



Caracterização hidráulica do escoamento gerado a partir de chuva simulada⁽¹⁾.

Renan Aguiar Pereira⁽²⁾; Sandro Augusto Bezerra⁽³⁾; Joais José da Silva⁽⁴⁾; Paulo Ricardo Ribeiro⁽⁴⁾; Erika de Lima Silva⁽⁴⁾; Ana Paula Silva de Medeiros Barros⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos de bolsas PIBIC/CNPq e PIBIC/IFPE

⁽²⁾ Estudante do Curso de Bac. em Agronomia IFPE *campus* Vitória de Santo Antão; Vitória de Santo Antão, PE; renan_aguiar13@hotmail.com ⁽³⁾ Professor; IFPE *campus* Vitória de Santo Antão; Vitória de Santo Antão, PE; ⁽⁴⁾ Estudantes do Curso de Bac. em Agronomia do IFPE *campus* Vitória de Santo Antão.

RESUMO: O impacto das gotas de chuva rompe os agregados do solo, desprende e transporta as partículas mais finas, que são as de maior valor, causando também uma compactação na superfície do solo; isso reduz a capacidade do solo de absorver água e aumenta a enxurrada na superfície. A cobertura do solo é uma prática muito recomendada para as regiões semiáridas, uma vez que contribui para o desenvolvimento das culturas, reduz a perda de água, diminui a erosão superficial e incrementa a umidade. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características hidráulicas do escoamento superficial a partir de chuva simulada em parcelas experimentais. O experimento foi conduzido no IFPE Campus Vitória de Santo Antão, constituindo-se na avaliação das taxas de erosão obtidas sob chuvas simuladas em parcelas na forma de bandejas metálicas confeccionadas em chapas de zinco. Os tratamentos aplicados serão às doses de cobertura morta de 0; 100; 200 e 300 g m⁻² de resíduos de Feijão-Guandú, para uma declividade de 5%. Observou-se que, para todos os tratamentos com cobertura morta sobre a superfície, obteve-se valores de $Re < 500$ e $Fr < 1$ que o regime de escoamento nos tratamentos trabalhados foi laminar lento. Quando o escoamento ocorreu sem a presença de resíduo vegetal sobre a superfície, verificou-se número de $Re < 500$ e $Fr > 1$, determinando um regime de escoamento Laminar Rápido, mostrando que a cobertura vegetal morta sobre o solo reduz a velocidade de escoamento na superfície reduzindo os efeitos da desagregação do solo. Concluindo que os regimes de escoamento atestam a ocorrência da erosão em entressulcos.

Termos de indexação: erosão em entressulcos, descarga líquida, lâmina de escoamento.

INTRODUÇÃO

A erosão dos solos é considerada um dos maiores problemas ambientais em todo o mundo, influenciando tanto nos solos agrícolas quanto nos florestais (Hu & Flanagan, 2013). A erosão hídrica,

é a principal forma de degradação dos solos (Lal, 2001; Bertol et al., 2007), é resultante da ação conjunta do impacto das gotas de chuva e da enxurrada, que, além de partículas de solo em suspensão, transporta nutrientes, matéria orgânica e defensivos agrícolas, causando prejuízos à atividade agrícola e ao meio ambiente (Bertol et al., 2007). Assim, o conhecimento de ferramentas para estimar as perdas de solo e definir a importância relativa dos fatores que influenciam a erosão e, com isso, indicar o uso e manejo correto do solo, torna-se fundamental (Schick, 2014).

Nas regiões tropicais, o desgaste provocado no solo por ação das águas da chuva, ou seja, a erosão hídrica, é praticamente a única forma séria de erosão. Dessa forma, a cobertura do solo e o sistema de manejo tornam-se importantes fatores que influenciam a intensidade do escoamento superficial (Cândido, 2014).

A cobertura do solo é uma prática muito recomendada para as regiões semiáridas, uma vez que contribui para o desenvolvimento das culturas, reduz a perda de água, diminui a erosão superficial e incrementa a umidade (Borges, 2014). Montenegro et al. (2013) verificaram que coberturas mortas à base de palha, com taxas de aplicação de 2 e 4 t ha⁻¹, foram eficientes no controle do escoamento superficial e da temperatura do solo, além de ter promovido maior umidade no solo durante diferentes eventos de chuva simulada.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características hidráulicas do escoamento superficial a partir de chuva simulada em parcelas experimentais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no IFPE Campus Vitória de Santo Antão, constituindo-se na avaliação das taxas de erosão obtidas sob chuvas simuladas em parcelas na forma de bandejas metálicas confeccionadas em chapas de zinco com as dimensões de 1,0 m de comprimento, 0,5 m de largura e 0,1 m de profundidade, sendo a maior



dimensão no sentido do declive, e a extremidade inferior delimitada por uma calha coletora.

