

Estimativa da erosividade da chuva na bacia hidrográfica do rio Juma com base em dados do satélite TRMM

Estimation of rain erosion in the Juma river basin based on TRMM satellite data

Miqueias Lima Duarte

Graduado em Engenharia Ambiental – UFAM

Mestre em Geografia – UNIR

Doutorando em Ciências Ambientais - UNESP

miqueiaseng@hotmail.com

Eliomar Pereira da Silva Filho

Doutor em Geociências e Meio Ambiente – UNESP

Professor Titular da Universidade Federal de Rondônia – UNIR

Programa de Pós-Graduação em Geografia

eliomarfilho@uol.com.br

Resumo

Conhecer o potencial da chuva em causar erosão do solo é de fundamental importância para a compreensão da fragilidade de uma região, essas informações podem ser utilizadas na prevenção e controle da degradação do solo, auxiliando o planejamento territorial. Este estudo tem por objetivo estimar a erosividade da chuva na bacia hidrográfica do rio Juma, no sul do estado do Amazonas. Foram utilizados dados mensais pluviométricos do produto 3B42-V7 do sensor TRMM obtidos na plataforma Giovanni e comparados com dados de superfície, para a série histórica de 1998 a 2016. O índice de erosividade da chuva foi obtido a partir de um modelo proposto por Oliveira Jr e Medina (1990) desenvolvido para a região. Os resultados obtidos apontam que a variação espacial do índice de erosividade da chuva ao longo da bacia do rio Juma foi pequena (média de 11,66 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹), as maiores variações estão relacionadas a sazonalidade regional, sendo que o mês de julho apresenta o menor índice de erosividade médio (47,74 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹), enquanto que o mês de fevereiro apresentou o maior índice de erosividade (145,73 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹).

Palavras-chave: Potencial erosivo da chuva, Degradação do solo, Sensor orbital.

Abstract

Knowing the potential of rain to cause soil erosion is of fundamental importance to understand the fragility of a region, this information can be used in the prevention and control of soil degradation, assisting the territorial planning. This study aims to estimate the rainfall erosivity in the river basin of the Juma, in the south of the state of Amazonas. Monthly rainfall data from the 3B42-V7 TRMM sensor product obtained from the Giovanni platform and compared with surface data were used for the historical series from 1998 to 2016. The rainfall erosivity index was obtained from a model proposed by Oliveira Jr and Medina (1990) developed for the region. The results indicate that the spatial variation of the rainfall erosivity index along the Juma river basin was small (mean of 11.66 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.year⁻¹), the most significant variations are related to regional seasonality, and the month of July It has the lowest mean erosivity index (47.74 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.year⁻¹), while February presented the highest erosivity index (145.73 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.year⁻¹).

Keywords: Erosive potential of rain, Soil degradation, Orbital Sensor.

1. INTRODUÇÃO

O planejamento e execução adequado de um programa conservacionista, de modo geral, depende do conhecimento da potencialidade das chuvas em provocar erosão dos solos (GUERRA, 2005; BERTONI, 2008). Desse modo, determinar os valores da erosividade da precipitação ao longo do ano, possibilita identificar os meses nos quais o risco de perda de solo é mais elevado, o que possibilita aplicar práticas conservacionistas adequadas com objetivo de minimizar a atuação da chuva no processo erosivo (MORETI, 2003; MACHADO et al., 2008; RODRIGUES et al., 2011; TERASSI et al., 2016).

O índice de erosividade da chuva é um dos componentes da Equação Universal de Perda de Solo-EUPS. A EUPS constitui um modelo empírico de estimativa de perdas médias anuais de solos para um local, o que possibilita o planejamento conservacionista capaz de manter essas perdas em níveis toleráveis (ROSA et al., 2016). Uma definição simples sobre a erosividade da chuva é dada por Hudson (1961) a qual indica que a erosividade é a habilidade da chuva em causar erosão.

AB'SABER (2006) cita a importância de diferenciar erodibilidade de erosividade do solo. Segundo o autor, o primeiro termo refere-se aquilo que é frágil por princípio (a exemplo o solo), enquanto que o segundo refere-se aos processos que agredem espaços que possuem fragilidades intrínsecas (a exemplo da chuva). Já Guerra (2005) define a erosividade da chuva como o potencial em causar erosão no solo. Segundo o autor a erosividade é função exclusivamente das características físicas da própria chuva, entre as quais são citados sua quantidade, intensidade, diâmetro de gotas, velocidade terminal e energia cinética.

Observando a importância da chuva como fator erosivo, vários estudos têm sido desenvolvidos com intuito de identificar o potencial da erosividade em várias regiões, em destaque os que avaliam esse fenômeno com ênfase na regionalidade, sendo os desenvolvidos por Oliveira Jr. e Medina (1990), no estado do Amazonas, Alves e Azevedo (2013) no Pernambuco, Hickmann et al. (2008) no Rio Grande do Sul e Silva et al. (2010) em Minas Gerais.

No Brasil, os principais problemas normalmente encontrados e que interferem na aquisição de informações sobre a erosividade da chuva, diz respeito a baixa densidade e a falta de homogeneidade na distribuição da rede de estações pluviométricas (MORAES et al., 2015), além da ausência de dados que inviabiliza a utilização de series históricas proveniente dessas estações (OLIVEIRA et al., 2010).

A fim de suprir essa falta de dados sobre precipitação, vários trabalhos foram desenvolvidos com intuito de testar o desempenho de dados proveniente de sensores remotos na estimativa de precipitação. Para a região norte, Pereira et al. (2013) e Almeida et al. (2015) concordam que o conjunto de dados proveniente do sensor TRMM (*Tropical Rainfall Measuring*

Mission) disponibilizado na plataforma Giovanni da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) podem ser utilizados para estimar a precipitação da região.

O satélite TRMM lançado em 1990, permite obter dados de precipitação pluvial com uma resolução espacial de 28 x 28 km e resolução temporal em escala mensal e diária desde o ano 1997 (PEREIRA et al., 2013). O TRMM é formado por diversos produtos de estimativas de chuvas, cujo objetivo é o melhoramento da medição da precipitação tropical por sensoriamento remoto, além de verificar como a mesma influencia o clima global (SODRÉ et al., 2012).

Sabendo da significância que a chuva possui no processo erosivo, objetivou-se com este estudo estimar a erosividade da chuva na bacia hidrográfica do rio Juma, localizada no município de Apuí, sul do estado do Amazonas, com base em dados pluviométricos do sensor TRMM, e especializa-los com uso de SIG.

2. BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JUMA

O estudo foi desenvolvido na bacia hidrográfica do rio Juma localizado no município de Apuí, sul do estado do Amazonas, entre as coordenadas geográficas 7°3'41.85" a 7°26'46.49" Sul e 59°54'6.55" a 60°12'41.47" Oeste (Figura 1). Situado na 5ª Sub-Região do Madeira, o município de Apuí limita-se com os municípios de Novo Aripuanã, Borba, Maués, Manicoré e com o estado de Mato Grosso.

