



CARACTERIZAÇÃO DO FATOR R NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA SOB ZONA DE CLIMA TROPICAL

*Characterization of the R factor in the Paraíba river basin
under the tropical climate zone*

*Caracterización del factor R en la cuenca del río Paraíba bajo
la zona climática tropical*

Julio César Calixto Costa  

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

julio.calixto@ufrpe.br

Raví Emanuel de Melo  

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

ravi.melo@ufrpe.br

Cícero Gomes dos Santos  

Universidade Federal de Alagoas - UFAL

cgomes@arapiraca.ufal.br

Resumo: O potencial erosivo das chuvas é conhecido por erosividade (fator R) e pode ser estimado a partir da utilização de dados pluviométricos. Assim, objetivou-se caracterizar o fator R das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Paraíba em Alagoas, utilizando modelos matemáticos e dados pluviométricos. Os dados foram obtidos do Portal Hidroweb para quatro municípios integrados à bacia hidrográfica. Posteriormente, foram tabulados para obtenção das precipitações, coeficiente de chuva e fator R utilizando dois modelos matemáticos, em seguida foram submetidos à análise de regressão através de planilha no Microsoft Excel. Nestas localidades, os meses de maio, junho e julho registraram os maiores volumes de água. O município de Capela registrou a maior média mensal de precipitação e Viçosa a menor. O fator R variou de 7738,46 a 10653,17 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. O comportamento do fator R foi similar as chuvas. As correlações apresentaram comportamento linear com altos coeficientes de determinação. Portanto, observou-se variação temporal das chuvas na bacia hidrográfica. Os meses de maio e julho apresentaram o maior potencial erosivo das chuvas e novembro o menor. E, a bacia hidrográfica do rio Paraíba apresentou vulnerabilidade às perdas de solo, ocasionadas pelos elevados índices do fator R.

Palavras-chave: Erosividade. Erosão do solo. Manejo do solo. Modelos matemáticos. Dados pluviométricos.

Abstract: The erosive potential of rainfall is known as erosivity (R factor) and can be estimated from the use of rainfall data. Due to the scarcity of pluviographic data, rainfall data is used to measure this factor. Thus, the objective was to characterize the R factor of rainfall in the Paraíba River basin in Alagoas, using mathematical models and rainfall data. The data were obtained from the Hidroweb Portal for four municipalities integrated into the watershed. Subsequently, they were tabulated to obtain precipitation, rainfall coefficient and R factor using two mathematical models, then they were subjected to regression analysis through a spreadsheet in Microsoft Excel. In these locations, the months of May, June and July recorded the largest volumes of water. The municipality of Capela recorded the highest monthly average of precipitation and Viçosa the lowest. The R factor ranged from 7738.46 to 10653.17 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ year⁻¹. The behavior of the R factor was similar to the rains. The correlations showed linear behavior with high coefficients of determination. Therefore, temporal variation of rains was observed in the watershed. The months of May and July had the greatest erosive potential of rains and November the lowest. And, the Paraíba river basin was vulnerable to soil losses, caused by the high rates of the R factor.

Keywords: Erosivity. Soil erosion. Soil management. Mathematical models. Rainfall data.

Resumen: El potencial erosivo de las lluvias se conoce como erosividad (factor R) y puede estimarse a partir del uso de datos pluviométricos. Así, el objetivo era caracterizar el factor R de las lluvias en la cuenca hidrográfica del río Paraíba en Alagoas, utilizando modelos matemáticos y datos pluviométricos. Los datos se obtuvieron del Portal Hidroweb para cuatro municipios integrados en la cuenca hidrográfica. Posteriormente, se tabularon para obtener las precipitaciones, el coeficiente de lluvia y el factor R utilizando dos modelos matemáticos, luego se sometieron al análisis de regresión a través de una hoja de cálculo en Microsoft Excel. En estas localidades, los meses de mayo, junio y julio registraron los mayores volúmenes de agua. El municipio de Capela registró el mayor promedio mensual de precipitaciones y Viçosa el más bajo. El factor R varió de 7738,46 a 10653,17 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹. El comportamiento del factor R fue similar a las lluvias. Las correlaciones presentaron un comportamiento lineal con altos coeficientes de determinación. Por lo tanto, se observó una variación temporal de las lluvias en la cuenca hidrográfica. Los meses de mayo y julio presentaron el mayor potencial erosivo de las lluvias y noviembre el menor. Y, la cuenca hidrográfica del río Paraíba presentó vulnerabilidad a las pérdidas de suelo, causadas por los altos índices del factor R.

Palabras clave: Erosividad. Erosión del suelo. Manejo del suelo. Modelos matemáticos. Datos pluviométricos.

Submetido em: 31/08/2024

Aceito para publicação em: 06/03/2025

Publicado em: 18/03/2025

1. INTRODUÇÃO

A erosão é uma das formas mais agravantes de degradação do solo, influenciando o aumento de regiões degradadas, a diminuição da produção agrícola e o assoreamento de recursos hídricos (Galatto et al., 2023). Os processos aluviais e eólicos são as principais fontes de energia para ocorrência da erosão do solo, especialmente a água, que ocasiona o desprendimento das partículas, o transporte e a deposição do material desprendido (LAL, 2019). Projeções climáticas indicam direcionamento à um ciclo hidrológico mais expressivo, que pode aumentar de +33 a +66% a erosão hídrica global (Borrelli et al., 2020). Desta forma, compreender os mecanismos e a amplitude da erosão hídrica é imprescindível para coordenar e desenvolver práticas de controle da erosão (Blanco e Lal, 2023).