O solo é classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo foi coletado no município de Belo Jardim em Pernambuco, Clima tropical com estação seca (Classificação climática de Köppen-Geiger: As). Os tratamentos aplicados serão às doses de cobertura morta de 0; 100; 200 e 300 g m⁻² de resíduos de Feijão-Guandú, para uma declividade de 5%. O resíduo de matéria seca da parte aérea da cultura será pesada colocando-se 10% a mais da dosagem recomendada, sendo posteriormente cortada em fragmentos de 2 a 3 cm, para uma melhor acomodação. A distribuição da palha na parcela foi de forma homogênea. Tendo cada tratamento 3 repetições.

As chuvas simuladas tiveram duração de 30 minutos e foram aplicadas utilizando-se um simulador de chuvas de um bico, construído no Laboratório de Conservação do Solo do Departamento de Agronomia da UFRPE. As chuvas foram produzidas por um bico aspersor tipo Veejet 80-150 com diâmetro interno de 12,7 mm, fabricado pela Spraying System Company. O bico fica a 3,1 m acima da superfície do solo, operando a uma pressão de serviço constante de 41 KPa na saída da água no bico. O mesmo sendo abastecido através de uma bomba submersa colocada em um reservatório de água de 1000 L.

As intensidades médias das chuvas simuladas foram determinadas através de um conjunto de 10 pluviômetros, colocados ao acaso ao lado da área útil das parcelas experimentais. As determinações das taxas de perda de solo foram obtidas pela pesagem do material que foi coletado durante 10 segundos em potes plásticos com capacidade de 1 L, em intervalos de 3 minutos.

Aos potes, após pesagem, foi adicionado 5 mL de sulfato de alumínio e potássio P.A. a 5%, para deposição das partículas durante 24 horas, em seguida o sobrenadante foi succionado e os potes levados para secagem em estufa a 65°C, em seguida foram pesados para determinação do solo seco. Através da relação entre a massa de solo seco e a massa de mistura água-sedimento será expressa a concentração de sedimentos em (kg L⁻¹).

A descarga líquida (q) por unidade de largura foi determinada a partir das coletas de enxurradas em potes plásticos na extremidade da calha coletora, com duração de 10 segundos a cada 3 minutos, sendo expressa em (m² s⁻¹). A velocidade superficial (VS) do escoamento gerado a partir da chuva simulada foi determinada através da tomada de tempo gasto, por meio de um cronômetro para o

corante percorrer a distância entre dois pontos fixos na parcela sendo expresso em m s⁻¹. Essas determinações foram realizadas em intervalos de 3 (três) minutos, a partir da formação e deslocamento da lâmina de escoamento. As velocidades médias do escoamento (V) foram determinadas pelo produto das velocidades superficiais do escoamento por um fator de correção ($\alpha = 2/3$), conforme (Cantalice, 2002).

A altura da lâmina do escoamento (h) foi obtida pela equação (6), derivada por Woolhiser & Liggett (1967) e Singh (1983) para solução cinemática das equações de Saint-Venant:

$$h = \frac{q}{V} \quad (1)$$

Onde q = descarga líquida por unidade de largura em (m² s⁻¹), V = velocidade média do escoamento (m s⁻¹) e h = altura da lâmina de escoamento (m).

O delineamento experimental utilizado será o inteiramente casualizado, sendo os resultados submetidos à análise de variância (teste F a 5%), regressão, e teste de Tukey para comparação das médias, por meio do programa estatístico SAS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constam na Tabela 1, as condições hidráulicas médias do escoamento, na presença das diferentes condições de cobertura criadas pelos resíduos vegetais do Feijão Guandú, observando que para todos os tratamentos com cobertura morta sobre a superfície, obteve-se valores de $Re < 500$ e $Fr < 1$ que o regime de escoamento nos tratamentos trabalhados foi laminar lento. Quando o escoamento ocorreu sem a presença de resíduo vegetal sobre a superfície, verificou-se número de $Re < 500$ e $Fr > 1$, determinando um regime de escoamento Laminar Rápido, mostrando que a cobertura vegetal morta sobre o solo reduz a velocidade de escoamento na superfície reduzindo os efeitos da desagregação do solo, observado pelos valores obtidos da Velocidade média do escoamento (Tabela 1), também observado no trabalho de Bezerra (2003).