A principal via de acesso do município é a BR 319 (Transamazônica) que liga ao município de Humaitá/AM (sede municipal cerca de 397 km) no sentido SO e o município de Taroacanga/PA (sede municipal cerca de 300 km) no sentido NE, por onde escoa a maior parte da sua produção. Apuí também está interligada, ao norte, com a sede municipal de Novo Aripuanã, pela rodovia AM-174 (sede municipal cerca de 320 km).

De acordo com a classificação climática de Köppen, as características climáticas no município de Apuí são do tipo quente e úmido, com estação seca pouco pronunciada, do tipo “Am” (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual varia entre 25° e 27°C, com médias de 26,3°C, sendo que a umidade relativa do ar fica estabelecida em 85% e precipitações acima de 2.200 mm.ano⁻¹. O período mais chuvoso no município corresponde ao trimestre de janeiro a março, e o menos chuvoso de julho a agosto (DUARTE et al., 2018).

Tomando como base o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBICS, (EMBRAPA, 2018) fazendo-se uso do mapa de solos disponibilizado pela EMPRAPA/PA (EMBRAPA, 2018), escala 1:100.000 (Folha Vila Apuí) a área de estudo possui 8 categorias de solos: Argissolo Amarelo Distrófico, Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho Amarelo, Espodossolo Ferrocárbico Hidromórfico, Gleissolo Háplico, Latossolo Amarelo Distrófico, Latossolo Vermelho Distrófico,

Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, sendo as classes de maior abrangência: Latossolo (58,25%), Argissolo (29,95%) e Espodossolo (1,80%).

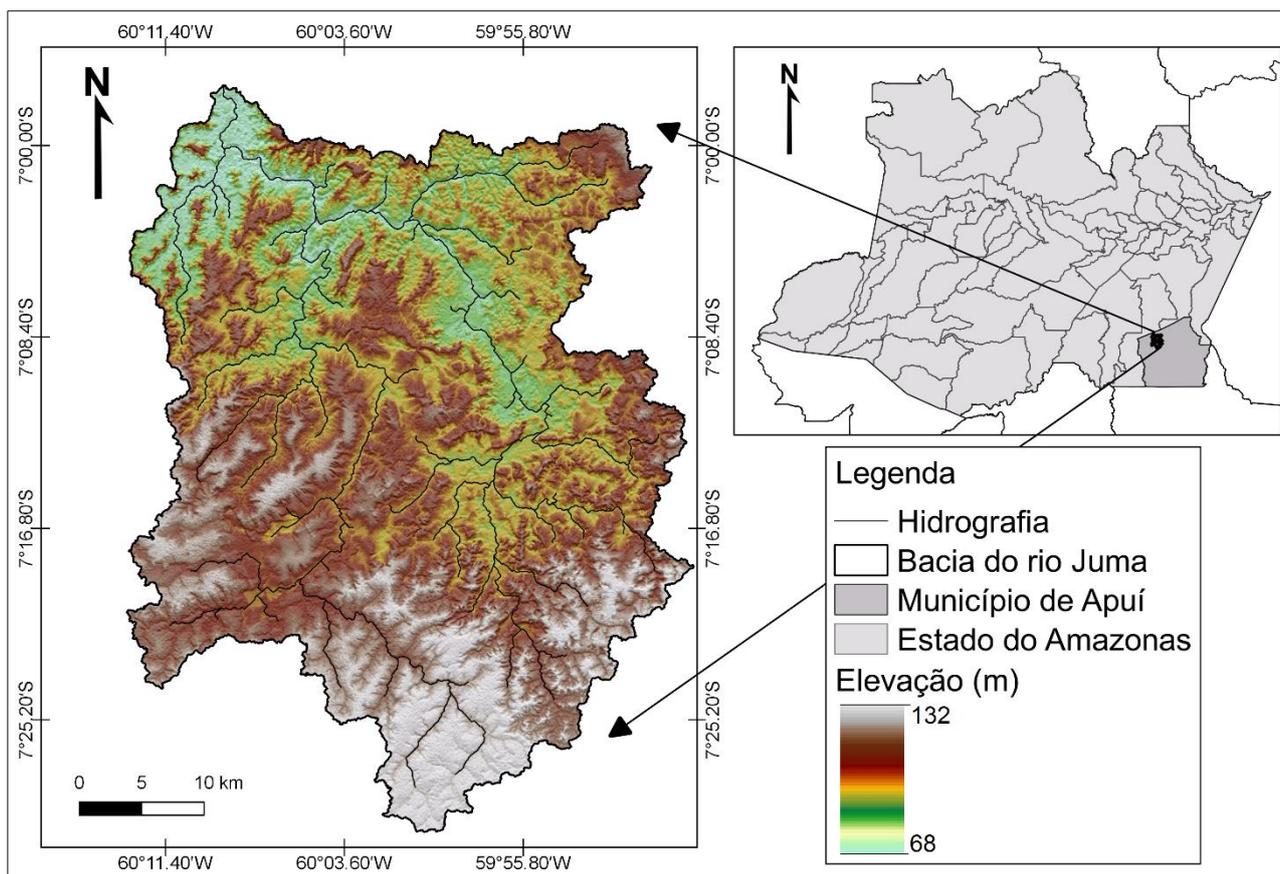


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Juma, Município de Apuí – Amazonas.
Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados do IBGE (2018) e SRTM (USGS, 2018).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Obteve-se dados mensais referentes a precipitação por meio do satélite meteorológico TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*), sensor PR (*Precipitation Radar*), junto a plataforma Giovanni da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA, 2018), sendo um período de observação de 18 anos (1998 a 2016). Os dados de precipitação obtido diz respeito ao produto 3B42-V7 disponibilizado no formato *GeoTiff* com resolução espacial de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$.

Para verificação da validade dos dados do TRMM, foram utilizados séries históricas da estação superficial VILA DO APUI (geo-código número: 759000), SUCUNDURI (geo-código número: 658000), PRAINHA VELHA (geo-código número: 760000), BOCA DO GUARIBA (geo-código número: 760001), disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2018), ambos operados pela CONSTRUFAM (Figura 2).