Segundo Silva Neto et al. (2022), a capacidade potencial das chuvas em ocasionar erosão é definida como erosividade (fator R), que juntamente com outros fatores, compõe a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) (Alewell et al., 2019). Geralmente, este índice é definido a partir de médias pluviométricas, que apresentam uma maior distribuição na maioria das localidades (Back, 2018). Nessa estimativa, são utilizados dados pluviométricos de períodos superiores a 20 anos (Trindade et al., 2016). Assim, a determinação do fator R ao longo do ano, possibilita identificar os meses nos quais os riscos de perdas de solo e água são maiores, além de indicar períodos do ano prioritários para o manejo adequado (Almeida et al., 2017).

No Brasil, vários estudos relacionaram o fator R com dados pluviométricos, através de equações de regressão, visando estimar os valores desse índice em regiões com ausência de informações (Rosa et al., 2016; Martins et al., 2020; Santos et al., 2020; Silva et al., 2023a). Essas relações também foram analisadas por Ma et al. (2014) em estudos sobre a variação espacial e temporal da erosividade em uma bacia hidrográfica do Himalaia. De forma geral, observa-se uma ampla gama de estudos que estimam o fator R em diferentes regiões (Raj et al., 2022; Alves et al., 2022; Wei et al., 2022; Nunes et al., 2023; Back et al., 2024; Wang et al., 2024).

A compreensão do potencial erosivo das chuvas assegura a adoção de práticas de manejo e conservação do solo (Matos et al., 2017), assim, o estabelecimento desses índices no recorte territorial de uma bacia hidrográfica contribui para a diminuição das taxas de

perdas de solo (França et al., 2020). Nesse escopo, em regiões sob clima tropical as precipitações pluviométricas são mais elevadas, ocasionando índices maiores do fator R, especialmente pela alta concentração em épocas específicas do ano (Andrade et al., 2022).

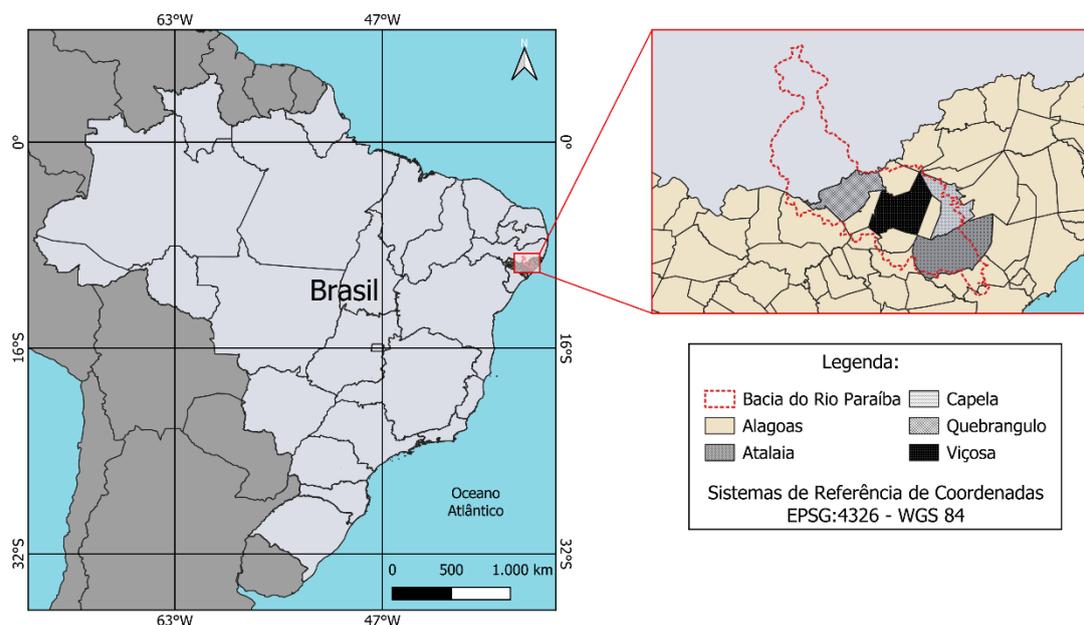
Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo caracterizar o fator R das chuvas em municípios pertencentes a bacia hidrográfica do Rio Paraíba, situados no estado de Alagoas, utilizando modelos matemáticos e dados pluviométricos.

2. METODOLOGIA

2.1. Localização da Bacia Hidrográfica

A bacia hidrográfica do Rio Paraíba está localizada entre os estados de Alagoas e Pernambuco, conforme Figura 1. A área de drenagem da bacia é de aproximadamente 3.147 km², sendo 1.989 km² (63%) no estado de Alagoas e 1.158 km² (37%) no estado de Pernambuco (Silva et al., 2016). Segundo os autores, a bacia está localizada nos estados de Pernambuco e de Alagoas, situando-se na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental. De acordo com a classificação de Köppen, toda a metade oriental do estado possui clima do tipo As' (tropical e quente), com precipitação pluviométrica de outono/inverno, entre 1.000 mm a 1.500 mm (Barros et al. 2012).

Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Rio Paraíba.



Fonte: Autores (2024).

Os dados foram obtidos do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) através do Portal Hidroweb (<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>). Foram analisados dados pluviométricos de quatro municípios integrados à essa bacia hidrográfica, pertencentes ao estado de Alagoas (Tabela 1). O período de precipitações está compreendido entre os anos de 1913 a 1991.

Tabela 1 - Municípios, fonte dos dados, coordenadas geográficas e período de dados pluviométricos utilizados na bacia hidrográfica do Rio Paraíba.

