



Erosive potential of the rains of the municipality of Cacimbinhas – AL obtained by mathematical models

Potencial erosivo das chuvas do município de Cacimbinhas – AL obtido por modelos matemáticos

COSTA, Julio César Calixto ⁽¹⁾; BARBOSA, Renata Rikelly Silva⁽²⁾; BARBOSA, André Luiz Pereira⁽³⁾; SILVA, Thaís Rayane Gomes da⁽⁴⁾; SANTOS, Márcio Aurélio Lins dos⁽⁵⁾; SANTOS, Cícero Gomes dos⁽⁶⁾

⁽¹⁾ 0009-0001-7220-1798; Universidade Federal de Alagoas. Arapiraca, Alagoas (AL), Brasil. juliocalixto01@gmail.com.

⁽²⁾ 0000-0002-2426-3046; Universidade Federal de Alagoas. Arapiraca, Alagoas (AL), Brasil. rrenatab.27@gmail.com.

⁽³⁾ 0009-0004-3374-8477; Universidade Federal de Alagoas. Arapiraca, Alagoas (AL), Brasil. andreluiz.agronomia@gmail.com.

⁽⁴⁾ 0000-0002-6787-3717; Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Jaboticabal, São Paulo (SP), Brasil. trg.silva@unesp.br.

⁽⁵⁾ 0000-0001-5216-4443; Universidade Federal de Alagoas. Arapiraca, Alagoas (AL), Brasil. mal.santo@arapiraca.ufal.br.

⁽⁶⁾ 0000-0002-2264-6772; Universidade Federal de Alagoas. Arapiraca, Alagoas (AL), Brasil. cgommes@arapiraca.ufal.br.

O conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos/as seus/as autores/as.

ABSTRACT

Water erosion is a process that consists of the detachment, dragging and deposition of soil particles. The capacity that rain has to cause soil erosion is called erosivity and due to the scarcity of rainfall data in most municipalities, rainfall data is used to determine this factor. The objective was to determine the erosivity through different mathematical models in the municipality of Cacimbinhas - AL. The rainfall data were obtained through the Hidroweb portal, between 1963 and 2000, being tabulated to perform the calculation of rain, rain coefficient and its relationship with erosivity using six equations. The regression was performed using a spreadsheet. The average annual precipitation was 687.01 mm. In 1975, the highest rainfall record was obtained, while in 1998, the lowest precipitation. From April to July the highest rainfall was obtained, and in October and November the lowest rates. The total rainfall coefficient corresponds to 10.88% of the average precipitation in the period studied. For all mathematical models, the highest erosivity indices comprise the months of March to July, while November recorded the lowest index of this factor. The correlation between erosivity and rain coefficient was high for all models analyzed. The erosivity ranged from 246.51 to 4964.13 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ year⁻¹. Between March and July, the highest erosive potential was recorded and, in November, the lowest potential. Mathematical models can be used to estimate the erosivity of rainfall in the municipality of Cacimbinhas - AL.

RESUMO

A erosão hídrica é um processo que consiste no desprendimento, arraste e deposição de partículas de solo. A capacidade que a chuva possui em causar erosão no solo é denominada de erosividade e devido à escassez de dados pluviográficos na maioria dos municípios, utiliza-se dados pluviométricos para determinação desse fator. Objetivou-se determinar a erosividade através de diferentes modelos matemáticos no município de Cacimbinhas – AL. Obteve-se os dados pluviométricos através do portal Hidroweb, entre 1963 a 2000, sendo tabulados para realização do cálculo da chuva, coeficiente de chuva e sua relação com a erosividade utilizando seis equações. A regressão foi realizada através de planilha de cálculo. A média anual de precipitação foi de 687,01 mm. O ano de 1975 obteve o maior registro pluviométrico, enquanto 1998, a menor precipitação. De abril a julho obteve-se as maiores precipitações, e, outubro e novembro os menores índices. O coeficiente de chuva total corresponde a 10,88% da média de precipitação no período estudado. Para todos os modelos matemáticos, os maiores índices de erosividade compreendem os meses de março a julho, enquanto novembro registrou o menor índice deste fator. A correlação entre a erosividade e o coeficiente de chuva foi alta para todos os modelos analisados. A erosividade variou de 246,51 a 4964,13 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Entre março a julho registrou-se o maior potencial erosivo e, em novembro, o menor potencial. Os modelos matemáticos podem ser utilizados para estimar a erosividade das chuvas no município de Cacimbinhas – AL.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Histórico do Artigo:

Submetido: 10/05/2023

Aprovado: 25/06/2023

Publicação: 17/07/2023



Keywords:

Soil erosion, Rainfall, Northeast.

Palavras-Chave:

Erosão do solo, Pluviosidade, Nordeste.

Introdução

Os processos erosivos decorrem naturalmente no meio ambiente, de modo lento e gradual, causando mudanças no relevo e vegetação. Sendo a forma mais prejudicial de degradação do solo, reduzindo a produtividade das culturas e podendo causar danos ambientais. Esta degradação ocorre principalmente pelo arraste das partículas menores e mais ricas em nutrientes. Uma preocupação constante, em todos os casos relacionados à gestão do uso do solo e da água, tem sido a erosão hídrica dos solos e a resultante produção de sedimentos (Cogo et al., 2003; Santos et al., 2010).