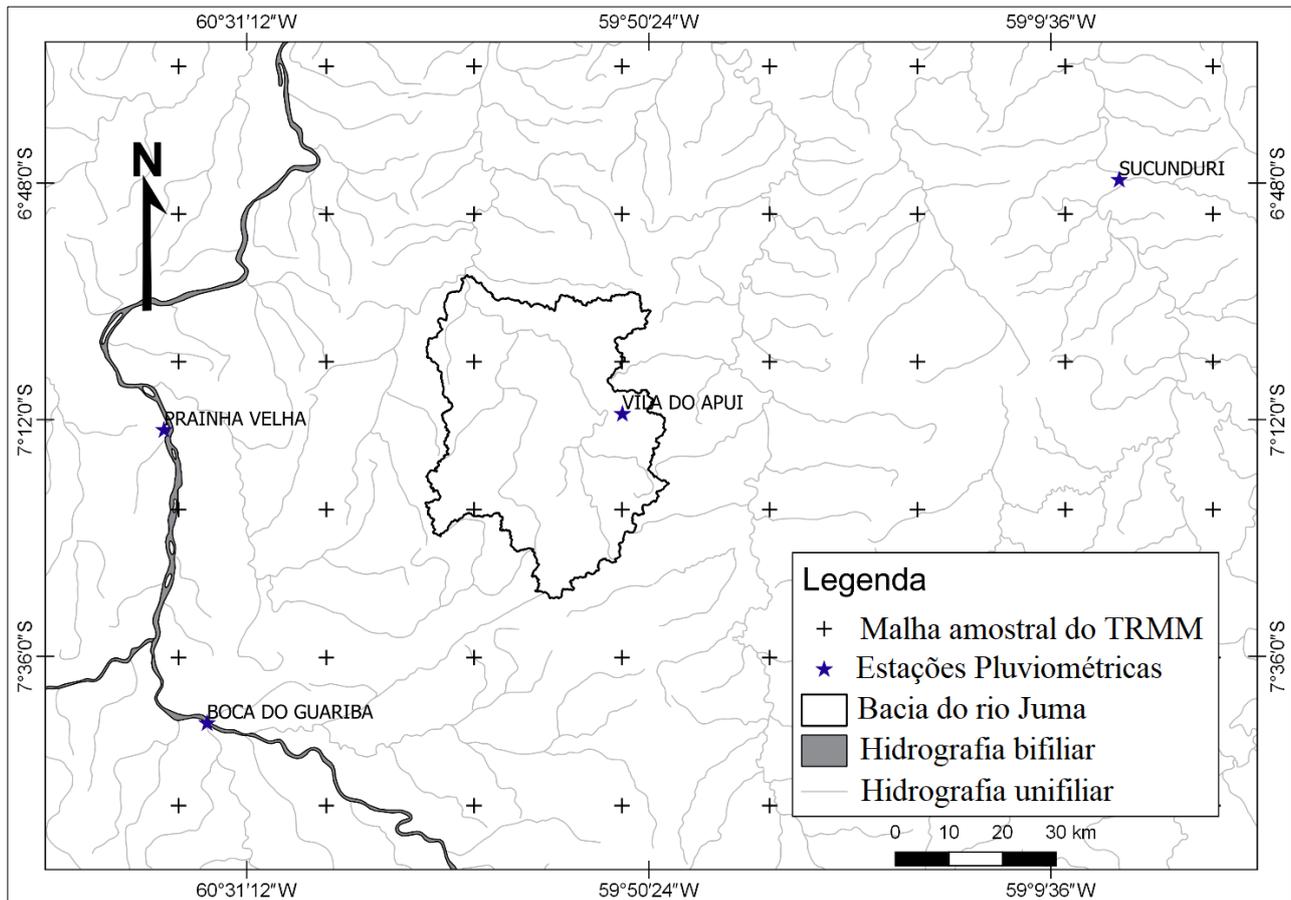


Figura 2. Localização da malha amostral TRMM e Estação Pluviométrica Superficial.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados da ANA (2018) e IBGE (2018).

Afim de comparar a precipitação pluvial estimada pelo produto 3B43 do TRMM, em relação aos valores obtidos em superfície pelas estações pluviométricas em superfície (EPS), foram extraídos os índices de precipitação do TRMM com uso da ferramenta *Point Sampling Tool* para o pixel coincidente com as EPS, e realizado uma análise da precisão dos dados do TRMM a partir dos seguintes testes: Raiz do Erro Médio Quadrático (Equação 1); Erro Médio Absoluto (Equação 2) e *Percent Bias* ou Porcentagem do viés (Equação 3) conforme descrito por Wilks (2006); Almeida et al. (2015) e Aires et al. (2016). Também foi calculado o índice de concordância (d , Equação 4) proposto por Willmott et al. (1985).

$$REM\text{Q} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i - O_i}{n}} \quad (\text{Equação 1})$$

$$EMA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P_i - O_i| \quad (\text{Equação 2})$$

$$P\text{bias} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n O_i} \quad (\text{Equação 3})$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|P_i - O_i| + |O_i - M_o|)} \quad (\text{Equação 4})$$

Em que P_i corresponde à precipitação estimada (mm) pelo satélite no intervalo de tempo i ; O_i corresponde à precipitação observada (mm) na estação meteorológica no intervalo de tempo i ; M_o corresponde ao valor médio observado de precipitação e n o número de dados analisados.

Após a avaliação da consistência dos dados de precipitação do TRMM para a área de estudo, obteve-se a erosividade da chuva aplicando o método proposto por Oliveira Jr e Medina (1990) para a região de Manaus/AM (Equação 5), optou-se por utilizar esse método por ser mais adequado para a região, conforme descreve o autor.

$$R = 3,76 * \left(\frac{M_x^2}{A}\right) + 42,77 \text{ (Equação 5)}$$

Onde M corresponde a precipitação média mensal (mm); e A corresponde a precipitação média anual (mm). Os valores de erosividade médios mensais foram divididos pelo total médio anual, obtendo-se os respectivos valores relativos mensais, conforme descrito por Rosa et al. (2016).

Os valores de erosividade foram classificados quanto a intensidade, conforme descrito por Carvalho (1994). Segundo o autor, é considerada baixa erosividade quando $R < 2.452$; média erosividade quando o índice apresenta entre $2.452 < R < 4.905$, de média a forte erosividade quando o índice está entre $4.905 < R < 7.357$, e forte erosividade se o índice estiver entre $7.357 < R < 9.810$ e muito forte se o índice for superior a 9.810.

Em seguida, esses dados foram interpolados pelo método de *Inverse Distance Weighting/IDW*, conforme descrito por Marcuzzo et al. (2011) para construção dos mapas temáticos. A confecção cartográfica foi realizada no software QGIS, versão 2.8, o sistema de referência de coordenadas utilizado foi o Universal Transversa de Mercator/UTM, e a base de referência SIRGAS 2000, Zona 20S.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Assim como descrito por Melo et al. (2015) e Trindade et al. (2016), a Amazônia apresenta pouca densidade de estações meteorológicas com series históricas completa, o que prejudica a avaliação mais acurada de eventos meteorológicos em maiores escalas. Nesse caso, a utilização de dados de sensores remotos pode ser uma alternativa para a região.

Verificou-se que as estimativas do satélite TRMM apresentam similaridade aos dados obtidos da EPS (Figura 3). Além do mais, os dados do TRMM apresentaram boa variabilidade

sazonal da precipitação, o que permite a sua utilização para identificação das estações secas e chuvosas para a região, corroborando trabalho de Almeida et al. (2015).

Os dados provenientes do sensor TRMM no período chuvoso apresentam menores índices de precipitação em comparação aos dados da EPS, já no período seco, nos anos de 1998; 2003; 2006; 2008; 2011; 2012; 2014 e 2016 a EPS não apresentou dados, e a estimativa do TRMM em todos os anos nesse mesmo período apresentam índice superiores a 20 mm.mês^{-1} . Observando a precipitação acumulada (Figura 4), o TRMM estimou um total de 39.889,6 mm, já a estação superficial observou 39.127,4 mm. Almeida et al. (2015) cita que essas diferenças entre os dados derivados do satélite TRMM e EPS podem ser uma consequência da diferença de escala entre elas, uma vez que o pluviômetro corresponde a uma estimativa pontual, enquanto que o satélite representa uma estimativa média no pixel.

