

MAPEAMENTO E ANÁLISE DA EROSIVIDADE DA CHUVA NA SUB-BACIA DO ALTO PARAIBA

RAYNA KELLY DA SILVA¹, GEORGE DO NASCIMENTO RIBEIRO²,
PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO³

¹Engenheira de Biosistemas, UFCG, Sumé-PB, silvarayna16@gmail.com

²Dr. Prof. CDS, UFCG, Sumé-PB, george.nascimento@professor.ufcg.edu.br

³Dr. Pesquisador, UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
04 a 06 de outubro de 2022

RESUMO: Este trabalho objetivou analisar a erosividade da chuva na sub-bacia do Alto Paraíba, por meio de geotecnologias. Utilizou-se dados de precipitação de 103 anos de observação entre 1911 e 2014. Foi utilizado o programa Surfer® 11 para a distribuição da erosividade e elaboração dos mapas através do método da krigagem, para o computo das médias, medianas, máximas e mínimas, variância e desvio padrão. Identificou-se que a distribuição média anual do fator erosividade da chuva foi de 3.477,57 mm.ha⁻¹.ano⁻¹; e o Desvio padrão do parâmetro erosividade EI₃₀ médio mensal apresentou valor de 639,96 mm.ha⁻¹.ano⁻¹, e o coeficiente de variância apresentou valor de 0,184.

PALAVRAS-CHAVE: Geotecnologias, krigagem, distribuição pluviométrica, erosividade.

MAPPING AND ANALYSIS OF RAIN EROSIVITY IN THE ALTO PARAIBA SUB-BASIN

ABSTRACT: This study aimed to analyze the rainfall erosivity in the Alto Paraíba sub-basin through geotechnology. Was used rainfall data of 103 years of observation between 1911 and 2014. Was used Surfer® program 11 for the distribution of erosivity and development of maps using the Kriging method for the computation of the mean, median, maximum and minimum, variance and standard deviation. It was identified that the average annual distribution of the rain erosivity factor was 3,477.57 mm.ha⁻¹.year⁻¹; and the standard deviation of the average monthly EI₃₀ erosivity parameter showed a value of 639.96 mm.ha⁻¹.year⁻¹, and the coefficient of variance showed a value of 0.184.

KEYWORDS: Geotechnologies, kriging, rainfall distribution, erosivity.

INTRODUÇÃO

A Paraíba é o Estado do Nordeste que apresenta uma das maiores variabilidades espaciais nas chuvas, uma vez que o Agreste/Litoral apresenta precipitações médias anuais acima de 1083,4 mm.ano⁻¹, em média, seguido do sertão, com valores médios de 821,9 mm ano⁻¹ e a região do Cariri/Curimataú com média alcançando até 516,1 mm.ano⁻¹ (Araújo et al., 2003).

A erosão hídrica é um dos fenômenos mais danosos ao solo e às atividades humanas, em especial as atividades agrícolas. É caracterizado pelo processo de desprendimento, transporte e deposição de partículas e nutrientes das camadas superficiais dos solos e seus, realizado devido a ação do escoamento superficial das águas da chuva (Ashiagbor et al., 2013; Dechen et al., 2015; Belasri & Lakhouili, 2016; Barros et al., 2018).

A erosividade da chuva (fator R), indica o potencial da chuva em causar erosão do solo, sendo determinada pelo produto da energia cinética total da chuva e da intensidade máxima, em 30 minutos (Wischmeier & Smith, 1978). Para Bertoni e Lombardi Neto (1999) a erosividade da chuva, sendo expressa pelo fator R, é definida como um índice numérico que expressa a capacidade da chuva de erodir o solo de um terreno sem cobertura vegetal.

No entanto, sua utilização é de fundamental importância para o estabelecimento do uso e manejo corretos do solo e, conseqüentemente, para a seleção das práticas conservacionistas de maior eficácia na redução da erosão hídrica (Paes et al., 2010).

Portanto, este trabalho objetiva avaliar e mapear a erosividade mensais e anual da chuva na sub-bacia do Alto Paraíba, por meio de geotecnologias utilizando a estatística de krigagem.

MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo é a sub-bacia do Alto Paraíba que ocupa uma área de 6.983 km² abrangendo os municípios de Amparo, Barra de São Miguel, Boqueirão, Cabaceiras, Camalaú, Caraúbas, Congo, Coxixola, Monteiro, Ouro Velho, Prata, São Domingos do Cariri, São João do Cariri, São João do Tigre, São Sebastião do Umbuzeiro, Serra Branca, Sumé e Zabelê.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da área de estudo é considerado do tipo Bsh – Semiárido quente, precipitação predominantemente, abaixo de 600 mm.ano⁻¹, e temperatura mais baixa, devido ao efeito da altitude (400 a 700 m). As chuvas da região sofrem influência das massas Atlânticas de sudeste e do Norte (Francisco, 2010). Segundo Farias (2017), a temperatura média anual é de 24°C e a insolação anual média é de 2.800 horas. A vegetação representativa da área de estudo é do tipo caatinga hiperxerófila, de acordo com Sousa et al. (2007).

Os solos predominantes na área de estudo conforme PARAÍBA (1978), e reclassificados por Campos e Queiroz (2006), são os Neossolos flúvicos Ta eutróficos solódicos, Luvisolos Crômicos órtico típico, Neossolos Litólicos Eutróficos típico, e o Vertissolo Cromado Órtico solódico, respectivamente.

Na metodologia de trabalho foi utilizado dados de precipitação obtidos na Agência Executiva de Gestão das Águas (AES/A) com 103 anos de observação entre 1911 e 2014. A classificação da erosividade foi realizada de acordo com critérios descritivos por Cassol et al. (2007), onde são consideradas chuvas erosivas aquelas com quantidade igual ou superior a 10mm, ou igual ou superior a 6mm em um período máximo de 15 min. A determinação do índice EI₃₀, que representa a erosividade de cada chuva individual e erosiva, foi dada pela Equação 1.

$$EI_{30} = ECT I_{30} \text{ (Eq.1)}$$

Em que: EI₃₀ é o índice de erosividade da chuva erosiva individual (MJ mm ha⁻¹h⁻¹); ECT é a energia cinética total da chuva (MJ ha⁻¹); I₃₀ é a intensidade máxima média de precipitação em 30 min (mm h⁻¹).

Para o cálculo da erosividade da chuva foi adaptado à classificação adotada por Santos (2008), conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Classes de erosividade da chuva média anual e mensal

Classe de erosividade	Valores de erosividade (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹)	
	Anual	Mensal
Muito baixa	R < 2500	R < 250
Baixa	2500 < R < 5000	250 < R < 500
Média	5000 < R < 7000	500 < R < 700
Alta	7000 < R < 10000	700 < R < 1000
Muito alta	R > 10000	R > 1000

Para o cálculo do fator R foi utilizado a média mensal e a média anual de acordo com a metodologia de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) e de acordo com a Equação 2.

$$EI = 67,355 \cdot (r^2/P) \cdot 0,85 \text{ (Eq.2)}$$

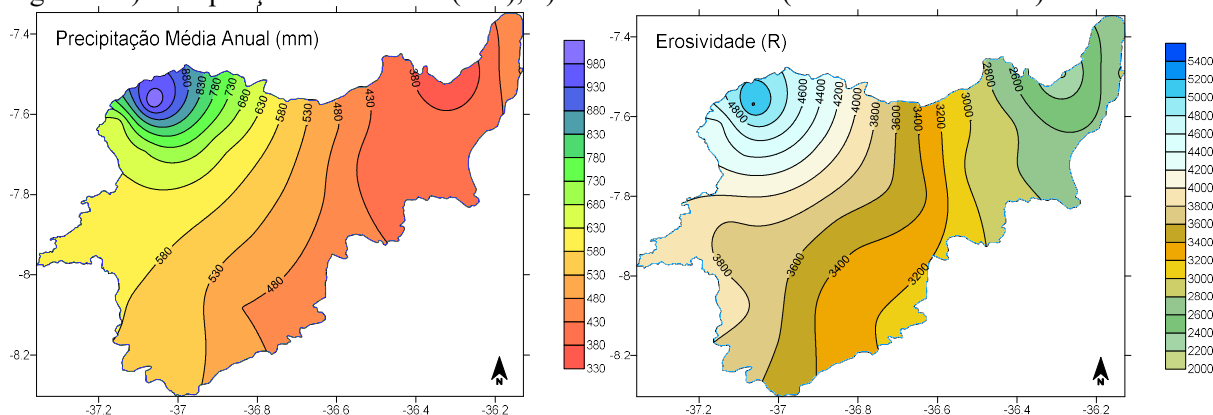
Onde: EI = média mensal do índice de erosão; r = precipitação média mensal (mm); P = precipitação média anual (mm).

