

Energia cinética de chuvas e correlação com perdas de solo e água por erosão hídrica⁽¹⁾.

Pedro Luiz Terra Lima⁽²⁾; Marx Leandro Naves Silva⁽³⁾; Michael Silveira Thebaldi⁽⁴⁾; Luiz Antonio Lima⁽⁵⁾; Wharley Pereira dos Santos⁽⁶⁾; Andrew Antunes dos Santos⁽⁷⁾.

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos da FAPEMIG e CNPq.

⁽²⁾Doutorando em Ciência do Solo, bolsista CNPq; Departamento de Ciência do Solo (DCS), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Caixa Postal 3037, CEP 37200-000, Lavras, Minas Gerais, pedroterralima@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Professor Associado IV, UFLA/DCS; ⁽⁴⁾Doutorando em Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia, UFLA; ⁽⁵⁾Professor Adjunto, Departamento de Engenharia, UFLA; ⁽⁶⁾Graduando em Engenharia Agrícola, UFLA/DCS; ⁽⁷⁾Graduando em Agronomia; UFLA/DCS, Bolsista do PIBIC/FAPEMIG.

RESUMO: A determinação das perdas de solo e água devido à erosão hídrica faz-se com que seja necessário, independente do modelo a ser utilizado, a determinação da erosividade da chuva, que depende da energia cinética de suas gotas. Alguns modelos empíricos de forma logarítmica têm sido utilizados para estimar a energia cinética a partir da intensidade da chuva. Este trabalho utilizou um disdrômetro a LASER e mediu a energia cinética de gotas de chuva natural ocorridas em Lavras, Minas Gerais. Verificou-se que o modelo matemático de melhor ajuste tem forma potencial, podendo a energia cinética ser estimada como $EC (J m^{-2}) = a \times I (mm h^{-1})^b$. Utilizado em dados de intensidade de chuva medidos por estação meteorológica automática, o modelo correlacionou-se muito bem, de forma linear, com as perdas de solo e água de parcelas de solo descoberto.

Termos de indexação: disdrômetro, erosão hídrica, energia cinética.

INTRODUÇÃO

Modelos de predição das perdas de solo tem sido utilizado para avaliar os problemas ambientais decorrentes do processo erosivo. Neste sentido, a erosividade, definida como o potencial da chuva em causar a desagregação e o transporte das partículas do solo, depende de características físicas, como tamanho, forma e velocidade terminal de queda das gotas, possibilitando determinar a energia cinética total da chuva (Moreti et al., 2003; Oliveira et al., 2009). Os principais modelos utilizados para estimar energia cinética a partir da intensidade da chuva foram propostos Wischmeier & Smith (1958), Hudson (1977) e Wagner & Massambani (1988). Entretanto, com a criação de novos equipamentos, a energia cinética também se tornou passível de mensuração, como por exemplo, através do disdrômetro a LASER Parsivel. Este equipamento foi projetado para avaliar as propriedades de precipitação, seja ela natural ou artificial, em vários regimes de chuva, sendo o mesmo constituído de

um dispositivo óptico de LASER, construído com objetivo de medir o tamanho e a velocidade de queda de gotas, permitindo determinar, por exemplo, a energia cinética, intensidade de chuva e quantidade precipitada. O disdrômetro vem sendo utilizado por diversos pesquisadores. Niu et al. (2010), determinaram o diâmetro e velocidade de gotas de chuvas convectivas e estratiformes, percebendo diferenças entre os tipos de chuva.

O objetivo deste trabalho foi medir a energia cinética de chuvas de diferentes intensidades e obter uma relação matemática entre a energia e a intensidade. De posse desta relação, estimar a energia cinética de chuvas a partir de seus valores de intensidade e buscar uma correlação com as perdas de solo e água por erosão hídrica, em parcelas experimentais, no município de Lavras, Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil, localizado sob as coordenadas 21°13'20" S e 44°58'17" W, numa altitude de aproximadamente 925 m, com classificação climática Cwa, segundo a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1.529,7 mm e temperatura média de 19,4 °C (BRASIL, 1992). O experimento foi conduzido em um solo classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura superficial e subsuperficial argilosas, relevo suave-ondulado com declividade de 9% (EMBRAPA, 2006).

Através do disdrômetro Parsivel 2, foram determinadas a caracterização da Energia Cinética e Intensidade de precipitação de doze eventos de chuvas naturais entre Fevereiro e Março de 2013, de modo que foi determinada a correlação entre energia cinética e intensidade de chuva para a região de Lavras, Minas Gerais. Os dados foram programados para serem gerados de 30 em 30 segundos, totalizando 12 eventos avaliados. Detalhes do equipamento e da técnica de medição,

em conjunto com os pressupostos utilizados são amplamente discutidos por vários autores (Löffler-mang & Joss, 2000; Battaglia et al., 2010; Tapiador et al., 2010; Thurai et al., 2011).