A Figura 5 apresenta a distribuição da média mensal da série de 18 anos, no qual é possível observar a existência de dois períodos de distribuição pluviométrica marcantes na região, isto é, um período chuvoso (novembro até abril) e outro de estiagem (junho até agosto). Merecendo destaque, dentro do período chuvoso, os meses de janeiro, fevereiro e março, com registros de índices pluviométricos superiores a $250,00 \text{ mm.mês}^{-1}$, enquanto que, período de estiagem, os meses de julho e agosto apresentando índices em torno de $50,00 \text{ mm.mês}^{-1}$ ao longo do período avaliado, já os demais meses se caracterizam por possuírem valores intermediários.

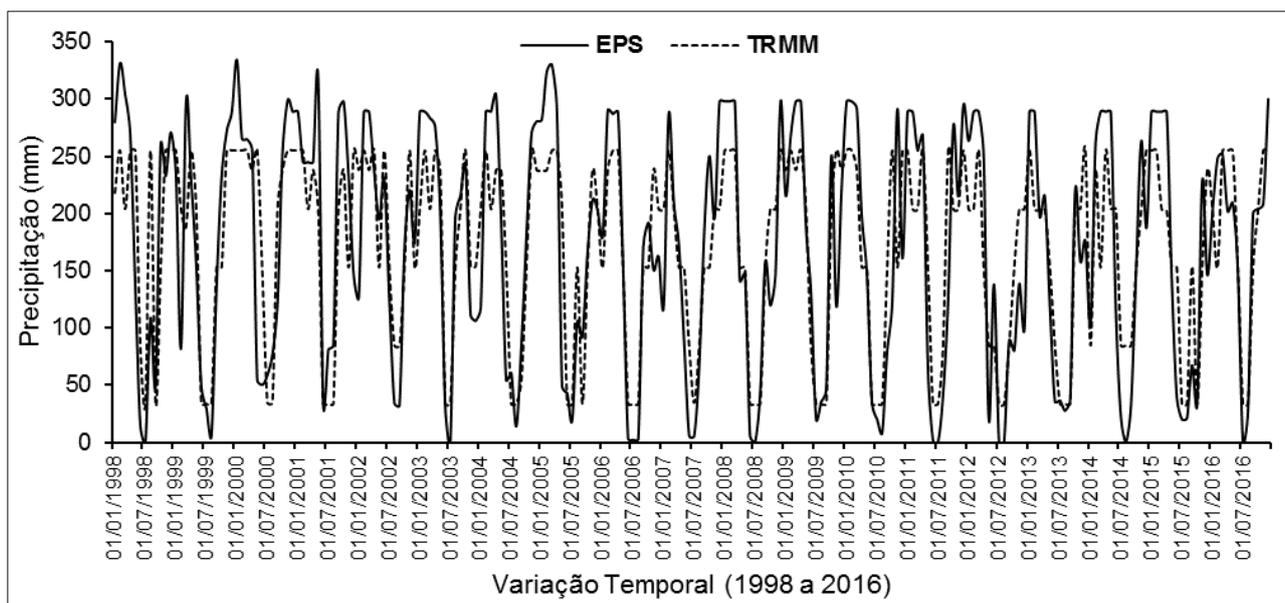


Figura 3. Relação entre precipitação estimada do TRMM e EPS entre 1998 a 2016.

Com respeito a variabilidade da precipitação média mensal do TRMM e EPS para o período avaliado, verifica-se uma distribuição semelhante, entre janeiro a abril a precipitação na estação meteorológica foi superior a estimativa do TRMM, já entre abril a outubro a precipitação estimada pelo satélite TRMM apresentou superior. Apesar das variações observadas, é importante destacar que o padrão observado para a distribuição da precipitação no município foi equivalente entre as duas fontes de dados.

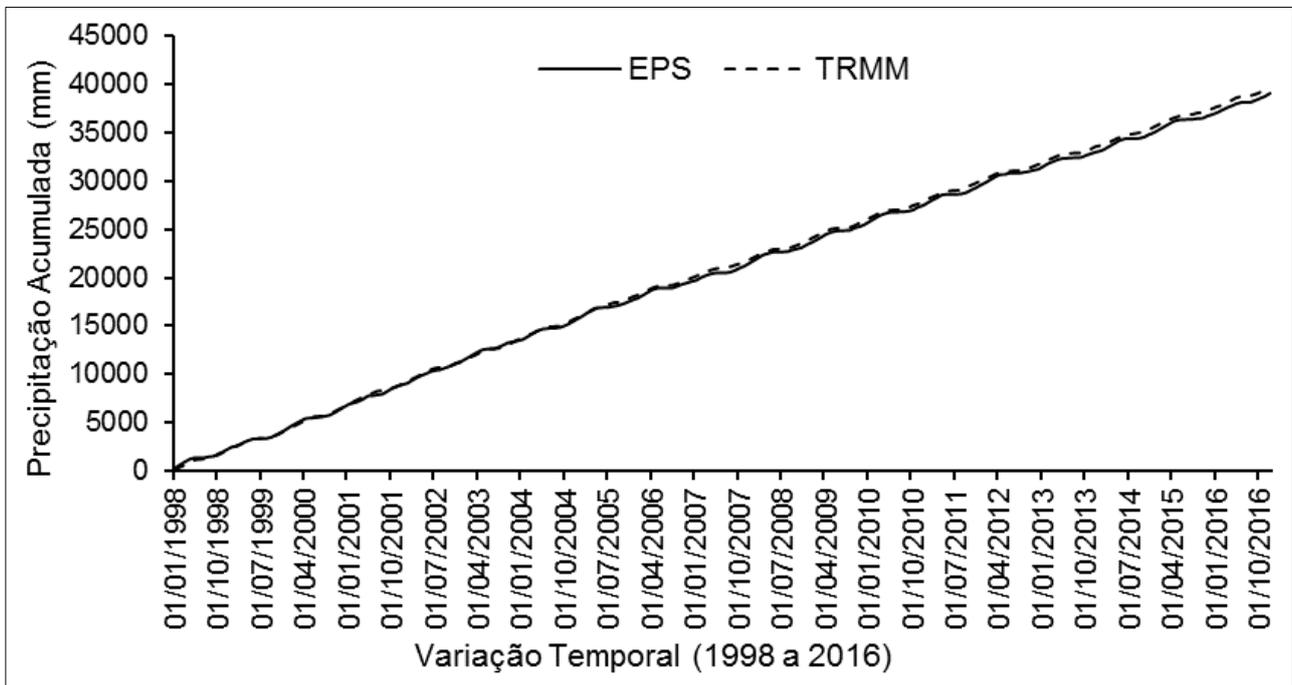


Figura 4. Precipitação acumulada do TRMM e EPS de 1998 a 2016.