A erosão hídrica é definida como o resultado dos processos de desagregação de partículas do solo, transporte e deposição dessas partículas (Machado et al., 2013). As perdas de solo causadas através desse processo, na maioria dos casos, reduzem a espessura do solo, diminuindo a capacidade de retenção e redistribuição da água no perfil, gerando maiores escoamentos superficiais e, eventualmente, maiores taxas de erosão do solo (Santos et al., 2010).

Através do emprego de modelos matemáticos, vêm sendo estudadas melhores práticas de uso e manejo de solos, bem como, estimativas de perdas de solo pelo processo de erosão hídrica (Back, 2018a). Há diferentes modelos para a determinação de erosão hídrica, um dos mais empregados é a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), proposta por Wischemeier e Smith (1978). Nesta equação, conforme relata Back (2018a), a estimativa das perdas médias de solo se dá pelo produto de seis fatores, sendo eles o fator erosividade da chuva (R), o fator erodibilidade do solo (K), o fator comprimento do declive (L), o fator grau de declive (S), o fator uso e manejo (C) e o fator prática conservacionista (P).

A erosividade da chuva consiste no potencial da chuva em causar erosão, sendo representada pelo produto da energia cinética da chuva pela sua intensidade máxima em 30 min (EI_{30}). A determinação dos valores de erosividade, ao longo do ano, permite identificar os meses nos quais o risco de erosão é mais elevado, possuindo importância para o planejamento de uso da terra (Silva et al., 2009; Machado et al., 2013).

Vários trabalhos realizados no Brasil que correlacionam as perdas de solo com índices de erosividade apontam que o índice EI_{30} é um bom estimador de erosividade (Back, 2018a). Desta forma, para que sejam realizadas medições mais confiáveis e análises mais detalhadas da erosividade das chuvas de uma estipulada região, faz-se necessário o registro de longas séries históricas de monitoramento, em torno de 20 anos (Martins et al., 2020). Porém, essa metodologia é trabalhosa e apresenta dificuldades de execução (Back, 2018b).

Visando minimizar essa problemática, diferentes autores correlacionam o índice EI_{30} com o coeficiente de chuva, o qual é obtido com base no registro dos totais diários das precipitações, estando esses dados disponíveis para diversas localidades, o que simplifica sua obtenção, bem como, mantém uma precisão na estimativa do EI_{30} (Mello et al., 2007). Com a

escassez ou inexistência de dados pluviográficos para diversas localidades, a forma de avaliar a acurácia da utilização de diferentes modelos matemáticos com dados de regiões distintas daquela em que foi estimado, se faz utilizando curvas de regressão que relacionem o índice de erosividade aos coeficientes de chuva (Albuquerque, 1991; Lombardi Neto & Moldenhauer, 1992).

De acordo com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2005) o município de Cacimbinhas está localizado na região noroeste do Estado de Alagoas. Possuindo uma área que ocupa 272,80 km², inserida na mesorregião do Sertão Alagoano e na microrregião de Palmeira dos Índios. A altitude aproximada de Cacimbinhas é de 270 m, com coordenadas geográficas de 9° 24' 01" de latitude sul e 36° 59' 25" de longitude oeste. Desta forma, objetivou-se a determinação da erosividade através de diferentes modelos matemáticos para o município de Cacimbinhas – AL.

Metodologia

Localidade de estudo

O município estudado está localizado na região noroeste do estado de Alagoas (figura 1), com as seguintes coordenadas geográficas de 9° 24' 01" de latitude sul e 36° 59' 25" de longitude oeste (CPRM, 2005).

Figura 1.

Localização do município de Cacimbinhas no mapa do estado de Alagoas.



Nota: Adaptado de Wellber Drayton (2010).

Dados pluviométricos

Os dados pluviométricos foram obtidos através do portal Hidroweb, ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informação sobre Recursos Hídricos (SNIRH), coordenado pela Agência Nacional de Águas (ANA), para o período de 1963 a 2000. Os dados mencionados foram tabulados para realização do cálculo da chuva, o coeficiente de chuva e sua relação com a erosividade utilizando seis equações.

Estimativa do Coeficiente de Chuva (Rc)

Para analisar a acurácia dos valores de erosividade de chuva através de dados pluviométricos torna-se necessário a determinação do coeficiente de chuva (Rc). Neste trabalho, esse coeficiente com base nos dados pluviométricos para o município de Cacimbinhas foi estimado utilizando a equação (1) proposta por Lombardi Neto (1977), embasada no modelo de Fournier (1960), com determinadas alterações:

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

Onde:

p = precipitação pluviométrica média mensal, em mm;

P = precipitação pluviométrica média anual, em mm.

Estimativa da erosividade através de modelos matemáticos

Há diferentes modelos matemáticos para a determinação da erosividade das chuvas. Para a realização desse trabalho foram escolhidas seis equações, descritas a seguir:

A equação (2) proposta por Oliveira Júnior e Medina (1990), que é embasada no modelo de Fournier (1960).

$$\mathbf{R_x} = \mathbf{3,76} \times \left(\frac{M_x^2}{P} \right) + \mathbf{42,77} \quad \mathbf{(2)}$$

Onde:

R_x = fator R, em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹;

M_x = precipitação média mensal, em mm;

P = precipitação média anual, em mm.

