

Variabilidade dos índices de aridez e aplicabilidade da equação de perda de solo no município de Amparo de São Francisco - Sergipe, Brasil
Variability of aridity indices and applicability of the soil loss equation in the municipality of Amparo de São Francisco - Sergipe, Brazil
Variabilidad de los índices de aridez y aplicabilidad de la ecuación de pérdida de suelo en el municipio de Amparo de São Francisco - Sergipe, Brasil

Recebido: 24/09/2020 | Revisado: 04/10/2020 | Aceito: 07/10/2020 | Publicado: 08/10/2020

Manoel Viera de França

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4973-9327>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: manoelvieira.ufrpe@gmail.com

Raimundo Mainar de Medeiros

ORCID: <https://orcid.org/0000-001-7361-1281>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: mainarmedeiros@gmail.com

Wagner Rodolfo de Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7203-0338>

Universidade Estácio de Sá, Brasil

E-mail: wagneraraujops@gmail.com

Romildo Morant de Holanda

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7945-3616>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: romildomorant@gmail.com

Resumo

A erosividade pluvial é um dos elementos da Equação Universal de Perda de Solo, que quantificam as decorrências das chuvas e seu escoamento superficial na erosão do solo. Têm-se como objetivo determinar o índice de aridez realizando sua classificação climática e nível de susceptibilidade erosiva e o cálculo da perda do solo através de sua equação no município de Amparo de São Francisco estado de Sergipe. Utilizaram-se dados de precipitações e temperaturas médias mensais e anuais para o período de 1963 a 2019. A evapotranspiração foi calculada pelo método do balanço hídrico climatológico, gerando-se os índices de aridez. As

variáveis topográficas apresentaram dados a respeito do escoamento superficial, e da alta probabilidade de existência de erosões lineares na região de estudo, fatos constatados nas duas visitas de campo e registrados com fotos da zona de estudo. Aliado ao escoamento superficial, pode-se inferir também a degradação do revestimento do pavimento devido o excesso de umidade. As flutuações presentes nos índices erosivos e o desenvolvimento populacional precisam ser explorados visando verificar possíveis contribuições nas alterações climáticas da área estudada, região que apresentaram maiores ocupações de áreas de risco, refletindo em maiores desastres naturais. Espera-se que os resultados apresentados neste estudo forneçam informações aos gestores de políticas públicas, subsídios na elaboração de projetos que venham minimizar tal vulnerabilidade, especialmente para quem vive nas áreas de risco, por meio da prevenção e mitigação de eventos catastróficos que podem ocorrer devido ao excesso ou escassez de chuvas.

Palavras-chave: Susceptibilidade; Processos erosivos; Regime pluvial; Erosibilidade.

Abstract

Rain erosivity is one of the elements of the Universal Soil Loss Equation, which quantify the consequences of rain and its runoff in soil erosion. The objective is to determine the aridity index by performing its climatic classification and level of erosive susceptibility and calculating soil loss through its equation in the municipality of Amparo de São Francisco state of Sergipe. Precipitation data and average monthly and annual temperatures for the period 1963 to 2019 were used. Evapotranspiration was calculated using the climatological water balance method, generating aridity indices. The topographic variables presented data regarding runoff, and the high probability of linear erosion in the study region, facts found in the two field visits and recorded with photos of the study area. In addition to the runoff, it is also possible to infer the degradation of the floor covering due to excess moisture. The fluctuations present in the erosive indices and the population development need to be explored in order to verify possible contributions in the climatic changes of the studied area, a region that presented higher occupations of risk areas, reflecting in greater natural disasters. It is expected that the results presented in this study will provide information to public policy managers, support in the development of projects that will minimize such vulnerability, especially for those who live in risk areas, through the prevention and mitigation of catastrophic events that may occur due to excess or scarcity of rainfall.

Keywords: Susceptibility; Erosive processes; Pluvial regime; Erosibility.

Resumen

La erosividad de la lluvia es uno de los elementos de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, que cuantifica las consecuencias de la lluvia y su escorrentía en la erosión del suelo. El objetivo es determinar el índice de aridez realizando su clasificación climática y nivel de susceptibilidad erosiva y calculando la pérdida de suelo a través de su ecuación en el municipio de Amparo de São Francisco estado de Sergipe. Se utilizaron datos de precipitación y temperaturas medias mensuales y anuales para el período 1963 a 2019. La evapotranspiración se calculó mediante el método de balance hídrico climatológico, generando índices de aridez. Las variables topográficas presentaron datos sobre la escorrentía y la alta probabilidad de erosión lineal en la región de estudio, hechos encontrados en las dos visitas de campo y registrados con fotografías del área de estudio. Además de la escorrentía, también es posible inferir la degradación del revestimiento del piso debido al exceso de humedad. Es necesario explorar las fluctuaciones presentes en los índices erosivos y el desarrollo poblacional para verificar posibles contribuciones en los cambios climáticos del área de estudio, región que presentó mayores ocupaciones de áreas de riesgo, reflejándose en mayores desastres naturales. Se espera que los resultados presentados en este estudio brinden información a los gestores de políticas públicas, apoyo en el desarrollo de proyectos que minimicen dicha vulnerabilidad, especialmente para quienes habitan en áreas de riesgo, mediante la prevención y mitigación de eventos catastróficos que puedan ocurrir por exceso o escasez de precipitaciones.

Palabras clave: Susceptibilidad; Procesos erosivos; Régimen pluvial; Erosivibilidad.

1. Introdução

Processos erosivos são acontecimentos onde materiais não consolidados da crosta terrestre são desagregados e transportados por agentes da natureza como água, vento e gelo, os quais podem ser acelerados ou mesmo provocados por ações antrópicas. O fluxo d'água nos solos pode percolar e gerar movimento de massa, onde tal adversidade é consequência de diversos fatores relacionados às características do relevo local, trazendo como resultado a possível deterioração de uma região ribeirinha e seu entorno.

A ocorrência de processos erosivos de forma acelerada em decorrência da interferência antrópica na dinâmica hidrológica, principalmente na infiltração e no escoamento, pode ocasionar graves problemas socioambientais, tais como: perda de solos agricultáveis; assoreamento de rios e reservatórios; rebaixamento do nível freático e desaparecimento de

nascentes; prejuízos com perda de infraestrutura urbana; risco de desabamento de casas, entre outros.

Diversos fatores que conduzem mais proeminência a região considerada, trata-se de sua localização na bacia hidrográfica do rio São Francisco, possuindo em sua extensão algumas micro bacias que seguem para desaguar no rio São Francisco. Todos estes fatores somados a uma região caracterizada por uma estação tropical com regime pluvial irregular ocasionado chuvas fortes em um curto período de tempo, favorecem ainda mais os processos erosivos laminares e lineares.

A precipitação é um elemento climático com maior variabilidade espaço-temporal. Por essa razão, o estudo de eventos extremos de precipitação diária máxima anual relaciona-se com danos severos às atividades humanas em todas as regiões do mundo, devido seu potencial causar saturação hídrica do solo, escoamento superficial e erosão (Intergovernmental Painel on Climate Change (IPCC, 2007; Tammets & Jaagus, 2013).