Os dados de erosividade, latitude e longitude foram inseridas em planilha eletrônica com as coordenadas dos postos de cada município. Para a elaboração dos mapas de distribuição da erosividade foi utilizado o programa Surfer[®]11 utilizando o método da krigagem e obtido as médias, medianas, máximas e mínimas, variância e desvio padrão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados obtidos, observa-se na Figura 1a, no mapa de precipitação média anual, que a distribuição pluviométrica na região de estudo varia entre 330 a 1.030mm, com os menores valores localizados ao leste da bacia próximo ao município de Boqueirão e aumentando, gradativamente, até ao noroeste da bacia na região do município de Amparo.

Figura 1. a) Precipitação média anual (mm); b) Erosividade anual ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$).



Pelos resultados obtidos (Figura 1b) evidencia-se maior índice de erosividade no município de Amparo, para o período estudado, assim sendo, constata-se maior taxa erosiva da chuva. Observa-se também, que no histórico, a média mensal do fator R é maior que os outros municípios da bacia em estudo.

Na Tabela 2, tem-se as variabilidades estatísticas dos parâmetros médios da erosividade da bacia hidrográfica onde observa-se que, as oscilações da erosividade mínima mensal fluem entre 0,41 e 522,84 $\text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ com uma média anual de 2.161,39 $\text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, a erosividade máxima oscila entre 21,24 e 1.446,68 $\text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ e sua média é de 5.218,57 $\text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, a erosividade média apresenta uma flutuação entre 10,15 e 1.068,68 $\text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ e sua média é de 3.477,57 $\text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$.

Tabela 3. Variabilidade estatística dos parâmetros de erosividade da bacia hidrográfica