Municípios	Fonte	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Período
Atalaia	SNIRH	09°30'07"S	36°01'22"O	54	1913-1989 (77 anos)
Capela	SNIRH	09°24'27"S	36°04'25"O	84	1963-1989 (27 anos)
Quebrangulo	SNIRH	09°19'24"S	36°28'28"O	397	1913-1991 (79 anos)
Viçosa	SNIRH	09°21'48"S	36°14'19"O	248	1963-1991 (29 anos)

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

2.2. Coeficiente de Chuva (Cc)

Para verificar a acurácia dos valores do fator R por meio desses dados, é preciso determinar o coeficiente de chuva. O Cc foi calculado através da Equação 1, proposta por Fournier (1960).

$$(1) \quad Cc = \left(\frac{p^2}{P} \right)$$

Em que:

Cc - coeficiente de chuva, em mm;

p - precipitação média mensal, em mm;

P - precipitação média anual, em mm.

2.3. Modelos matemáticos para estimar o Fator R

Na literatura, há diferentes modelos matemáticos baseados em dados pluviométricos. Nesse estudo, foram utilizados dois modelos matemáticos descritos na sequência.

O modelo 1 foi proposto por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) baseado em Fournier (1960).

$$(1) \quad Rx = 68,73 \times \left(\frac{M_x^2}{P} \right)^{0,841}$$

Enquanto que, o modelo 2 foi proposto por Moraes et al. (1991) também baseado em Fournier (1960).

$$(2) \quad Rx = 36,849 \times \left(\frac{M_x^2}{P} \right)^{1,0852}$$

Em que:

Rx - fator R, em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹;

Mx - precipitação média mensal, em mm;

P - precipitação média anual, em mm.

2.4. Classes do Fator R

O fator R foi caracterizado conforme as classes sugeridas por Carvalho (2008), disponíveis na Tabela 2.

Tabela 2 - Classes para caracterização do fator R.

Fator R (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹)	Classes
R ≤ 2452	Fraca
2452 < R ≤ 4905	Moderada
4905 < R ≤ 7357	Moderada a Forte
7357 < R ≤ 9810	Forte
R > 9810	Muito Forte

Fonte: Carvalho (2008).

Os dados foram tabulados e submetidos à análise de regressão por meio de planilha no Microsoft Excel® 2019. Os gráficos foram gerados no programa computacional SigmaPlot v.14.0 (Systat Software Inc, San Jose, CA, Estados Unidos).

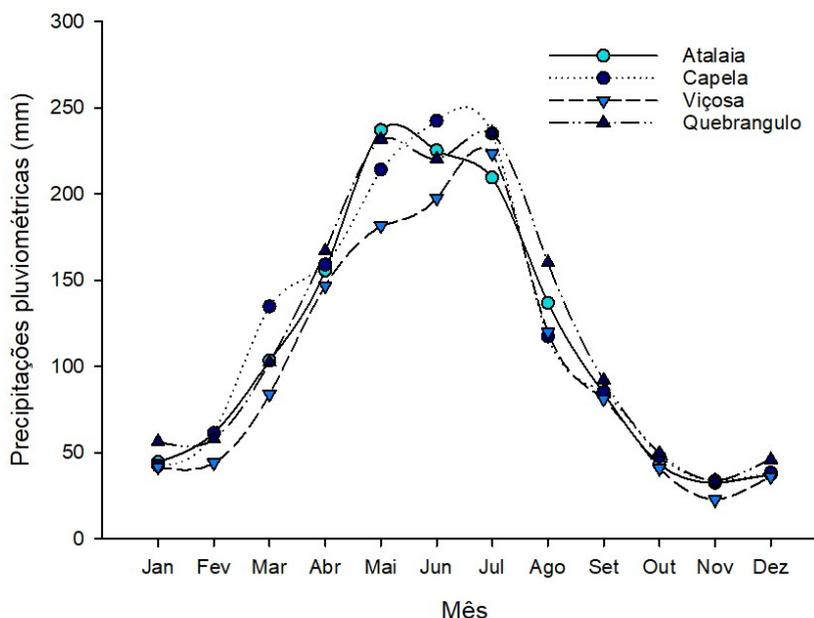
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Distribuição temporal das precipitações

Foi verificada concentração das precipitações no trimestre de maio a julho, esse comportamento apresentou semelhança em todos os municípios analisados (Figura 2), caracterizando temporalmente as precipitações dessa bacia hidrográfica. O município de Capela obteve a maior média mensal de precipitação, atingindo 242,43 mm no mês de junho e representando 17,18% do volume de chuvas anual deste município. Enquanto que, a menor média mensal foi de 22,60 mm para o município de Viçosa, no mês de novembro, correspondendo a 1,85% da média anual. Esses resultados mostram uma variação temporal das precipitações na bacia hidrográfica estudada. Vale ressaltar que, a localização do Nordeste nos trópicos reflete nas precipitações heterogêneas em escalas espaciais e temporais, devido os diferentes sistemas atmosféricos como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Chiessi

et al., 2021), o Vórtice Ciclônico de Ar Superior (VCAS) (Wiegand et al., 2021) e as Perturbações de Ondas de Leste (Gomes et al., 2015).

Figura 2 - Precipitações mensais dos municípios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Comportamento similar foi observado por Costa et al. (2020) ao estudarem a caracterização pluviométrica da bacia hidrográfica do Rio Doce no estado do Rio Grande do Norte, onde a concentração das chuvas ocorreu em um período de 3 meses, dentro da série histórica analisada. Essa região apresenta o clima semelhante ao da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, justificando os dados obtidos. Souza et al. (2022) destacaram que a região Nordeste do Brasil é caracterizada pela alta variabilidade espacial e temporal das precipitações pluviométricas. Fato que corrobora com as precipitações verificadas na bacia hidrográfica analisada.