O processo erosivo se caracteriza pela destruição dos agregados do solo por meio do impacto direto das gotas da chuva, seguido do transporte das partículas de solo desprendidas pelas águas que escorrem na sua superfície e pela sua posterior deposição (Bertoni & Lombardi Neto, 2012). Este processo segundo Weill & Pires Neto (2007) pode ser dividido em dois tipos principais: erosão entre sulcos (areolar ou laminar) que apresenta processo difuso; e, erosão em sulcos (linear ou erosão em canais), quando ocorre o destacamento e transporte do solo devido à ação do escoamento superficial concentrado.

A região de Amparo de São Francisco caracteriza-se pela irregularidade espacial e temporal da precipitação e dos processos de escoamento e erosão dos solos, como também pelo alto potencial evapotranspirado e evaporado d'água em função da enorme disponibilidade de energia solar e altas temperaturas durante todo o ano. (CHESF, 2018).

Tavares & Medeiros, (2016) estudando a desertificação no município de São João do Cariri/PB faz uma análise das vulnerabilidades socioeconômicas e ambientais, revelando a interrelação entre a vulnerabilidade das famílias rurais com o fenômeno da desertificação. Obtiveram os resultados à vulnerabilidade social, de 44,85% que é considerado alto, vulnerabilidade econômica de 13,05%, que é considerado baixo. Em relação às vulnerabilidades tecnológicas e às secas, os valores encontrados foram, respectivamente, 30,03% e 17,68% considerados moderados. A análise das vulnerabilidades socioeconômicas e ambientais em São João do Cariri permitiu diagnosticar a suscetibilidade das famílias frente ao fenômeno da desertificação.

França, Medeiros & Araújo (2020) realizaram a análise do índice erosivo pluvial na bacia hidrográfica do rio Ipojuca, compreendidos entre 1962 a 2016. Obteve-se alta correlação do índice erosividade com o coeficiente de chuva, utilizaram das equações obtidas para estimar o fator R de perda de solo. O fator “R” deve ser utilizado com segurança para as áreas de entorno da bacia hidrográfica do rio Ipojuca, com características climáticas semelhantes, ampliando a possibilidade de utilização deste fator no planejamento conservacionista da agilidade agropecuária.

França, Medeiros & Araújo (2020) estudaram a variabilidade geoespacializada gerando cartas do índice erosivo e da pluviometria mensal e anual levando em consideração a equação da perda do solo, tempo de retorno erosivo, probabilidade e classificação erosiva além do coeficiente pluvial da bacia hidrográfica do rio Paraíba do período de 1962-2018. Mostraram que existe a necessidade do planejamento prévio de terrenos para implantação de pomares e de projetos agrícolas e frutíferos, para que não ocorra o deslocamento de terra, amparado num monitoramento das mudanças que ocorrem no solo, em regiões de encosta, considerando-se as curvas de níveis do terreno. As áreas agricultáveis e seu entorno localizam-se ao longo de todo seu território tendo, suas regiões climáticas com diferentes potenciais erosivos. Logo, o conhecimento deste potencial será de enorme valor para escolha de práticas de manejo do solo visando controlar o seu processo erosivo. A concretização deste estudo vem a contribuir nas políticas de planejamento e gestão regional ou local, contribuindo como subsidio a novos desenvolvimentos de estudos.

Medeiros (2019) caracterizou o potencial erosivo das precipitações trimestrais do período seco e chuvoso, da erosividade total e anual no Estado do Piauí, utilizando das 15 microrregiões de coletas de dados pluviais. Os dados compreendem ao período de anos entre 1962-2016 por serem as séries de maiores índices pluviais distribuídos nas microrregiões. Na determinação do fator erosividade, utilizou da equação proposta por Wischmeier & Smith (1958), Wischmeier & Smith (1971) e Wischmeier & Smith (1978). A krigagem como método estatístico leva em consideração a posição e a relação entre os dados, deste modo o resultado encontrado condiz com a realidade de cada microrregião. Áreas agricultáveis das microrregiões e seu entorno localizam-se ao longo de todo seu território, tendo suas regiões climáticas com diferentes potenciais erosivos. O conhecimento deste potencial será de enorme valor para escolha de práticas de manejo do solo visando o controle do processo erosivo.

O fator erosividade (R) de perdas de solo concebe o potencial erosivo pluviais de uma determinada região, assumido períodos de dados pluviais com 20 a 30 anos. O fator R pondera o potencial erosivo das chuvas de certo local, onde se conhece a capacidade e o potencial pluvial

que ocasiona erosão (Menezes & Leite 2011). Este índice fundamentou-se em distintos artigos sobre erosividade onde se sobressaiu às pesquisas desenvolvidas por (Zanin, Bonuma & Mirella, 2017; Jardim, Araújo, Silva, Morais & Silva, 2017).

Medeiros, Kozmhinsk, Holanda & Silva (2017) estimar a erosividade da chuva na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto utilizando a Equação Universal de Perdas de Solo em 48 localidades no período crítico de ocorrência de chuvas intensas na referida área descrita. No período crítico, de outubro a março, chove 90,74% do total anual. Com base nos resultados verificou-se que em quatro localidades registraram-se estágios avançados de erosividade: Fazenda Cachoeira, no município de Santa Filomena com 51.955,2 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹; Santa Filomena com 41.244,6 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹; Fazenda Paus, em Monte Alegre do Piauí com 37.322,6 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ e Fazenda Melancia, em Gilbués com 34.923,4 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹. Já o município de Colônia do Gurguéia com 19.608,5 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ é o local com menor risco de erosividade. Nos outros 43 municípios os índices de erosividade são de moderados a fortes.

Uma das variáveis importante utilizada pelo compute do balanço hídrico é a evapotranspiração empregada para exprimir a transferência de vapor d'água atmosférica proveniente de superfícies com vegetação (Varejão-Silva, 2005). Trabalhos sobre evapotranspiração podem ser encontrados nas suas diversas finalidades (Francisco, Medeiros, Matos, Santos & Saboya, 2017; Borges, Santos & Medeiros, 2013; Mendonça, 2008). Já os índices climáticos de: aridez (Ia), umidade (Iu) e hídrico (Ih) têm como um dos propósitos a caracterização climática de um local considerado. Esses índices climáticos representam parte dessa caracterização de uma determinada região, obtidos por meio de variáveis do balanço hídrico e da evapotranspiração potencial.

Barros et al. (2012) mostrou que a região Nordeste apresenta clima semiárido associado a uma vegetação xerófita em cerca de 50% do seu território. Esse clima é caracterizado pelas irregularidades espaciais e temporais do regime de chuvas, com maior destaque nas mesorregiões do agreste e do sertão. Estudos sobre o clima indicam que fenômenos do tipo El Niño - Oscilação Sul (ENOS) e a circulação geral da atmosfera, seriam os responsáveis pela ocorrência de baixos valores totais pluviométricos (Nobre, 1996).

Têm-se como objetivo determinar o índice de aridez realizando sua classificação climática e nível de susceptibilidade erosiva com o cálculo da perda do solo pela respectiva equação da perda de solo, no município de Amparo de São Francisco no estado do Sergipe.

2. Metodologia

Amparo do São Francisco localiza-se na região nordeste do Estado de Sergipe e limita-se com o município de Telha a leste e a sul, Canhoba a oeste e o Estado de Alagoas a norte. A área municipal de 39,8 km², A sede municipal tem altitude de 51 metros e coordenadas geográficas de 10°08'04" de latitude sul e 36°55'46" de longitude oeste. (Figura 1).