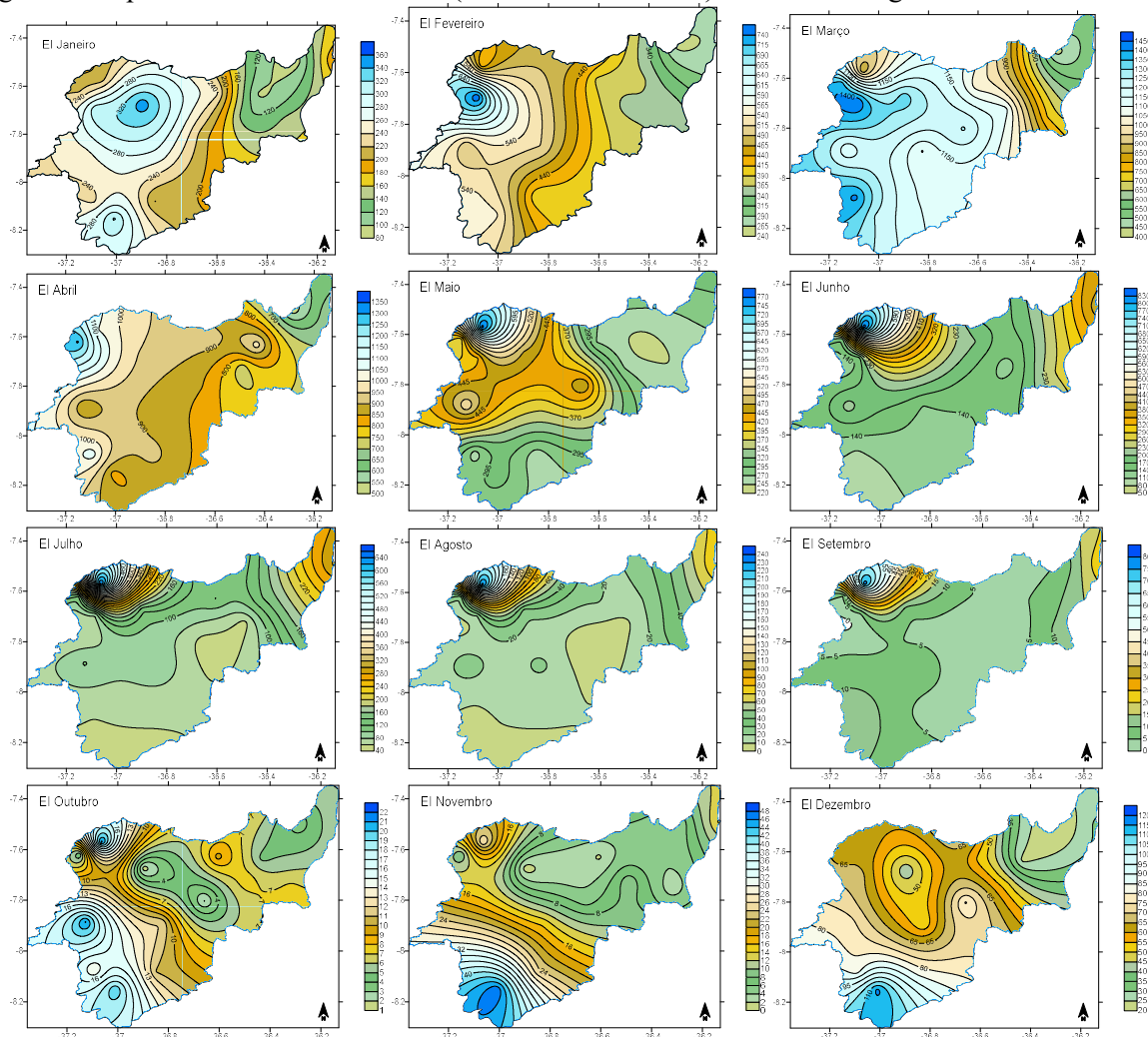
Mês	Variabilidade dos parâmetros ($\text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$)						
	Mínimo	Mediana	Máxima	Média	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente Variância
Janeiro	88,20	207,63	350,30	212,92	52,06	2.710,94	0,244
Fevereiro	256,61	445,93	758,50	449,83	96,97	9.405,07	0,215
Março	433,66	1.112,72	1.446,68	1.068,68	221,81	49.202,27	0,207
Abril	522,84	876,70	1.304,17	888,09	145,91	21.290,87	0,164
Mai	237,90	306,81	778,09	352,51	107,25	11.503,20	0,304
Junho	94,94	179,95	845,05	228,24	133,33	17.778,40	0,584
Julho	52,23	93,77	642,57	137,90	105,25	11.077,87	0,763
Agosto	3,14	19,19	233,89	35,27	39,70	1.576,38	1,125
Setembro	0,41	7,57	77,39	11,61	12,38	153,39	0,000
Outubro	1,56	9,06	21,24	10,15	4,17	17,42	0,412
Novembro	1,11	14,57	47,47	16,87	11,08	122,77	0,653
Dezembro	20,13	65,74	116,13	65,45	20,27	411,12	0,309
Anual	2.161,39	3.390,25	5.218,57	3.477,57	639,96	409.549,78	0,184

A mediana apresenta um comportamento análogo ao da erosividade média, exceto para os meses de maio a setembro, e as maiores flutuações do desvio padrão ocorrem nos meses de março a julho. Estatisticamente, os coeficientes de variâncias apresentam índices expressivos de mudanças mensais, quanto ao parâmetro variância, as suas flutuações mensais apresentam valores com altas significâncias de ocorrências mensais.

Os resultados demonstram uma forte correlação entre o total precipitado no ano hidrológico e os valores de erosividade da chuva. No município de Monteiro, verifica-se uma variação do EI_{30} de 0,7 a 118,5mm, com precipitação média anual atingindo 610,4mm.

Na Figura 2 apresenta-se os mapas mensais da erosividade ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) da bacia hidrográfica onde observa-se grande variabilidade mensal e geográfica da variável estudada.

Figura 2. Mapas mensais da erosividade ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) da bacia hidrográfica.



Observa-se que, entre os meses de agosto a dezembro, ocorre um decréscimo no índice de erosividade (EI_{30}) isto devido provavelmente ao clima da região semiárida. Juntamente com o município de Cabaceiras, Caraúbas apresenta o menor valor do EI_{30} . Os índices de erosividade elevados ocorrem simultaneamente nos meses de março e abril, em todas os municípios estudados da bacia. Os municípios de Prata, Ouro Velho, e Amparo, apresentam as maiores taxas de erosividade com 115, 113,5 e 106,5mm respectivamente. Evidencia-se que, o mês de março apresenta-se com o mais elevado nível de erosividade de todo o período estudado. Verifica-se uma queda do EI_{30} nos meses de julho até o mês de dezembro, em razão do clima da região.