3.2. Caracterização da Erosividade (Fator R)

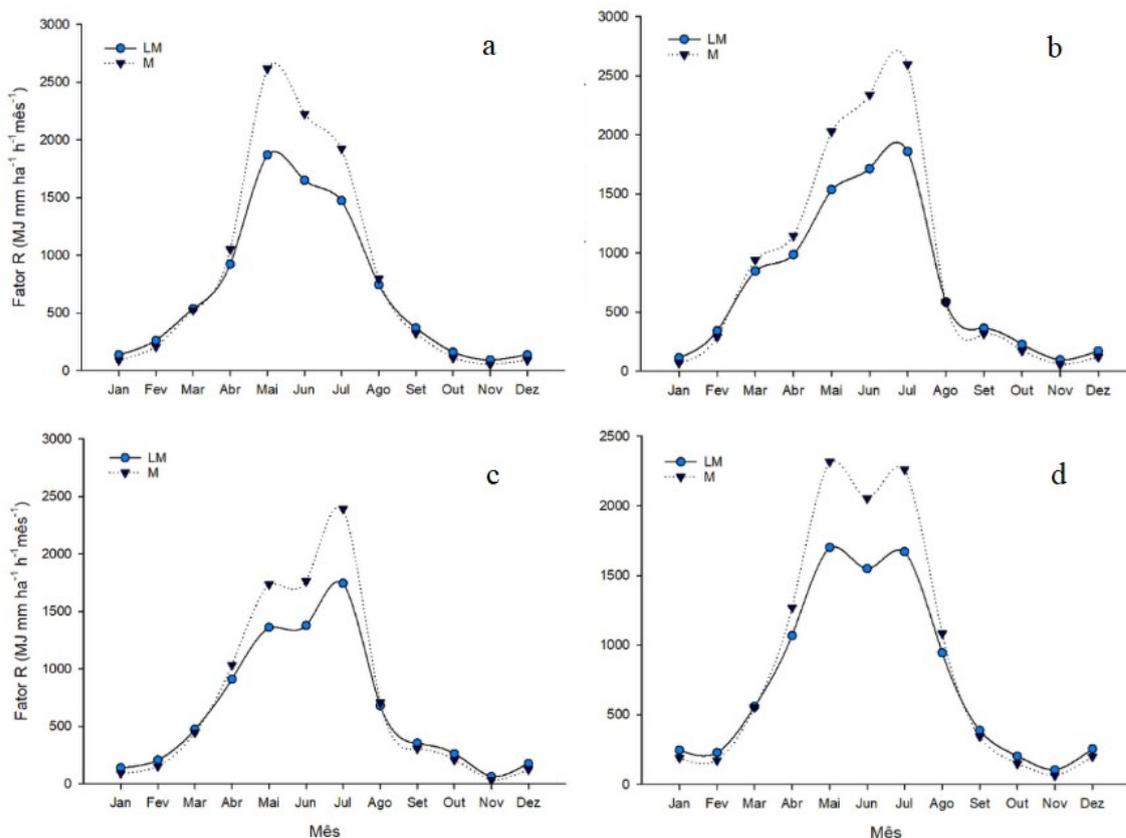
A Figura 3 apresenta os índices do fator R para os municípios integrantes à bacia hidrográfica do Rio Paraíba. Os meses mais propensos ao processo erosivo foram registrados pelo modelo matemático 2, nos municípios de Atalaia e Capela. Os valores obtidos foram

2617,07 e 2596,95 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹ nos meses de maio e julho, representando 26,15 e 24,39% do fator R anual, respectivamente.

Enquanto que o maior índice anual desse fator foi registrado no município de Quebrangulo, pelo modelo 2, correspondendo a 10653,17 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, sendo caracterizado como erosividade muito forte. O comportamento do fator R foi similar ao das precipitações pluviométricas, evidenciando a ação do volume de chuvas no aumento dos índices de erosividade. A partir dessas observações temporais é possível propor práticas de manejo e conservação do solo que priorizem a proteção da superfície, em épocas com inclinações de maiores volumes de chuva, visando minimizar a influência das precipitações no fator R da bacia hidrográfica. Vijith e Dodge-Wan (2019) em estudos sobre as características de tendência espacial e estatística do fator R no rio Baram na Malásia, ressaltaram a importância de compreender as tendências espaciais e temporais desse fator, sendo uma estratégia primordial para elaborar medidas de conservação que tenham maior eficiência.

Em contrapartida, o menor índice do fator R foi observado no município de Viçosa (Figura 3c), através do modelo 2, que registrou 32,08 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹ no mês no novembro, representando apenas 0,36% do fator R anual, valor que caracteriza um menor potencial erosivo das chuvas nessa época do ano. Esse município, por meio do modelo 1, também apresentou o menor índice anual do fator R (7738,46 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹), sendo caracterizado como erosividade forte. Esse valor representa uma diminuição de 27,36% quando comparado com o maior índice registrado. Embora apresente tais aspectos, esse índice ainda representa um alto risco de erosão hídrica do solo para o município analisado, tendo em vista a caracterização da erosividade obtida. Cui et al. (2021) analisaram a variação espaço-temporal da erosividade no Planalto Tibetano, verificaram que o mês de julho foi o mais erosivo, representando 24,19% do fator R anual, enquanto que em novembro esse fator foi mais baixo, correspondendo a 1,12% do valor anual, representando similaridade aos valores observados na bacia hidrográfica do rio Paraíba.

