

**Aplicação de modelos matemáticos para estimativa do índice de erosividade das chuvas em Água Branca – AL**

**Application of mathematical models to estimate the rainfall erosivity index in Água Branca – AL**

DOI:10.34117/bjdv6n11-418

Recebimento dos originais: 03/10/2020

Aceitação para publicação: 19/11/2020

**Cícero Gomes dos Santos**

Professor Adjunto, Doutor em Agronomia, Ciência do Solo  
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)  
Av. Manoel Severino Barbosa, S/N, Bom Sucesso, Arapiraca – AL Brasil  
E-mail: cgomes@arapiraca.ufal.br

**Josimar da Silva**

Engenheiro Agrônomo  
Empresa: Secretária Municipal de Agricultura – Prefeitura de Arapiraca - AL  
E-mail: josimaragronomia@gmail.com

**Valdevan Rosendo dos Santos**

Professor Adjunto, Doutor em Agronomia, Ciência do Solo  
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)  
Av. Manoel Severino Barbosa, S/N, Bom Sucesso, Arapiraca – AL Brasil  
E-mail: valdevan@yahoo.com.br

**Igor Gledson de Oliveira Santos**

Mestrando em Agricultura e Ambiente  
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL) Av. Manoel Severino Barbosa, S/N, Bom Sucesso, Arapiraca – AL Brasil  
E-mail: igor.gledson@gmail.com

**Samuel Barbosa Tavares dos Santos**

Engenheiro Agrônomo  
Empresa: Rural Produtos Agropecuários  
E-mail: barbosa\_samuel@hotmail.com

**Janynne Joyce de Lima Rocha**

Mestrando em Agricultura e Ambiente  
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL) Av. Manoel Severino Barbosa, S/N, Bom Sucesso, Arapiraca – AL Brasil  
E-mail: janynne.jlr@gmail.com

**Márcio Aurélio Lins dos Santos**

Professor Associado, Doutor em Agronomia, Irrigação e Drenagem  
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)  
Av. Manoel Severino Barbosa, S/N, Bom Sucesso, Arapiraca – AL Brasil  
E-mail: mal.santo@arapiraca.ufal.br

**RESUMO**

A erosão do solo é o resultado de um trabalho realizado por um agente erosivo, que é a fonte potencial e ativa do processo de erosão dotado de energia, que age sobre o solo, a precipitação. A precipitação é a força motriz do processo erosivo hídrico, onde o desprendimento e o transporte pelo escoamento superficial dos sedimentos dependem da intensidade, frequência e duração dos eventos em uma determinada região ou localidade. O município de Água Branca está localizado na região Serrana do Alto Sertão Alagoano, semiárido Nordestino, mas apresenta características que em algumas partes do território apresenta condições climáticas diferentes, com temperaturas mais baixas, sobretudo devido ao seu relevo estruturalmente mais elevados, com feições morfológicas expressivas, características dos ambientes de “Brejos de Altitudes”, como todos os brejos do Nordeste brasileiro. Teve como objetivo determinar os índices de erosividade de chuva através dos dados pluviométricos para o município de Água Branca – Al, no período de 1913 a 1985. Os referidos dados foram tabulados para cálculo da chuva, o coeficiente de chuva e sua relação a erosividade utilizando seis equações. O município de Água Branca apresenta uma distribuição pluviométrica anual média de 1.007,77 mm, para o período de observação de 72 anos, apresentando uma ampla variação distribuição da precipitação pluviométrica ao longo dos anos, com o período chuvoso concentrado nos meses de abril a agosto apresentaram valores médios acima da média, neste período precipita mais de 70% das chuvas para o município. O valor mensal anual de erosividade estimando por este modelo para Água Branca, Al, foi de 6.990,10 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, este valor pode ser enquadrado como moderado potencial de erosividade.

**Palavras-chave:** Precipitação, Pluviometria, Índice de Erosividade.

**ABSTRACT**

Soil erosion is the result of work carried out by an erosive agent, which is the potential and active source of the erosion process endowed with energy, which acts on the soil, precipitation. Precipitation is the driving force of the water erosion process, where the detachment and transport by the surface runoff of the sediments depend on the intensity, frequency and duration of the events in a given region or location. The municipality of Água Branca is located in the Serrana do Alto Sertão Alagoano region, in the Northeast semiarid region, but has characteristics that in some parts of the territory have different climatic conditions, with lower temperatures, mainly due to its structurally higher relief, with expressive morphological features. , characteristics of the “Brejos de Altitudes” environments, like all the swamps in Northeast Brazil. The objective was to determine the rain erosivity indexes through the pluviometric data for the municipality of Água Branca - Al, in the period from 1913 to 1985. The referred data were tabulated to calculate the rain, the rain coefficient and its relation to erosivity using six equations. The municipality of Água Branca presents an average annual rainfall distribution of 1,007.77 mm, for the observation period of 72 years, presenting a wide variation in the distribution of rainfall over the years, with the rainy period concentrated from April to August presented average values above the average, in this period more than 70% of the rainfall precipitates for the municipality. The annual monthly erosivity value estimated by this model for Água Branca, Al, was 6,990.10 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>year<sup>-1</sup>, this value can be classified as a moderate erosivity potential.

**Keywords:** Precipitation, Rainfall, Erosivity index.

**1 INTRODUÇÃO**

Os processos erosivos consistem no processo que envolve três etapas, o desprendimento, o arraste e a deposição das partículas de solo (PRUSKI, 2009). Este processo é ocasionado pela ação do vento e da água, principalmente pela ação da precipitação. A precipitação é a força motriz do processo

erosivo hídrico, onde o desprendimento e o transporte pelo escoamento superficial dos sedimentos dependem da intensidade, frequência e duração dos eventos em uma determinada região ou localidade (PRUSKI, 2009). Segundo Molion; Bernardo, (2012), a precipitação é a variável climatológica mais importante nos trópicos, estando diretamente relacionados com as convecções locais.

Processos erosivos por precipitação pluvial causam muitos problemas, em áreas agricultáveis com perdas de solos, além de provocar danos no ambiente e a contaminação dos cursos água por sedimentos (LEE; HEO, 2011). No Brasil, o crescente percentual de áreas afetadas pelo processo erosivo do solo tem se tornado uma das grandes preocupações ambientais, por se tratar dos grandes impactos nos ambientes produtivos em vários estados da federação (MELLO et al., 2013).