A equação (3) proposta por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), baseada no modelo de Fournier (1960).

$$\mathbf{R_x} = \mathbf{68,73} \times \left(\frac{M_x^2}{P} \right)^{\mathbf{0,841}} \quad \mathbf{(3)}$$

A equação (4) que foi proposta por Val et al. (1986) também embasada no modelo de Fournier (1960).

$$\mathbf{R_x} = \mathbf{12,592} \times \left(\frac{M_x^2}{P} \right)^{\mathbf{0,6030}} \quad \mathbf{(4)}$$

A equação (5) desenvolvida através de modelo exponencial, tendo sido proposta por Leprun (1981).

$$\mathbf{R_x} = \mathbf{0,13} \times \left(M_x^{\mathbf{1,24}} \right) \quad \mathbf{(5)}$$

A equação (6) desenvolvida com base em modelos lineares, que foi proposta por Rufino et al. (1993).

$$\mathbf{R_x} = \mathbf{19,44} + \left(\mathbf{4,20} \times M_x \right) \quad \mathbf{(6)}$$

E, a equação (7) desenvolvida por Morais et al. (1991) que é baseada no modelo de Fournier (1960).

$$R_x = 36,849 \times \left(\frac{M_x^2}{P}\right)^{1,0852} \quad (7)$$

Classes de erosividade do solo

A erosividade foi classificada conforme as classes disponíveis na Tabela 1, proposta por Carvalho (2008).

Tabela 1.

Classes para interpretação do índice de erosividade.

Erosividade (MJ mm ano ⁻¹ ha ⁻¹ h ⁻¹)	Classe de erosividade
$R \leq 2452$	Erosividade fraca
$2452 < R \leq 4905$	Erosividade moderada
$4905 < R \leq 7357$	Erosividade moderada a forte
$7357 < R \leq 9810$	Erosividade forte
$R > 9810$	Erosividade muito forte

Nota: Autores (2023).

Tratamento estatístico dos dados de precipitação pluviométrica

Os dados foram tabulados e submetidos à análise de regressão por meio de planilha de cálculo.

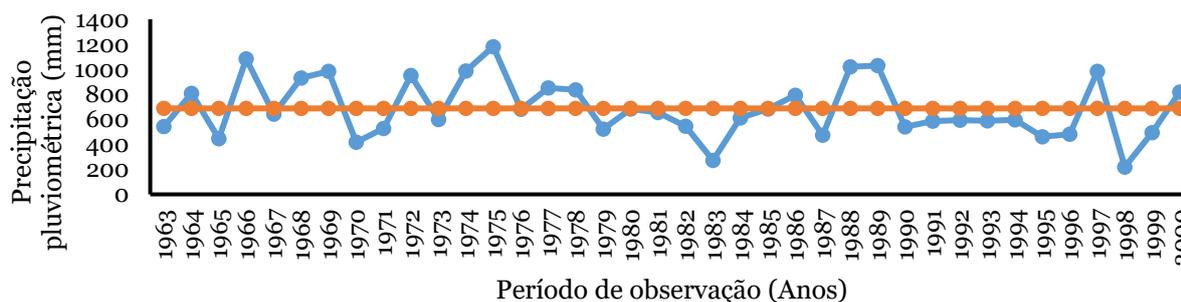
Resultados e discussão

Distribuição espacial e temporal das chuvas no município de Cacimbinhas

Na figura 2, estão apresentados os valores médios da distribuição anual da precipitação pluviométrica para o município estudado. A média anual de precipitação para o município de Cacimbinhas – AL foi de 687,01 mm. Dentro da série histórica de 38 anos analisada, foram observados 14 anos com valores acima da média e 24 anos com valores abaixo da média de precipitação pluviométrica. O ano de 1975 é o que obteve o maior registro pluviométrico, com precipitação de 1181,30 mm, enquanto que o ano de 1998 é referente a menor precipitação, registrando 219,10 mm.

Figura 2.

Distribuição da precipitação média anual no período de 1963 a 2000 para o município de Cacimbinhas – AL.



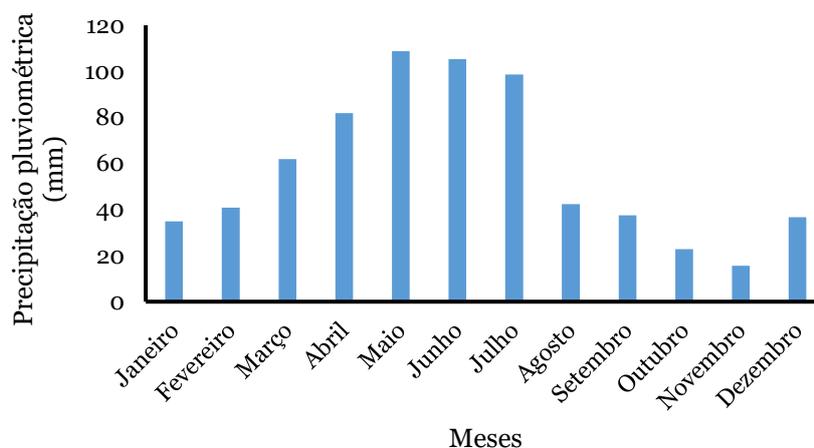
Nota: Autores (2023).

Santos et al. (2020), trabalhando com erosividade para o município de Água Branca – AL, no período de 1913 a 1985, obtiveram resultados semelhantes ao dessa pesquisa, com variação espacial e temporal das precipitações. Costa et al. (2020), em estudo sobre a análise dos índices extremos climáticos no Nordeste do Brasil, entre os anos de 1961 a 2014, observaram para a maioria das estações meteorológicas, uma redução na precipitação total anual, bem como, na frequência de dias chuvosos na região. Contribuindo, possivelmente, com os valores abaixo da média de precipitação para o município estudado.