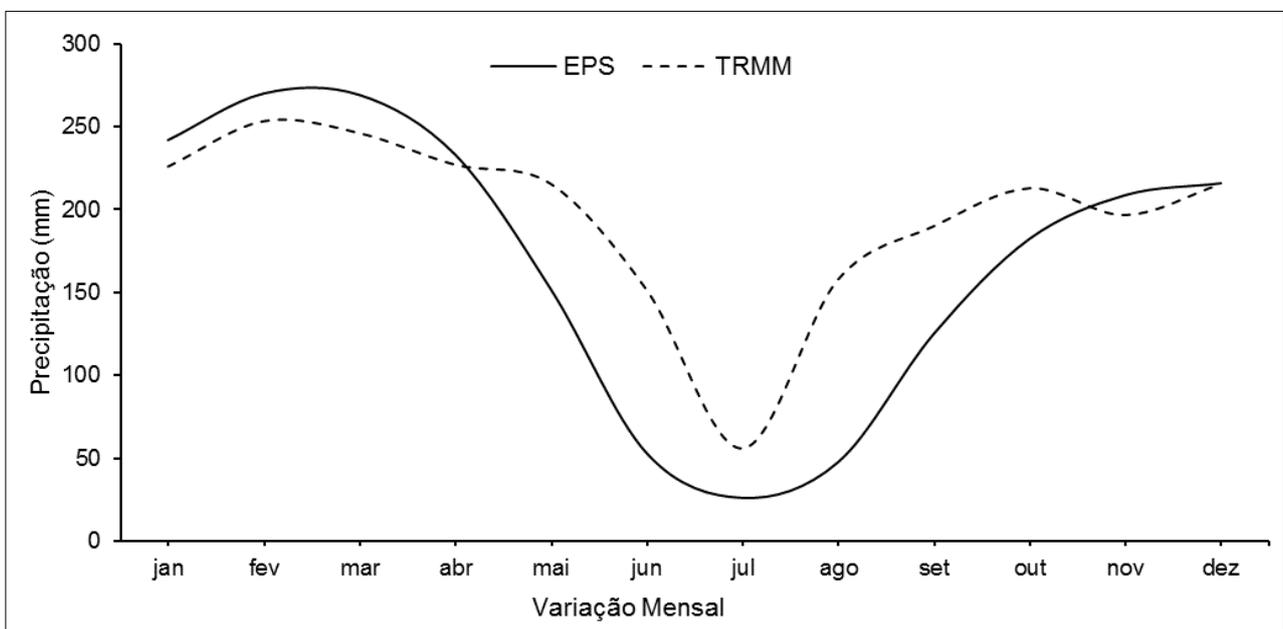


Figura 5. Relação entre a precipitação média mensal do TRMM e EPS (média de 18 anos).

A Tabela 1 apresenta os valores da análise da precisão de dados para cada ano avaliado, observa-se que os resultados médios de RMSE estiveram em torno de 3,89 mm.ano⁻¹. O índice Pbias apresentou valores considerados adequados, uma vez que foram inferiores a 25%. Van Liew et al. (2007) cita que índices Pbias superiores a 25% é considerado insatisfatório. Nesse caso, apenas o ano de 2005 apresentou índice maior a esse valor.

Com respeito ao EMA, verificou-se uma média de 1,33 mm.ano⁻¹, e os maiores valores ocorreram nos anos de 2000, 2003, 2005 e 2008. O índice de concordância (d) apresentou valores superiores a 0,90 caracterizando boa consistência dos dados para análises climatológicas do local.

Tabela 1. Valores da Raiz do Erro Médio Quadrático (RMSE), Erro Médio Absoluto (EMA), *Percent Bias* (Pbias) e Índice de concordância (d) para cada ano avaliado.

Ano	RMSE (mm)	EMA (mm)	Pbias (%)	d
1998	0,72	0,20	0,28	0,98
1999	4,04	1,12	9,06	0,98
2000	7,24	2,09	25,00	0,95
2001	2,94	0,85	4,48	0,96
2002	1,64	0,47	1,40	0,98
2003	4,58	2,74	11,26	0,98
2004	3,71	1,08	7,56	0,97
2005	8,60	2,48	39,50	0,93
2006	4,82	1,39	14,77	0,95
2007	1,24	0,35	0,98	0,98
2008	1,70	3,07	1,78	0,98
2009	4,07	1,17	9,52	0,96
2010	6,32	1,82	24,59	0,95
2011	5,57	1,60	17,54	0,98
2012	3,98	1,16	11,50	0,98
2013	5,19	1,5	18,00	0,98
2014	0,37	0,11	0,10	0,98
2015	4,87	1,40	15,40	0,97
2016	2,48	0,71	3,35	0,98

Os resultados obtidos na análise de precisão indicaram boa semelhança entre as medições de precipitação do produto TRMM com dados da EPS, concordando com trabalhos desenvolvidos por Almeida et al. (2015). Nesse sentido, os dados do TRMM são aceitáveis e válidos para o cálculo de erosividade na área de estudo.

Aplicando a equação proposta por Oliveira Jr e Medina (1990), obteve-se a erosividade média anual para a bacia do rio Juma (Tabela 2). A erosividade média anual apresentou valor de 1.300,67 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, os valores obtidos se aproximaram com os observados por Bernini (2011) no município de Espigão d'Oeste/RO, com precipitação média 2.062 mm.ano⁻¹ apresentando erosividade média anual de 1.563,92 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, bem como aos observados por Oliveira Jr e Medina (1990) para a região de Manaus/AM, onde foi observada uma precipitação média anual de 2.355,6 mm.ano⁻¹ com erosividade de 1.177,55 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹.

Os meses mais chuvosos e com maior erosividade média foram fevereiro, março, abril e janeiro, seguindo nessa ordem. Com base na classificação proposta por Carvalho (1994), a

erosividade da bacia hidrográfica do rio Juma é considerada baixa, pois apresentou valor médio anual de $1.300,67 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$.

Tabela 2. Precipitação e índice de Erosividade médio mensal e total para a bacia do rio Juma.

Meses	Precipitação (mm)	Fator (R) Erosividade ($\text{MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$)
Janeiro	226,21	124,64
Fevereiro	253,68	145,73
Março	246,36	139,87
Abril	227,26	125,40
Mai	215,63	117,16
Junho	151,57	79,52
Julho	55,736	47,74
Agosto	157,89	82,65
Setembro	190,09	100,58
Outubro	213,09	115,42
Novembro	196,84	104,76
Dezembro	215,63	117,16
Total	2.350,03	1.300,67

A Figura 6 apresenta a percentagem relativa de erosividade. Observa-se que os valores percentuais de erosividade média mensal na área de estudo aumenta de acordo com o volume de precipitação, em janeiro, fevereiro, março e abril a erosividade expressada em termos percentuais (R %) foi superior à precipitação percentual relativa, sugerindo que as chuvas nesses meses foram de maior poder erosivo.