A erosão do solo é o resultado de um trabalho realizado por um agente erosivo, que é a fonte potencial e ativa do processo de erosão dotado de energia, que age sobre o solo (BERTOL et al., 2018). Esta energia cinética é definida como a erosividade, que é definida como o potencial da chuva em causar erosão no solo e é função exclusivamente das características físicas da própria chuva, entre quais estão a quantidade, a intensidade, o diâmetro de gotas, velocidade terminal e energia cinética (AMORIM et al., 2001). A habilidade potencial em causar erosão (CARVALHO, 1987). Uma chuva qualquer pode ser comparada quantitativamente com outra, possibilitando assim a criação de uma escala numérica de valores de erosividade (Hudson, 1973). Portanto, o fator erosividade da chuva (R) é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva em produzir erosão, uma localidade qualquer (FAO, 1967).

O município de Água Branca está localizado na região Serrana do Alto Sertão Alagoano, semiárido nordestino, mas apresenta características que em algumas partes do território apresenta condições climáticas diferentes, com temperaturas mais baixas, sobretudo devido ao seu relevo estruturalmente mais elevados, com feições morfológicas expressivas (SANTOS et al., 2019). Características dos ambientes de “Brejos de Altitudes”, como todos os brejos do Nordeste brasileiro, o Brejo de Altitude de Água Branca apresenta características climáticas diferenciadas do semiárido, em virtude da altimetria acentuada.

A caracterização do potencial erosivo das chuvas, dentre várias aplicações, possibilitando dimensionar melhor, as estruturas de conservação do solo e da água (CANTALICE et al., 2009). O método padrão de cálculo da erosividade de uma localidade ou região é através de dados pluviográficos, que iram gerar os índices de EI30, porém esses registros são escassos e muitas vezes de difícil acesso, o que torna sua obtenção lenta e trabalhosa (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2018; MOREIRA et al., 2006; MELLO et al., 2007). Nestes casos, se faz o cálculo da erosividade da chuva através das características pluviométricas (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2018).

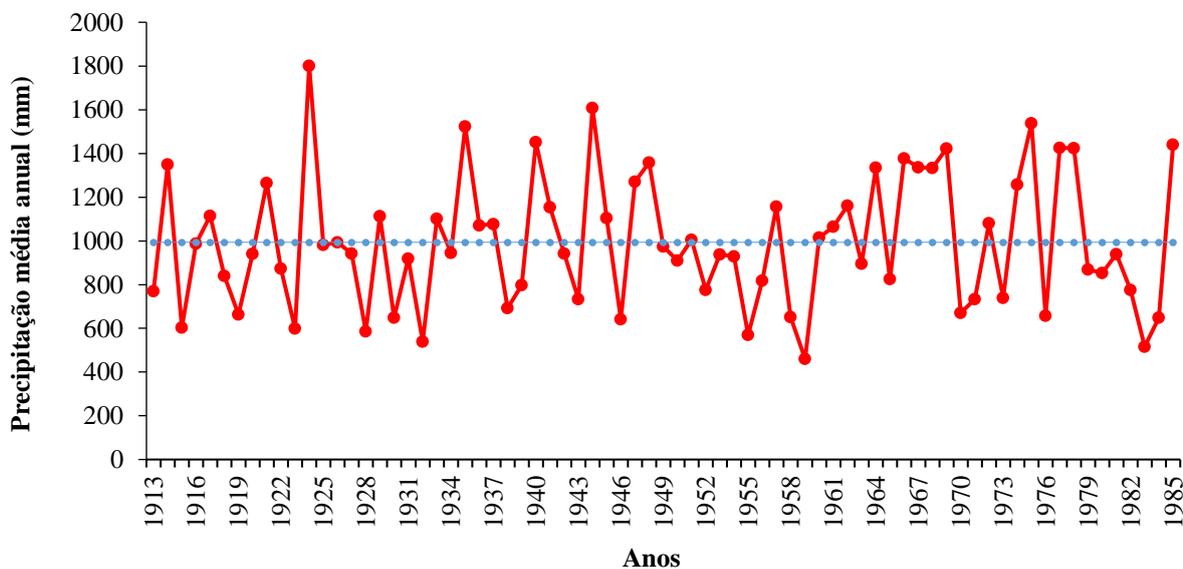
Sendo assim, objetivou-se a aplicação de modelos matemáticos para estimativa do índice de erosividade das chuvas no município de Água Branca, Al, utilizando dados pluviométricos mensal do período de 1913 a 1985.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no município de Água Branca, localizado no Estado de Alagoas, na mesorregião do Alto Sertão Alagoano, na microrregião Serrana do Sertão alagoano, em área de ocorrência do Planalto da Borborema. com uma altitude de 517 metros, com as seguintes coordenadas geográficas 9° 17' 58" S, 37° 56' 52" W. Possui o clima Tropical semiúmido, contendo verões quentes e invernos razoavelmente frios, com período chuvoso concentrado no inverno, especialmente entre os meses de maio a agosto, com precipitação pluvial média de 973,7 mm (Figura 1).

A partir dos dados climáticos pluviométricos do período entre 1913 e 1985, da estação meteorológica do município de Água Branca – AL (BRASIL, 1990). Os referidos dados foram tabulados para cálculo da chuva, o coeficiente de chuva e sua relação a erosividade utilizando seis equações.

**Figura 1.** Gráfico de precipitação pluviométrica do município de Água Branca – AL, no período de observação de 1913 a 1985 (Brasil, 1990).



A estimativa da erosividade de chuva (R) utilizando-se dados pluviométricos não é considerado o método padrão, sendo a erosividade calculada por dados pluviográficos (DIAS; SILVA, 2003). Os dados pluviográficos são escassos e de difícil obtenção no Brasil (BERTONI, LOMBARDI NETO, 2018). Buscando minimizar este problema foram propostos vários modelos matemáticos para obtenção da erosividade por dados pluviométricos.

Para testar a acurácia dos valores de erosividade de chuva por dados pluviométricos se faz necessário a determinação do coeficiente de chuva ( $R_c$ ). O Coeficiente de chuva ( $R_c$ ) foi calculado por meio da Equação 01, proposta por Lombardi Neto (1977), baseado no modelo de Fournier (1960), com algumas modificações:

$$R_c = p^2/P \quad (01)$$

Onde:  $p$  é a precipitação pluvial média mensal (mm); e  $P$ , a precipitação pluvial média anual (mm).