Na figura 3, estão exibidos os valores médios da distribuição mensal da precipitação pluviométrica para o município de Cacimbinhas. O quadrimestre abril-maio-junho-julho obteve as maiores precipitações, com valores médios de 81,79; 108,74; 105,22 e 98,67 mm, respectivamente, representando 57,41% da precipitação anual do município. Os meses com menores índices de precipitação foram outubro e novembro, com valores médios de 22,75 e 15,54 mm, respectivamente, correspondendo a 5,57% da precipitação pluviométrica anual.

Figura 3.

Precipitação média mensal no período de 1963 a 2000 para o município de Cacimbinhas – AL.



Nota: Autores (2023).

Resultados semelhantes foram obtidos por Wanderley et al. (2012), que estudando com dados mensais de 63 estações pluviométricas distribuídas espacialmente no estado de Alagoas, no período 1965 a 1980, verificaram que o período chuvoso está compreendido entre os meses de abril a julho, enquanto o período com menores índices de precipitação corresponde aos meses de outubro a janeiro.

Silva et al. (2011), trabalhando com análise de pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil, com dados de mais de 30 anos contínuos, obtiveram resultados similares com os desse estudo, ao observarem que para o Estado do Alagoas, a média do número de dias chuvosos é maior entre os meses de abril à agosto, enquanto os meses de novembro e dezembro

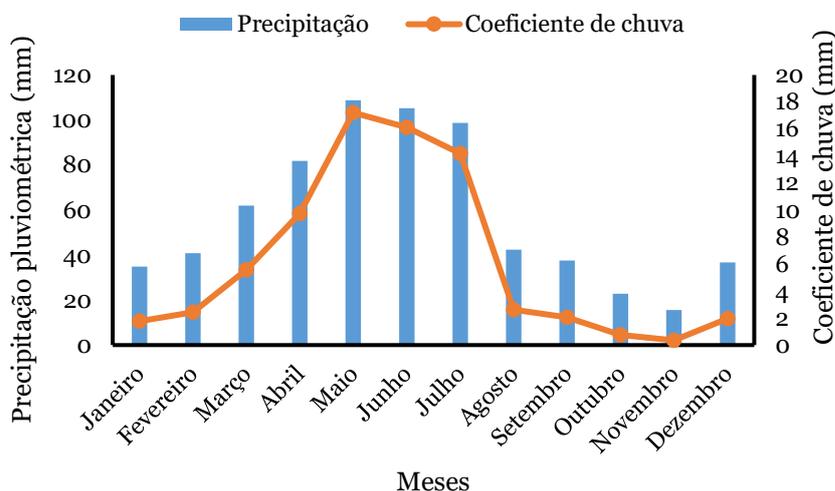
são os que apresentam a menor média de número de dias chuvosos. Justificando os dados pluviométricos atingidos para o município de Cacimbinhas.

Coefficiente de Chuva (Rc)

A figura 4 indica haver uma similaridade entre as distribuições médias mensais da precipitação pluviométrica (P) e do coeficiente de chuva (Rc). Desta forma, observa-se que para os meses com os maiores índices de precipitação pluviométrica (abril, maio, junho e julho) os valores do coeficiente de chuva também foram maiores. E, para os meses com os menores índices de precipitação (outubro e novembro), os coeficientes de chuva também foram menores.

Figura 4.

Distribuição da precipitação pluviométrica e do coeficiente de chuva médias mensais no período de 1963 a 2000 para o município de Cacimbinhas – AL.



Nota: Autores (2023).

Amaral et al. (2014), estudando a variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Estado da Paraíba, obtiveram resultados semelhantes, onde as maiores precipitações ocorrem entre os meses de fevereiro à junho, apresentando os maiores índices de coeficiente de chuva e as menores precipitações pluviométricas ocorreram em outubro e novembro, tendo também os menores registros de coeficiente de chuva.

Erosividade da chuva obtida por modelos matemáticos

Foram utilizados seis modelos matemáticos para realização desse trabalho.

