase todas as propriedades da região.

Diante desse contexto, este estudo teve como proposta quantificar as taxas de erosão em entressulcos sob chuva simulada na forma de desagregação e das perdas de solo, analisando-se o efeito das diferentes classes de declividade na microrregião do Brejo Paraibano. Bem como, relacionar as taxas de cobertura propiciada pela pastagem com as taxas de erosão do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em área explorada com pastagens cultivadas, localizada no município de Areia-PB, situada nas coordenadas geográficas 6° 56' 33.2"S de latitude e 35° 42' 34.2"O de longitude. O município está inserido na mesorregião do Agreste Paraibano e na microrregião do Brejo Paraibano com altitude de aproximadamente 620 m acima do nível do mar. A topografia da região, em sua grande parte, constitui-se de terrenos acidentados em relevo forte ondulado a montanhoso, com declividade média de 33,5%.

O clima regional classificado pelo sistema internacional de Köppen é do tipo As', correspondendo a quente e úmido com chuvas de outono-inverno (Brasil, 1972), e com precipitação pluvial média anual de 1.400 mm, concentradas nos meses de junho e julho. A umidade relativa do ar em cerca de 85%, e a temperatura média anual de 26°C, com as mínimas em média de 15°C e máximas de 29°C (Paraíba, 1998). O solo foi classificado de acordo com EMBRAPA (2006), como Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico com A proeminente.

Atualmente essa área vem sendo cultivada com pastagem de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*).

Tratamentos e amostragens

O estudo foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 4 tratamentos, em 5 repetições, totalizando 20 parcelas experimentais. Os tratamentos corresponderam às diferentes condições de declividade na área da pastagem (15%, 25%, 35% e 45%).

Os tratamentos foram estabelecidos em 20 parcelas experimentais com dimensões de 1 m de largura por 2 m de comprimento, delimitadas por chapas de alumínio de 15 cm de altura cravadas no solo a uma profundidade de 8 cm com a maior

dimensão no sentido do declive. Na parte inferior essas parcelas possuíam uma calha coletora para a amostragem do escoamento superficial e do sedimento desagregado e transportado.

As chuvas simuladas foram aplicadas utilizando-se um simulador de chuvas desenvolvido no Laboratório de Manejo e Conservação do Solo, do Departamento de Agronomia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Este equipamento é composto por um bico aspersor tipo Veejet 80-150 com diâmetro interno de 1/2 polegada. O bico encontrava-se a uma altura de 3,1 m acima da superfície do solo operando com uma pressão constante de 41 kPa na saída da água no bico. A aplicação das chuvas simuladas ocorreu com duração de 40 minutos e intensidade de 90 mm h⁻¹. O abastecimento do equipamento se deu por meio de uma bomba submersa colocada em um reservatório de água de 500 L. Ao lado da área útil das parcelas experimentais foram colocados 10 pluviômetros ao acaso para medir a intensidade média das chuvas simuladas.

A concentração de sedimentos e as taxas de perdas de solo e de desagregação foram determinadas pela pesagem do material coletado nos potes plásticos colocados na extremidade inferior da calha coletora. Após a pesagem, os potes foram levados para secagem em estufa a 65°C. Transcorrido o tempo necessário para secagem da água, os potes foram pesados novamente, desta vez, já com o solo seco. A relação entre a massa de solo seco e a massa de mistura água-sedimento expressa a concentração de sedimentos em kg L⁻¹.

As taxas de desagregação do solo (Di) foram obtidas conforme a expressão:

$$D_i = \frac{M_{ss}}{A \cdot D_c}$$

em que, Di = taxa de desagregação do solo (kg m⁻² s⁻¹); M_{ss} = massa de solo seco desagregado (kg); A = área da parcela (m²) e D_c = duração da coleta (s).