Para estimativa de erosividade da chuva para o município de Água Branca, Al, foram utilizados os seguintes modelos matemáticos, descritos abaixo:

A Equação 05 proposta por Oliveira Júnior; Medina (1990), baseada no modelo de Fournier (1960), para determinação da erosividade com dados pluviométricos de uma determinada localidade.

$$R_x = 3,76 * \left(\frac{M_x^2}{P}\right) + 42,77 \quad (02)$$

Onde:  $R_x$  é o fator R ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ),  $M_x$  é a precipitação média mensal (mm) e  $P$  é a precipitação média anual (mm).

Em 1991, Morais et al. (1991) desenvolveram a Equação 03 fundamentada no modelo de Fournier (1960).

$$R_x = 36,849 * \left(\frac{M_x^2}{P}\right)^{1,0852} \quad (03)$$

Onde:  $R_x$  expressa o valor da média de erosividade ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ );  $M_x$  a precipitação média mensal (mm) e  $P$  a precipitação média anual (mm) de uma série de dados pluviométricos.

Em 1981, Leprun, estudando precipitações pluviométricas do Nordeste, desenvolveu a Equação 04, através de modelo exponencial.

$$R_x = 0,13 * (M_x^{1,24}) \quad (04)$$

Onde:  $R_x$  representa o fator R ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ), que expressa a erosividade média para uma região de estudo;  $M_x$ , representa os valores de precipitação média (mm).

A Equação 05 proposta por Val et al. (1986), para determinar a erosividade de chuva de uma localidade com base em dados pluviométricos, está fundamentada no modelo de Fournier (1960).

$$R_x = 12,592 * \left(\frac{M_x^2}{P}\right)^{0,6030} \quad (05)$$

Onde:  $R_x$  representa o fator R ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ );  $M_x$  a precipitação média mensal (mm) e P a precipitação média anual (mm).

A equação (06) foi desenvolvida por Lombardi Neto; Moldenhauer (1992), com base no modelo de Fournier (1960), que leva o coeficiente de chuva ( $R_c = p^2/P$ ), que nesta equação foi modificado por  $M_x$ , que representa a precipitação média mensal para uma dada localidade em estudo.

$$R_x = 68,73 + \left(\frac{M_x^2}{P}\right)^{0,841} \quad (06)$$

Onde:  $R_x$  é o fator R ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ );  $M_x$  é a precipitação média mensal (mm) e P é a precipitação média anual (mm).

Rufino et al. (1993), desenvolveram a equação (07), baseada em modelos linear para determinação da erosividade de uma localidade baseada em dados pluviométricos.

$$R_x = 19,44 + (4,20 * M_x) \quad (07)$$

Onde:  $R_x$  representar o fator R ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ );  $M_x$  é a precipitação média mensal (mm) e P é a precipitação média anual (mm).

Utilizou-se a metodologia desenvolvida por Carvalho (2008), para a classificação da erosividade das chuvas média mensal e anual para o município de Água Branca, Al, conforme Tabela 1.

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

Classes de Erosividade	Valores de Erosividade
	<i>MJ.mm/ano/ha/h</i>
Muito baixa	$R \leq 2452$
Baixa	$2452 < R \leq 4905$
Média	$4905 < R \leq 7357$
Alta	$7357 < R \leq 9810$
Muito Alta	$R > 9810$

Fonte: Carvalho, (2008).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de coeficiente de chuva ( $R_c$ ) que representa a uma relação matemática entre os registros pluviométricos mensais ao quadrado divididos pelo produto da precipitação anual de uma dada localidade, que se definiu de coeficiente de chuva de Fournier (Mello et al., 2007; Oliveira et al., 2012). Para facilitar a execução desta atividade, Lombardi Neto (1977), com base em Fournier (1960), na qual estabelece os valores de precipitação mensal por um período anual. Os coeficientes de chuva ( $R_c$ ) para calculados para o município de Água Branca, o qual segue o mesmo padrão de distribuição anual das chuvas, correspondendo em média 15,27% da precipitação total registrada no período de 1913 a 1985 (Tabela 2).

A determinação dos coeficientes de chuva ( $R_c$ ) para o município de Água Branca, apresentou um comportamento bastante semelhante com a distribuição da precipitação pluviométrica, com os maiores valores registrados nos meses de maio, junho e julho (Tabela 2). Nesse sentido, diversos pesquisadores têm realizado trabalhos determinando os valores e comportamento temporal e espacial do coeficiente de chuva, com destaque para as pesquisas de Moreti et al. (2003), estudando as características de chuvas do município de São Manuel, SP, obteve resultados de coeficientes de chuva em torno de 15% dentro do período de precipitação estudado. Bazzano; Eltz; Cassol, (2010), avaliando as características das chuvas do município de Rio Grande, RS, obtiveram resultados semelhantes, com uma média de 15% do total de precipitação. Os trabalhos de Lombardi Neto; Moldenhauer, (1992); Mazurana et al. (2009), trabalhando em Campinas, SP e no Rio Grande do Sul encontraram resultados semelhantes de coeficientes de chuva.

**Tabela 2.** Valores médios mensais e anuais de precipitação pluvial e coeficiente de chuva para o município de Água Branca, Al, no período de 1913 a 1985 (Brasil, 1990).

Mês	Precipitação		Coeficiente de chuva (Rc)	
	mm	%	Mm	%
Janeiro	57,27	5,73	5,60	3,49
Fevereiro	64,04	6,35	7,82	5,08
Março	89,77	8,91	14,82	9,62
Abril	103,93	10,31	15,69	10,19
Mai	158,02	15,68	31,38	20,38
Junho	153,43	15,22	27,39	17,79
Julho	148,22	14,71	26,45	17,18
Agosto	85,59	8,49	10,37	6,73
Setembro	44,52	4,42	4,02	2,61
Outubro	23,26	2,31	1,85	1,20
Novembro	29,64	2,94	2,69	1,74
Dezembro	50,05	4,97	5,87	3,81
Total	1007,77	100	153,94	100

Fonte: Autor, 2020.

Os resultados da erosividade da chuva para o município de Água Branca, Al, estão apresentados na Figura 2, no período de 1913 a 1985, compreendendo um intervalo de 72 anos de observações mensais, para obtenção dos valores mensais de erosividade foram utilizados seis equações, os números (02), (03), (04) e (05) equações exponenciais baseadas nos modelo de Fournier, a equação (06) é um modelo linear e a equação (07) é um modelo exponencial.