Os valores de descarga líquida (q) na ordem de grandeza de 10^{-5} m² s⁻¹, e altura de lâmina de escoamento de 10^{-4} juntamente com o regime de escoamento caracterizado por baixos Reynolds, estão em acordo com a magnitude de lâminas de escoamento obtidas por Cantalice (2002), permitindo inferir que ocorreu um escoamento característico de erosão em entressulcos. No



trabalho de Guy et al. (1990) realizado a partir de chuvas simuladas, obteve-se descargas líquidas de $9,07 \times 10^{-6}$ a $4,04 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, e altura da lâmina de $2,51 \times 10^{-4}$ e $5,94 \times 10^{-4} \text{ m}$. Da mesma forma Farenhorst & Bryan (1995) obtiveram lâminas de $1 \times 10^{-3} \text{ m}$ de altura e descargas líquidas de $1 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, e Cantalice (2002), que obteve descargas líquidas de $1,01 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, e altura da lâmina de $2,26 \times 10^{-4} \text{ m}$, em experimento de campo.

Observa-se ainda na figura 1, que o efeito do resíduo, em todos os tratamentos, em contato direto com a superfície do solo apresentou a maior altura da lâmina de escoamento, proporcionado pelas porcentagens de cobertura do solo (Tabela 1). Essa diferenciação na altura do escoamento para o solo descoberto está relacionada ao tipo da cobertura vegetal, pois o resíduo em contato direto com o solo também está em contato direto com o escoamento e, por isso interfere mais no mesmo. Esse fato é comprovado pelo maior valor de rugosidade para o efeito do resíduo em contato com o solo.

CONCLUSÕES

1. O escoamento superficial gerado através de chuva simulada na presença de resíduo de Feijão Guandú sobre a superfície do solo, com altura da lâmina de escoamento de 10^{-4} m de espessura, descargas líquidas de $10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, e os baixos valores do número de Reynolds produziram regimes de escoamento laminar lento;
3. Os regimes de escoamento atestam a ocorrência da erosão em entressulcos.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio as bolsas de PIBIC, ao IFPE Campus Vitória por disponibilizar condições para o desenvolvimento do trabalho, À UFRPE através do Laboratório de Conservação do solo por ter disponibilizado o simulador de chuvas para os testes.

REFERÊNCIAS

BERTOL, I.; COGO, N.P.; SCHICK, J.; GUDAGNIN, J.C. & AMARAL, A.J. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. R. Bras. Ci. Solo, 31:133-142, 2007.

BEZERRA, S.A. Avaliação da erosão em entressulcos na cultura da cana de açúcar. 2003, 63p, Dissertação

(Mestrado em Agronomia Ciência do Solo). UFRPE. Recife, 2003

BORGES, T. K. S., MONTENEGRO, A.A.A., SANTOS, T.E.M., SILVA, D.D. & SILVA JUNIOR, V.P. influência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho (*zea mays* L.) em semiárido nordestino. R. Bras. Ci. Solo, 38:1862-1873, 2014.

CÂNDIDO, B. M., SILVA, M. L. N., CURI, N. & BATISTA, P. V. G. Erosão hídrica pós-plantio em florestas de eucalipto na bacia do rio paraná, no leste do Mato Grosso do Sul. R. Bras. Ci. Solo, 38:1565-1575, 2014.

CANTALICE, J.R.B. Escoamento e erosão em sulcos e em entressulcos em distintas condioes de superfície do solo. 2002, 141f., Tese (Doutorado em Ciência do Solo). UFRGS, Porto Alegre, 2002.

FARENHORST, A.; BRYAN, R.B. Particle size distribution of sediment transported by shallow flow. Catena Verlag, Cremlingen-Destedt, v. 25, p. 47-62, 1995.

GUY, B.T.; DICKINSON, W.T.; RUDRA, R.P. Hydraulics of sediment-landed sheet flow and the influence of simulated rainfall. Earth Surface Processes and Landforms. Sussex, vol. 15, p.101-118, 1990

HU, L. & FLANAGAN, D.C. Towards new-generation soil erosion modeling: Building a unified omnivorous model. J. Soil Water Conserv., 68:100-103, 2013.

LAL, R. Soil degradation by erosion. Land Degrad. Develop., 12:519-539, 2001.

MONTENEGRO, A.A.A. & MONTENEGRO, S.M.G.L. Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidrulica de solos em plancie aluvial. R. Bras. Eng. Agrc. Amb., 10:30-37, 2006.

SCHICK, J., BERTOL, I, COGO, N. P. & GONZALEZ, A.P. erosividade das chuvas de lages, santa catarina. R. Bras. Ci. Solo, 38:1890-1905, 2014

SINGH, V.P. Analytical solutions of kinematic for erosion on a plane: II Rainfall of finite duration. Advances in Water Resources, Billerica, v. 6, p.88-95, 1983.

WOOLHISER, D.A.; LIGGETT, J.A. Unsteady one-dimensional flow over a plane – the rising hydrograph. Water Resources Research. New York, v. 3, n. 3, p.753-771p. 1967.