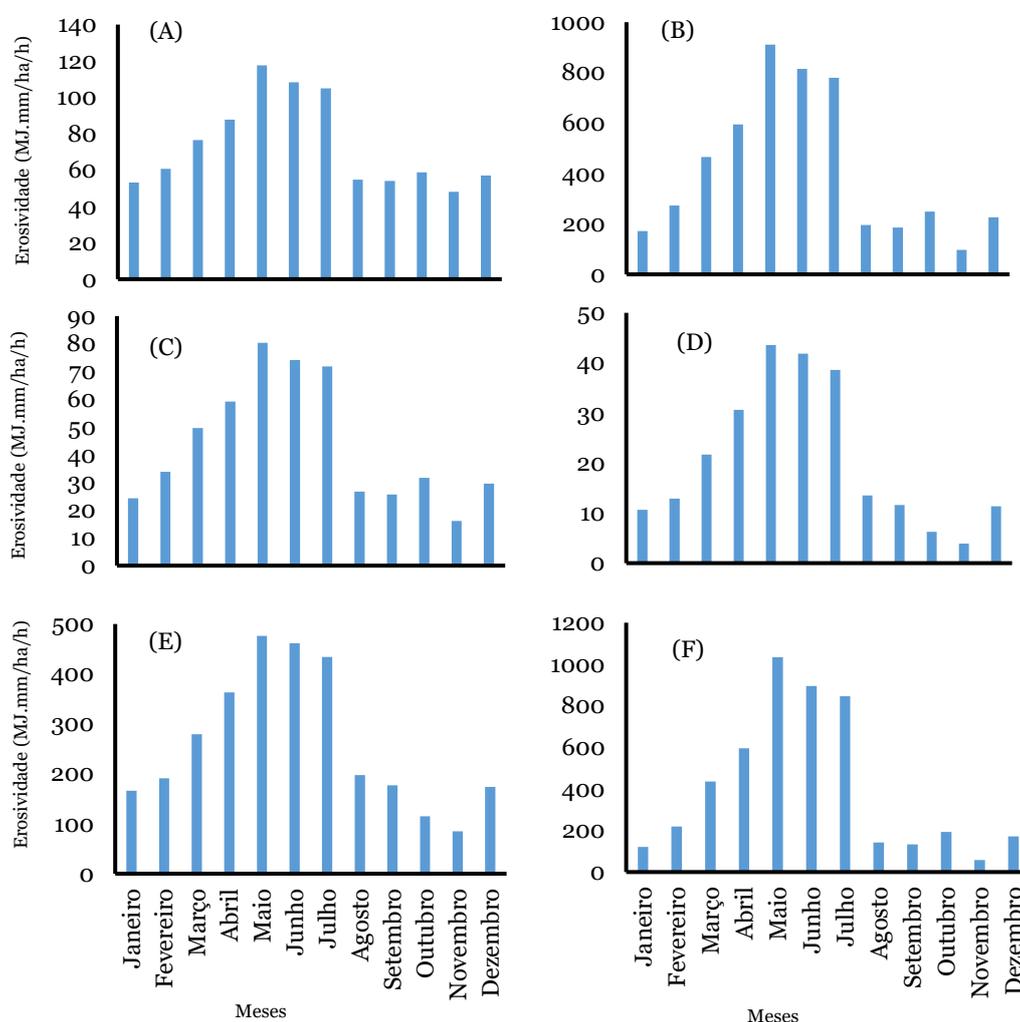
Na figura 5 estão apresentados os índices de erosividade média mensal obtidos através dos modelos matemáticos, no período de 1963 a 2000 para o município de Cacimbinhas – AL.

A erosividade obtida na figura 5A apresentou uma média anual de 881,13 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Enquadrada como erosividade fraca, segundo a tabela 1. Os meses de março a julho

registraram os maiores índices desse fator estudado, representando 56,16% da média anual. Enquanto novembro é o mês com o menor índice de erosividade, sendo responsável por 5,44% da média anual. Duarte e Silva Filho (2019), estimando a erosividade da chuva na bacia hidrográfica do rio Juma no município de Apuí – AM, e, utilizando esse modelo matemático, obtiveram resultados próximos aos desta pesquisa, com os meses de março, abril e maio entre os que apresentaram maiores índices de erosividade.

Figura 5.

Erosividade média mensal obtida pelo modelo proposto por (A) Oliveira Júnior e Medina (1990); (B) Lombardi Neto e Moldenhauer (1992); (C) Val et al. (1986); (D) Leprun (1981); (E) Rufino et al. (1993) e (F) Moraes et al (1991).



Nota: Autores (2023).

A erosividade obtida nas figuras 5B e 5C apresentaram uma média anual de 4964,13 e 522,99 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, sendo classificadas como erosividade moderada

a forte e erosividade fraca, conforme a tabela 1. Na figura 5B, os meses com maiores índices de erosividade compreendem de março a julho, correspondendo a 71,83% da média anual. Enquanto o mês de novembro possui o menor índice obtido, equivalendo a 1,95% da média anual. Assemelhando-se ao que obtido na figura 5C, onde os meses com os maiores índices de erosividade são março, abril, maio, junho e julho, representando 64,07% da média anual, e novembro representa o mês com o menor índice, correspondendo a 3,08% da média anual. Silva et al. (2023), analisando a variabilidade espacial do potencial erosivo das chuvas em Alagoas e utilizando modelos matemáticos, obtiveram resultados semelhantes, registrando os meses de maio a julho, os maiores valores médios mensais de erosividade, enquanto que, os meses de setembro, outubro e novembro apresentaram os menores registros desse índice.

A erosividade obtida nas figuras 5D e 5E apresentaram uma média anual de 246,51 e 3120,02 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, sendo classificadas como erosividade fraca e erosividade moderada, de acordo com a tabela 1. Na figura 5D, os meses de março a julho apresentam os maiores índices de erosividade, somando 71,49% da média anual, e novembro é o mês com o menor índice, correspondendo a 1,58% da média anual. O mesmo foi obtido na figura 5E, em que os meses de março a julho possuem os maiores valores de erosividade, equivalendo a 64,56% da média anual, e novembro é o mês com o menor índice, correspondendo a 2,71% da média anual. Santos et al. (2020), estimando a erosividade para o município de Água Branca – AL, obtiveram resultados semelhantes ao utilizarem modelos matemáticos, nos quais os meses de abril a julho representam os maiores índices de erosividade, enquanto outubro e novembro equivalem aos meses com menores valores desse índice.