A obtenção da erosividade média anual para Água Branca, Al, pelo modelo exponencial que utiliza em sua base matemática o coeficiente de Fournier, proposto por Oliveira Júnior; Medina (1990), está apresentado na Figura 2A, com um valor médio anual de  $982,78 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}\text{ano}^{-1}$ , o que pode ser enquadrado em com muito baixo de acordo com as classes de erosividade proposta por Carvalho (2008). Este modelo também enquadra os meses de maio, junho e julho como os mais erosivos, respondendo por mais de 50% do potencial erosivo esperado no período de um ano para o município de Água Branca, Al. O período com os menores potenciais erosivos, são setembro, outubro e novembro, com apenas 16% de ocorrência do potencial erosivo. Vale ressaltar que um município que apresenta uma topografia bastante movimentada, torna-se imprescindível adoção de práticas de manejo e conservação do solo e da água.

Na Figura 2B, estão apresentados os valores mensais médios de erosividade de chuva para o município de Água Branca, Al, obtidas pelo modelo exponencial baseado no coeficiente de Fournier proposto por Moraes et al. (1991). O valor mensal anual de erosividade estimando por este modelo para Água Branca, Al, foi de  $6.990,10 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}\text{ano}^{-1}$ , este valor pode ser enquadrado como moderado potencial de erosividade segundo Carvalho (2008). Esses valores que corroboram com valores de

estimativa da erosividade das chuvas do Nordeste do Brasil realizadas por Leprun (1983) e Silva (2004), que encontraram para todo o sertão nordestino valores entre 3.000 e 7.000 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, enquanto Cantalice et al. (2009), encontrou valores que variam de 1.500 a 3.500 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, para o sertão pernambucano, caracterizando-se por um moderado potencial erosivo, segundo Carvalho (2008). Os resultados obtidos por este modelo para uma região de “Brejo de Altitudes”, localizada no Alto Sertão Alagoano, são corroborados por Santos et al. (2009) e Silva et al. (2012), que trabalhando com dados de chuvas de duas bacias hidrográficas situadas no semiárido pernambucano, situadas em altitudes superiores a 500 metros, obtiveram valores entre 5.000 e 8.000 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, o que os enquadram como moderados potencial de erosividade.

Na Figura 2C, estão apresentados os valores mensais médios de erosividade de chuva para Água Branca, Alagoas, obtidos pelo modelo exponencial proposto por Leprun (1981). Os valores obtidos por este modelo descreve o comportamento semelhante aos modelos anteriores, onde o período com maior potencial erosivo para o município de Água Branca são os meses de maio, junho e julho, que concentra mais de 50% do potencial erosivo, o que se faz necessária adoção de práticas de manejo e conservação do solo e da água, nas áreas agricultáveis e também nas não agricultáveis, a fim de evita danos ambientais por processos de degradação do solo, por erosão hídrica. Principalmente devido as condições de relevo muito movimento, típicos dos “Brejo de Altitudes”, em função de posições topograficamente mais elevadas dentro da região (MELO, 2014).

Na Figura 2D, estão apresentados os valores mensais médios da erosividade da chuva para o município de Água Branca, Alagoas, obtidos utilizando-se a equação proposta por Val et al. (1986), para o período de 72 anos de observações de dados pluviométricos oriundos dos arquivos da SUDENE (BRASIL, 1990). O valor mensal anual de erosividade foi de 7.031,65 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, este valor é considerado de moderado potencial erosivo segundo a classificação proposta por Carvalho (2008).

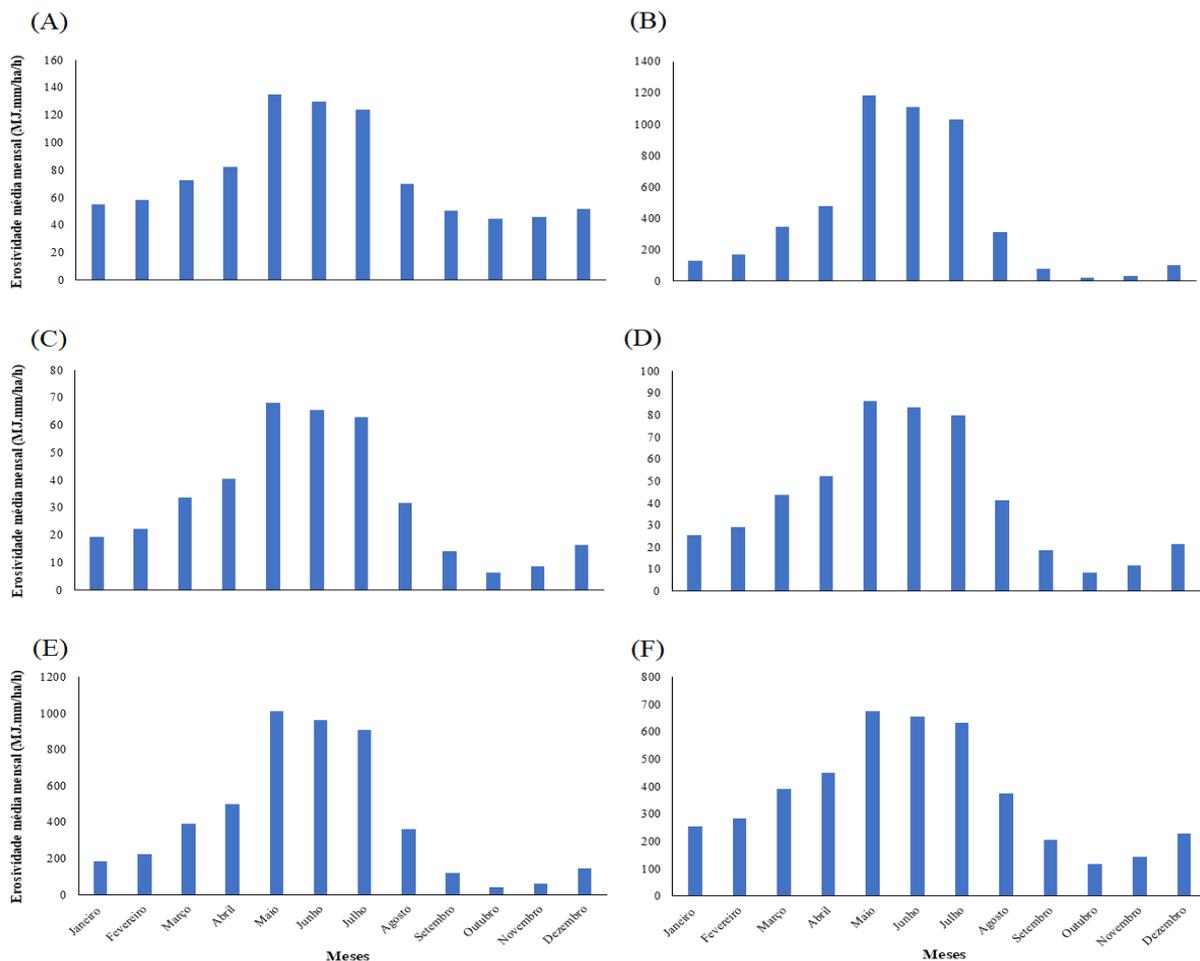
O período mais erosivo para o município de Água Branca, se concentra nos meses de maio, junho e julho, com um percentual de 54,25% do potencial total de chuva esperado, sendo o mês de maio o mais erosivo e os meses menos erosivos são setembro, outubro e novembro, onde foram registrados cerca de 10% de todo potencial erosivo do município.