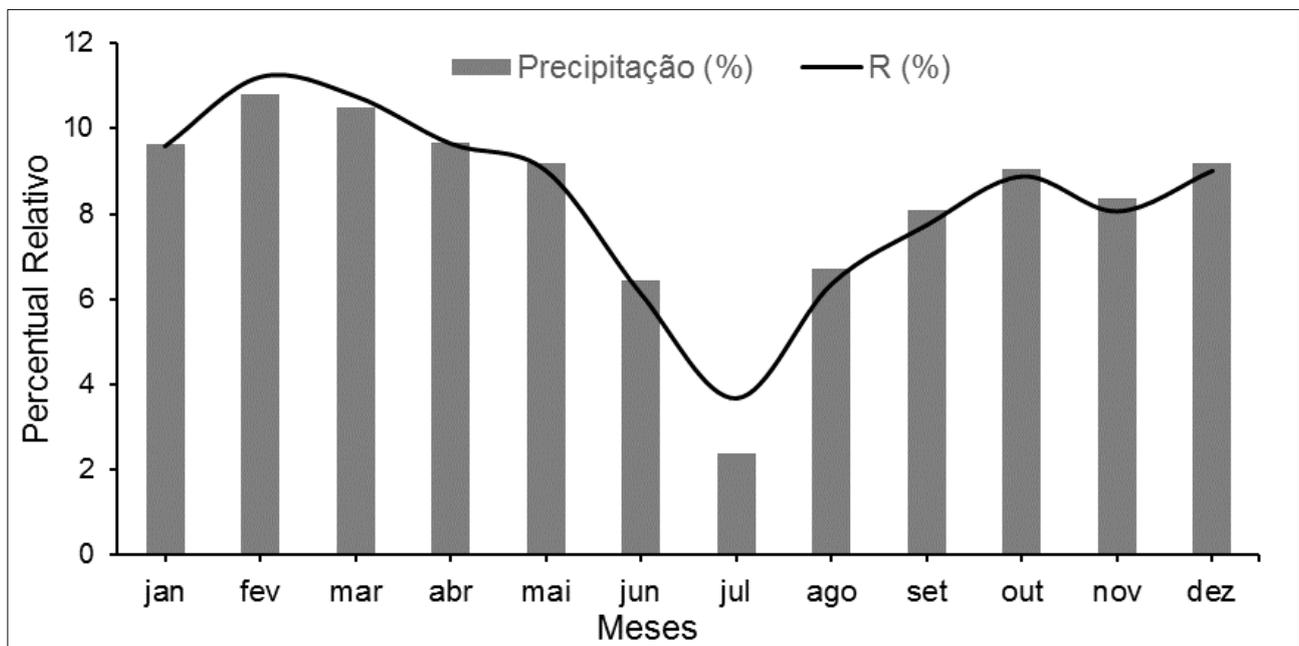


Figura 6. Distribuição percentual mensal da precipitação pluvial e erosividade da chuva entre 1998 a 2016.

Nos meses seguintes: julho a dezembro, ocorre uma inversão, quando os valores de percentuais de erosividade não ultrapassam os valores percentuais de precipitação ou torna-se inferiores. Tal comportamento pode ser explicado pela diferença de intensidades das chuvas que ocorrem distintamente nos dois períodos, ou seja, nos meses de janeiro a maio, as chuvas são volumosas e intensas (JUNIOR et al., 2018), conforme observado por Filho et al. (1981), aumentando o poder erosivo (COLODRO et al. 2002), obtido por estimativa a partir dos dados de precipitação.

As Figura 7 apresentam a distribuição espacial média mensal da erosividade para a bacia hidrográfica do rio Juma. No qual é possível observar que existe uma maior tendência de erosividade no extremo norte da bacia hidrográfica, esse comportamento pode ser facilmente observado na distribuição espacial do contorno de erosividade nos meses de abril, maio, junho julho, agosto e setembro, bem como na distribuição anual (Figura 8).

No que diz respeito a distribuição espacial da erosividade média anual, verificou-se que existe maior erosividade na região norte, enquanto que os menores índices estão distribuídos em pequenas porções na região sul e leste da bacia hidrográfica, ou seja, a erosividade média aumenta da nascente para a foz. Ressalta-se que a variação espacial do índice de erosividade da chuva foi pequena (média de $11,66 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), as maiores variações estão relacionadas a sazonalidade regional.