Figura 1. Localização de Amparo de São Francisco dentro do estado do Sergipe.



Fonte: França (2020).

Amparo de São Francisco localiza-se em uma região caracterizada por duas estações bem definidas, um período chuvoso oscilando de fevereiro a agosto e o período seco, fluindo entre os meses de setembro a janeiro. Segundo a classificação climática de Köppen (1928); Köppen & Geigen (1931), a área de estudo tem o clima do tipo “As” (quente e úmido Tropical chuvoso). Precipitação média anual de 1138,2 mm e temperatura de 25,9°C. (Medeiros, 2020).

É interessante ressaltar que a estação chuvosa é marcada por frequentes e intensas precipitações em curto intervalo de tempo, favorecendo o surgimento de erosões, visto que pela frequência de chuva em um pequeno período, a água não consegue infiltrar no solo e acaba realizando o carreamento de partículas sólidas.

A área de estudo encontra-se na bacia hidrográfica do rio São Francisco, onde todo o escoamento d'águas desta região tende a ir ao encontro do rio principal e desta forma acaba modelando o terreno. Lembramos que a região é marcada por uma prática intensa de pecuária, o que acaba prejudicando a vegetação local em vários pontos e desprotegendo o solo quanto do escoamento. Tendo em vista que a água decorrente dos índices pluviiais, durante o processo do escoamento superficial procurem caminhos fáceis para o seu escoamento, a tendência natural é que as águas escoem de pontos elevados para os pontos baixos que é o percurso principal do rio São Francisco.

Utilizaram-se dados de precipitações médias mensais e anuais adquiridos do banco de dados da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990) e Empresa de Assistência Técnica do estado do Sergipe (EMATER-SE, 2020) para o período de 1963 a 2019.

O balanço hídrico climatológico (BHC) utilizado calcula a disponibilidade d'água no solo para estabelecer os valores numéricos dos índices de aridez. Contabiliza a precipitação perante a evapotranspiração potencial, levando em consideração a capacidade de campo, armazenamento de água no solo (CAD). O modelo utilizado para determinar o balanço hídrico foi o proposto por Thornthwaite & Mather (1948; 1955) e efetivado a sua estrutura de cálculo por planilhas eletrônicas (Medeiros 2016).

Utilizaram-se dos valores da temperatura média do ar estimadas pelo software Estima T (Cavalcanti & Silva, 1994; Cavalcanti et al., 2006). O Estima T é um software para fazer estimativas de temperaturas do ar na Região Nordeste do Brasil. Determinaram-se os coeficientes da função quadrática para as temperaturas médias, máxima e mínima mensal em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude de acordo com os autores Cavalcanti e Silva (2006) dada por:

$$T = C_0 + C_1\lambda + C_2\varnothing + C_3h + C_4\lambda^2 + C_5\varnothing^2 + C_6h^2 + C_7\lambda\varnothing + C_8\lambda h + C_9\varnothing h \quad (1)$$

Em que:

C_0, C_1, \dots, C_9 são as constantes;

$\lambda, \lambda^2, \lambda \varnothing, \lambda h$ longitude;

$\varnothing, \varnothing^2, \lambda \varnothing$ latitude;

$h, h^2, \lambda h, \varnothing h$ altura.

Também estimaram a série temporal de temperatura, adicionando a esta à anomalia temperatura do Oceano Atlântico Tropical (Silva, Cavalcanto & Sousa, 2006).

$$T_{ij} = T_i + AAT_{ij} \quad i = 1,2,3,\dots,12 \quad j = 1950, 1951, 1952,\dots,2020$$

Em que:

$i = 1,2,3,\dots,12$

$j = 1950, 1951, 1952, 1953\dots,2020$.

Elaboraram planilha eletrônica com os respectivos dados mensais e anuais de temperatura, realizaram-se os preenchimentos de falhas seguidamente de suas homogeneizações e consistências. Para determinar o fator erosividade utilizou-se da equação proposta por

(Wischmeier, Johnson & Cross, 1971; Wischmeier & Smith, 1958, Wischmeier & Smith, 1978) definida como:

$$EI_{30} = 67,355 \left(\frac{r^2}{p} \right) e^{0,85} \quad (2)$$

sendo:

EI_{30} a média mensal do índice de erosividade das chuvas (MJ. mm ha⁻¹.h⁻¹);

r a precipitação média mensal (mm); e

p a precipitação média anual (mm).

O fator R (erosividade das chuvas) permite a avaliação do potencial erosivo das precipitações de determinado local, sendo possível conhecer a capacidade e o potencial da chuva em causar erosão no solo, para que assim se faça um manejo adequado e ocupação correta do mesmo, conforme comentários dos autores (Barbosa, Iost, Schiessl & Maciel, 2010; Menezes & Leite, 2011). O cálculo desse fator é o somatório dos valores mensais da erosividade, conforme a equação:

$$R = \sum_1^{12} EI_{30} \quad (3)$$

Cálculo Da Evapotranspiração Potencial (ETP)

Outra maneira de estimar a evapotranspiração potencial (ETP) utilizada na metodologia requer apenas dados de temperatura média mensal do ar e da insolação máxima expresso em mm/mês. Define-se a ETP da seguinte forma, de acordo com Thornthwaite (1948); Thornthwaite & Mather (1953).

$$(ETP)_j = F_j \cdot E_j \quad (4)$$

Onde:

E_j representa a evapotranspiração potencial (mm/dia) não ajustada e resumida da seguinte forma:

$$E_j = 0,553 \left(\frac{10 \cdot T_j}{I} \right)^a \quad (5)$$

Em que:

T_j representa a temperatura média mensal do ar do mês (°C);

I é o índice anual de calor definido através de:

$$I = \sum_{j=1}^{12} ij \quad (6)$$

Sendo, o índice térmico de calor no mês dado por:

$$ij = \left(\frac{Tj}{5}\right)^{1,514} \quad (7)$$

Por fim, o expoente “a” é uma função cúbica desse índice anual de calor, expresso da seguinte forma:

$$a = 6,75 \times 10^{-7} - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,79 \times 10^{-2} I + 0,49 \quad (8)$$

O fator de correção é definido em função do número de dias do mês Dj (em janeiro, Dj=31; em fevereiro Dj=28; etc.) e da insolação máxima no dia 15 do mês J (Nj), considerado representativo da média desse mês, definido por:

$$Fj = \frac{Dj \cdot Nj}{12} \quad (9)$$

Para o cálculo da insolação máxima do dia 15, utilizou-se a seguinte expressão:

$$Nj = \left(\frac{2}{15}\right) [\text{arc. cos}(-\text{tag}\varnothing \cdot \text{tag}\delta)] \quad (10)$$

Onde:

\varnothing Latitude do local;

δ Declinação do Sol em graus, para o dia considerado; definido por:

$$\delta = 23,45^\circ \text{sen}[360(284 + d)/365] \quad (11)$$

Em que,

“d” é o número de ordem, no ano do dia considerado (dia Juliano).

A estimativa da evapotranspiração potencial só é válida para valor de temperatura média do ar do mês inferior a 26,5°C. Quando a temperatura média desse mês for igual ou superior a 26,5°C, Thornthwaite (1948); Thornthwaite & Mather (1953) assumiu que Ej independe do índice anual de calor e utiliza-se para sua estimativa uma Tabela apropriada.

