

HIDRÁULICA E TAXAS DE EROÇÃO EM ENTRESSULCOS SOB DIFERENTES DECLIVIDADE E DOSES DE COBERTURA MORTA

José Ramon Barros Cantalice

Doutor orientador do PPGCiência Solo/ufupe; Manejo e conservação do solo / Departamento de Agronomia
E-mail: cantalic@terra.com.br

Sandro Augusto Bezerra

Doutor em Ciência do Solo/Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
E-mail: sabezerra@hotmail.com

Osmar Fabricio Lima Oliveira

Engenheiro Agrônomo / Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
E-mail: cantalic@tera.com.br

Rogério Oliveira de Melo

Mestrando - Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
E-mail: agrorom@pop.com.br

RESUMO – A erosão em entressulcos pode ser considerada a forma mais danosa da erosão hídrica, devido ao transporte da camada superficial do mesmo, onde se encontram os elementos essenciais ao desenvolvimento das culturas. Este trabalho teve o objetivo de avaliar as taxas de erosão em diferentes declives e doses de resíduo de palha de cana-de-açúcar. O experimento foi conduzido no laboratório de Manejo e Conservação do solo da UFRPE, e constituiu-se na avaliação da erosão sob chuvas simuladas em parcelas experimentais (1,0 m x 0,5 m x 0,1 m). Observou-se que houve diferença para as doses aplicadas de 0,4 e 0,6 kg m⁻² de cobertura morta, em relação ao solo descoberto, tanto para as perdas de solo como para a taxa de desagregação de solo, demonstrando a efetividade da cobertura do solo na redução das taxas de erosão. Com relação aos declives aplicados, houve um aumento das perdas de solo e das taxas de desagregação do solo, com a elevação dos declives entre todas as doses de cobertura morta. Os resíduos na superfície do solo reduzem as taxas de desagregação do solo e aumentam a resistência ao escoamento, provocando a diminuição dos números de Reynolds e Froude. Os regimes de escoamento superficial laminar lento evidenciaram a ocorrência da erosão em entressulcos.

Palavras chaves: Escoamento superficial; resíduos vegetais; chuva simulada; desagregação do solo.

RATES AND HYDRAULICS OF INTERRILL EROSION UNDER DIFFERENT SLOPE AND MULCH

ABSTRACTS – the interrill erosion can be the most harmful form water erosion, due it drags of the superficial layer of the soil, where it essential elements to the crop development. This work had the objective of evaluating the soil losses for different slopes and doses of residue of sugar-cane straw. The experiment was led at Soil Conservation laboratory of UFRPE, it was constituted in the evaluation of the water erosion obtained under simulate rains in experimental portions (1,0 m x 0,5 m x 0,1 m). It was observed that there was difference for the applied doses of 0,4 and 0,6 kg m⁻² of soil cover, in relation to the bare soil, so much for the soil losses as for it rates them of soil detachment, demonstrating the effectiveness of the cover of the soil in the reduction of the erosion rates. With relationship to the applied slopes, there was an increase of the soil losses and of the rates of soil detachment, with the elevation of the slopes among all the cover doses. The residues in the surface of the soil reduce the rates of soil detachment and they increase the resistance to the surface water, provoking decrease of the Numbers of Reynolds and of Froude, evidencing the interrill erosion. The laminar slow regime of surface water to attest the interrill erosion.

KEYWORDS: surface water; soil cover; simulated rains; soil detachment.

INTRODUÇÃO

A erosão hídrica é um processo físico de desagregação, transporte e deposição de partículas do solo, provocadas pela ação da água das chuvas e do escoamento superficial e afetada pela ação antrópica (Cassol & Lima, 2003; Pereira, et al. 2003), sendo

resultado da interação de vários fatores que se manifesta em intensidade variável (Schick, et al. 2000), a depender, como citado, do clima, tipo de solo, topografia, vegetação, rugosidade superficial, porcentagem de cobertura do solo existente à época da ocorrência da chuva (Pereira et al. 2003; Souza & Seixas, 2001; Cogo, 1981). As perdas de solo e água continuam se agravando,

devido à dificuldade de utilização pelos agricultores das técnicas de conservação de solo e água. Logo, torna-se urgente o aprimoramento de técnicas simples e praticas que reduzam essas perdas.