Francisco et al. (2019) observaram que, a erosividade média anual da chuva na bacia, apresentou-se predominantemente baixa, em 75,2% da área, em que os valores variaram entre 2.000 a 4.000 $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$, ocorrendo longitudinalmente ao longo da bacia; valores médios variando de 4.000 a 6.000 $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ ocorrem em 20,7% da área, associados a localidades com maiores volumes de precipitação. E em apenas em 4,1% da área a erosividade foi muito baixa, ocorrendo em áreas limítrofes elevadas e/ou com baixa muito precipitação. Observaram também que a distribuição dessas áreas mais planas está associada, predominantemente, aos solos Luvisolos Crômicos órtico, que ocorrem nas áreas interiores, nos interflúvios das principais drenagens da bacia.

CONCLUSÃO

O uso de geotecnologias permitiu prognosticar e mapear a erosividade das terras da bacia hidrográfica em estudo com rapidez e agilidade.

Identificou-se que a distribuição média anual do fator erosividade da chuva foi de 3.477,57 mm.ha⁻¹.ano⁻¹.

O Desvio padrão do parâmetro erosividade EI30 médio mensal apresentou valor de 639,96 mm.ha⁻¹.ano⁻¹, e o coeficiente de variância apresentou valor de 0,184.

REFERÊNCIAS

- Araújo, L. E.; Becker, C. T.; Pontes, A. L. Periodicidade da precipitação pluviométrica no estado da Paraíba. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 13, 2003, Santa Maria. Anais...Santa Maria, 2003.
- Ashiagbor, G.; Forkuo, E. K.; Laari, P.; Aabeyir, R. Modeling Soil Erosion Using RUSLE and GIS Tools. *International Journal of Remote Sensing & Geoscience*, v.2, p.7-17, 2013.
- Barros, E. N. S.; Viola, M. R.; Rodrigues, J. A. M.; Mello, C. R.; Avanzi, J. C.; Giongo, M. Modelagem da erosão hídrica nas bacias hidrográficas dos rios Lontra e Manoel Alves Pequeno, Tocantins. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.13, e5509, 2018.
- Belasri, A.; Lakhouili, A. Estimation of soil erosion risk Using the Universal Soil Loss Equation (USLE) and geo-information technology in Oued el Makhazine watershed, Morocco. *Journal of Geographic Information System*, v.8, n.1, p.98-107, 2016.
- Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. Conservação do solo. 4. edição. São Paulo: Ícone. 1999. 355p.
- Campos, M. C. C.; Queiroz, S. B. Reclassificação dos perfis descritos no levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado da Paraíba. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.6, n.1, p.45-50, 2006.
- Cassol, E. A.; Martins, D.; Eltz, F. L. F.; Lima, V. S. de; Bueno, A. C. Erosividade e padrões hidrológicos das chuvas de Ijuí (RS) no período de 1963 a 1993. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.15, n.3, p.220-231, 2007.
- Dechen, S. C. F.; Telles, T. S.; Guimarães, M. F.; Maria, I. C. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. *Bragantia*, v.74, p.224-233, 2015.
- Francisco, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. Dissertação (Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.
- Lombardi Neto, F.; Moldenhauer, W. C. Rainfall erosivity - its distribution and relationship with soil loss at Campinas, state of São Paulo, Brazil. *Bragantia*, v.51, p.189-196, 1992.
- Paes, F. S. Áreas de Preservação Permanente em bacias hidrográficas e sua importância na prevenção da perda de solo por erosão. 60f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Núcleo de Estudos Ambientais, Planejamento Territorial e Geomática. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2010.
- PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CEPA-PB. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-Eleto Consult Ltda., 1978. 448p.
- Santos, C. N. El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul. Tese. (Doutorado), Programa de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2008.
- Sousa, R. F. De; Barbosa, M. P.; Sousa Júnior, S. P. De; Terceiro Neto, C. P. C.; Morais Neto, J. M. Estudo da degradação de terras do município de Boa Vista-Paraíba. *Revista Engenharia Ambiental*, v.4, n.2, p.5-13, 2007.
- Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: U.S. Department of Agriculture. (Agriculture Handbook n. 537). 1978. 58p.