Na Figura 2E, estão apresentados os valores do fator F mensal para Água Branca, Al, no período de 72 anos de observações mensais, obtidos pelo modelo matemático proposto por Lombardi Neto; Moldenhauer, (1992), obteve-se um valor mensal médio de erosividade de 6.464,34 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, com os maiores valores de erosividade concentrados nos meses de maio, junho e julho, com 1.246,76; 1.112,16 e 1.079,86 MJ.mm.ha<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, respectivamente. Neste período ocorrem cerca de 53,19% de todo potencial erosivo das chuvas no município de Água Branca, Al, enquanto os meses de setembro, outubro e novembro configuram com os que apresentam os menores potenciais de

erosividade, com menos de 10% do potencial erosivo. O valor mensal médio de erosividade para o município enquadra-se como moderado, segundo a classificação de Carvalho (2008).

Os valores médios mensais de erosividade para Água Branca (Figura 2F), para o período de 72 anos de observações de dados pluviométricos de chuva, oriundos dos arquivos da SUDENE (Brasil, 1990), estimado utilizando-se o modelo matemático linear proposto por Rufino et al. (1993). O valor médio anual de erosividade estimado pelo referido modelo foi de  $4.237,51 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , este valor se enquadra como baixo potencial erosivo, dentro da escala de classes de erosividade de Carvalho (2008). Este valor difere dos valores de erosividade estimados para várias regiões ou localidades do Nordeste, Silva; Dias, (2003) estudando o potencial erosivo das chuvas de Fortaleza, no estado do Ceará, encontrou chuvas com alto potencial erosivos.

**Figura 2.** Índice de erosividade média mensal para o município de Água Branca – Al, no período de 1913 a 1985 (Brasil, 1990) por A: Oliveira Júnior; Medina (1990), B: Morais et al. (1991), C: Leprun et al. (1981), D: Val et al. (1986), E: Lombardi Neto; Moldenhauer, (1992), F: Rufino et al. (1993).



Resultados semelhantes foram obtidos por Leprun (1983), Silva (2004), Santos et al. (2009) e Silva et al. (2012), que encontraram valores de erosividade variando entre 3.000 a 8.000  $\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$

$1.h^{-1}ano^{-1}$ , para o semiárido pernambucano. Enquanto Cantalice et al. (2009), obteve valores de erosividade considerados baixos, segundo a classificação de Carvalho (1994). Para o estado da Paraíba como um todo o valor médio foi  $5.000 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}ano^{-1}$ , obtido por Amaral et al. (2014), utilizando dados pluviométrico no modelo proposto por Lombardi Neto; Moldenhauer, (1992).

Amaral et al. (2014) estudando o potencial erosivo para o estado da Paraíba, encontrou um resultado que se enquadra nesta mesma categoria de classes de erosividade, utilizando este modelo proposto Lombardi Neto; Modenhauer, (1992). Trabalhos desenvolvidos na região semiárida do estado de Pernambuco, Leprun (1983), Silva, (2004), Santos et al. (2009) e Silva et al. (2012), obtiveram valores bastante amplo, que varia de  $3.000$  a  $8.000 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}ano^{-1}$ , onde parte destas corrobora com este trabalho. Cantalice et al. (2009), determinou a erosividade das chuvas do semiárido pernambucano com dados pluviográficos, obtendo valores mensais médios de erosividade que variam de  $1.500$  a  $3.500 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}ano^{-1}$ .

No Estado da Paraíba, Amaral et al. (2014), estudando o potencial erosivo do estado encontrou um valor médio considerado moderado, segundo Carvalho (2008). Os trabalhos de estimativa da erosividade de chuva para o estado de Pernambuco, foram selecionados apenas os desenvolvidos na região semiárida, onde foram registrados uma ampla abrangência de valores indo de  $1.500$  a  $8.000 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}ano^{-1}$ , registrados nos trabalhos de Leprun, (1981), Silva, (2004), Santos et al. (2009), Cantalice et al. (2009) e Silva et al. (2012). Alguns destes valores foram estimados com dados pluviográficos (método padrão) e outros com dados pluviométricos.

Para a determinação do fator R (erosividade da chuva), é fundamental a existência de uma série histórica de dados pluviográficos, com esses dados é possível a obtenção dos valores de erosividade de uma determinada localidade, devido a escassez destas informações em algumas localidades ou regiões, a estimativa do índice de erosividade tem sido realizadas com modelos que fazem uso de dados pluviométricos (SILVA, IORI, SILVA, 2009). Uma forma de avaliação da acurácia da utilização de um modelo matemático com dados de uma determinada regiões ou localidade diferente daquela em que foi estimado, se faz uso de curvas de regressão que relaciona o índice de erosividade aos coeficientes de chuva (PEREIRA, 1983; LOMBARDI NETO; MOLDENHAUER, 1992; SILVA, IORI, SILVA, 2009). Na busca de um modelo que estime os índices de erosividade das chuvas do município de Água Branca, Al, no período de 1913 a 1985, foram utilizados seis modelos matemáticos desenvolvidos em diferentes regiões ou localidades do Brasil, representados pelas equações (02), (03), (04) e (05) equações exponenciais baseadas nos modelo de Fournier, a equação (06) é um modelo linear e a equação (07) é um modelo exponencial.

Na Figura 3A, estão apresentados a correlação entre o índice de erosividade obtido pelo modelo matemático proposto por Oliveira Júnior; Medina (1990) e o coeficiente de chuva proposto por

Fournier (1960), para os dados pluviométricos do município de Água Branca, Alagoas, no período de observação de 72 anos. Esta correlação se ajustou a um modelo linear, com  $R^2 = 1$ , isso devido a equação de ser linear e usar o Rc como coeficiente angular (inclinação da reta), ajustando assim 100% dos pontos numa reta linear.