Na erosão em entressulcos, o impacto das gotas de chuva é o fator responsável pela desagregação das partículas da massa do solo, podendo desagregar grandes quantidades de partículas decorrentes da energia cinética das gotas, que exercem forças de pressão e cisalhamento no ponto de impacto (Cassol & Lima, 2003).

A proteção exercida pela cobertura viva ou morta na superfície é uma das alternativas mais efetivas no controle erosivo (Perin et al. 2002; Foster, 1982), evitando o impacto das gotas de chuva, que dessa forma, dissipa a energia cinética da chuva e reduz o escoamento superficial (Cassol & Lima, 2003; Barcelos et al, 1999), com isso aumenta a rugosidade hidráulica dessa superfície, reduzindo a velocidade e aumentando a profundidade do fluxo superficial (Foster, 1982). Assim, a cobertura do solo reduz a erosão a partir de três tipos efeitos: (a) impedindo o impacto direto das gotas de chuva na superfície do solo, principal fonte de energia de desagregação nessas áreas que é a energia cinética; (b) reduzindo a capacidade de transporte do fluxo superficial, pela redução de sua velocidade, e (c) aumentando a profundidade do fluxo que, então, pode dissipar a energia de impacto das gotas da chuva (Mutchler & Young, 1975), reduzindo a taxa de desagregação. Braida & Cassol (1999) determinaram redução exponencial da erosão em entressulcos com o aumento da cobertura do solo por resíduos de milho e de trigo, não observando diferenças na eficiência essa redução pelos diferentes tipos de palha na superfície do solo. Já Cassol et al. (2004) e Bezerra & Cantalice (2006) obtiveram reduções significativas das taxas de desagregação do solo com a aplicação de resíduos vegetais na superfície do solo.

Na erosão em entressulcos, a velocidade do escoamento é reduzida pela presença de resíduos vegetais na superfície e essa redução ocorre, geralmente, por causa do aumento da rugosidade hidráulica do fluxo superficial, resultando em aumento da altura do escoamento, impedindo a ação das gotas de chuva na superfície do solo (Foster, 1982; Braida & Cassol, 1999).

Simuladores de chuvas são ferramentas de pesquisa projetadas para aplicar água de forma similar as chuvas naturais. Contudo, as características da chuva devem ser simuladas adequadamente, os dados de escoamento e erosão, analisados cuidadosamente e os resultados, interpretados sensatamente, para se obter informações de confiança para as condições em que as chuvas simuladas são aplicadas (Meyer, 1994). Segundo Silveira (1985), as características desejáveis para que um simulador de chuvas seja adequado a estudos hidráulicos e de erosão do solo são aqueles das chuvas naturais, mais notadamente o tamanho, distribuição, velocidade terminal das gotas e intensidade de aplicação.

A região da zona da mata de Pernambuco possui quase toda sua área explorada com o monocultivo da cana-de-

açúcar, a qual produz grande quantidade de matéria seca, que pode ser aproveitada como cobertura vegetal. Desta forma, este trabalho teve o objetivo de avaliar a erosão hídrica em diferentes declividades e doses de cobertura do solo proporcionada pela aplicação de diferentes dosagens de palha de cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de Manejo e Conservação do solo da UFRPE, 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 utilizado foi um ESPODOSSOLO CARBICO coletado no município de Itapirema-PE. Os tratamentos aplicados foram às doses de cobertura morta de 0; 0,4 e 0,6 Kg m⁻² de palha de cana-de-açúcar, para as declividades de 5% e 15%. A palha foi pesada colocando-se 10% a mais da dosagem recomendada, sendo posteriormente cortada para uma melhor acomodação. A distribuição da palha na parcela foi de forma homogenia.