Dados de precipitação e intensidade média de precipitação foram obtidos com auxílio de Estação Meteorológica Vantage ProPlus para eventos de chuvas consideradas erosivas. As intensidades médias foram então relacionadas com a equação de Energia Cinética da chuva obtida a partir dos dados obtidos pelo disdrômetro.

A determinação das perdas de solo e de água foi realizada com a instalação de uma parcela, com solo descoberto, ou seja, sem cobertura vegetal, dimensionada de acordo com metodologia sugerida por Wischmeier & Smith (1978), com 4,0 m de largura por 22,1 m de comprimento, sendo a maior dimensão no sentido do declive. A parcela foi contornada por chapas de zinco galvanizadas, com penetração de 0,20 m no solo, permanecendo outros 0,20 m acima da superfície do solo. Na extremidade inferior da parcela, foram instaladas duas caixas coletoras de água e sedimentos, com capacidade para 250 litros cada uma, conectadas entre si através de um divisor tipo Geib, com nove janelas, de forma que após o preenchimento da primeira caixa coletora, 1/9 da enxurrada fosse conduzido para a segunda caixa, assim como sugerido por Cogo (1981). Após agitação da suspensão, foram retiradas três alíquotas de volume predeterminado, as quais foram transferidas para o laboratório e submetidas à decantação. O material decantado foi seco em estufa a 105 °C, durante 24 horas e determinado seu peso seco de modo a determinar as perdas de solo e água decorrentes da erosão hídrica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A energia cinética ($J m^{-2}$), calculada a cada 30 segundos, foi correlacionada com variadas intensidades médias de precipitação ($mm h^{-1}$), a partir de chuvas obtidas pelo disdrômetro Parsivel. Percebe-se na Figura 1 o melhor ajuste em sua forma potencial ($r^2=0,966$) de modo que quanto maior a intensidade da chuva, maior a energia cinética das gotas de chuva.

Equações propostas por Wischmeier & Smith (1958), Hudson (1977) e Wagner & Massambani (1988) consideraram uma relação logarítmica entre a energia cinética e a intensidade média de precipitação. No presente estudo, quando ajustados logaritmicamente, os dados se mostraram pouco correlacionados ($r^2=0,457$), sendo que estudos mais

conclusivos com uma série maior de dados devem ser conduzidos.

Valores de intensidade de chuvas medidos por uma estação climatológica Davis Vantage ProPlus foram utilizados para estimar a energia cinética estimada pela equação potencial obtida neste trabalho e os valores correlacionados com as perdas de solo e água decorrentes da erosão hídrica em parcelas (**Tabela 1 e Figura 2**). Há uma válida correlação linear entre as variáveis, de modo que o aumento da energia cinética resultou em aumento de perdas de solo e água. Wagner & Massambani (1988) também verificaram tal comportamento para a região do estado de São Paulo, Brasil.

CONCLUSÕES

Diferentemente de modelos anteriormente propostos, a energia cinética da chuva variou de forma potencial com a intensidade da chuva. As perdas de solo e água decorrentes da erosão hídrica são proporcionais ao aumento da energia cinética das gotas de chuva.

REFERÊNCIAS

- BATTAGLIA, A.; RUSTEMEIER, E.; TOKAY, A. et al. Parsivel snow observations: a critical assessment. *J. Atmos. Ocean. Tech.* 27: 333–344, 2010.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Normais climatológicas (1961-1990). Brasília: Secretaria Nacional de Irrigação; Departamento Nacional de Meteorologia. 1992. 84p.
- COGO, N.P. Effect of residue cover, tillage-induced roughness and slope length on erosion and related parameters. Tese (Doutorado) – Purdue University, West Lafayette, 1981. 346p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª. Ed. Rio de Janeiro, RJ, Embrapa Solos, p 306, 2006.
- HUDSON, N. Soil conservation. Ithaca, Cornell University Press, 1977. 320p.
- LOFFLER-MANG, M. & JOSS, J. An optical disdrometer for measuring size and velocity of hydrometeors. *J. Atmos. Ocean. Tech.* 17: 130–139, 2000.
- MORETI, D.; CARVALHO, M. P.; MANNIGEL, A. R. et al. Importantes características de chuva para a



conservação do solo e da água no município de São Miguel (SP). R. Bras. Ci. Solo, 27: 713-725, 2003.

NIU, S.; JIA, X.; SANG, J. et al. Distributions of Raindrop Sizes and Fall Velocities in a Semiarid Plateau Climate: Convective versus Stratiform Rains. J. Appl. Meteor. Climat., 49: 632-645, 2010.