O Índice de Aridez (IA) caracteriza-se por indicar a deficiência hídrica expressa em percentagem da evapotranspiração potencial (necessidade). É definido em função da deficiência e evapotranspiração potencial (ambas anuais), expresso pela forma:

$$Ia=100.DEF/ETP \quad (12)$$

Dessa forma, o IA foi calculado para o município em estudo com os dados de precipitação mensal e anual e os dados de temperatura média do ar, sendo calculada a evapotranspiração média mensal, pelo método do balanço hídrico climático em conformidade com Thornthwaite (1948); Thornthwaite & Mather (1953). Utilizou-se, portanto da planilha eletrônica desenvolvida por Medeiros (2016) para cálculo do balanço hídrico. A classificação climática de uma determinada localidade tem que estar de acordo com os valores do IA demonstrada na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação climática conforme valores do índice de aridez (IA).

Tipos de Clima	Índice de aridez (IA)
Hiperárido (H)	$IA \leq 0,03$
Árido (A)	$0,03 < IA \leq 0,2$
Semiárido (AS)	$0,2 < IA \leq 0,5$
Subúmido seco (SUS)	$0,5 < IA \leq 0,65$
Subúmido (SU)	$0,65 < IA \leq 1,0$
Úmido (U)	$IA > 1,0$

Fonte: Matallo Júnior (2001).

O grau da desertificação está associado à susceptibilidade de acordo com o índice IA, acrescentado do rigor do período de estiagens, pressão demográfica e tipo de uso dos recursos naturais, e ainda o nível de desenvolvimento do país e qualidade de medidas preventivas (FAO, 1967). Conhecendo-se as séries históricas meteorológicas de precipitação e de temperatura média e do IA, pode-se caracterizar a disponibilidade da água e o planejamento para o uso. É possível também destacar os períodos anuais que serão críticos, com perdas ou excedentes hídricos em conformidade com Souza & Azevedo (2012). Na Tabela 2 tem-se a classificação quanto ao nível de susceptibilidade à desertificação com o auxílio do uso do Índice de Aridez.

Tabela 2. Critérios de classificação utilizados para classificar os municípios conforme classes do desvio percentual mensal e anual para a área da bacia hidrográfica do alto rio Paraíba.

Critério de classificação	
Desvio Percentual	Classificação
± 0,0 A 25,0%	Normal
±25,1 A 45,0%	Seco/Chuvoso
± 45,1 A 70,0%	Muito Seco/Muito Chuvoso
± 70,1 > 100,0%	Extremamente Seco/Extremamente Chuvoso

Fonte: CPTEC/INPE/núcleos de meteorologia (2010).

Tabela 3. Classificação quanto ao nível de susceptibilidade à desertificação com o auxílio do uso do Índice de Aridez.

Nível de susceptibilidade à desertificação	Índice de Aridez
Superior à moderada (SM)	IA>0,65
Moderada (M)	0,51 < IA < 0,65
Alta (Al)	0,21 < IA < 0,50
Muito alta (MA)	0,05 < IA < 0,20
Inferior a muito alta (IMA)	IA<0,05

Fonte: Matallo Júnior (2001).

A classe de erosividade foi determinada pelos limites erosivos apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Limites erosivos e suas classes de erosividade.

Erosividade (MJ mm ano ⁻¹ ha ⁻¹ h ⁻¹)	Classe de Erosividade
R ≤ 2452	Baixa erosividade (BE)
2452 < R ≤ 4905	Média erosividade (ME)
4905 < R ≤ 7357	Baixa/alta erosividade (BAE)
7357 < R ≤ 9810	Alta erosividade (AE)
R > 9810	Muito Alta erosividade (MAE)

Fonte: Matallo Júnior (2001).

3. Resultados e Discussão

Com índices pluviiais irregulares e mal distribuídos durante os anos, na Tabela 4 tem-se o total anual e a classificação climática do período de 1963-2019 para Amparo de São Francisco.

Tabela 5. Anos, precipitação anual, classificação climática da precipitação anual para o município de Amparo de São Francisco – SE entre 1963 – 2019.

Ano	Prec anual	CC	Ano	Prec anual	CC	Ano	Prec anual	CC
1963	1574,3	C	1982	1559,8	C	2001	1020,2	N
1964	2558,4	EC	1983	1377,8	N	2002	1005,2	N
1965	1565,3	C	1984	895,6	N	2003	814,6	S
1966	3032,8	EC	1985	840,4	S	2004	1187,4	N
1967	1050,7	N	1986	874,0	N	2005	881,2	N
1968	934,3	N	1987	751,5	S	2006	1073,6	N
1969	1116,6	N	1988	752,5	S	2007	1120,2	N
1970	627,1	MS	1989	1261,9	N	2008	847,4	S
1971	1578,9	C	1990	1571,7	C	2009	1220,9	N
1972	2182,7	EC	1991	1236,3	N	2010	991,9	N
1973	1828,3	MC	1992	1129,0	N	2011	1099,4	N
1974	1539,9	C	1993	635,4	S	2012	633,0	S
1975	1352,3	N	1994	1008,4	N	2013	961,5	N
1976	1061,5	N	1995	767,6	S	2014	930,7	N
1977	1663,5	MC	1996	1069,0	N	2015	663,2	S
1978	1159,4	N	1997	923,6	N	2016	595,4	MS
1979	797,3	S	1998	731,8	S	2017	1192,8	N
1980	728,9	S	1999	921,5	N	2018	498,8	MS
1981	1464,0	C	2000	1341,1	N	2019	675,2	S

Legenda: C = Chuvoso; EC = Extremamente chuvoso; N = Normal; MS = Muito Seco; S = Seco. CC = Classificação climática.

Fonte: Medeiros, (2020).

Perante o exposto, será discorrido a respeito dos gráficos e Tabelas e relacionando-os com a problemática das erosões e do escoamento superficial como fator de degradação da chuva,

será possível entender como as diversas variáveis se relacionam, e desta forma como podem ser úteis para um plano de implantação de estruturas para contenção da erosão.

A Tabela 6 foi gerada utilizando-se das informações contidas nas Tabelas 1 e 2 acima descrita. Para tanto se utilizou o cálculo do BHC para definir os índices de aridez e realizar suas classificações e seus níveis de susceptibilidades (Tabela 6).

Na Tabela 6 observa-se que na Classificação climática tem-se clima árido com dez vezes, o clima semiárido registrou-se em 30 anos, o clima Subúmido seco apresentou-se em quinze anos e o clima subúmido com registro de três anos. Estes resultados estão em conformidade com o estudo de França, Medeiros & Araújo (2015) e corroboram com os resultados em discussões.

Tabela 6. Têm-se os índices de aridez; anos, classificações climáticas e o nível de susceptibilidade anual para o município de Amparo de São Francisco – SE.