A erosividade obtida na figura 5F apresentou uma média anual de 4448,44 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Classificada como erosividade moderada, conforme a tabela 1. Os meses de março a julho obtiveram os maiores valores de erosividade, representando 85,60% da média anual, enquanto novembro equivaleu a apenas 1,19% dessa média. Rosa e Sousa (2018), utilizando esse modelo ao estimar a erosividade da chuva em Óbidos – PA, no período de 1986 a 2015, obtiveram resultados próximos ao encontrado nesse estudo, com o trimestre março-abril-maio estando entre os que apresentaram maiores índices de erosividade.

Observa-se que os valores de máxima e mínima erosividade no período de estudo para todos os modelos aplicados, estão relacionados às maiores e menores precipitações (figura 3). E que, mesmo em regiões diferentes a erosividade tende a aumentar com as precipitações mais intensas.

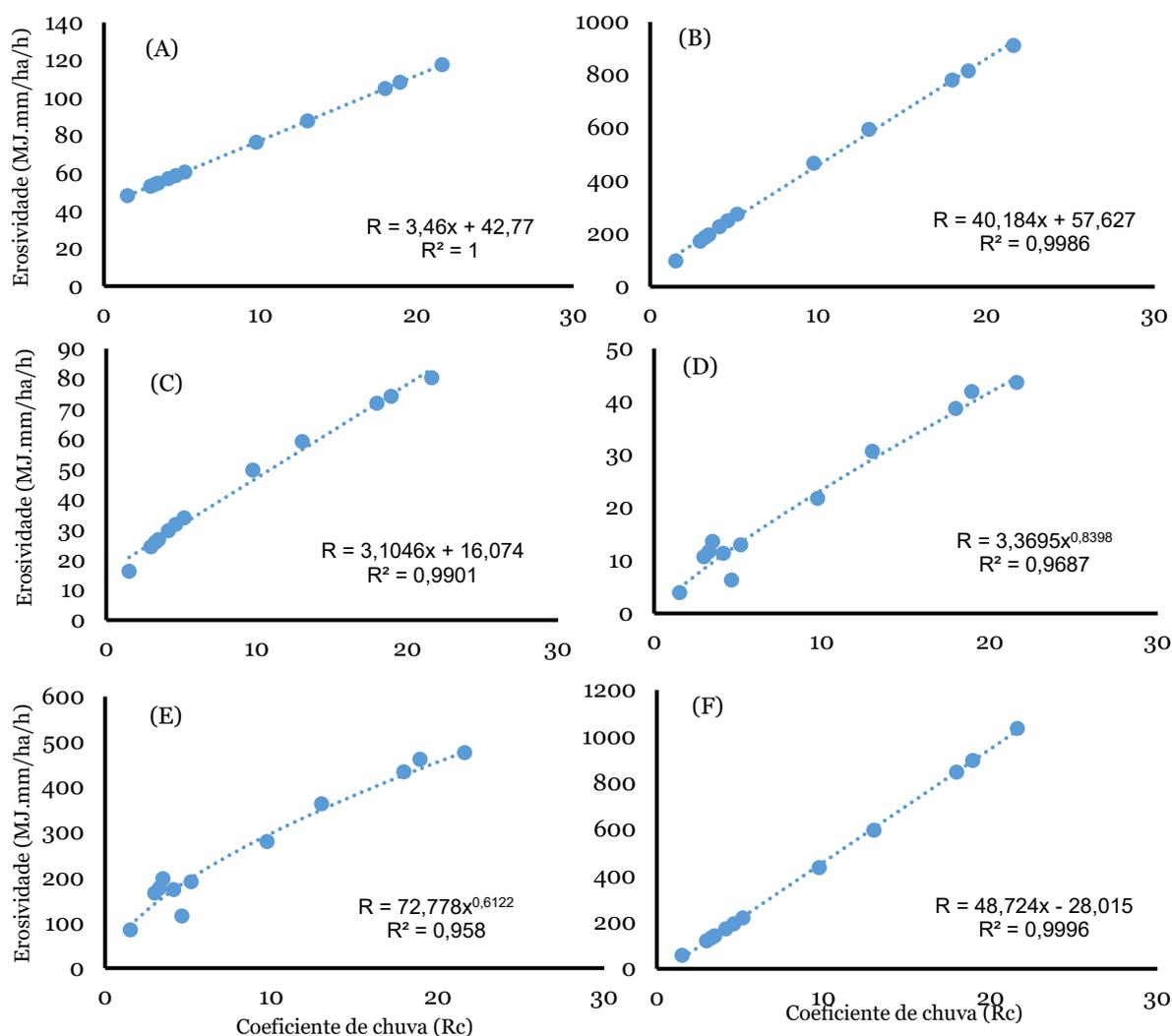
Correlação entre a erosividade e o coeficiente de chuva

Os modelos matemáticos utilizados nesse estudo foram desenvolvidos em diferentes regiões do Brasil. Sendo assim, para analisar a acurácia dos valores, é utilizado curvas de regressão que relacionem o índice de erosividade aos coeficientes de chuva.

A figura 6 apresenta as curvas de regressão entre a erosividade média mensal obtida através dos diferentes modelos matemáticos e o coeficiente de chuva, para os dados pluviométricos do município de Cacimbinhas – AL no período de 1963 a 2000.

Figura 6.