Figura 3 - Índices do fator R obtidos pelos modelos matemáticos 1 (LM) e 2 (M) para os municípios de Atalaia (a), Capela (b), Viçosa (c) e Quebrangulo (d).



Fonte: Elaborado pelos autores (2024). Em que: LM - Modelo proposto por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) e M - Modelo proposto por Morais et al. (1991).

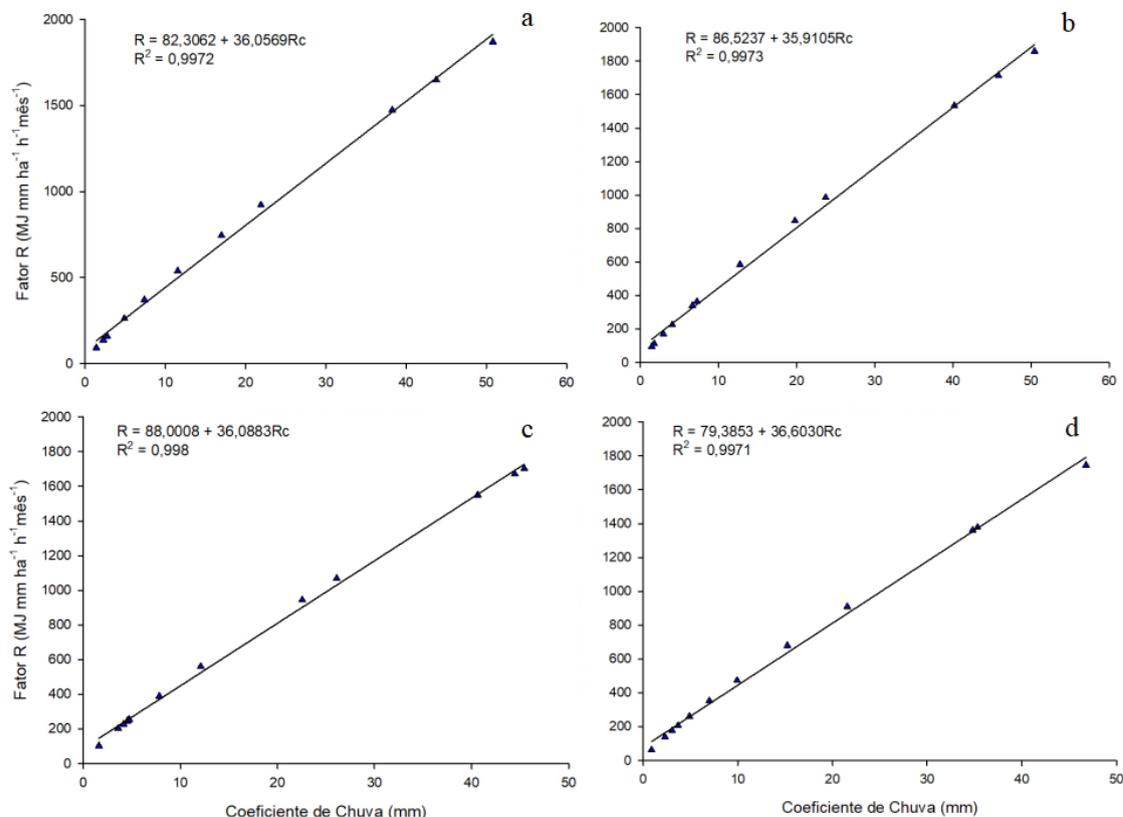
Souza Costa et al. (2020) ao determinarem o fator R para o distrito de Marudá no estado do Pará, verificaram que os maiores índices do fator R, obtidos entre janeiro e maio, coincidiram com o período de maior precipitação anual na região citada. Fato que contribuiu com os resultados encontrados para a bacia hidrográfica do rio Paraíba. Enquanto que Santos Neto e Christofaro (2020) realizaram estudos sobre o fator R da bacia hidrográfica do rio Araçuaí em Minas Gerais com a utilização de dados pluviométricos, observaram variação de 7680 a 10230 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, nos trechos norte e sul, respectivamente. Apresentando resultados semelhantes aos obtidos nessa pesquisa e refletindo a importância da adoção de práticas de conservação do solo em regiões que apresentam índices elevados de erosividade das chuvas.

Avaliando o fator R com dados pluviométricos em um período de 30 anos (1986-2015) no Nepal, Talchabhadel et al. (2020) observaram que o mês de novembro obteve o menor

índice de erosividade ($31 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$). Esse fato possui relação com as baixas precipitações ocorrentes na região durante essa época, pois, conforme relatam Talchabhadel et al. (2018) o período chuvoso está concentrado entre os meses de maio a outubro, representando 90% das precipitações nesse país. Pesquisas atuais apontam o comportamento dos índices do fator R perante intensidades mais e/ou menos elevadas de precipitações, como destacado por Alsafadi et al. (2024) em estudos sobre a erosividade no Mediterrâneo Oriental, que observaram áreas caracterizadas por altas intensidades de precipitações obtendo os maiores valores do fator R e no estudo de Kabolizadeh et al. (2024) onde regiões com chuvas amenas e constantes durante o ano, apresentaram taxas de erosividade mais baixas. Esses resultados se assemelham aos obtidos na bacia hidrográfica do rio Paraíba, reafirmando a ação do volume de chuvas nos índices de erosividade.