As chuvas simuladas foram aplicadas utilizando-se um simulador de chuvas de um bico, semelhante ao descrito por Meyer & Harmon (1979), 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 12,7mm, fabricado pela *Spraying System Company*. O bico fica a 3,1m acima da superfície do solo, operando a uma pressão de serviço constante de 41 KPa na saída da água no bico. O mesmo foi abastecido através de uma bomba submersa colocada em um reservatório de água de 1000 L.

As intensidades médias das chuvas simuladas observadas foram determinadas através de um conjunto de 10 pluviômetros, colocados ao acaso ao lado da área útil das parcelas experimentais. As taxas de perdas de solo e a concentração de sedimentos foram determinadas pela pesagem do material coletado durante 10 segundos em potes plásticos com capacidade de 1 L, em intervalos de 5 minutos. Aos potes, após pesagem, adicionou-se 5mL 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, e depois foram pesados para determinação do solo seco (Bezerra et al., 2002). Através da relação entre a massa de solo seco e a massa de mistura água-sedimento foi expressa a concentração de sedimentos em (kg L⁻¹).

As taxas de desagregação do solo (D_i) foram determinadas conforme a expressão abaixo:

$$D_i = \frac{M_{ss}}{A \cdot D_c} \quad (1)$$

Onde M_{ss} = massa do solo seco desagregado (Kg), A = área da parcela (m^2) e D_c = duração da coleta em (s). As perdas de solo foram obtidas através da seguinte equação:

$$P_s = \frac{\Sigma(Q \cdot C_s \cdot t)}{A} \quad (2)$$

Onde P_s = perdas de solo ($kg\ m^{-2}$); Q = vazão ($L\ s^{-1}$); C_s = concentração de sedimentos ($kg\ L^{-1}$); t = intervalo entre as coletas (300 s); A = área da parcela (m^2).

Caracterização hidráulica

A descarga líquida (q) por unidade de largura foi determinada a partir das coletas de enxurradas em potes plásticos na extremidade da calha coletora, descritas acima. A velocidade superficial (V_s) do escoamento gerado a partir da chuva simulada foi determinada através da tomada de tempo gasto por meio de um cronômetro para um corante (azul de metileno) percorrer a distância entre dois pontos fixos na parcela sendo expresso em $m\ s^{-1}$. Essas determinações foram realizadas em intervalos de 5 (cinco) minutos e coincidentes com as determinações de descarga líquida, 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 (Cassol et al., 2004; Farenhorst & Bryan, 1995). A altura da lâmina do escoamento (h) foi obtida pela equação (3), derivada por Woolhiser & Liggett (1967) e Singh (1983) para solução cinemática das equações de Saint-Venant:

$$h = \frac{q}{V} \quad (3)$$

Onde q = descarga líquida por unidade de largura em ($m^2\ s^{-1}$), V = velocidade média do escoamento ($m\ s^{-1}$) e h = altura da lâmina de escoamento (m). O número de Reynolds (Re) foi obtido pela equação (4) segundo (Simons & Senturk, 1992):

$$R_e = \frac{Vh}{\nu} \quad (4)$$

Onde Re = número de Reynolds, adimensional; ν = viscosidade cinemática da água ($m^2\ s^{-1}$). A viscosidade cinemática foi determinada pela utilização da equação (5) segundo (Julien, 1995), sendo a temperatura ($^{\circ}C$) aferida por meio de um termômetro em cada teste.

$$\nu = [1,14 - 0,031(T - 15) + 0,00068(T - 15)^2] \times 10^{-6} \quad (5)$$

Onde ν = viscosidade cinemática da água ($m^2\ s^{-1}$) e T = temperatura da água em $^{\circ}C$. O número de Froude (Fr) foi obtido pela expressão (6) de acordo com (Simons & Senturk, 1992):

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gh}} \quad (6)$$

Onde Fr = número de Froude, adimensional; e g = aceleração da gravidade ($m\ s^{-2}$). A partir de então, dos números de Reynolds e Froude, obteve-se os regimes de escoamento gerados a partir das chuvas simuladas.