Ano	Ia	CC	NS	Ano	Ia	CC	NS	Ano	Ia	CC	NS
1963	0,240	A	AL	1982	0,252	AS	AL	2001	0,500	AS	AL
1964	0,232	AS	AL	1983	0,292	AS	AL	2002	0,434	AS	AL
1965	0,169	A	MA	1984	0,431	AS	AL	2003	0,496	AS	AL
1966	0,187	A	MA	1985	0,480	AS	AL	2004	0,364	AS	AL
1967	0,389	AS	AL	1986	0,553	SUS	M	2005	0,562	SUS	M
1968	0,446	AS	AL	1987	0,548	SUS	M	2006	0,480	AS	AL
1969	0,403	AS	AL	1988	0,549	SUS	M	2007	0,387	AS	AL
1970	0,582	SUS	MA	1989	0,317	AS	AL	2008	0,463	AS	AL
1971	0,208	AS	AL	1990	0,304	AS	AL	2009	0,529	SUS	M
1972	0,113	A	MA	1991	0,334	AS	AL	2010	0,480	AS	AL
1973	0,193	A	MA	1992	0,450	AS	AL	2011	0,422	AS	AL
1974	0,186	A	MA	1993	0,597	SUS	M	2012	0,590	SUS	M
1975	0,245	AS	AL	1994	0,532	SUS	M	2013	0,406	AS	Al
1976	0,357	AS	AL	1995	0,592	SUS	M	2014	0,434	AS	Al
1977	0,337	AS	AL	1996	0,464	AS	AL	2015	0,624	SU	M
1978	0,399	AS	AL	1997	0,456	AS	AL	2016	0,636	SU	M
1979	0,504	SUS	M	1998	0,556	SUS	M	2017	0,511	SUS	M
1980	0,528	SUS	M	1999	0,468	AS	AL	2018	0,680	SU	SM
1981	0,257	AS	AL	2000	0,272	AS	AL	2019	0,574	SUS	SM

Legenda: Ia – Índices aridez; CC = Classificação climática; NS = Nível de susceptibilidade; A = Árido; AS = Semiárido; SUS = Subúmido seco; SU = Subúmido; Al = Alta; MA = Muito alta; M = Moderada; SM = Superior a moderada.

Fonte: Medeiros, (2020).

Os Níveis de susceptibilidade ocorreram em 35 anos com alta susceptibilidade, com nível de susceptibilidade muito alto registrou-se em seis anos, com nível de susceptibilidade moderada ocorrendo em quinze anos e dois anos com susceptibilidade superior a moderada.

Oliveira & Chaves (2010) afirmam que a geomorfologia tem grande importância no conhecimento de fenômenos ambientais, podendo mostrar uma compreensão integrada de uma paisagem, se encontrando diretamente relacionada à caracterização do ambiente, procurando diagnosticar as formas de relevo.

Estas variabilidades ou mudanças de classificações climáticas são decorrentes das oscilações meteorológicas atuantes na meso e micro escala seguidamente dos efeitos regionais e locais, (Marengo & Camargo, 2007; Marengo, Rusticucci, Penalbá & Renom 2010; Marengo, Nobre, Chou, Tomasella, Sampaio, Alves, Obregon, Soares, Bettis & Gillin 2011); Medeiros (2020).

Almeida (2015) aborda que a forma com que o solo é usado influencia muito nos processos erosivos, construção de estradas, desmatamento, criação e expansão de cidades, cultivo de terras e a pecuária, onde esta última ocorre de forma que grande quantidade de animais pisoteia o solo e acabam mudando sua configuração compactando-o, são exemplos do uso e ocupação do solo que contribuem para o aceleração dos processos erosivos.

Na Tabela 5 observam-se as variabilidades erosivas dos 57 anos e suas distribuições mensais. O mês de janeiro apresentou média de $1780,7 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e seus máximos e mínimos valores absolutos foram de $39448,7 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e $0,7 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ respectivamente. Com média de $2112,2 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ fluindo entre os valores máximos e mínimos absolutos de $47705,7 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ a $0,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ foram os valores encontrados para o mês de fevereiro. Março registou média erosiva de $2037,4 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ com valores máximos e mínimos absolutos fluindo entre $38748,8 \text{ MJmmha}^{-1}\text{h}^{-1}$ a $16,9 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$. O mês de abril registou erosão média dia de $3980,0 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e seus valores máximos e mínimos absolutos de $18111,5 \text{ MJ mm ha}^{-1}\text{h}^{-1}$ a $21,6 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$. O mês de maio registou média erosiva de $3743,3 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ e seus máximos e mínimos absolutos fluíram entre $18111,3 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ a $688,1 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

Tabela 7. Valores erosivos mensais e anuais para o município de Amparo de São Francisco entre 1963-2019. (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹).