As correlações entre o coeficiente de chuva e o fator R utilizando o modelo 1 estão exibidas na Figura 4. Observa-se, para todos os municípios, que as curvas de regressão apresentaram comportamento linear, com coeficiente de determinação variando de 0,9971 a 0,998. Essa alta correlação entre os dois fatores indica que elevados coeficientes de chuva estão propensos a ocasionar maior erosão no solo, além de sugerir que o modelo matemático aplicado pode ser utilizado para estimar o fator R da bacia hidrográfica.

Figura 4 - Correlações entre o coeficiente de chuva e o fator R obtido pelo modelo 1, para os municípios de Atalaia (a), Capela (b), Quebrangulo (c) e Viçosa (d).



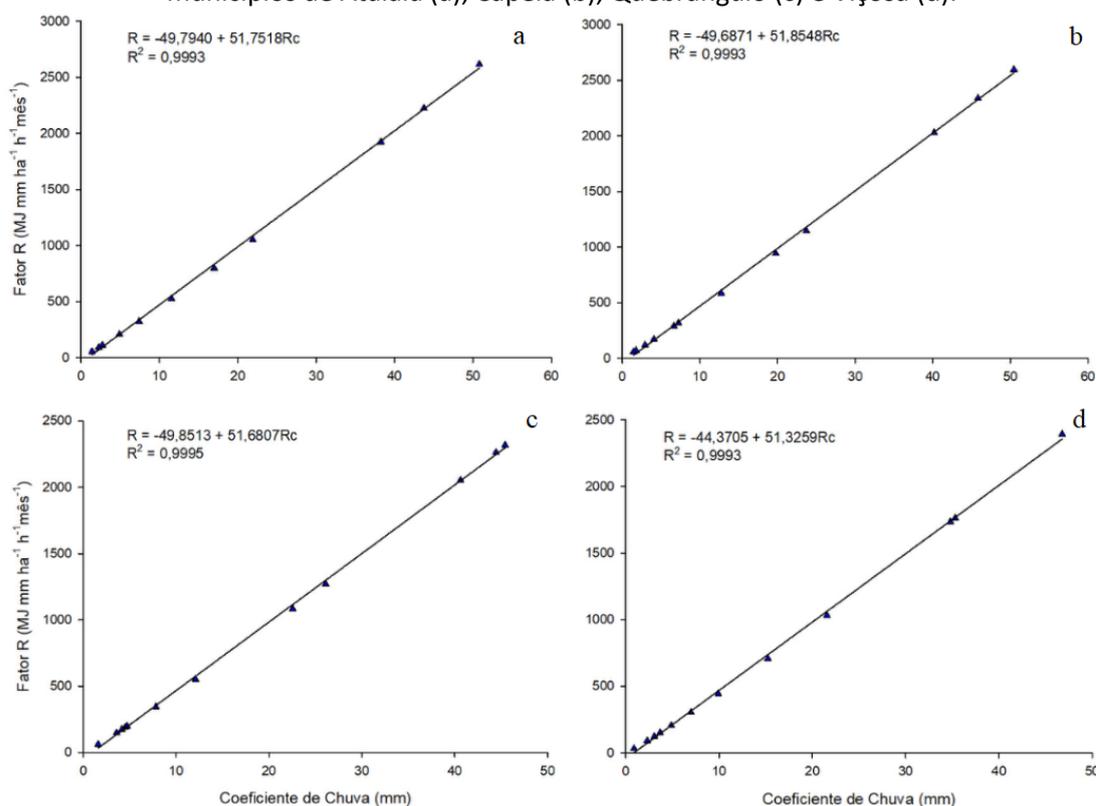
Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Estudos a partir de dados pluviométricos apontam comportamento semelhante entre esses dois índices, como observado por Silva et al. (2023b) que estimando o fator R no município de Arapiraca em Alagoas e traçando essas correlações, obtiveram coeficientes de determinação variando de 0,851 a 0,9763 nas regressões lineares. Fato também observado por Back e Gonçalves (2017) ao avaliarem o fator R das chuvas para o Vale do Rio Itajaí em Santa Catarina, obtendo coeficientes de determinação de 0,7090 e 0,8152 para as regressões lineares entre o coeficiente de chuva e o fator R, corroborando com os resultados encontrados no presente estudo.

Semelhante ao que foi observado na figura anterior, as correlações entre o coeficiente de chuva e o fator R utilizando o modelo 2 (Figura 5) apresentaram curvas de regressão do tipo linear, com altos coeficientes de determinação, variando de 0,9993 a 0,9995. Evidenciando que os elevados coeficientes de chuva, relacionados as máximas precipitações pluviométricas, podem ocasionar índices maiores do fator R, fato que contribui para o

aumento de processos de degradação do solo oriundos da erosão hídrica. Além disso, este modelo matemático possibilita a mensuração do fator R, a partir da utilização de dados pluviométricos, para a bacia hidrográfica do rio Paraíba.

Figura 5 - Correlações entre o coeficiente de chuva e o fator R obtido pelo modelo 2, para os municípios de Atalaia (a), Capela (b), Quebrangulo (c) e Viçosa (d).



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Estimando o fator R no município de Rio Largo em Alagoas, Silva et al. (2023c) observaram este mesmo comportamento nas correlações entre o coeficiente de chuva e o fator R, obtendo R^2 que variou 0,9777 a 1, em curvas lineares. Fato também visto no estudo de Alves e Azevedo (2013) na bacia do riacho Namorado no estado da Paraíba, que obtiveram $R^2 = 0,9311$ em um modelo linear. Esses resultados se aproximam dos alcançados por esta pesquisa, reafirmando a importância dos estudos sobre o fator R em regiões com carência de informações, visando contribuir com as diminuições dos processos erosivos ocasionados pelas precipitações pluviométricas e fornecer dados que auxiliem no uso e gestão adequados do solo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há variação temporal das chuvas na bacia hidrográfica do rio Paraíba, com os meses de maio a julho registrando os maiores volumes de precipitação e novembro os menores. Neste estudo, o fator R foi caracterizado como forte e muito forte, apresentando variação de 7738,46 a 10653,17 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. O potencial erosivo seguiu o mesmo comportamento das precipitações pluviométricas, com os meses de maio e julho registrando o maior potencial erosivo e o mês de novembro o menor.