O delineamento experimental utilizado foi 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 – Statistical Analytical System (SAS Institute, 1998).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores de $Re < 500$ e $Fr < 1$ sugerem que o regime de escoamento para todos os tratamentos foi laminar lento, onde os valores de descarga líquida (q) e a altura de lâmina de escoamento na ordem de grandeza de $10^{-5}\ m^2\ s^{-1}$ e altura de lâmina de $10^{-3}\ m$, respectivamente, juntamente com o regime de escoamento caracterizado por baixos Reynolds, caracterizam o escoamento típico da erosão entressulcos, estando de acordo com a magnitude de lâminas de escoamento obtidas por Cassol et al. (2004); Bezerra & Cantalice (2006); Bezerra (2003); Cantalice (2002); Farenhorst & Bryan (1995); Guy et al. (1990). Nota-se que com o aumento das doses de palha, houve diminuição da velocidade, aumento da altura da lâmina de escoamento, com conseqüente incremento da rugosidade hidráulica (Tabela 1), como também foi observado por Foster (1982). Com o aumento da cobertura, observa-se o aumento da resistência ao escoamento promovido pela rugosidade de Manning, originado pela presença da palha na superfície, aumentando as forças viscosas, elevando a altura da lâmina de escoamento e aumento das forças da gravidade, diminuindo o número de Froude, concordando com Cassol et al. (2004) e Bezerra (2003).

Observa-se que o aumento da dose de palha da cana-de-açúcar em $Kg\ m^{-2}$, apresentaram pouco efeito na determinação do número de Reynolds, mantendo-se um valor aproximadamente constante, diferente para o número de Froude, que com o aumento das doses crescentes de palha esses valores de froude diminuíram, diferentemente para a dose de $0,04\ Kg\ m^{-2}$, devido a aumento da velocidade média do escoamento, direcionando o escoamento direto pela palha. A presença dos resíduos vegetais na superfície do solo promoveu uma rugosidade de forma, aumentando as forças viscosas, refletindo no aumento da altura da lâmina de escoamento e das forças gravitacionais, que diminui o número de Froude. O mesmo foi observado por Bezerra & Cantalice (2006), Cassol et al., (2004) e Braida & Cassol (1999), quando observaram a elevação da altura da lâmina de escoamento e elevação das forças gravitacionais.

Tabela 1 – Características hidráulicas dos escoamentos gerados pelas chuvas simuladas sobre diferentes declives e doses de palha de Cana de açúcar q = descarga líquida por unidade de largura; Vm = velocidade média; h = altura da lâmina de escoamento; Re = Número de Reynolds; Fr = Número de froude; n = rugosidade hidráulica de Manning.

Dose Kg m ⁻²	Q m ² s ⁻¹	Vm m s ⁻¹	h (m)	Re	Fr	n (s m ^{-1/3})
5%						
0	4,4 x 10 ⁻⁰⁵	0,037	0,001	54	0,34	0,068
0,4	4,6 x 10 ⁻⁰⁵	0,061	0,001	56	0,72	0,030
0,6	4,6 x 10 ⁻⁰⁵	0,018	0,002	56	0,12	0,223
15%						
0	4 x 10 ⁻⁰⁵	0,047	0,001	50	0,52	0,073
0,4	4,3 x 10 ⁻⁰⁵	0,021	0,002	53	0,15	0,290
0,6	4,5 x 10 ⁻⁰⁵	0,024	0,002	55	0,18	0,238

Quando se relaciona as perdas de solo e as taxas de desagregação em função da cobertura do solo e das declividades, nota-se reduções tanto nas perdas de solo, como nas taxas de desagregação instantânea de solo, podendo-se inferir que a palha através do aumento da rugosidade hidráulica foi responsável pelas reduções das taxas de erosão (Tabela 2).

Podemos observar que houve diferença estatística significativa para as doses aplicadas de 0,4 e 0,6 kg/m² de cobertura morta, em relação ao solo descoberto, tanto para as perdas de solo como para as taxa de desagregação de

solo (Tabela 2), demonstrando a efetividade da cobertura do solo na redução das taxas de erosão, o que também foi observado por Cassol et al. (2004); Bezerra, (2003); Mutchler & Young (1975;). Percebe-se ainda, que não houve diferença entre as doses de 0,4 e 0,6 kg/m², o que pode indicar uma maior amplitude na aplicação das doses de palha. Com relação aos declives aplicados, houve diferença significativa tanto para as perdas de solos como para as taxas de desagregação do solo, demonstrando a importância deste fator no processo erosivo.