anos/mese	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
1963	1254,0	2678,8	2515,2	7219,4	4889,3	3413,8	3112,8	2493,6	288,3	0,0	1133,7	13611,1	24625,0
1964	110,3	47,1	5997,6	25594,6	12016,9	7865,2	8169,7	8150,1	9128,1	1541,1	852,1	7808,0	56217,8
1965	5449,7	0,0	18,9	2859,8	1552,2	5269,0	2398,4	3111,7	3695,8	13083,3	10983,0	5238,9	24386,1
1966	4587,8	47705,7	18512,3	38748,8	16632,4	3268,4	3519,6	1190,8	7189,3	49,2	589,7	987,9	75069,2
1967	7,7	382,8	97,9	2680,5	2188,3	3410,7	2084,9	2497,3	957,1	30,4	3,8	9442,6	12383,4
1968	536,9	65,0	1246,9	2144,5	3454,6	2301,5	1982,7	1456,3	322,8	554,2	630,7	138,7	10142,7
1969	2719,7	1428,4	3024,4	2244,8	1525,4	3373,3	6492,6	356,5	260,6	243,0	198,8	200,0	13732,6
1970	163,6	492,8	5219,3	776,2	21,6	710,8	936,1	636,7	224,4	288,6	2129,4	2,5	5149,9
1971	1310,2	2677,6	2889,9	7271,2	5317,7	3403,3	3291,2	2247,6	2199,5	1062,0	1192,0	3034,0	24747,4
1972	2328,9	6168,9	4953,1	15933,4	7790,9	4819,3	4089,8	3391,9	4352,9	1991,2	2473,4	6143,5	42915,8
1973	1435,7	3615,3	3207,8	11043,4	6108,5	4255,3	3386,0	2953,3	3535,4	1700,5	1577,5	3850,4	31754,7
1974	2089,6	4252,9	2703,0	6778,4	4097,4	3473,3	3145,3	1588,2	1898,7	1354,9	1368,8	2265,4	23718,3
1975	1120,8	4667,8	4132,8	6052,3	3400,6	2494,6	2767,7	1132,9	1193,5	196,7	539,9	1164,7	19017,4
1976	704,5	819,2	2139,4	2734,4	2091,6	2518,6	2725,9	1318,4	669,0	370,3	642,8	1520,3	12601,0
1977	1080,4	2559,1	256,2	5378,4	18111,5	2871,4	3001,2	3576,0	1646,8	2163,7	227,8	1318,1	27043,7
1978	4,3	1901,2	3096,0	830,9	5806,3	1659,8	3283,3	2674,3	3431,7	234,6	28,6	552,0	14639,4
1979	231,0	86,4	1166,5	2859,8	2363,0	1458,8	1817,2	501,6	922,5	49,2	160,6	0,4	7746,1
1980	1178,8	8181,7	1192,1	59,9	76,1	878,4	687,2	312,7	1779,5	3257,4	48,8	76,9	6650,6
1981	1152,2	2910,3	2785,1	6076,8	4468,4	3016,2	2984,8	1950,6	1998,2	996,5	944,3	2283,7	21764,8
1982	1330,5	2691,1	3271,4	7490,0	4256,6	3465,8	3304,0	2142,0	1979,5	959,8	1335,5	3259,4	24241,2
1983	1000,9	3113,7	2375,3	4910,7	4662,6	2633,8	2709,0	1784,7	2015,1	1030,0	641,3	1531,3	19630,8
1984	510,3	513,8	1183,5	1429,1	2193,1	2027,5	1938,9	1328,0	852,2	391,9	665,0	484,4	9438,9
1985	304,7	301,2	859,7	1238,7	2297,7	1795,7	2681,6	1505,2	389,0	284,1	613,2	115,5	8470,8
1986	55,0	144,6	1160,8	314,6	5917,3	1791,7	3112,8	1254,4	465,2	560,1	15,4	23,7	9055,2
1987	463,9	291,8	360,8	2372,7	268,0	1579,5	3066,1	1973,3	51,0	36,9	1723,3	13,4	7005,0
1988	142,8	8,0	1138,3	1109,6	403,1	5597,7	456,6	340,0	1079,0	93,0	1128,9	1342,0	7020,8
1989	1327,2	4,9	4170,1	4274,2	3442,2	2983,1	2775,3	1686,0	1616,8	756,9	715,2	1604,1	16907,3
1990	1384,6	3028,4	3305,3	7666,8	4348,1	3464,4	3269,5	2089,3	2038,3	974,5	1301,9	3082,0	24554,7
1991	721,7	1620,2	1946,7	3826,5	3246,3	3122,3	2714,7	1610,5	1484,9	886,4	703,0	1420,6	16327,4
1992	627,7	1339,8	1721,9	2856,0	3429,8	2460,3	2427,0	1544,0	1327,6	692,7	576,6	870,9	13992,2
1993	0,7	735,1	1,0	45,3	768,7	1570,4	552,4	441,8	33,4	15926,4	125,8	198,1	5266,3
1994	28,1	57,2	972,5	1281,2	1708,7	8871,3	4426,3	683,9	936,8	91,6	164,9	200,0	11547,9
1995	8,7	3,9	2,8	359,8	2051,6	5080,2	2087,6	1762,6	437,5	19,0	2067,5	0,0	7262,0
1996	316,2	3,0	910,3	4718,5	2998,1	2584,1	2024,4	4440,8	0,0	455,2	1566,5	549,2	12752,3
1997	2183,5	170,7	1995,6	2295,6	2892,9	1704,1	1892,9	2054,8	1,6	1,3	35,2	574,4	9946,0
1998	3902,7	57,2	72,9	687,0	1682,9	1748,9	2103,5	1026,2	452,3	339,9	0,0	4,5	6695,7
1999	37,5	37,9	4,9	106,4	2405,1	2956,2	2630,0	1065,1	3772,0	2767,0	3746,2	476,5	9907,6
2000	1254,0	4018,4	1299,7	6867,1	822,3	3504,8	2342,6	1733,8	4574,3	149,4	487,2	3645,2	18750,4
2001	76,4	0,1	1371,6	859,7	206,9	6263,4	5015,4	2412,6	467,4	4010,2	13,8	1586,6	11778,6
2002	11651,5	1230,1	517,5	324,8	3700,1	2471,1	2027,0	1394,4	247,2	51,4	225,3	154,8	11485,7
2003	88,8	208,1	2264,1	547,5	1717,4	1285,2	1435,3	544,5	460,9	2021,2	5927,6	35,2	8034,0
2004	39448,7	900,2	355,5	1109,6	1421,9	2471,1	1027,3	2844,4	1962,9	0,6	7,5	0,8	15245,5
2005	58,2	221,2	51,0	1159,3	7078,9	3041,9	1265,0	1537,4	308,1	3,0	6,4	540,9	9182,3
2006	68,2	0,1	81,2	1488,4	2834,2	4454,0	3016,6	970,3	8349,6	2476,8	350,4	2,5	12845,7
2007	11,8	1515,6	5678,8	2980,9	4072,1	702,7	2852,1	4328,5	495,8	286,4	7,5	90,9	13808,0
2008	36,6	1571,1	6500,8	707,3	2472,5	1227,3	2103,5	817,2	138,6	39,8	6,9	69,6	8591,7
2009	192,6	981,8	108,4	810,8	14402,9	2592,5	2429,3	5752,9	347,2	98,7	18,8	676,6	15983,9
2010	822,6	427,6	66,7	3642,2	1088,2	4963,2	2949,2	1956,5	2021,8	112,1	3,8	4,1	11228,5
2011	1023,7	184,3	27,4	6153,8	5270,9	688,1	2673,8	1021,1	1425,0	581,0	3621,2	58,2	13374,9
2012	43,0	1209,9	552,5	16,9	604,5	1397,8	1730,5	1933,1	857,8	858,7	64,1	41,7	5232,6
2013	858,1	23,9	231,0	1678,9	1354,6	1365,5	4229,7	1339,4	309,9	7669,8	285,0	1121,9	10649,8
2014	39,3	525,6	407,4	1036,9	3216,0	1058,4	2632,9	1109,9	1172,0	5573,5	279,6	549,2	10076,4
2015	34,8	729,6	460,1	205,8	1521,3	2422,1	3350,6	238,0	222,8	262,1	1,5	18,6	5664,0
2016	3371,8	268,0	1359,5	444,4	721,2	818,6	602,3	368,2	450,2	124,6	2,9	257,8	4715,2
2017	7,2	27,3	39,8	1900,0	8608,3	5973,8	3254,6	1730,6	4290,8	295,4	1,8	22,2	15363,6
2018	153,9	1385,7	489,5	282,7	1031,5	1081,6	619,9	60,3	88,2	2,1	123,8	461,0	3489,8
2019	443,9	204,8	3661,9	371,8	335,5	1777,4	2659,1	655,8	360,7	20,5	0,0	100,4	5839,3

Fonte: Medeiros, (2020).

Na Tabela 8 têm-se as classificações anuais da erosividades para o índice anual pluvial, com 32 anos classificados como de muito alta erosividade; 10 anos baixa/alta erosividade; 6 anos de alta erosividade; dois anos de muito alta erosividade e dois anos de média erosividade.

Tabela 8. Anos de erosão anual e tipos de classes de erosão para o município de Amparo de São Francisco – SE entre 1963 – 2019.