Tabela 1. Características hidráulicas do escoamento ocasionado pela chuva simulada na presença de cobertura vegetal: Cobertura do solo (Cs), descarga líquida por unidade de largura (q), velocidade média do escoamento (V), altura da lâmina (h), Número de Reynolds (Re) e número de Froude (Fr), viscosidade cinemática (ν), e coeficiente de rugosidade do solo – Darcy-Weisbach (f). Valores médios de três repetições.

Tratamento	Cs	q	Vm	h	Re	Fr	f =	ν	l
	m ² m ⁻²	m ² s ⁻¹	m s ⁻¹	m	adm	adm	adm	m ² s ⁻¹	mm h ⁻¹
SD	0,0	1,25 x 10 ⁻⁵ A	0,072A	1,78 x 10 ⁻⁴ B	14,10	1,75	0,15460B	8,18 x 10 ⁻⁷	48,61B
50g	0,34	1,51 x 10 ⁻⁵ A	0,036B	4,27 x 10 ⁻⁴ A	17,06	0,56	1,42635A	8,18 x 10 ⁻⁷	50,68B
100g	0,56	1,37 x 10 ⁻⁵ A	0,033B	4,18 x 10 ⁻⁴ A	16,91	0,52	1,53067A	8,18 x 10 ⁻⁷	57,84A
150g	1	1,44 x 10 ⁻⁵ A	0,033B	4,38 x 10 ⁻⁴ A	17,64	0,50	1,60304A	8,18 x 10 ⁻⁷	50,77B
CV (%)	32,97	10,29	9,04	9,41	-	-	11,21	-	4,65

Tratamentos com a mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente (SAS, P < 0,05).

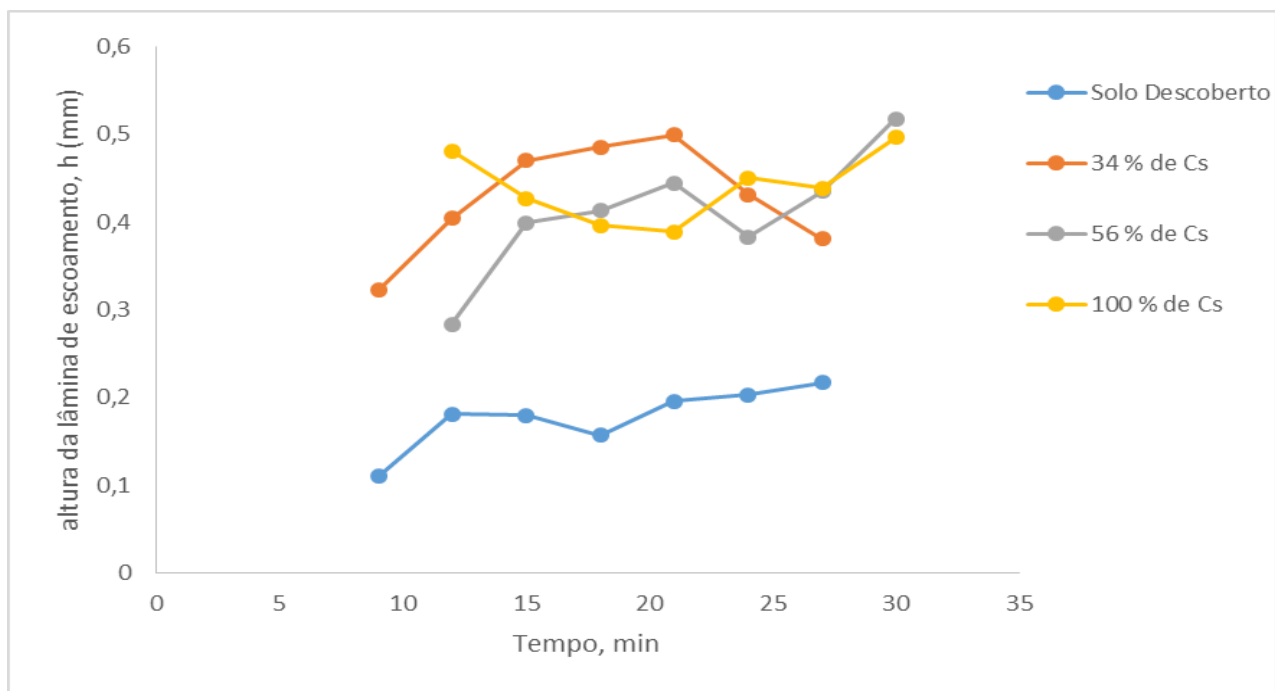


Figura 1 – Valores da altura da lâmina de escoamento (h), determinados pela equação (1) no tempo obtidas através de chuva simulada.