Rufino et al. (1993), estimando a erosividade para oito regiões do estado do Paraná obteve coeficientes de determinação que variaram de 0,84 a 0,93. Santos; Montenegro, (2012), estudando a erosividade do Agreste Central pernambucano, obtiveram um coeficiente de determinação de 0,71, com uma linha de tendência ajustada a do tipo potência, não apresentando uma correlação elevada, quando comparada com coeficiente de determinação de 0,91, obtido por Almeida et al. (2011), para Cuiabá, MT.

Na Figura 3B, está a correlação entre o índice de erosividade médio mensal obtido pelo modelo proposto Morais et al. (1991) e o coeficiente de chuva, este modelo apresentou uma linha de tendência ajustada do tipo linear, com coeficiente de determinação de 99,93%, sendo considerado uma correlação bastante forte, se assemelhando-se aos coeficientes obtidos por Roque et al. (2001), para o município de Piraju, SP, encontraram um coeficiente de determinação de 0,96; Silva; Iori; Silva, (2009), trabalhando nos municípios Paulista de Sete Barras e Juquiá, encontraram coeficientes de determinação de 0,99 e 0,95, respectivamente.

Silva et al. (1997), trabalhando com dados de Goiânia, no estado de Goiás, encontraram valores de coeficientes de determinação de 0,94, enquanto Pissarra et al. (2000), verificaram coeficiente de determinação de 0,99, em Pereira Barreto, SP. Estes resultados capacitam este modelo para utilização na determinação da erosividade de chuva com dados pluviométricos para o município de Água Branca, localizada no Alto Sertão alagoano.

A correlação entre o índice de erosividade média mensal estimada pelo modelo proposto por Leprun (1981) e o coeficiente de chuva para o município de Água Branca, Alagoas, dentro de um período de observações de 72 anos (Figura 3C). A correlação foi ajustada em uma linha de tendência a tipo linear, com um coeficiente de determinação de 0,9808, apresentando uma correlação bastante forte. O modelo proposto por Leprun (1981), foi gerado com dados de precipitação provenientes de várias regiões do Nordeste, sua importância para região foi destacada por Silva (2004), quando propôs a divisão do país em oito regiões homogêneas de acordo com os índices pluviométricos. Este modelo foi proposto para representar a região litorânea do Nordeste.

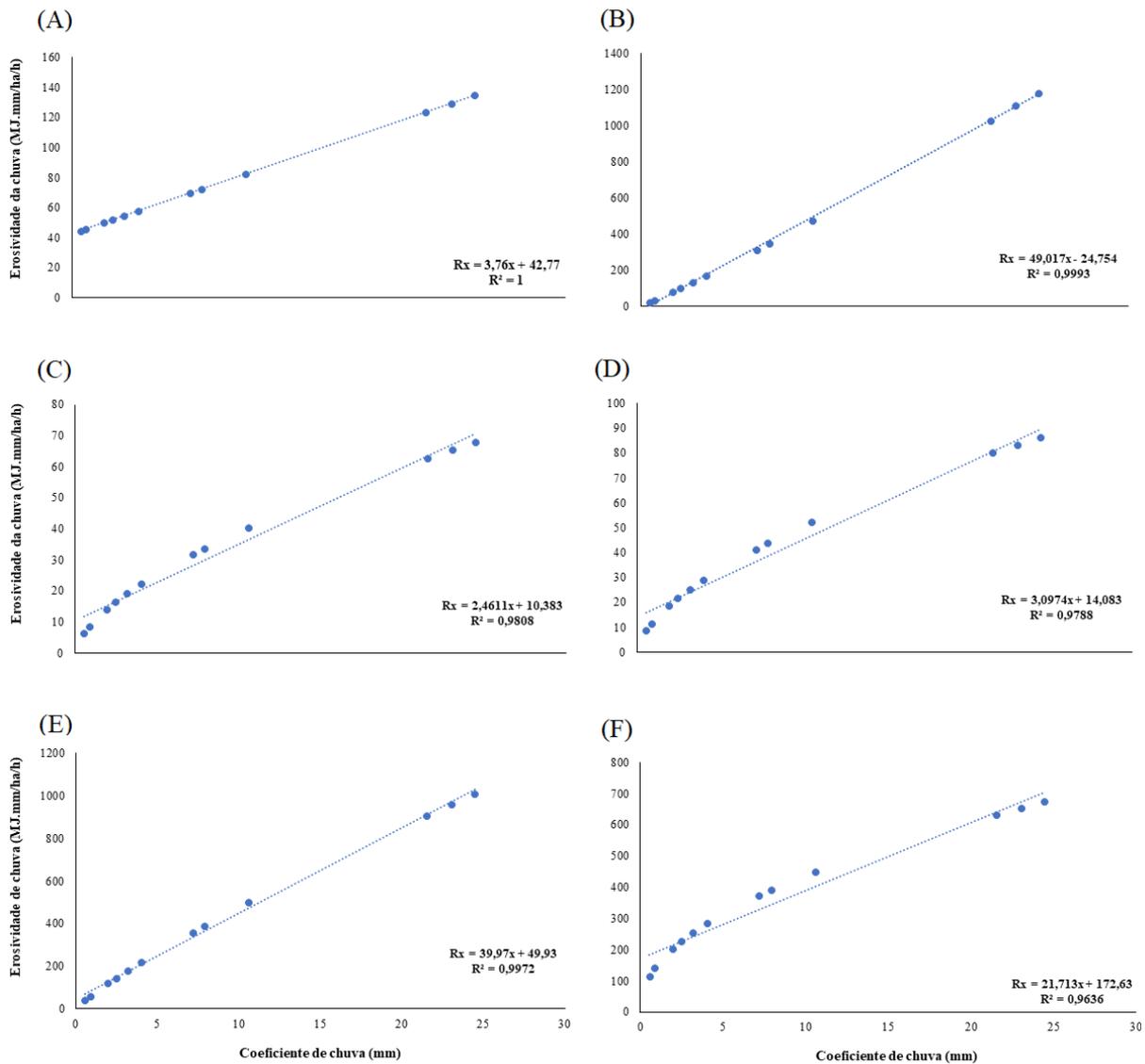
Na Figura 3D, está o resultado da correlação entre o índice de erosividade médio mensal estimado pelo modelo proposto por Val et al. (1986), para estimativa da erosividade da chuva do município de Água Branca, localizada no alto sertão Alagoano. Este modelo quando submetido a correlação foi ajustado em uma linha de tendência do tipo linear, com um coeficiente de determinação

de 0,9788, apresentando-se bastante forte. Este modelo foi desenvolvido com dados de chuva de uma localidade do semiárido Baiano, este modelo apresentou resultados semelhantes para os dados de Chaves et al. (1997), para os dados de erosividade de chuva do município de Patos, PB, localizado no Alto Sertão.