Curva de regressão entre a erosividade média mensal obtida pelo modelo de (A) Oliveira Júnior e Medina (1990); (B) Lombardi Neto e Moldenhauer (1992); (C) Val et al. (1986); (D) Leprun (1981); (E) Rufino et al. (1993); (F) Moraes et al (1991) e o coeficiente de chuva, no período de 1963 a 2000 para o município de Cacimbinhas – AL.



Nota: Autores (2023).

De acordo com a análise de regressão nas figuras 6A, 6B e 6C, observou-se grande correlação entre o fator erosividade média mensal e o coeficiente de chuva local. Confirmando, desta forma, o fato de que a erosividade mensal das chuvas no município pode ser medida utilizando dados de precipitação. As correlações se ajustaram a um modelo linear.

Silva et al. (2009), estimando a erosividade para dois municípios do estado de São Paulo, e utilizando curvas de regressão, obtiveram valores de coeficiente de determinação elevados, com $R^2 = 0,99$ para o município de Sete Barras e $R^2 = 0,95$ para o município de Juquiá, apresentando uma forte correlação, semelhante a obtida nesse estudo. Resultados similares foram encontrados por Silva et al. (2023), analisando a correlação entre o coeficiente de chuva e o fator erosividade para o município de Santana do Ipanema, com $R^2 = 0,9812$.

As correlações das figuras 6D e 6E se ajustaram ao modelo matemático de potência, enquanto a figura 6F se ajustou a um modelo linear. Apresentando grande correlação entre ambos os fatores estudados, confirmando o fato de que a erosividade mensal das chuvas no município de Cacimbinhas pode ser medida utilizando dados pluviométricos. Resultados semelhantes foram obtidos por Rosa e Sousa (2018) que ao estudarem a erosividade das chuvas no município de Óbidos – PA, e utilizando curva de regressão, observaram que o modelo linear foi o que apresentou a melhor correlação com $R^2 = 0,9991$. Similar aos resultados obtidos por Rosa et al. (2016) ao utilizar curva de regressão em dados de erosividade de chuva em Rondon do Pará – PA, obtendo um modelo matemático de potência, com $R^2 = 0,993$.

Embora algumas correlações estudadas diferenciem de resultados encontrados por outros autores, todas apresentam um coeficiente de determinação alto, indicando que dados pluviométricos podem ser utilizados por os modelos matemáticos para medição do fator erosividade no município de Cacimbinhas – AL.

Conclusões

A erosividade média anual obtida utilizando os seis modelos matemáticos apresentaram valores que variam de 246,51 a 4964,13 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ para o município estudado.

Os meses de março a julho representam o maior potencial erosivo das chuvas e novembro o mês com menor potencial desse fator.

Todos os modelos matemáticos podem ser utilizados para estimar a erosividade média mensal e anual das chuvas no município de Cacimbinhas – AL.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, A. W. (1991). *Determinação da erosividade das chuvas de Caruaru-PE: 1 Correlação com perdas de solo, 2. Distribuição e probabilidade de ocorrência* [Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz].
<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-20181127-155207/en.php>
- Amaral, B. S. D., Dantas, J. C., Silva, R. M., & Carvalho Neto, J. F. (2014). Variabilidade espacial da erosividade das chuvas no estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 7,

- (04), p. 691-701.
<https://pdfs.semanticscholar.org/2e5d/cedda2131939807dd71d15a594efe858837b.pdf>
- Back, A. J. (2018a). Erosividade da chuva para a região do Planalto Serrano de Santa Catarina, Brasil. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 41, (2), p. 298-308. <https://doi.org/10.19084/RCA17264>
- Back, A. J. (2018b). Fator Erosividade e características das chuvas erosivas para a região do Planalto norte de Santa Catarina. *Agropecuária Catarinense, Florianópolis*, v.31, (1), p.61-66, jan./abr. <https://publicacoes.epagri.sc.gov.br/RAC/article/view/116>
- Carvalho, N.O. Hidrossedimentologia Prática., 2ª ed. (2008). *Interciência*, Rio de Janeiro: Interciência, Brazil. 599 p.
- Cogo, N. P., Levien, R., & Schwarz, R. A. (2003). Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, (4) p.743-753. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000400019>
- Costa, R. L., de Mello Baptista, G. M., Gomes, H. B., dos Santos Silva, F. D., da Rocha Júnior, R. L., de Araújo Salvador, M., & Herdies, D. L. (2020). Analysis of climate extremes indices over northeast Brazil from 1961 to 2014. *Weather and Climate Extremes*, v. 28, 100254. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2020.100254>
- Cprm, Serviço Geológico do Brasil. *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Cacimbinhas, estado de Alagoas*. (2005). Organizado: João da Costa Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Júnior. Recife: CPRM/PRODEEM, 12p. https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15246/1/rel_cadastrados_cacimbinhas.pdf
- Duarte, M. L., & da Silva Filho, E. P. (2019). Estimativa da erosividade da chuva na bacia hidrográfica do rio Juma com base em dados do satélite TRMM/Estimation of rain erosion in the Juma river basin based on TRMM satellite data. *Caderno de Geografia*, v. 29 (56). <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2019v29n56p45>
- Fournier, F. (1960). *Climat et erosion*. Paris, Press Universitaires de France, 201p. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k3376435p/f18.item.texteImage>
- Leprun, J. C. (1981). *A erosão, a conservação e o manejo do solo no nordeste brasileiro: balanço, diagnóstico e novas linhas de pesquisas*. Recife: SUDENE. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers15-12/o2805.pdf
- Lombardi Neto, F. (1977). *Erosividade das chuvas - sua distribuição e relacionamento com a perda de solo em Campinas, Brasil*. West Lafayette: Purdue University, 53 p.
- Lombardi Neto, F. & Moldenhauer, W. C. (1992). Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas (SP). *Bragantina, Campinas*, v.51, (2), p.189-196. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051992000200009>

