

ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DAS CHUVAS, MODELOS DE ENERGIA CINÉTICA E EROSIVIDADE EM REGIÃO SEMIÁRIDA

José Bandeira Brasil¹, Ana Célia Maia Meireles², Carlos Wagner Oliveira², Ana Alice Cardoso Carneiro³, João Cauã Custódio Xenofonte³

RESUMO: Devido à escassez de medições das características da chuva, relações empíricas ainda são utilizadas para estimar a energia cinética da chuva e seu potencial de erosividade. Este trabalho tem como objetivo analisar as características das chuvas e comparar o desempenho dos modelos de estimativa de energia cinética e índice de erosividade em relação ao modelo padrão desenvolvido por Brasil (2022). A área de estudo está localizada na Floresta Nacional do Araripe, Crato-CE, e as características das chuvas foram medidas para 68 eventos, de abril de 2023 a fevereiro de 2024 com um pluviômetro automático. Os resultados destacaram a alta variabilidade na distribuição das chuvas durante os eventos, além da alta frequência de ocorrência de pequenos eventos. O modelo padrão de Wischmeier e Smith foi o que mais subestimou os dados de energia cinética e erosividade, seguido do modelo baseado na variação temporal. O modelo de energia cinética baseado na altura da chuva foi o que mais representou os dados de energia cinética, com subestimação de apenas 4% e apenas 1% para o modelo de erosividade da chuva.

PALAVRAS-CHAVE: caracterização da chuva; modelo de Wischmeier e Smith; região semiárida

ANALYSIS OF RAINFALL CHARACTERISTICS, KINETIC ENERGY AND EROSIVITY MODELS IN A SEMI-ARID REGION

ABSTRACT: Due to the scarcity of measurements of rain characteristics, empirical relationships are still used to estimate rain kinetic energy and its erosivity potential. This work aims to analyze the characteristics of rainfall and compare the performance of kinetic energy and erosivity index estimation models in relation to the standard model developed by Brasil (2022). The study area is located in the Araripe National Forest, Crato-CE, and rainfall characteristics were measured for 68 events, from April 2023 to February 2024 with an automatic rain gauge. The results highlighted the high variability in the distribution of rainfall during the events, in addition to the high frequency of occurrence of small events. The standard model by Wischmeier and Smith was the one that most underestimated the kinetic energy and erosivity data, followed by the model based on temporal variation. The kinetic energy model based on rainfall height was the one that most represented the kinetic energy data, with an underestimation of only 4% and only 1% for the rainfall erosivity model.

KEYWORDS: rainfall characterization; Wischmeier and Smith model; semi-arid region

INTRODUÇÃO

A escassez de água nas regiões semiáridas gera a necessidade de caracterizar as chuvas com base em eventos para uma melhor compreensão dos processos e modelos hidrológicos. O

¹Bolsista PNPd, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável – PRODER, Universidade Federal do Cariri. E-mail: josebbrasil@gmail.com;

²Professor (a), Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional Sustentável – PRODER, Universidade Federal do Cariri. E-mail: ana.meireles@ufca.edu.br; carlos.oliveira@ufca.edu.br;

³Bolsista PET-Agronomia, Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade, Universidade Federal do Cariri, Crato-Ceará. E-mail: ana.carneiro@aluno.ufca.edu.br; joao.caua@aluno.ufca.edu.br.

conhecimento das características das chuvas e suas interações com a dinâmica de distribuição da energia cinética das chuvas servirá de base para futuras investigações do potencial de erosividade do solo.

Porém, a falta de estudos nessas regiões se deve ao alto custo de obtenção de equipamentos específicos para mensurar tais características. Atualmente, relações empíricas ainda são amplamente utilizadas para obtenção da energia cinética e seu potencial de erosividade (WISCHMEIER; SMITH, 1978; FOSTER et al., 1981). Um avanço nesse campo foi o estudo desenvolvido por Brasil (2022) em Iguatu-CE, região semiárida, que mediu as características da chuva (diâmetro e velocidade das gotas). A partir dessas informações medidas obteve-se diretamente um modelo para prever a energia cinética da chuva e seu potencial de erosividade.