As perdas do solo (Ps) foram obtidas conforme a equação:

$$P_s = \frac{\sum(Q \cdot C_s \cdot t)}{A}$$

em que, Ps = perdas de solo (Mg m⁻²); Q = vazão (L s⁻¹); C_s = concentração de sedimentos (kg L⁻¹); t = intervalo entre as coletas (5 minutos) e A = área da parcela (m²).

O coeficiente de escoamento superficial (C) foi



obtido através da relação entre a Taxa de escoamento superficial (T_e) e a Intensidade de precipitação (I_p), determinado em cada tratamento de acordo com a seguinte fórmula:

$$C = \frac{T_e}{I_p}$$

em que: C = coeficiente do escoamento superficial (adim.); T_e = taxa do escoamento superficial (mm h^{-1}); I_p = intensidade de precipitação (mm h^{-1}). A Taxa de escoamento superficial foi obtida a partir da conversão do volume coletado do escoamento em mililitro para milímetro por hora.

A porcentagem de cobertura do solo, no caso, a gramínea *Brachiaria decumbens*, foi determinada pelo método proposto por Mannering e descrito por Bezerra et al. (2002). Esta metodologia consiste na utilização de projeção fotográfica de uma moldura com dimensões de 76 cm de largura por 51 cm de comprimento sobre a cobertura vegetal da área.

A porcentagem total de cobertura vegetal foi determinada a partir do somatório da contagem das intersecções entre as linhas retas horizontais e verticais com os pontos de cobertura vegetal da superfície projetada. Como existem 50 pontos de intersecção no quadro padrão, cada ponto representa 2% de cobertura.

Análise estatística

As variáveis de erosão hídrica em entressulcos foram submetidas à análise de regressão e análise de variância em delineamento experimental inteiramente casualizado. Também foi realizada a comparação de médias pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade. Para tal, foi utilizado o programa estatístico SAS- Statistical Analytical System (SAS, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os dados observados para as taxas de erosão em entressulcos, concentração de sedimentos (Cs), taxa de desagregação (Di) e perda de solo (PS), e as variáveis coeficiente de escoamento superficial (C) e cobertura do solo (CS) referentes às condições de declive estudadas.

Observou-se para as taxas de erosão desse Argissolo sob pastagem, tanto para taxa de desagregação em entressulcos, que é uma avaliação instantânea, como para perda de solo, que é uma avaliação de integração para todo o teste, os maiores valores para o declive de 35%.

No entanto, o declive mais acentuado de 45% não foi a condição de maior taxa de erosão, como se esperava a princípio, apesar dessa condição também ter apresentado valores de coeficiente de escoamento superficial mais expressivos. Os valores de concentração de sedimentos seguiram a mesma tendência, ou seja, os maiores valores foram obtidos para condição do Argissolo sob pastagem a 35% de declive.

Inácio et al., (2007) avaliaram a influência da declividade nas taxas de erosão em entressulcos em área com pastagem formada com capim colônio (*Panicum maximum*) em um Chernossolo Argilúvico órtico típico. Os resultados obtidos nas classes de declividade < 9%, 10 – 15%, 25 – 30% e 35 – 40% foram: para a concentração de sedimentos $3,35 \times 10^{-4}$, $6,43 \times 10^{-4}$, $5,65 \times 10^{-4}$, $1,47 \times 10^{-3} \text{ kg L}^{-1}$, respectivamente; para as taxas de desagregação $1,10 \times 10^{-5}$, $1,93 \times 10^{-5}$, $1,75 \times 10^{-5}$ e $4,5 \times 10^{-5} \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente; e para as taxas de perda de solo, os resultados obtidos foram 0,48, 0,58, 0,64 e $1,23 \text{ Mg ha}^{-1}$, respectivamente. A taxa de porcentagem de cobertura do solo neste experimento foi de 100% em todos os declives. Sendo, provavelmente, essa a justificativa destes resultados serem inferiores aos obtidos no presente experimento.