Tabela 2 – Taxas de erosão obtidas pelas chuvas simuladas sobre diferentes doses de palha de Cana de açúcar, Ps - Perda de solo e Di - taxas de desagregação do solo em entressulcos.

Dose Kg m ⁻²	Ps (Kg m ⁻²)	Di (Kg m ⁻² s ⁻¹)
0,0	4,9979a	0,0017892a
0,4	0,5630b	0,0001707b
0,6	0,2364b	0,0000733b

Medias seguida de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A aplicação das diferentes doses de palha sobre as taxas de desagregação do solo para as declividades ensaiadas nota-se que com 5% de declividade (figura 1a), que a curva expressando a diminuição das taxas de desagregação do solo em função do aumento das doses de palha, teve um de r² = 0,36, indicando que nessa condição de declive houve limitação do transporte de sedimento desagregado pelo impacto das gotas de chuva. Na condição de 15% de declividade (figura 1b), observa-se que a redução das taxas de desagregação do solo foi mais bem correlacionada com o incremento das doses de palha aplicada (r² = 0,79), mostrando a eficiência da palha na redução nas taxas de erosão, bem como mostrando que nessa condição não houve limitação de transporte de sedimento pelo declive.

Os resultados da aplicação das diferentes doses de palha nas duas declividades estudadas sobre as perdas de solo. Verifica-se no gráfico 2a com 5% de declividade que a curva de ajuste das perdas de solo com o aumento das doses de palha, através de um r² = 0,72, foi menor do que o onde r² obtido para o mesmo ajuste na condição de 15% de declividade (r² = 0,87), demonstrando novamente a limitação de transporte na declividade de 5%, mas mesmo assim, houve uma diminuição significativa das perdas de solo pelo aumento da cobertura de solo promovida pela aplicação das doses de palha, demonstrando assim, a eficiência da palha da cana de açúcar em contato direto com o solo na redução das perdas de solo.

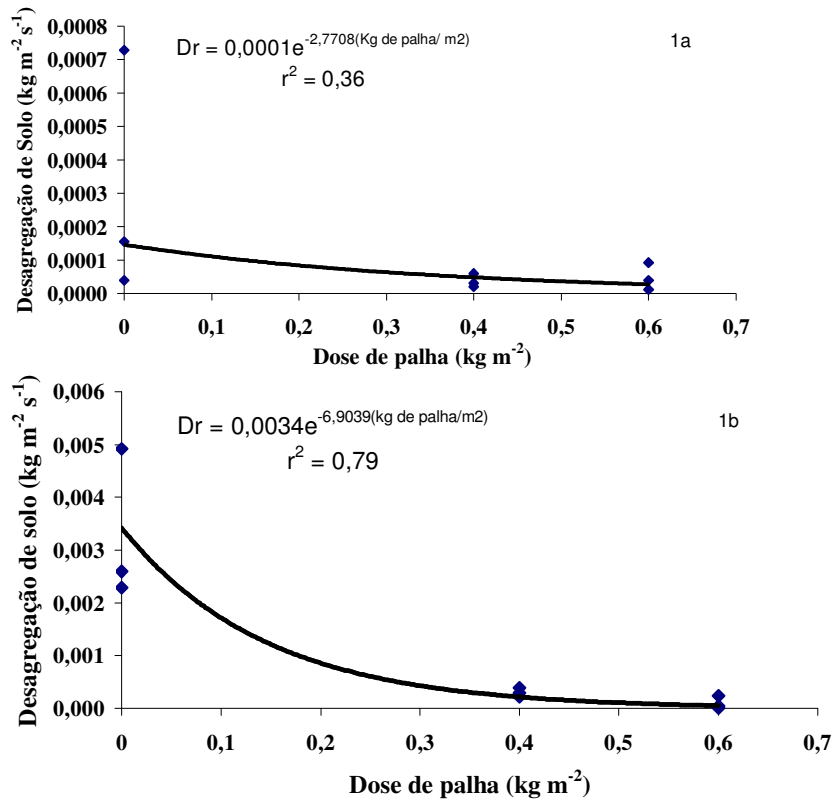


Figura 1 - Taxas de desagregação do solo para doses de palha de cana de açúcar aplicadas no declive de 5% (1a) e 15% (1b), respectivamente.