O resultado da curva de regressão relacionando os índices de erosividade de chuva estimada pela equação proposta por Lombardi Neto; Moldenhauer (1992), aos coeficientes de chuva para o município de Água Branca, AL, em um período correspondente a 72 anos de observações pluviométricas, utilizando-se de um modelo linear ajustaram os dados e obteve um coeficiente de determinação de 0,98 (Figura 3E). Silva; Iori; Silva, (2009) trabalhando nos municípios em dois municípios paulistas de Sete Barras e Juquiá, encontraram coeficientes de determinação de 0,99 e 0,95, respectivamente. Moraes et al. (1991), utilizando modelo proposto por Lombardi Neto (1977), e utilizando-se de um modelo exponencial ajustaram os dados de precipitação do sudoeste do Mato Grosso do Sul, a um coeficiente de determinação de 0,92.

Na Figura 3F, está apresentado a correlação entre o índice de erosividade de chuva mensal estimado pelo modelo linear proposto por Rufino et al. (1993), com dados de chuva do Estado do Paraná e o coeficiente de chuva para o município de Água Branca, no período de 1913 a 1985. Este modelo apresentou um ajuste a uma linha de tendência potência, com um coeficiente de 0,9901, que é considerado forte. Este modelo foi entre todos os modelos estudados, o que apresentou menor valor de correlação, mas dentro do intervalo encontrados por vários pesquisadores, a exemplo de Almeida et al. (2011), para Cuiabá, MT, determinação de 0,84, obtida por Cassol et al. (2008), para São Borja, RS, e de 0,96, obtida por Colodro et al. (2002), para Teodoro Sampaio (SP). Este modelo foi proposto por Silva (2004), para estimativa da erosividade por dados pluviométricos para a região sul do Brasil.

**Figura 3.** Relação entre a erosividade da chuva (Rc) e o coeficiente de chuva para o município de Água Branca – Al obtido por A: Oliveira Jr; Medina, (1988), B: Morais et al. (1991), C: Leprun (1981), D: Val et al. (1986), E: Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), F: Rufino et al. (1993).



Coeficiente de determinação bastante forte também foram observados por vários pesquisadores e várias regiões do Brasil, a exemplo de Colodro et al. (2002), para Teodoro Sampaio em São Paulo, que obteve 0,96, Amaral et al. (2014), obteve um coeficiente de determinação de 0,94 para todo o Estado da Paraíba, enquanto Morais et al. (1991), encontraram um coeficiente de determinação de 0,92, para o Estado de Mato Grosso do Sul. Almeida et al. (2011), para cidade de Cuiabá, MT, obteve um coeficiente de determinação elevado de 0,91.

Amaral et al. (2014) trabalhando com os dados de precipitação em todo estado da Paraíba, obteve um índice de coeficiente de determinação forte. Silva (2004), estudando a aplicabilidade de vários modelos para estimativa da erosividade da chuva no Brasil, propôs que o modelo proposto por Silva (2004), é recomendado para a região semiárida do Nordeste do Brasil.

Amaral et al. (2014), utilizando o modelo proposto por Lombardi Neto; Moldenhauer, (1992), para os dados pluviométricos do estado da Paraíba, obteve um coeficiente de determinação geral para o estado de 0,94. Chaves et al. (1997), analisando os dados pluviométricos de Patos, PB, obteve um coeficiente de determinação de 0,78, entre o índice de erosividade e o coeficiente de chuva.

#### 4 CONCLUSÕES

1. Todos os modelos registraram os maiores de valores de erosividade nos meses de maio a julho, sendo o mês de maio o que apresentou as maiores taxas de erosividade para o município em estudo;
2. Os valores médios anual de erosividade para o município de Água Branca, calculados por seis modelos variam de baixa a alta, segundo as classes proposta por Carvalho (2008);
3. Todos os seis modelos de estimativas da erosividade apresentaram correlação considerada alta, o que os capacita para a estimativa da erosividade do município em estudo.

#### REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C.O.S.; AMORIM, R.S.S.; COUTO, E.G.; ELTZ, F.L.F.; BORGES, L.E. **Potencial erosivo da chuva de Cuiabá, MT: Distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica**. R. Bras. Eng. Agrícola e Ambiental, v.15, p.178-184, 2011.
- AMARAL, B. S. D; DANTAS, J. C.; SILVA, R. M; CARVALHO NETO, J. F. **Variabilidade da erosividade das chuvas no estado da Paraíba**. Revista Brasileira Geografia Física, v.7, p.691-701, 2014.
- AMORIM, R.S.S; SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F.; MATOS, A.T. **Influência da declividade do solo e da energia cinética de chuvas simuladas no processo de erosão entre sulcos**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.5, n.1, p.124-130, 2001.
- BAZZANO, M.G.P; ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A. **Erosividade e características hidrológicas das chuvas de Rio Grande (RS)**. R. Bras. Ci. Solo, v.34, p.235-244, 2010
- BERTOL, I.; CASSOL, E.A.; BARBOSA, F.T. Erosão do solo. Cap. XIV. In: In: Bertol. I., De Maria, I.C.; Souza, L.S. editores. **Manejo e conservação do solo e da água**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2018. p.424-458.
- BERTONI, J.C.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 10a Edição. São Paulo: Editora Ícone, 2018. 355p.
- BRASIL. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. **Dados pluviométricos mensais do Nordeste – Piauí**. Recife: SUDENE, 1990. (Série Pluviometria, 2).