Os valores do coeficiente de escoamento superficial foram mais elevados para os maiores declives, embora, estatisticamente a condição de 45% de declive não apresentou diferença em relação aos menores declives, 15% e 25%, o que está em conformidade com Liu et al. (2006) ao afirmarem que o grau de declive constitui um dos fatores de maior relevância para formação de escoamento superficial. Os autores também comentam que em área com declive acentuado, o escoamento superficial, inicialmente, provocaria a erosão em entressulcos, para em seguida, com o aumento do escoamento, gerar a erosão em sulcos.

As maiores taxas de erosão para o Argissolo em condição de 35% de declive justifica-se pela menor taxa de cobertura vegetal, bem como pelo maior coeficiente de escoamento superficial. Como antes discutido, a menor cobertura vegetal da pastagem nesta condição influenciou nas condições hidráulicas do escoamento superficial, assim como foi responsável pelas maiores taxas de erosão. A diminuição da cobertura do solo pela gramínea no declive de 35% resultou numa maior exposição destas parcelas à ação direta do impacto das gotas de chuva favorecendo, dessa maneira, a ação de desagregação da superfície do solo, uma vez que, a cobertura vegetal sobre a superfície do solo desempenha uma ação bastante efetiva na sua proteção.



Para a condição desse Argissolo sob pastagem com 45% de declive, não ocorreram as maiores perdas de solo. Isso se deve ao fato do mesmo apresentar o horizonte A já removido pela erosão, com a chuva atuando sobre o horizonte B textural (Bt).

Na **figura 1** observa-se a análise de regressão de potência e seus respectivos coeficientes de correlação para a variável perda de solo em função do tempo de aplicação de chuva simulada nas quatro declividades estudadas, verificando-se para o tratamento 35% de declividade que as perdas de solo aumentaram no decorrer dos testes, ao contrário do observado para os demais tratamentos, em que os valores apresentaram pouca variação com o tempo. A declividade acentuada e a menor porcentagem de cobertura vegetal justificam esse comportamento das perdas de solo para o declive de 35%.

CONCLUSÕES

Na condição de 45% de declive do Argissolo Vermelho-Amarelo de Areia-PB sob pastagem constituída pela *Brachiaria decumbens* ocorreu a remoção ou decapitação do horizonte A, pela ação anterior do processo de erosão hídrica, comprovando sua degradação.

O aumento da porcentagem da cobertura vegetal elevou as taxas de infiltração de água no solo, mostrando-se dessa forma, um fator pro-ativo de controle da erosão em entressulcos.

REFERÊNCIAS

ASADI, H.; GHADIRI, H.; ROSE, C.W.; ROUHIPOUR, H. Interrill soil erosion processes and their interaction on low slopes. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32:711–724, 2007.

BEZERRA, S.A.; CANTALICE, J.R.B. & TARQUI, J.L.Z. Características do escoamento superficial e taxas de erosão em uma área sob cultivo agrícola. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS, 5; São Paulo, 2002. Anais. São Paulo, ABRH, p.403- 411, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Divisão de Agrologia – SUDENE. Levantamento exploratório – Reconhecimento de solo do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro. 670p. 1972 (Boletim Técnico, 15).

CHAN, K.Y.; BOWMAN, A. & OATES, A. Oxidizável organic carbon fractions and soil quality changes in an Oxic Paleustalf under different pasture ley. *Soil Science*, Baltimore, 166:61 - 67, 2001.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. Ed. Ver. Atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Brasília, 2006. 354p.

EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

GOVERS, G.; GÍMENEZ, R.; OOST, KRISTOF VAN. Rill erosion: Exploring the relationship between experiments, modeling and field observations. *Earth-Science Reviews*, 84:87 – 102, 2007.

GYSSELS, G.; POESEN, J.; BOCHET, E.; LI, Y. Impact of plants roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. *Progress in Physical Geography* 22:189 – 217, 2005.

LIU, Q. Q.; XIANG, H.; SINGH, V. P. Asimulation model for unified interrill erosion and rill erosion on hillslopes. *Hydrological processes*, 20:469 – 486, 2006.