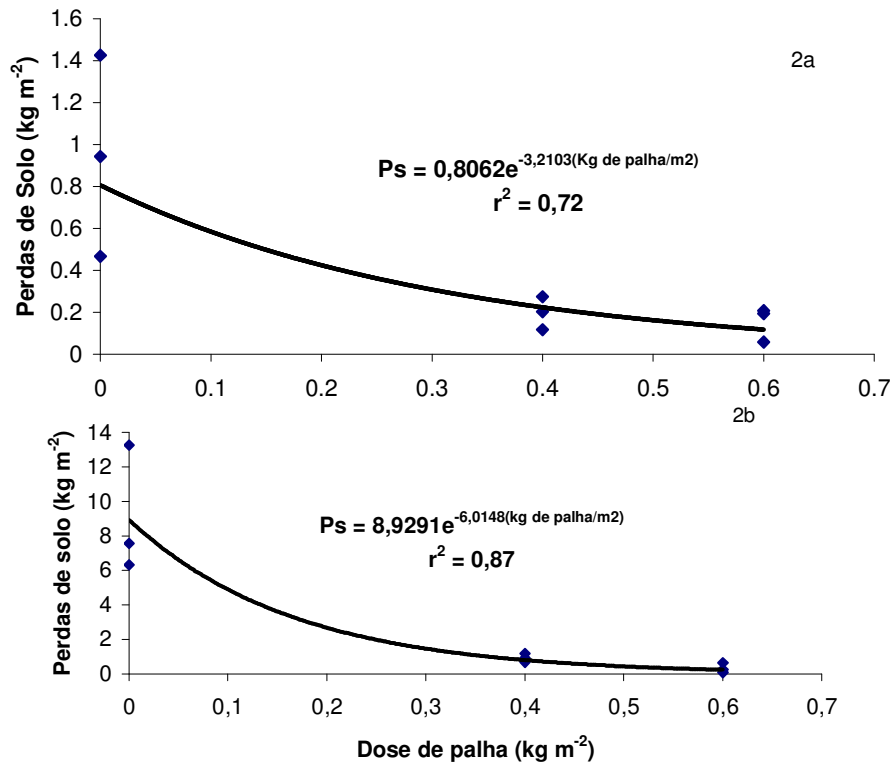


Figura 2- Perda de solo para as doses de palha de cana de açúcar aplicadas no declive de 5% (2a) e 15% (2b) respectivamente.

CONCLUSÕES

Os baixos valores de Reynolds produziram regimes de escoamento laminar lento e as taxas de desagregação do solo na grandeza de 10^{-5} a 10^{-3} $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$, atestam a ocorrência da erosão em entressulcos.

Na erosão em entressulcos observa-se que com o aumento das doses de palha houve diminuição da velocidade de escoamento, aumento da altura da lamina e incremento da rugosidade hidráulica, e dessa forma, a cobertura morta foi responsável pela redução das taxas de erosão.