- CANTALICE, J. R. B.; BEZERRA, S. A.; FIGUEIRA, S. B.; INÁCIO, E. S. B.; SILVA, M. D. R. O. Linhas isoerosivas do estado de Pernambuco - 1ª aproximação. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 2, p. 75-80, 2009.
- CARVALHO, N.O., 2008. Hidrossedimentologia Prática, 2ª ed. Interciência, Rio da Janeiro, Brazil. 599 p.
- CARVALHO, M.P. Erosividade da chuva: distribuição e correlação com as perdas de solo de Mococa, SP. Piracicaba, ESALQ/USP, 1987. 104p. (Dissertação de Mestrado).
- CASSOL, E. *et al.* Erosividade, padrões hidrológicos, período de retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas em São Borja, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.3, p.1239-1251, 2008.
- CHAVES, I.B.; LEITE JÚNIOR, G.P.; MAIA NETO, F.F. **Análise da pluviometria e da erosividade das chuvas de Patos (PB)**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 26, 1997, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-Rom.
- COLODRO, G. *et al.* Erosividade da chuva: distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 3, p. 809-818, 2002.
- DIAS, A. S.; SILVA, J. R. C. A erosividade das chuvas em Fortaleza (CE): I-distribuição, probabilidade de ocorrência e período de retorno-1ª aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 2, p. 335-345, 2003.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. La erosion del suelo por el agua: Algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo. Roma: Organization de Las Naciones Unidas, 1967. 207p.
- FOURNIER, F. Climat et erosion: la relation entre l'érosion dy sol par l'eau et les précipitations atmosphériques. Paris: Universitaires de France, 1960.
- HUDSON, N. W. Soil conservation. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1973. 320p.
- LEE, J.H., HEO, J.H., 2011. Evaluation of estimation methods for rainfall erosivity based on annual precipitation in Korea. *Journal of Hydrology*, v.409, p.30–48.
- LEPRUN, J. C. **A erosão, a conservação e o manejo do solo no nordeste brasileiro: balanço, diagnóstico e novas linhas de pesquisas**. Recife: SUDENE, 1981.
- LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. **Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em campinas, SP**. *Bragantia*, v.51, n.2, p.189-196, 1992.
- LOMBARDI NETO, F. **Rainfall erosivity, its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil**. Tese de Mestrado. West Lafayette, Prudue University, 1997, 53p.
- MAZURANA, J. *et al.* Erosividade, padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas erosivas de Santa Rosa (RS). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 13, p. 975-983, 2009.

MELLO, C.R.; VIOLA, M.R.; BESKOW, S.; NORTON, L.D. Multivariate models for annual rainfall in Brazil. *Geoderma Amsterdam*. V.202/203, p.88-102, 2013.

MELLO, C.R.; SÁ, M.A.C.; CURI, N.; MELLO, J.M.; VIOLA, M.R.; SILVA, A.M. Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.537-545, 2007.

MELO, R. F.T. **Evolução dos depósitos de encosta no leque Malaquias e lagoa das pedras no entorno do maciço estrutural da Serra de Água Branca**. 2014. 155 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) –Centro de Filosofias e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S.O. Dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. *R. Bras. Meteorologia*, v.7, n.1, p.1-10, 2002.

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. **Índice EI<sub>30</sub> e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso**. *R. Bras. Ci. Solo*, 15:339-344, 1991.

MOREIRA, M. C.; CECÍLIO, R. A.; PINTO, F. A. C.; PRUSKI, F. F. Desenvolvimento e análise de uma rede neural artificial para estimativa da erosividade da chuva para o Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 6, p. 1069-1076, 2006.

MORETI, D.; MANNIGEL, A.R.; CARVALHO, M.P. **Fator erosividade da chuva para o município de Pedrinhas Paulista, Estado de São Paulo**. *Acta Scientiarum: Agronomy*, v.25, p.137-145, 2003.

OLIVEIRA, P.T.S.; WENDLAND, E.; NEARING, M. A. **Rainfall erosivity in Brazil: A review**. *Catena*, n.100, p. 139-147, 2012.

PEREIRA, H.H.G. **Índices de erosividade da chuva: distribuição e relações com a precipitação em Piracicaba (SP)**. 1983. 70f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1983.

PISSARRA, T.C.T.; CARVALHO, M.P.; CHUEIRE, F.B. Erosividade da chuva de Pereira Barreto (SP): distribuição, período de retorno e probabilidade de ocorrência. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., 2000. Ihéus, **Anais...** Campinas: SBCS, 2000.

PRUSKI, F.F. **Fatores que interferem na erosão hídrica do solo. Conservação de solo e água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2.ed. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2009. p.41-74.

ROQUE, C.G.; CARVALHO, M.P.; PRADO, R.M. Fator erosividade da chuva de Piraju (SP): distribuição, probabilidade de ocorrência. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 13., 2000. Ihéus, **Anais...** Campinas: SBCS, 2000.

RUFINO, R. L.; BISCAIA, R. C. M.; MERTEN, G. H. **Determinação do potencial erosivo da chuva do Estado do Paraná, através de pluviometria: terceira aproximação**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 17, n. 1, p. 439-444, 1993.

SANTOS, J. P. A.; SILVA, A. F.; SILVA, C. V.; SANTOS, W. V.; LIMA, F. J. Caracterização geomorfológica do maciço de Água Branca e seu entorno: uma primeira aproximação. *Rev. REGNE*, Vol. 5, Nº Especial, 2019.

SANTOS, T.E.M.; MONTENEGRO, A.A.A. Erosividade e padrões hidrológicos de precipitação no Agreste Central pernambucano. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.16, n.8, p.871–880, 2012.

SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. A.; PEDROSA, E. M. R. **Características hidráulicas e perdas de solo e água sob cultivo do feijoeiro no semiárido.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, n.3, p.217–225, 2009.

SILVA, R.M.; MONTENEGRO, S.M.G.; SANTOS, C.A.G. 2012. **Integration of GIS and remote sensing for estimation of soil loss and prioritization of critical sub-catchments: a case study of Tapacurá catchment.** *Natural Hazards*, v. 63, n. 3, p. 576- 592.

SILVA, R.B.; IORI, P.; SILVA, F.A.M. **Proposição e validação de equações para estimativa da erosividade de dois municípios de São Paulo.** *Irriga, Botugatu*, v.14, n.4, p.533-547, 2009.

SILVA, A.M. **Rainfal erosivity map for Brazil.** *Catena*. 2004; v.57, p.251-259.

SILVA, J. R. C.; DIAS, A. S. **A erosividade das chuvas em fortaleza (CE). II - Correlação com o coeficiente de chuva e atualização do fator R no período de 1962 a 2000.** *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. n. 27, p. 347-354, 2003.

SILVA, M.L.N.; FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P.; CURI, N. Índice de erosividade das chuvas da Região de Goiânia, GO. *Pesq. Agrop. Bras. Brasília*, v.32, n.10, p.977-085, 1997.

VAL, L.A.; BAHIA, V.G.; FREIRE, J.C.; DIAS JUNIOR, M.S. **Erosividade das chuvas em Lavras – MG.** *Ci. Prática.*, 10:199-209, 1986.