Diante deste cenário, medições precisas de energia cinética para uma estimativa real do potencial de erosividade da chuva tornam-se essenciais, além de fornecer informações precisas sobre a utilização de diferentes modelos de energia cinética para uma região semiárida. Portanto, este trabalho tem como objetivo analisar as características das chuvas e comparar o desempenho dos modelos de estimativa de energia cinética e índice de erosividade em relação ao modelo padrão desenvolvido por Brasil (2022).

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e coleta dos dados de chuva

A área de estudo está localizada na Floresta Nacional do Araripe, mais conhecida como FLONA Araripe, município do Crato. O clima é do tipo Aw', com precipitação média anual de 1.033 mm. As coordenadas geográficas do ponto central da área onde o equipamento foi instalado são: 7°14' S e 39°29' W.

As características das chuvas foram medidas para 68 eventos, de abril de 2023 a fevereiro de 2024 com um pluviômetro automático. Com os dados de chuva coletados, foram registradas as seguintes características: altura de chuva (mm), duração da chuva (h), intensidade média da chuva (mm h^{-1}), intensidade máxima de chuva em 30 minutos ($I_{30} \text{ mm h}^{-1}$). Com essas variáveis medidas para o local de estudo, foi possível estimar a energia cinética total do evento de chuva (MJ ha^{-1}) e o índice de erosividade da chuva ($\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm h}^{-1}$) através de equações da literatura.

Modelos de energia cinética - EC e índice de erosividade - EI30

A energia cinética (EC) por mm de chuva foi estimada usando o modelo padrão de Wischmeier e Smith - WS (1978), modificada por Foster et al. (1981), como visto na equação 1.

$$EC_{WS} = 0.119 + 0.0873 * \text{Log } I \quad (1)$$

A equação proposta por Brasil (2022) foi calibrada e validada para o município de Iguatu-CE, em função dos ajustes dos parâmetros do modelo original de EC_{WS} utilizando dados de disdrômetro (equação 2). Outro modelo desenvolvido por Brasil (2022) foi a obtenção de um modelo que relaciona a energia cinética medida pelo disdrômetro versus a altura de chuva total (Equação 3).

$$EC_{\text{Brasil}} = 0.1578 + 0.1049 * \text{Log } I \quad (2)$$

$$EC_{\text{Ptotal}} = 0.2705 * P \quad (3)$$

Em que: EC é a energia cinética da chuva em ($\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$), e I é a intensidade média da chuva (mm h^{-1}).

A energia cinética total do evento de chuva para as equações 1 e 2 é obtida pela equação 4.

$$EC_{\text{total}} = EC * P \quad (4)$$

Em que: EC_{total} é a energia cinética total do evento de chuva (MJ ha^{-1}), e P altura de chuva (mm).

A energia cinética em função da variação temporal da chuva (EC_{VT}) por mm de chuva é calculada para cada intervalo de tempo adotado – (30 min intra-evento), equações 5 e 6.

$$EC_{VT} = 0.119 + 0.0873 * \text{Log } I_r \quad (5)$$

$$EC_{VT \text{ total}} = \left(\sum_{r=1}^k EC_{VT} * P_r \right) \quad (6)$$

Em que: EC_{VT} é a energia cinética da chuva ($\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$); I_r é a intensidade da chuva durante o intervalo de tempo adotado (mm h^{-1}). $EC_{VT \text{ total}}$ é o somatório da energia cinética da chuva durante o intervalo de tempo adotado (MJ ha^{-1}).

O índice de erosividade da chuva (EI_{30}) de cada evento foi estimado pela equação 7.

$$EI_{30} = EC_{\text{total}} * I_{30\text{máx}} \quad (7)$$

Em que: EI_{30} é o índice de erosividade da chuva ($\text{MJ ha}^{-1} \text{ mm h}^{-1}$) e I_{30} é a intensidade máxima de chuva em 30 minutos do evento (mm h^{-1}).