A presença física dos resíduos na superfície do solo ao escoamento reduz as taxas de desagregação do solo e aumenta a resistência devido ao aumento das forças viscosas e gravitacionais, o que provoca diminuição do número de Reynolds e do número de Froude do escoamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARCELOS, A.A.; CASSOL, E.A. & DENARDIN, J.E. Infiltração de água em um latossolo vermelho-escuro sob condições de chuva intensa em diferentes sistemas de manejo. **Rev. Bras. de Ciênc. do Solo**. 23:35-43, 1999.
- BEZERRA, S. A. avaliação da erosão em entressulcos na cultura da cana de açúcar. 2003, 51f., Dissertação (Mestrado). UFRPE, Recife.
- BEZERRA, S.A.; CANTALICE, J.R.B. Erosão entressulcos em diferentes condições de cobertura do solo, sob cultivo da cana-de-açúcar. **Rev. Bras. de Ciênc. do Solo**. 30:565-573, 2006.
- 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 , 2002. **Anais...** São Paulo, p. 403-411, 2002.
- BRAIDA, J. A.; CASSOL, E. A. Relação da Erosão em Entressulcos com o Tipo e com a Quantidade de Resíduo Vegetal na Superfície do Solo. **Rev. Bras. de Ciênc. do Solo**, v.23, n.3, p.711-721, 1999.
- CANTALICE, J.R.B. **Escoamento e erosão em sulcos e em entressulcos em distintas condições de superfície do solo**. 2002, 141f.,Tese (Doutorado). UFRGS, Porto Alegre.
- CASSOL, E. A.; CANTALICE, J. R. B. ; REICHERT, J. M. Escoamento superficial e desagregação do solo em entressulcos em solo franco-argilo-arenoso com resíduos vegetais. **Pesq. agropec. bras.** v.39, n.7, p.685-690, 2004
- CASSOL, E.A. & LIMA, V.S.de. Erosão em entressulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo. **Pesq. agropec. bras. Brasília**, v.38, n.1, p.117-124. 2003.
- COGO, N. P. **Efect of residue cover, tillage induced roughness, and slope length on erosion and related parameters**. 1981.346f. Tese(Doutorado)– Purdue University, West Lafayette.
- FARENHORST, A.; BRYAN, R.B. Particle size distribution of sediment transported by shallow flow. **Catena Vertlag**, Cremlingen-Destedt, 25:47-62, 1995.
- FOSTER, G. R. Modeling the erosion process. In: BASSELMAN, J. A. Hydrological modeling of small watersheds. St. Joseph, **American Society of Agricultural Engineering**, 1982. p.297-300.
- 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**. 15:101-118, 1990.
- JULIEN, P.Y. **Erosion and sedimentation**. Milbourne: Cambridge Univ. Press, 1995. 280p.
- MEYER, L. D.; HARMON, W. C. Multiple-intensity rainfall simulator for erosion research on row sideslopes. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, 1979. p.100-103
- MEYER,L.D. Rainfall simulators for soil erosion research. In: LAL, R. (Ed). **Soil Erosion Research Methods**. Delray Beach: St. Lucie Press. 1994, p. 83-103.
- MUTCHLER, C. K. & YOUNG, R. A. Soil detachment by raindrops. IN: Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources. Washington, **USDA-Agricultural Research**, 1975. P. 113-117. (ARS-S-40).
- PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. S. & MATOS, A. T. Desprendimento e arraste do solo pelo escoamento superficial. **Rev. Bras. Eng. Agric. Amb.**, Campina Grande, v.7, n.3, p.423-429, 2003.
- PERIN, A.; GUERRA, J.G.M.; TEIXEIRA, M.G.; PEREIRA, M.G. & FONTANA, A. Efeito da cobertura viva com leguminosas herbáceas perenes na agregação de um argissolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 713720, 2002
- SAS Institute, Inc. The SAS System for windows: Releasea ver. 6.8, Cary, 1998. 1CD-ROM.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BALBINOT JÚNIOR, A.A. & BATISTELA, O. Erosão hídrica em cambissolo húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: II. Perdas de nutrientes e carbono orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p. 437-447, 2000.

SIMONS, D.B. & SENTURK, F. **Sediment Transport Technology: water and sediment dynamics**. In: WATER Resources Publications. [Colorado] : [s.n.], 1992. 897p.

SILVEIRA, R. C.; SALVADOR, N. Uso de um simulador de chuvas no estudo de perdas de solo e água em parcelas com resíduos culturais de milho. **Rev. Bras. de Ciênc. do Solo**, Campinas, v.9, n.1, p.63-66,1985.

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

SOUZA, C. R. & SEIXAS F. Avaliação de diferentes coberturas do solo no controle da erosão em taludes de estradas florestais. **Scientia Forestalis**, n.60, p.45-51, dez. 2001

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.