PARAÍBA, Atlas Escolar da Paraíba: Histórico e Cultura. 2a ed. João Pessoa, Grafset, 1998. 112 p.

ROMKENS, M. J. M.; HELMING, K; PRASAD, S. N. Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness, and soil water regimes. *Catena*, 46:103-123, 2001.

SAS Institute. Statistical Analytical Systems – SAS for Windows Procedures Guide: Version, 9.1. Cary, USA, 2002 – 2003.

SILVA, G. R. V.; SOUZA, Z. M.; MARTINS FILHO, M. V.; BARBOSA, R. S.; SOUZA, G. S. Soil, water and nutrient losses by interrill erosion from green cane cultivation. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 36:963 – 970, 2012.

Tabela 1. Taxas de erosão em entressulcos, Coeficiente de escoamento superficial e Taxa de cobertura do solo de um Argissolo sob pastagem em diferentes declividades no município de Areia – PB

Declividade	Cs	Di	PS	C	CS
	kg L ⁻¹	kg m ⁻² s ⁻¹	Mg ha ⁻¹	Adm	%
15%	0,0090 b	5,66 x 10 ⁻⁵ b	1,2257 b	0,1515 b	74,80 a
25%	0,0066 b	2,01 x 10 ⁻⁵ b	0,5367 b	0,1294 b	79,60 a
35%	0,0120 a	17,39 x 10 ⁻⁵ a	3,5035 a	0,4174 a	53,20 b
45%	0,0036 b	2,23 x 10 ⁻⁵ b	0,7644 b	0,2774 ab	69,20 ab

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si pelo Teste Tukey a 10% de probabilidade. Cs: concentração de sedimentos; Di: taxa de desagregação do solo; PS: perda de solo; C: coeficiente de escoamento superficial; CS: cobertura do solo. Média de cinco repetições.

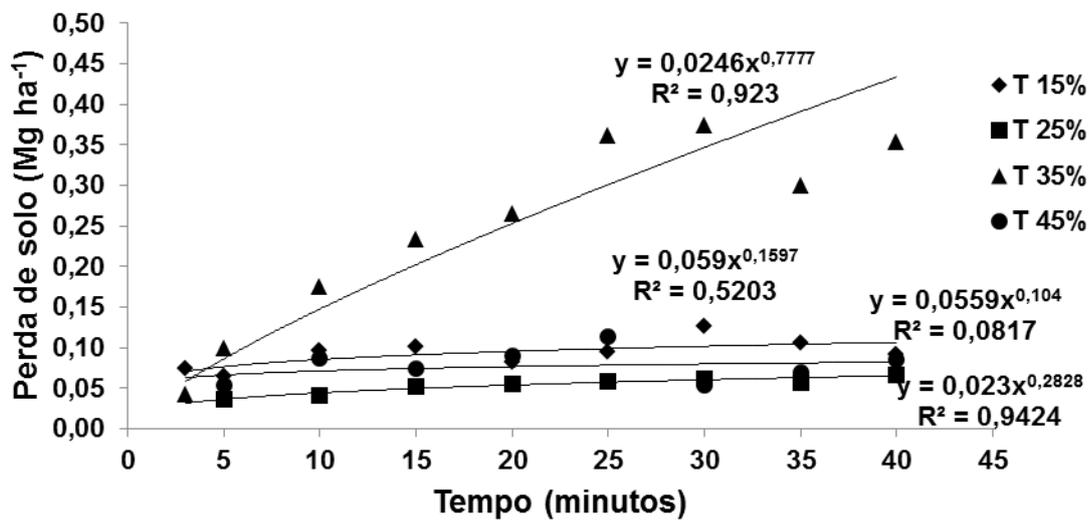


Figura 6. Perda de solo na erosão em entressulcos em função do tempo de aplicação da chuva simulada nas declividades de 15%, 25%, 35% e 45%.