Ano	Erosão anual	Classe de erosão	Ano	Erosão anual	Classe de erosão	Ano	Erosão anual	Classe de erosão
1963	24625,0	MAE	1982	24241,2	MAE	2001	11778,6	MAE
1964	56217,8	MAE	1983	19630,8	MAE	2002	11485,7	MAE
1965	24386,1	MAE	1984	9438,9	AE	2003	8034,0	AE
1966	75069,2	MAE	1985	8470,8	AE	2004	15245,5	MAA
1967	12383,4	MAE	1986	9055,2	AE	2005	9182,3	AE
1968	10142,7	MAE	1987	7005,0	BAE	2006	12845,7	MAE
1969	13732,6	MAE	1988	7020,8	BAE	2007	13808,0	MAE
1970	5149,9	BAE	1989	16907,3	MAE	2008	8591,7	AE
1971	24747,4	MAE	1990	24554,7	MAE	2009	15983,9	MAE
1972	42915,8	MAE	1991	16327,4	MAE	2010	11228,5	MAE
1973	31754,7	MAE	1992	13992,2	MAE	2011	13374,9	MAE
1974	23718,3	MAE	1993	5266,3	BAE	2012	5232,6	BAE
1975	19017,4	MAE	1994	11547,9	MAE	2013	10649,8	MAE
1976	12601,0	MAE	1995	7262,0	BAE	2014	10076,4	MAE
1977	27043,7	MAA	1996	12752,3	MAE	2015	5664,0	BAE
1978	14639,4	MAE	1997	9946,0	MAE	2016	4715,2	ME
1979	7746,1	AE	1998	6695,7	BAE	2017	15363,6	MAE
1980	6650,6	BAE	1999	9907,6	MAE	2018	3489,8	ME
1981	21764,8	MAE	2000	18750,4	MAE	2019	5839,3	BAE

Legenda: MAE = Muito alta erosividade; BAE = Baixa/alta erosividade; AE = Alta erosividade; ME = Média erosividade.

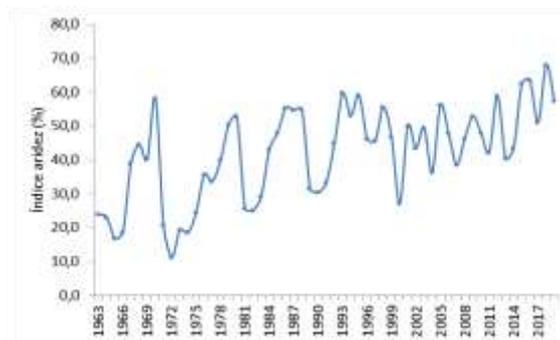
Fonte: Medeiros, (2020).

O cálculo da erosividades pluviais requerem originalmente nos dados do ponto de interrupção ou hetografia, (Wischmeier & Smith, 1978) e precipitação anual (Lo et al., 1985; Renard & Freimund, 1994) para estimar o fator R. Yin et al. (2015), aferiram a precisão

dos modelos utilizados por diferentes resoluções de dados e expuseram que, a precisão dos modelos aumentada com a resolução temporal pluvial e os dados diários de precipitação são adequados para estimar o fator R, ao passo que geralmente geram erros maiores para a estimativa do índice EI₃₀. Vem a corroborar com os resultados apresentados neste estudo.

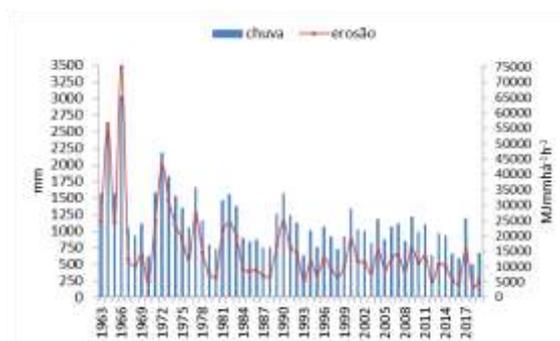
Os menores valores dos índices de aridez registraram-se nos anos de 1965; 1972; 1983; 1990 e 1999. Os maiores índices de aridez ocorreram nos anos de 1970; 1993; 1996; 2014; 2015 e 2017 (Figura 2). Estudos dos autores Vilar & Medeiros (2019); Silva, França, Medeiros & Holanda (2019) apresentam similaridades com os resultados discutidos.

Figura 2. Distribuições anuais dos índices de aridez do período de 1963-2019 para Amparo de São Francisco – Sergipe.



Fonte: Medeiros, (2020).

Figura 3. Distribuições anuais dos índices pluviais e da erosividade do período de 1963-2019 para Amparo de São Francisco – Sergipe.



Fonte: Medeiros, (2020).

As flutuações da precipitação anual e dos índices erosivos do período de 1963-2019 para Amparo de São Francisco – Sergipe está representado na Figura 3. Os maiores índices erosivos e pluviais registraram-se nos anos de 1964; 1966; 1972, e os menores índices ocorreram em 1970;

2018. Estudos como o de França, Medeiros & Araújo (2020a), vem a corroborar com os resultados discutidos.

4. Considerações Finais

As variáveis topográficas apresentaram dados a respeito do escoamento superficial, e da alta probabilidade de existência de erosões lineares na região de estudo, fatos constatados nas duas visitas de campo e registrada com fotos na zona de estudo. Aliado ao escoamento superficial pode-se inferir também a degradação do revestimento do pavimento devido ao excesso de umidade.

A análise integrada do município de Amparo de São Francisco posicionado na bacia do mesmo rio permitiu identificar elevado grau de vulnerabilidade natural da cabeceira de drenagem, principalmente relacionada às características relativas à declividade, comprimento e formas das vertentes que quando impermeabilizadas, acumulam o fluxo de escoamento superficial e direcionam à cabeceira não impermeabilizada. O fluxo concentrado, a qual também ganha velocidade ao ser direcionado pelo arruamento sobre as vertentes extensas e rampeadas, ao chegar à cabeceira de drenagem provoca o destacamento e transporte do solo.

Os procedidos da análise da erosivibilidade foram consistentes com a literatura para a região de Amparo de São Francisco. As oscilações pluviais do Semiárido irregulares apresentaram maiores intensidades pluviométricas durante a estação chuvosa para alguns anos isolados.

As flutuações presentes nos índices erosivos e o desenvolvimento populacional precisam ser explorados visando verificar possíveis contribuições nas alterações climáticas da área estudada, região estas que apresentam maiores ocupações de áreas de risco, refletindo em maiores desastres naturais.

Espera-se que os resultados apresentados neste estudo forneçam informações aos gestores de políticas públicas para que possam minimizar a vulnerabilidade erosiva, especialmente para quem vive nas áreas de risco, por meio da prevenção e mitigação de eventos catastróficos que podem ocorrer devido ao excesso ou escassez de chuvas.

Referências

Almeida, E. P. C., Santos, H. G., Zaroni, M. J. (2015). Latossolos Vermelho-Amarelos. In Agência Embrapa de Informação Tecnológica– AGEITEC. Recuperado de

https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000g05ip3qr02wx5ok0q43a0r3t5vjo4.html

Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., Sparovek, G. (2014). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22, 711–728. 2014.

Barbosa, G. S., Iost, C., Schiessl, M. A., Maciel, G. F. (2010). Estimativa da erosividade da chuva (R) na Bacia Hidrográfica do rio Manoel Alves Grande localizado no cerrado Tocantinense. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém.

Barros, A. H. C., Araújo Filho, J. C., Silva, A. B., Santiago, G. A. C. F. (2012). Climatologia do Estado de Alagoas. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* n. 211. Recife: Embrapa Solos, 32p.

Borges, CK, Santos, CAC, Medeiros, RM, (2013). Análise qualitativa da evapotranspiração horária e sua comparação com o saldo de radiação. *Ciência e Natura*. 1,075 – 077.

Bertoni, J., Lombardi Neto, F. (2012). *Conservação do solo*. São Paulo: Ícone, 355p

Cavalcanti, E. P., Silva, V. P. R., Sousa, F. A. S. (2006). Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 10, 140-147.