As correlações entre o coeficiente de chuva e o fator R apresentaram comportamento linear em todos os municípios e modelos matemáticos analisados, sugerindo que os valores de máximo e mínimo Cc estão relacionados diretamente aos maiores e menores índices do fator R.

Este estudo contribuiu para a caracterização do fator R na bacia hidrográfica do rio Paraíba, possibilitando identificar a vulnerabilidade da bacia às perdas de solo, ocasionada pelos elevados índices do fator R. Os autores sugerem estudos futuros que relacionem a erosividade da chuva com outros parâmetros, além da precipitação. Sugerindo também, a utilização de outros índices que avaliem a erosividade da chuva, visando o aprimoramento dos resultados futuros.

REFERÊNCIAS

ALEWELL, Christine et al. Using the USLE: Chances, challenges and limitations of soil erosion modelling. **International soil and water conservation research**, v. 7, n. 3, p. 203-225, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2019.05.004>

ALMEIDA, André Quintão de et al. Modelling the spatial dependence of the rainfall erosivity index in the Brazilian semiarid region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 06, p. 371-379, 2017. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000600001>

ALSAFADI, Karam et al. Spatial-temporal dynamic impact of changes in rainfall erosivity and vegetation coverage on soil erosion in the Eastern Mediterranean. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 31, n. 28, p. 40511-40529, 2024. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24012-6>

ALVES, Geovane J. et al. Natural disaster in the mountainous region of Rio de Janeiro state, Brazil: Assessment of the daily rainfall erosivity as an early warning index. **International Soil**

and **Water Conservation Research**, v. 10, n. 4, p. 547-556, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2022.02.002>

ALVES, Telma Lucia Bezerra; DE AZEVEDO, Pedro Vieira. Estimativa da erosividade das chuvas na bacia do riacho Namorado, no município de São João do Cariri (PB) Estimation of rainfall erosivity in Namorado Creek watershed, in the municipality of São João do Cariri (PB). **AMBIÊNCIA**, v. 9, n. 1, p. 13-23, 2013.

ANDRADE, Luciano Aranha et al. ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA E PROCESSOS EROSIVOS ACELERADOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIBIRI, ILHA DO MARANHÃO. **Formação (Online)**, v. 29, n. 54, p. 593-618, 2022. <https://doi.org/10.33081/formacao.v29i54.8172>

BACK, Álvaro José et al. Erosivity index based on climatological norms from 1991 to 2020 for the state of Rio Grande do Sul. **RBRH**, v. 29, p. e4, 2024. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.292420230135>

BACK, Álvaro José. Erosividade da chuva para a região do Planalto Serrano de Santa Catarina, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 2, p. 298-308, 2018. <https://doi.org/10.19084/RCA17264>

BACK, Álvaro José; GONÇALVES, Fabiane Nunes. Avaliação da erosividade de chuvas para o Vale do Rio Itajaí, SC. **Tecnologia e Ambiente**, v. 23, p. 29-42, 2017. <https://doi.org/10.18616/ta.v23i0.3904>

BARROS, Alexandre Hugo Cezar et al. Climatologia do estado de Alagoas. **Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, 211. 2012.

BLANCO, Humberto; LAL, Rattan. Water erosion. In: Soil **Conservation and Management**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. p. 23-51.

BORRELLI, Pasquale et al. Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 117, n. 36, p. 21994-22001, 2020. <https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117>

CARVALHO, Newton de Oliveira. **Hidrossedimentologia Prática**. 2ª ed. Editora Interciência, 599p, 2008.

CHIESSI, Cristiano Mazur et al. Mid-to late Holocene contraction of the Intertropical Convergence Zone over northeastern South America. **Paleoceanography and Paleoclimatology**, v. 36, n. 4, p. e2020PA003936, 2021. <https://doi.org/10.1029/2020PA003936>

COSTA, Franklin Roberto; DE SOUZA, Raquel Franco; DA SILVA, Sebastião Milton Pinheiro. Caracterização Pluviométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Doce–Rn/Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, 2020. <https://doi.org/10.5380/abclima.v26i0.64169>

CUI, Bohao et al. Spatiotemporal Variation in Rainfall Erosivity and Correlation with the ENSO on the Tibetan Plateau since 1971. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 21, p. 11054, 2021. <https://doi.org/10.3390/ijerph182111054>

DA SILVA, Paulo Vitor Ribeiro Marques; JUNIOR, Ricardo Abranches Félix Cardoso; DE NORONHA, Gustavo Carneiro. Mapeamento e análise de risco de inundação da Bacia do Rio Paraíba/AL: estudo de caso. **Sistemas & Gestão**, v. 11, n. 4, p. 431-443, 2017.