OLIVEIRA, F.P.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SILVA, M.A. et al. Potencial erosivo da chuva no Vale do Rio Doce, região Centro-leste do estado de Minas Gerais – primeira aproximação. Cienc. Agrotec., 33: 1569-1577, 2009.

TAPIADOR, F.J.; CHECA, R. & CASTRO, M. An experiment to measure the spatial variability of rain drop size distribution using sixteen laser disdrometers. Geoph. Res. Lett. 37:00-00, 2010.

THURAI, M.; PETERSEN, W. A.; TOKAY, A. et al. Drop size distribution comparisons between Parsivel and 2-D video disdrometers. Adv. Geosci., 30: 3-9, 2011

WAGNER, C.S. & MASSAMBANI, O. Análise da relação intensidade de chuva-energia cinética de Wischmeier & Smith e sua aplicabilidade à região de São Paulo. R. Bras. Ci. Solo, 12:197-203, 1988.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Washington: USDA, 1978. 58p.

Tabela 1 – Propriedades físicas de eventos de precipitação consideradas erosivas e respectivas perdas de solo e água em parcela descoberta em Lavras, Minas Gerais.

Data	Precipitação Total (mm)	Intensidade Média (mm h ⁻¹)	EC calculada (J m ⁻²)	Perda de Solo (Mg ha ⁻¹)	Perda de Água (mm)
9/1/2013	69,33	29,47	7,89	0,181	5,19
10/1/2013	25,14	23,77	5,97	0,140	3,39
14/1/2013	65,53	68,91	2,68	0,428	10,37
15/1/2013	78,73	32,77	9,05	0,149	3,70
6/2/2013	21,33	33,95	9,47	0,142	4,97
4/3/2013	13,82	31,05	8,44	0,134	4,87
9/3/2013	35,56	50,48	15,83	0,495	11,22

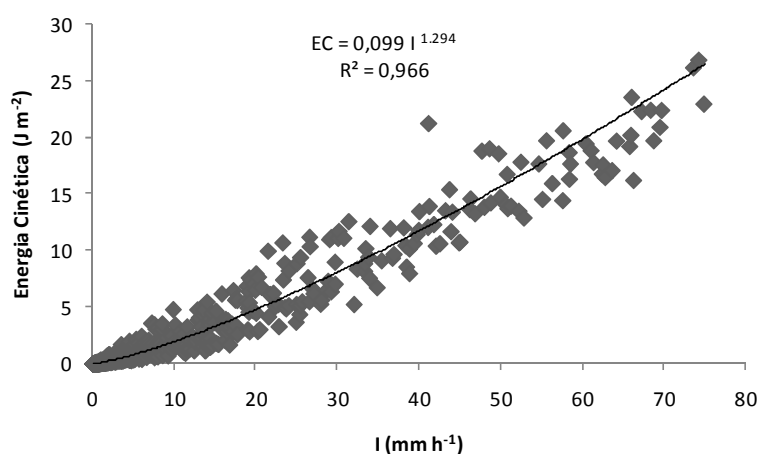


Figura 1 – Energia cinética (J m⁻²) para variadas intensidades (I) médias de precipitação (mm h⁻¹), de eventos de chuva ocorridos entre fevereiro e março de 2013, no município de Lavras, MG, obtidas pelo disdrômetro Parsivel (OTT).

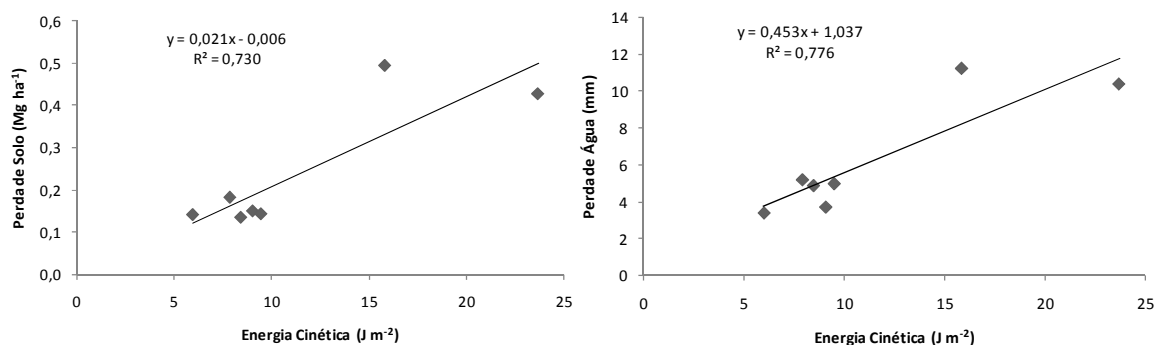


Figura 2 – Energia cinética (J m⁻²) para diferentes perdas de solo (Mg ha⁻¹) e água (mm) por erosão hídrica, em parcela experimental descoberta, no município de Lavras, MG.