Cavalcanti, E. P., Silva, E. D. V. (1994). Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8, 1994. Belo Horizonte, Anais...Belo Horizonte: SBMET, 1, 154-157.

Companhia hidroelétrica do São Francisco. CHESF. (2018). *Boletim técnico*, 128p.

EMATER-SE, (2020). Empresa Assistência Técnica do Estado do Sergipe. Recuperado de www.wmaterse.gov.br.

FAO. (1967). Food and agriculture organization of the United Nations. La erosion del suelo por el agua: Algunas medidas para em las tierras de cultivo. Roma: Organization de Las Naciones Unidas, p.207.

França, M. V., Medeiros, R. M., & Araújo, W. R. (2020a). Erosividade na bacia hidrográfica do rio Ipojuca, PE – Brasil. *Research, Society and Development*, 9(7):1-19. ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.XX>.

França, M. V., Medeiros, R. M., Araújo, W. R. (2020). Isolinha erosiva máxima pelo método da krigagem na bacia hidrográfica do rio Paraíba, Brasil. *Research, Society and Development*. v.9, p.1 – 29. ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd>

Francisco, P. R. M., Medeiros, R. M., Matos, R. M., Santos, D., Saboya, L. M. F. (2017). Evapotranspiração de referência mensal e anual pelo método de Thornthwaite para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Climatologia*. 20, 135 - 147.

Francisco, P. R. M., Medeiros, R. M., Matos, R. M. (2015). Análise e Mapeamento dos Índices de Umidade, Hídrico e Aridez através do BHC para o Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 8, 1093 - 1108.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). Impacts, adaptation and vulnerability. contribution of working group II to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.

Jardim, A. M. R. F., Araújo Júnior, G. N., Silva, M. J., Morais, J. E. F., Silva, T. G. F. (2017). Estimativas de perda de solo por erosão hídrica para o município de Serra Talhada, PE. *Journal of Environmental Analysis and Progress*. 02(03), 186-193.

Köppen, W. (1931). *Grundriss der Klimakunde: Outline of climate science*. Berlin: Walter de Gruyter. P.388.

Köppen, W., & Geiger, R. (1928). *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 x 200cm.

Lo, A. S., El-Swaify, E. W., Dangler, L., Shinshiro, L. (1985). Eficácia do EI30 como índice de erosividade no Havai.

Marengo, J. A., Camargo, C. G. (2007). Trends in Extreme air temperatures in Southern Brazil, *International Journal Climatology*, 28, 893-904.

Marengo, J. A., Rusticucci, M., Penalba, O., Renom, M. (2010). An intercomparison of observed and simulated extreme rainfall and temperature events during the last half of the twentieth century: part 2: historical trends. *Climatic Change*. 98(3-4), 509-529.

Marengo, J. A., Nobre, C. A., Chou, S. C., Tomasella, J., Sampaio, G., Alves, L. M., Obregon, G. O., Soares, W. R., Betts, R., Gillin, K. (2011). Riscos das Mudanças Climáticas no Brasil Análise conjunta Brasil-Reino Unidos sobre os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento na Amazônia. 56p. 2011.

Medeiros, R. M. (2020). Estudo Agrometeorológico para o Estado de Sergipe. p.120. Distribuições avulsas.

Medeiros, R. M., Holanda, R. M. (2020). Balanço hídrico sequencial para Lagoa Seca – Paraíba – Brasil. *Research, Society and Development*. 9, 1 - 26.

Medeiros, R. M. (2019). Isolinas erosivas do Estado do Piauí. *Revista Mirante, Anápolis (GO)*, 12(1).

Medeiros, R. M., Kozmhinsky, M., Holanda, R. M., Silva, V. P. (2017). Estimativa da erosão pluvial na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto – Piauí, Brasil. *Revista Brasileira de Agrotecnologia (Brasil)*. 7(3), 081 – 090.

Medeiros, R. M. (2016). Estudo Agrometeorológicos para o estado do Sergipe. 147p. Distribuição avuças.

Medeiros, R. M. (2016). Análise de aspectos climático, socioeconômico e ambiental e seus efeitos na bacia hidrográfica do rio Uruçuí Preto e entorno. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. 171. 2016.

Menezes, M. D., Leite, F. P. (2011). Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no Vale do Rio Doce, região centro-leste de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34, 1029-1039,

Nobre, P., Shukla, J. (1996). Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the Tropical Atlantic and South America. *J. Climate*, 10, 2464-2479.

Oliveira, J. H. M., Chaves, J. M. (2010). Mapeamento e Caracterização Geomorfológica: Ecorregião Raso da Catarina e Entorno NE da Bahia. *Mercator*, 9(20).Fortaleza:

Renard, K. G., Freimund, J. R. (1994). Usando dados mensais de precipitação para estimar o fator R no USLE revisado. 56, 34-45.

Silva, C. J., Franca, M. V., Medeiros, R. M., & Holanda, R. M. (2019). O índice de aridez e sua tendência à desertificação na bacia do Rio Ipojuca - PE. *Journal of Environmental Analysis and Progress*. 4, 21 - 30.

Souza, W. M., Azevedo, P. V. (2012). Índices de Detecção de Mudança Climática Derivados da Precipitação Pluviométrica e das Temperaturas em Recife-PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 01, 143-159.

SUDENE. (1990). Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Dados pluviométricos mensais do Nordeste – Sergipe. *Série Pluviometria*, 2. Recife.

Tammets, T., & Jaagus, J. (2013). Climatology of precipitation extremes in Estonia using the method of Thornthwaite, CW (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographic Review*, 38, 55-94.

Thornthwaite, C. W., Mather, J. R. (1955). *The water balance*. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p.

Varejão-Silva, M. A. (2005). *Meteorologia e Climatologia*. Versão Digital. Recife, 516p.

Vilar, H. N., & Medeiros, R. M. (2019). Índice de aridez na Zona da Mata no Estado de

Pernambuco - Brasil. Journal of Environmental Analysis and Progress. 04, 14 - 20.

Zanin, P. R., Bonumá, N. B., Minella, J. P. G., (2017). Determinação do fator topográfico em bacias hidrográficas. Revista Brasileira de Geomorfologia, São Paulo, 18(1), 19-36.

Wischmeier, W. H., Johnson, C. B., Cross, B. V. (1971). A soil erodibility nomograph for farmaland and construction sites. Journal of Soil and Water Conservation, Ankeny, 26, 189-193.

Wischmeier, W. H., Smith, D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington: USDA, 58p.

Wischmeier, W. H., Smith, D. D. (1965). Rainfall energy and its relationship to soil loss. Trans. Am. Geophys. Union, 39:285-291. 19.

Wischmeier, W. H., Smith, D. D. (1958). Rainfall energy and its relationship to soil loss. Transactions of the American Geophysical Union, Washington, 39(2), 285-291.

Yin, S. Q., Xie, Y., Liu, B. M. A. (2015). Aproximando Estimativa da erosividade das chuvas com base em dados de chuvas coletados em várias resoluções temporais. Discussões sobre Hidrologia e Ciências do Sistema Terrestre, 12 (5).

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Manoel Viera de França – 25%

Raimundo Mainar de Medeiros – 25%

Wagner Rodolfo de Araújo – 25%

Romildo Morant de Holanda – 25%