- Machado, R. L., Carvalho, D. F., Rouws, J. R. C., Gomes, D. P., & Eduardo, E. N. (2013). Erosividade das chuvas associada a períodos de retorno e probabilidade de ocorrência no estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.37, p. 529-547.
<https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000200024>
- Martins, W. L. D., Blanco, C. J. C., & Melo, A. M. Q. (2020). Potencial erosivo das chuvas nos estados do Maranhão e Pará via análise da distribuição espacial da erosividade. *Revista Eletrônica do curso de Geografia. Jataí – GO.* (36), jan-abr. <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.vi36.60668>
- Mello, C. R., Sá, M. A. C., Curi, N., Mello, J. M., Viola, M. R., & Silva, A. M. (2007). Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. *Pesq. agropec. bras., Brasília*, v.42, (4), p.537-545, abr. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000400012>
- Morais, L. F. B., Silva, V., Naschenveng, T. M. C., Hardoin, P. C., Almeida, J. E. L., Weber, O. L. S., Boel, E., & Durigon, V. (1991). Índice EI30 e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas*, v.15, (3), p.339-344. <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=5398856>
- Oliveira Júnior, R.C., & Medina, B.F. (1990). A erosividade das chuvas em Manaus (AM). *Revista Brasileira de Ciência do solo, Campinas*, v.14, (2), p.235-239, maio/ago.
https://www.researchgate.net/profile/Raimundo-Oliveira-Junior-2/publication/292320007_A_erosividade_das_chuvas_em_Manauas_AM/links/5731eb1708ae298602da2b04/A-erosividade-das-chuvas-em-Manauas-AM.pdf
- Rosa, A. G., & Sousa, A. M. L. (2018). Erosividade da chuva: distribuição e correlação com a precipitação em Óbidos – PA (Brasil). *Revista GeoAmazônia, Belém*, v. 6, (11) p. 256–272.
repositorio.ufra.edu.br/jspui/handle/123456789/1035
- Rosa, A. G., Sousa, A. M. L., Costa, J. A., & Souza, E. B. (2016). Erosividade da chuva em Rondo do Pará, PA, Brasil de 1999 a 2015 e projetada para 2035. *Revista Ambiente e Água* vol. 11, n. 4, Taubaté – Oct. / Dec. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1956>
- Rufino, R. L., Biscaia, R. M., & Merten, G. H. (1993). Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná, através de pluviometria: terceira aproximação. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, v.17, (3), p.439-444. <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=4048896>
- Santos, C. G., Silva, J., Santos, V. R., Santos, I. G. O., Santos, S. B. T., Rocha, J. J. L., & Santos, M. A. L. (2020). Aplicação de modelos matemáticos para estimativa do índice de erosividade das chuvas em Água Branca–AL. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, (11), p. 89947-89964.
https://www.brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/download/20145/16133?__cf_chl_tk=S_55MFmk9N_NT24HYX6cE72AA1qz6SqURnmpDaR9sNU-1680902463-0-gaNycGzNDNA

- Santos, G. G., Griebeler, N. P., & de Oliveira, L. F. (2010). Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, 115-123. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000200001>
- Silva, A. M., Silva, M. L. N., Curi, N., Avanzi, J. C., & Ferreira, M. M. (2009). Erosividade da chuva e erodibilidade de cambissolo e latossolo na região de Lavras, sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p.1811-1820. <http://repositorio.ufla.br/handle/1/41961>
- Silva, R. B., Iori, P., & de Melo Silva, F. A. (2009). Proposição e validações de equações para estimativa da erosividade de dois municípios do estado de São Paulo. *Irriga*, v.14, (4), 533-547. <https://doi.org/10.15809/irriga.2009v14n4p533-547>
- Silva, T. R. G., Silva, J. F., Lima Rocha, J. J., Souza Barbosa, M., Santos, M. A. L., & Santos, C. G. (2023). Variabilidade espacial do potencial erosivo das chuvas em Alagoas. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 32, 208-225. <https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16251>
- Silva, V. P., Pereira, E. R., Azevedo, P. V. D., Sousa, F. D. A., & Sousa, I. F. D. (2011). Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, 131-138. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000200004>
- Val, L. A.; Bahia, V.G.; Freire, J.C.; Dias Júnior, M.S. (1986). Erosividade das chuvas em Lavras, MG. *Ciência e prática*, v.10, (2), p.199-209.
- Wanderley, H. S., Amorim, R. F. C. D., & Carvalho, F. O. D. (2012). Variabilidade espacial e preenchimento de falhas de dados pluviométricos para o estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 27, 347-354. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862012000300009>
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning* (No. 537). Department of Agriculture, Science and Education Administration. <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=rRAUAAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=WISCHMEIER,+W.%3B+SMITH,+D.+Predicting+rainfall+erosion+losses:+a+Guide+to+conservation+planning.+Department+of+Agriculture+Handbook,+N.º+537,+USDA,+Washington,+1978.&ots=cvsnvWlr-U&sig=Fq4poBvZyF2phFALDqJ-Tx5q-XY#v=onepage&q&f=false>