Análises estatísticas

Estatísticas descritivas e análises de regressão linear foram utilizados para avaliar as características das chuvas, distribuição dos dados de energia cinética e erosividade por diferentes metodologias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características das chuvas foram medidas para 68 eventos de chuva (Tabela 1). A altura de chuva (P) variou de 0,40 a 69 mm (Tabela 1), evidenciando a alta variabilidade de distribuição das chuvas durante os eventos. Observa-se alta frequência de ocorrência de pequenos eventos (50%) foi registrada para eventos com altura de chuva total inferior a 3,0 mm – Q2=50% (Tabela 1). As ocorrências de pequenos eventos de chuvas são características comuns das regiões semiáridas, além de serem importantes para o entendimento dos processos hidrológicos em escala de bacia (BRASIL et al., 2022; GUERREIRO et al., 2022).

Tabela 1. Estatísticas descritivas das características da chuva na Floresta Nacional do Araripe – CE

Variáveis	Nº de eventos	Média	DP	Mínimo	Q1—25	Q2—50 Mediana	Q3—75	Máximo
P	63	9,98	15,37	0,40	1,40	3,00	11,40	69,00
D		2,72	2,71	0,08	0,67	1,75	4,17	13,92
I		3,92	3,60	0,24	1,37	2,40	5,14	15,57
I30		9,94	14,01	0,80	2,00	3,20	12,00	70,40
EC - Brasil		2,36	4,07	0,07	0,25	0,42	2,12	18,99
EI30 - Brasil		77,10	212,40	0,10	0,40	1,30	24,70	1149,40

P – Altura de chuva (mm); D – Duração da chuva (h); I – intensidade média da chuva (mm h⁻¹); I30 - intensidade máxima da chuva em 30 min (mm h⁻¹); EC – Energia cinética da chuva (MJ ha⁻¹); EI30 – Índice de erosividade da chuva (MJ ha⁻¹ mm h⁻¹); percentis -Q1—25th, Q2—50th (Mediana) e Q3—75th; DP - Desvio padrão.

De acordo com a estatística descritiva (Tabela 1), a duração, intensidade média e máxima, energia cinética e índice de erosividade das chuvas apresentaram grande variabilidade, assim como a altura das chuvas. A energia cinética da chuva (EC) apresentou valores máximos de 18,99 (MJ ha⁻¹), estando em conformidade para valores máximos de EC medida para eventos naturais de chuva de alta qualidade (BRASIL, 2022). Para o índice de erosividade (EI30), observa-se que 75% dos eventos são menores que 24,70 MJ ha⁻¹ mm h⁻¹ e chuvas menores que 11,40 mm, comprovando à alta frequência de ocorrência de pequenos eventos de chuva. Apesar disso, foram registrados valores máximos de EI30 na ordem de 1149,40 MJ ha⁻¹ mm h⁻¹ quando se registra valores máximos de P (Tabela 1).

Dentre os modelos testados, o modelo padrão em estudos de erosão do solo (EC WS) foi o que mais subestimou os dados de EC em 22%, seguido pelo modelo EC VT que subestimou a EC em 13% (Figura 1). De acordo com Brasil (2022), o modelo padrão (EC WS) é o que mais subestima os valores de EC porque utiliza a intensidade média de cada evento de chuva como variável de entrada, diferentemente do modelo EC – VT.

de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo seu apoio financeiro aos bolsistas participantes desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

BRASIL, J. B.; ANDRADE, E. M. D.; PALÁCIO, H. A. Q. et al. Canopy effects on rainfall partition and throughfall drop size distribution in a tropical dry forest. **Atmosphere**, v. 13, n. 7, p. 1126, 2022.

BRASIL, J. B. **Potencial energético da chuva e da precipitação interna em floresta tropical seca**. 110 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

FOSTER, G. R.; MCCOOL, D. K.; RENARD, K. G.; E MOLDENHAUER, W. C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal of Soil and water conservation**, v. 36, n. 6, p. 355-359, 1981.

GUERREIRO, M. S.; DE ANDRADE, E. M.; DE SOUSA, M. M. M. et al. Contribution of non-rainfall water input to surface soil moisture in a tropical dry forest. **Hydrology**, v. 9, n. 6, p. 102, 2022.

PANAGOS, P.; BORRELLI, P.; MEUSBURGER, K.; YU, B. et al. Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 4175, 2017.

WISCHMEIER, W. H.; E SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning** (No. 537). Department of Agriculture, Science and Education Administration, 1978.