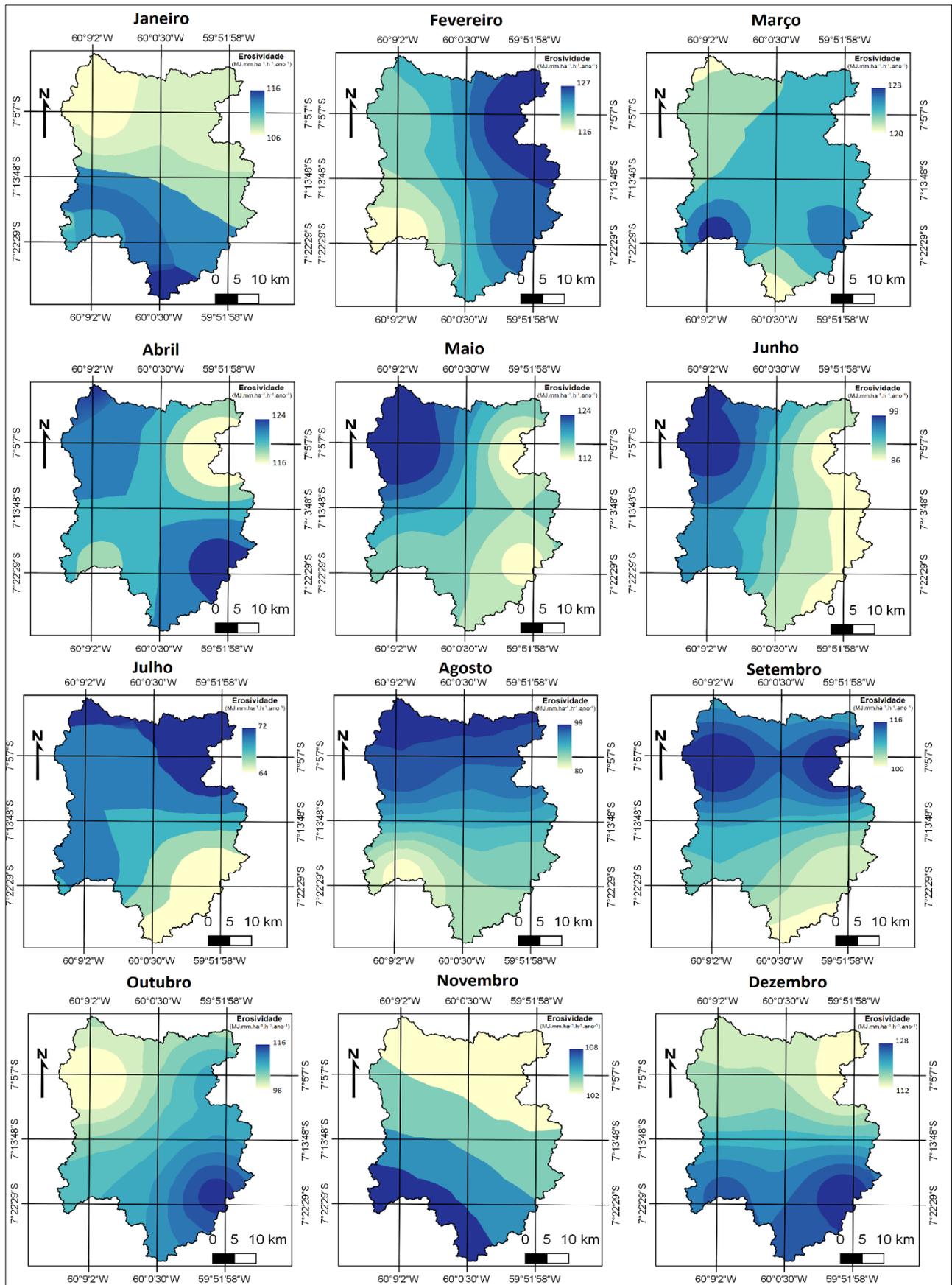


Figura 7. Distribuição espacial da erosividade média de janeiro a dezembro na bacia do rio Juma.

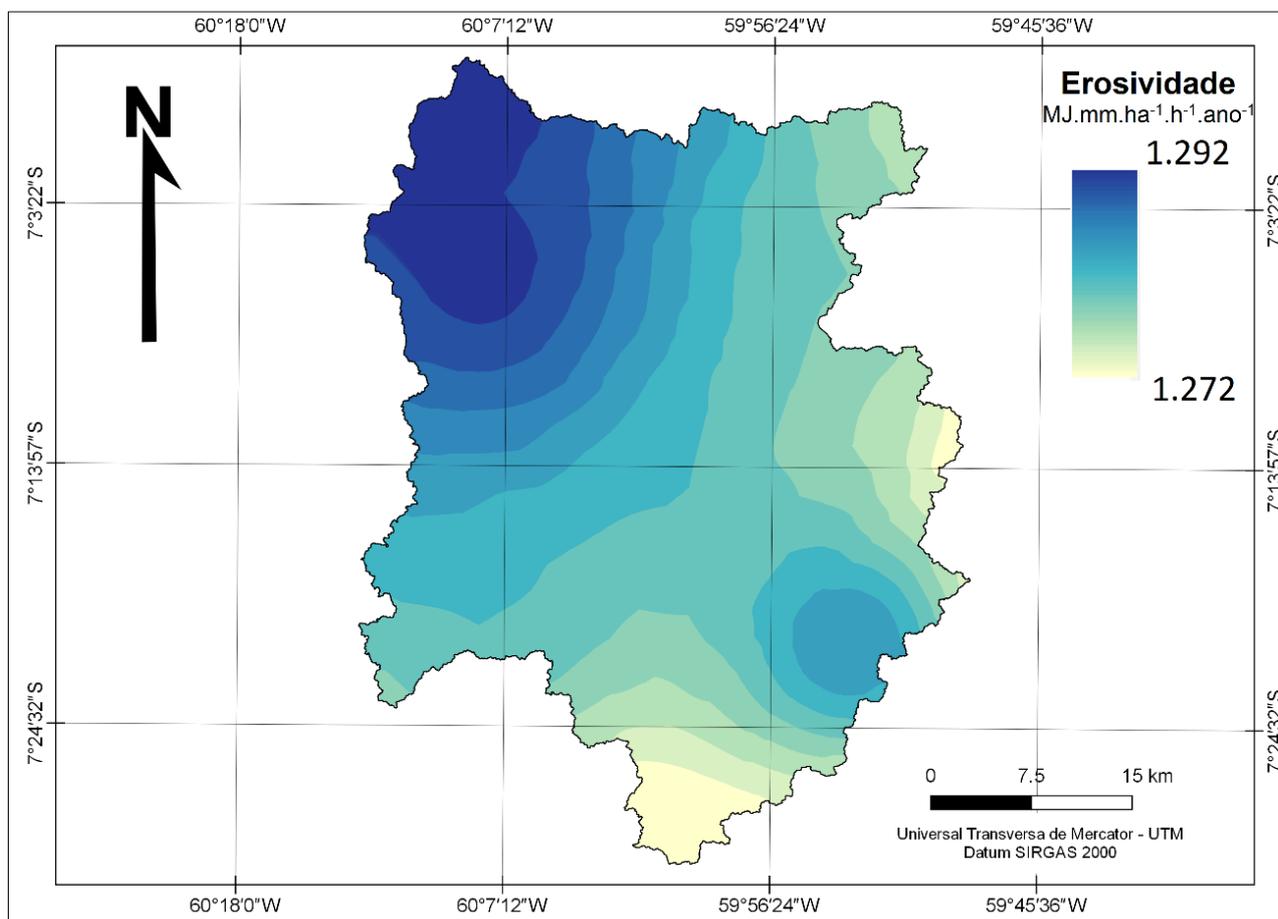


Figura 8. Distribuição espacial da erosividade anual acumulada na bacia do rio Juma.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se boa concordância entre os dados do TRMM e a estação meteorológica de superfície, o que possibilitou utilizar esse conjunto de dados para o cálculo da erosividade da chuva para bacia hidrográfica do rio Juma. A partir dos resultados obtidos, verificou-se que o mês de julho apresenta o menor índice de precipitação (55,736 mm) e em consequência, o menor índice de erosividade ($47,74 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), enquanto que o mês de fevereiro apresentou o maior índice de precipitação (253,68 mm), acarretando no maior índice de erosividade ($145,73 \text{ MJ.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) na bacia hidrográfica.