FOURNIER, Frédéric. **Climat et érosion**. Paris, Press Universitaires de France, 201p. 1960. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3376435p/f18.item.textelimage>

FRANÇA, Manoel Vieira; DE MEDEIROS, Raimundo Mainar; DE ARAÚJO, Wagner Rodolfo. Erosividade na bacia hidrográfica do rio Ipojuca, PE–Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e931974892-e931974892, 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.4892>

GALATTO, Sérgio Luciano; DA SILVA SOUZA, Gabriel; BACK, Álvaro José. Index of rain aggressiveness and erosivity in different climate types in Brazil: Índice de agressividade e erosividade de chuvas nos diferentes tipos climáticos do Brasil. **Concilium**, v. 23, n. 6, p. 169-183, 2023. <https://doi.org/10.53660/CLM-1119-23D28>

GOMES, Helber Barros et al. Easterly wave disturbances over Northeast Brazil: an observational analysis. **Advances in Meteorology**, v. 2015, n. 1, p. 176238, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/176238>

KABOLIZADEH, Mostafa et al. Challenges of rainfall erosivity prediction: A Novel GIS-Based Optimization algorithm to reduce uncertainty in large country modeling. **Earth Science Informatics**, v. 17, n. 1, p. 365-384, 2024. <https://doi.org/10.1007/s12145-023-01178-2>

LAL, Rattan. Accelerated soil erosion as a source of atmospheric CO₂. **Soil and Tillage Research**, v. 188, p. 35-40, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.02.001>

LOMBARDI NETO, Francisco; MOLDENHAUER, William Calvin. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, v. 51, p. 189-196, 1992. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051992000200009>

MA, Xing et al. Spatial and temporal variation in rainfall erosivity in a Himalayan watershed. **Catena**, v. 121, p. 248-259, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.05.017>

MARTINS, Wanleysson Larry Dias; BLANCO, Claudio José Cavalcante; DE MELO, Adayana Maria Queiroz. Potencial erosivo das chuvas nos estados do Maranhão e Pará via análise da distribuição espacial da erosividade. **Geoambiente On-line**, n. 36, p. 1-18, 2020. <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.vi36.60668>

MATOS, Rigoberto Moreira et al. Erosividade da chuva no período de 1973 a 2013 no município de Barbalha–CE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 3, p. 641-649, 2017.

MORAIS, LF B. et al. Índice EI30 e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, n. 3, p. 339-344, 1991.

NUNES, Maria Cândida Moitinho et al. Erosivity and seasonal rainfall for Pelotas-RS, Brazil with the RainfallErosivityFactor package and Modified Fournier Index. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 132, p. 104649, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104649>

RAJ, Ravi et al. Mapping rainfall erosivity over India using multiple precipitation datasets. **Catena**, v. 214, p. 106256, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106256>

ROSA, Amanda Gama et al. Erosividade da chuva em Rondon do Pará, PA, Brasil de 1999 a 2015 e projetada para 2035. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, p. 1006-1021, 2016. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1956>

SANTOS NETO, José Ramalho; CHRISTOFARO, Cristiano. EROSIVIDADE DA CHUVA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARAÇUAÍ-MG. **Boletim de Geografia**, v. 37, n. 3, 2019. <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v37i3.37522>

SANTOS, Cícero Gomes et al. Aplicação de modelos matemáticos para estimativa do índice de erosividade das chuvas em Água Branca–AL. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 89947-89964, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n11-418>

SILVA NETO, Virgílio Loureço et al. Distribuição espacial da erosividade das chuvas na bacia do rio Manuel Alves da Natividade, Tocantins. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 148-162, 2022. <https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-46182>

SILVA, Thaís Rayane Gomes et al. Análises de modelos matemáticos para estimativa da erosividade. **Diversitas Journal**, v. 8, n. 2, p. 640-655, 2023c. <https://doi.org/10.48017/dj.v8i2.2584>

SILVA, Thaís Rayane Gomes et al. Estimativa de erosividade das chuvas para o município de Arapiraca–AL. **DELOS: Desarrollo Local Sostenible**, v. 16, n. 43, p. 813-834, 2023b.

SILVA, Thaís Rayane Gomes et al. Variabilidade espacial do potencial erosivo das chuvas em Alagoas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 32, p. 208-225, 2023a. <https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16251>

SOUZA COSTA, Carlos Eduardo Aguiar et al. Determinação do fator de erosividade da chuva para o distrito de Marudá (PA). **Nature and Conservation**, v. 13, n. 4, p. 55-62, 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2020.004.0007>

SOUZA, Larissa da Silva et al. Modelagem Espacial de Chuvas Intensas no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, p. 373-383, 2022. <https://doi.org/10.1590/0102-77863730059>

TALCHABHADEL, Rocky et al. Assessment of rainfall erosivity (R-factor) during 1986–2015 across Nepal: a step towards soil loss estimation. **Environmental monitoring and assessment**, v. 192, p. 1-17, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-8239-9>

TALCHABHADEL, Rocky et al. Spatio-temporal variability of extreme precipitation in Nepal. **International Journal of Climatology**, v. 38, n. 11, p. 4296-4313, 2018. <https://doi.org/10.1002/joc.5669>

TRINDADE, Ana Luíza Ferreira et al. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 1918-1928, 2016. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016001200002>

VIJITH, H.; DODGE-WAN, D. Spatial and statistical trend characteristics of rainfall erosivity (R) in upper catchment of Baram River, Borneo. **Environmental monitoring and assessment**, v. 191, n. 8, p. 494, 2019.

WANG, Lihong et al. Rainfall erosivity index for monitoring global soil erosion. **Catena**, v. 234, p. 107593, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107593>

WEI, Chong et al. Spatio-temporal variations of rainfall erosivity, correlation of climatic indices and influence on human activities in the Huaihe River Basin, China. **Catena**, v. 217, p. 106486, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106486>

WIEGAND, Mário César et al. Trophic state changes of semi-arid reservoirs as a function of the hydro-climatic variability. **Journal of Arid Environments**, v. 184, p. 104321, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104321>