A distribuição do percentual relativo da erosividade da chuva demonstra que a erosividade mensal nos primeiros meses do ano é superior a precipitação, enfatizando o efeito da intensidade da chuva nesse período. A espacialização da erosividade média mensal e anual permitiu identificar os locais que apresentam os maiores índices de erosividade ao longo do ano, constatando-se que a erosividade média anual aumenta da nascente do rio Juma em direção a foz.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq pela bolsa de Mestrado (Processo nº 145574/2016-4) concedido ao autor principal.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A.N. **Escritos ecológicos**. 2. ed. São Paulo: Lazuli, 2006. 167p
- AIRES, U. R. V.; NETO, J. O. M.; MELLO C. R. Estimativas de precipitação derivadas do satélite TRMM para a bacia hidrográfica do rio Paraopeba, MG. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 17, n. 2. p. 57-66, 2016.
- ALMEIDA, C. T.; DELGADO, R.; JUNIOR, J. F. O.; GOIS, G.; CAVALCANTI, A. S. Avaliação das Estimativas de Precipitação do Produto 3B43 TRMM do Estado do Amazonas. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, n. 22, v. 3, p. 279-286. 2015.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V. Estimativa da erosividade das chuvas na bacia do riacho Namorado, no município de São João do Cariri (PB). **Ambiência**, Guarapuava, v.9 n.1 p. 13 - 23. 2013.
- ANA - Agência Nacional de Águas. Dados estação de monitoramento. Disponível em: <<http://hidro.web.ana.gov.br/default.asp>>, Acesso em: 28/01/2018.
- BERNINI, H. **Diagnóstico da perda de solo por erosão hídrica para planejamento de conservação e manutenção de mananciais de abastecimento público: o caso de Espigão d'Oeste – RO**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Rondônia/UNIR, Porto Velho, 2012.
- BERTONI, J., NETO, J. B. F. L. Conservação do solo. – São Paulo: Ícone, 6ª Ed, p. 45-61. 2008.
- CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. CPRM - Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais, Rio de Janeiro, 1994. 372p.
- COLODRO, G.; CARVALHO, M. P.; ROQUE, C. G.; PRADO, R. M. Erosividade da chuva: distribuição e correlação com a precipitação pluviométrica de Teodoro Sampaio (SP). **Revista brasileira de Ciência do Solo**. n. 26. p. 809-818. 2002.
- DUARTE, M. L.; LOCATELLI, M.; SILVA FILHO, E. P.; SILVA, T. A. Análise do uso do solo em uma área de bacia hidrográfica localizado na Amazônia central. p, 135-155. In: Transformação espacial: construção do espaço geográfico/Claudia Araujo Ximenes Cerqueira, Marillia Locatelli, Benedito de Matos Souza Junior. Organizadores. 1. Ed. – Curitiba, PR: **CRV**, 162p. 2018.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. MAPA de solos da área piloto de Apuí - Amazonas: folha: Vila Apuí. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/>> Acessado em: 22/02/2018.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Embrapa, 5. ed. E-book. Brasília. 2018.

FILHO, A. O. M.; RIBEIRO, M. N. G.; SANTOS, J. M. Estudos climatológicos da reserva Florestal Ducke – Manaus-AM. **ACTA AMAZONICA**. v. 11, n. 4. p. 759-768. 1981.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA S. B. Geomorfologia: uma atualização de base e conceitos. 6. Ed. Rio de Janeiro: **Bertrand Brasil**, Cap. 4, p. 149-209. 2005.

HICKMANN, C.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; COGO, C. M. Erosividade das chuvas em Uruguaiana, RS, determinada pelo Índice EI30, com base no período de 1963 a 1991. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 825-831, 2008.

HUDSON, N. W. Na introduction to the mechanics of soil erosion under conditions of sub-tropical rainfall. **Proceedings and Transactions – Rhodesia Scientific Association**, v. 49. p. 15-25, 1961.

JUNIOR, A. L. P., QUERINO, C. A. S., QUERINO, J. K. A. S., SANTOS, L. O. F., MOURA, A. R. M.; MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S. Variabilidade horária e intensidade sazonal da precipitação no município de Humaitá-AM. **Revista brasileira de Climatologia**. v. 22, p. 463-475. 2018.

MARCUZZO, F. F. N.; ANDRADE, L. R.; MELO, D. C. R. Métodos de Interpolação Matemática no Mapeamento de Chuvas do Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 4, n. 4, p. 793-804. 2011.

MELO, D. de C. D.; XAVIER, A. C.; BIANCHI, T.; OLIVEIRA, P. T. S.; SCANLON, B. R.; LUCAS, M. C.; WENDLAND, E. Performance evaluation of rainfall estimates by TRMM Multisatellite Precipitation Analysis 3B42V6 and V7 over Brazil. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v.120, p.9426-9436, 2015.

MORAES, B. C.; SODRÉ, G. R. C.; SOUZA, E. B.; RIBEIRO, J. B. M.; FILHO, L. G. M.; FERREIRA, D. B. S.; OLIVEIRA, J. V. Climatologia da precipitação na Amazônia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 8 n. 5, p. 1359-1373, 2015.

MORETI, D.; CARVALHO, M. P.; MANNIGEL, A. R.; MEDEIROS, L.R. Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Manuel (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n.1, p. 137-145, 2003.

NASA - National Aeronautics and Space Administration. Data Tropical Rainfall Measuring Mission. Disponível em: <<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni>>, Acesso em: 21/01/2018.

OLIVEIRA JR, R. C.; MEDINA, B. F. A erosividade das chuvas em Manaus (AM). **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 14, p. 235-239. 1990.

OLIVEIRA, L. F. C.; FIOREZE, A. P.; MEDEIROS, A. M. M.; SILVA, M. A. S. Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.11, p.1186–1192, 2010.

PEREIRA, G.; SILVA, M. E. S.; MORAES, E. C.; CARDOZO, F. S. Avaliação dos Dados de Precipitação Estimados pelo Satélite TRMM para o Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 18 n.3 p. 139-148. 2013.

RODRIGUES, D. B. B.; ALVES SOBRINHO T.; OLIVEIRA P. T. S.; PANACHUKI E. Nova abordagem sobre o modelo brasileiro de serviços ambientais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 35. 2011.

ROSA, A.; SOUSA, A. M. L.; COSTA, J. A.; SOUZA, E. B. Erosividade da chuva em Rondon do Pará, PA, Brasil de 1999 a 2015 e projetada para 2035. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11 n. 4, p. 1007-1021. 2016.

SILVA, M. A.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; SANTOS, G. R. SÁ, J. J. G.; MARQUES, M.; MENEZES, M. D.; LEITE, F. P. Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no Vale do Rio Doce, região centroleste do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, n. 34, p. 1029-1039, 2010.

SODRÉ, G.; BORGES, L.; VENTURA, J; MELLO, F. Análise Quantitativa e Qualitativa Horária de Dados do Radar, TRMM e Estações Meteorológicas na Região Amazônica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 1, p.110-117, 2012.

TERASSI, P. M. B.; SILVEIRA, H.; GRAÇA, C. C. H. Regiões pluviométricas homogêneas e a erosividade das chuvas na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III e IV – Paraná. **Caderno de Geografia**, v.26, n.46, p. 507- 521. 2016.

TRINDADE, A. L. F.; OIVEIRA, P. T. S.; ANACHE, J. A. A.; WENDLAND, E. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Brasil. **Pesq. agropec. bras.** v. 51, n.12, p.1918-1928, 2016.

VAN LIEW, M.; VEITH, T.; BOSCH, D.; ARNALD, J. Suitability of SWAT for the Conservation Effects Assessment Project: Comparison on USDA Agricultural Research Service Watersheds. **Journal of Hydrological Research**, v.12, n.2, p. 173-189, 2007.

WILKS, D. S. Theoretical probability distributions. In: Statistical methods in the atmospheric sciences. San Diego: **Academic Press**, Cambridge, p.102-104, 2006.

WILLMOTT, C. J.; CKLESON, S. G.; DAVIS, R. E. Statistics for evaluation and comparisons of models. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 90, n. 5. p. 8995-9005, 1985.

MACHADO, R. L.; CARVALHO, D. F.; COSTA, J. R.; OLIVEIRA NETO, D. H.; PINTO, M. F. Análise da erosividade das chuvas associada aos padrões de precipitação pluvial na região de Ribeirão das Lajes (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.5, p.2113-2123, 2008.

Trabalho enviado em 15/06/2018

Trabalho aceito em 29/12/2018