

Equações de chuvas intensas para o sudeste do estado do Tocantins, Brasil

Tamara Thalia Prólo ⁽¹⁾
Virgílio Lourenço Silva Neto ⁽²⁾
Ezequiel Lopes do Carmo ⁽³⁾
Otacilio Silveira Júnior ⁽⁴⁾
Luziano Lopes da Silva ⁽⁵⁾

Data de submissão: 3/10/2020. Data de aprovação: 9/12/2020.

Resumo – A chuva intensa é uma ocorrência extrema, composta por duração, distribuição temporal e espacial críticas *in situ*, determinada a partir da relação intensidade-duração-frequência (IDF). As precipitações intensas podem provocar erosão dos solos, inundações e consideráveis prejuízos em áreas rurais e urbanas, limitando a execução e a expansão de inúmeros projetos e serviços. Portanto, o objetivo deste estudo está na obtenção de relações de intensidade, duração e frequência para os municípios que compõem a região sudeste do Tocantins com base em dados adquiridos de estações em dez dos vinte municípios, obtendo assim a intensidade das chuvas com duração de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 240, 360, 720 e 1440 minutos, e com tempos de retorno de 5, 50 e 100 anos, com base nas séries históricas de precipitação máxima diária anual. Nestas durações, foram empregados os coeficientes multiplicativos e, conseqüentemente, geração das curvas IDF referentes aos respectivos períodos de retorno. Para as dez estações pluviométricas, os parâmetros das equações intensidade-duração-frequência foram ajustados, apresentando valores R^2 acima de 0,990. Portanto, para representar as estimativas dos componentes das precipitações intensas e com base no teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5% de significância, a distribuição de Gumbel mostrou-se adequada para os dez municípios estudados.

Palavras-chave: Hidrologia. IDF. Precipitação.

Intense rainfall equations for the Tocantins southeastern, Brazil

Abstract – Intense rain is an extreme occurrence, consisting of duration, critical temporal and spatial distribution *in situ*, determined from the intensity-duration-frequency relationship (IDF). Extreme precipitation is relevant for soil erosion, flooding and considerable damage in rural and urban areas, limiting the execution and expansion of numerous projects and services. The objective of this study is to obtain intensity, duration and frequency relationships for the municipalities that make up the southeastern region of Tocantins based on data obtained from stations located in ten of the twenty municipalities, thus obtaining the intensity of the events lasting 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 240, 360, 720 and 1440 minutes, and with return period of 5, 50 and 100 years, based on the historical series of maximum daily annual precipitation. In these durations, the multiplicative coefficients and consequently the generation of the IDF curves were used, referring to the respective return periods. For the ten pluviometric stations,

¹ Graduada em Engenharia Agrônômica pelo *Campus* Dianópolis, do Instituto Federal do Tocantins – IFTO. Bolsista PIBIC. thaliprolo5@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8921-3250>

² Professor Mestre do Instituto Federal do Tocantins, *Campus* Gurupi, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente pela Universidade Federal do Tocantins, *Campus* Palmas. virgilio.neto@ifto.edu.br. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1004-0191>.

³ Professor Doutor do Instituto Federal do Tocantins – IFTO, *Campus* Dianópolis. ezequiel.carmo@ifto.edu.br. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8794-2890>.

⁴ Professor Doutor do Instituto Federal do Tocantins – IFTO, *Campus* Dianópolis. [otacilio Silveira Júnior](mailto:otacilio.Silveira.Junior). ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0784-5335>.

⁵ Professor Doutor do Instituto Federal do Tocantins – IFTO, *Campus* Gurupi. luziano.silva@ifto.edu.br. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0487-6301>.

the parameters of the intensity-duration-frequency equations were adjusted, with R^2 values above 0.990. Therefore, to represent the estimates of the components of intense rainfall and based on the Kolmogorov-Smirnov adherence test at the level of 5% of significance, the Gumbel distribution proved to be adequate for the ten studied municipalities.

Keywords: Hidrology. IDF. Precipitation.

Introdução

Considera-se intensa a chuva de ocorrência extrema, com duração, distribuição temporal e espacial críticas para uma área específica, determinada a partir da relação IDF. Apesar de a precipitação atuar sobre erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas e obras hidráulicas (TUCCI, 2009), ainda não são aplicados intensivamente parâmetros técnicos, prevendo as precipitações intensas sobre projetos, obras e serviços de longa duração, além da crescente intensificação e aumento de áreas exploradas pela agricultura e pecuária. Portanto, torna-se importante o desenvolvimento de métodos que visem minimizar os impactos sobre a os recursos naturais como o solo e a água (BESKOW *et al.*, 2009).

Devido a isto, a previsão da intensidade de precipitação extrema é um dos elementos essenciais para definir o tamanho das estruturas, principalmente para obras que abrangem controle da erosão, drenagens e barragens (VIEIRA *et al.*, 1991), e para evitar a erosão hídrica, a qual é um dos grandes potenciais de diminuição da capacidade de produção do solo e de comprometimento do recurso hídrico superficial.

A erosividade das chuvas é um dos fatores mais importantes ligados à erosão (MELLO *et al.*, 2007) e que pode ser utilizado na integração do plano de gestão dos recursos hídricos, na utilização dos solos e na compreensão holística da dinâmica espaço-temporal de chuvas intensas (SILVA NETO *et al.*, 2020).

A utilização de equações IDF consiste em uma forma usual para se calcular a chuva de projeto, subsidiando a aplicação de metodologias de transformação chuva-vazão no cálculo da vazão de projeto. Para o ajuste dos parâmetros são necessários valores de intensidade de chuvas de diferentes durações, associadas a diferentes tempos de retorno (BACK *et al.*, 2012).

No âmbito do estudo das chuvas intensas, destaca-se o trabalho de Pfafstetter (1957), pioneiro na definição de curvas IDF no Brasil e considerado por muitos o marco inicial da Hidrologia no país.

No Brasil, diversos estudos foram realizados para análise da relação intensidade-duração-frequência (IDF), como os estudos de Santos *et al.* (2009), que analisaram a intensidade-duração-frequência de chuvas para o estado de Mato Grosso do Sul; Mello e Viola (2013), que realizaram o mapeamento das chuvas intensas para o estado de Minas Gerais; Fachine Sobrinho *et al.* (2014), que desenvolveram equações de IDF sem dados pluviográficos em regiões semiáridas; Barreto *et al.* (2015), que avaliaram a relação IDF para precipitação extrema em Mossoró-RN; Silva e Oliveira (2017), que estudaram a relação IDF de chuvas extremas para a região Nordeste do Brasil; e Santos *et al.* (2019), que determinaram equações de intensidade, duração e frequência de precipitação para cidades do sudeste do estado do Ceará, além de outros diversos estudos. No Tocantins, Silva Neto *et al.* (2016) realizaram estudos sobre relação IDF de chuvas para a cidade de Guaraí; e Silva *et al.* (2003) determinaram equações de intensidade-duração-frequência da precipitação pluvial para o estado. Recentemente, Silva Neto *et al.* (2020) realizaram um abrangente estudo sobre o mapeamento das chuvas intensas no Tocantins. Porém, como ainda não houve estudos específicos para o sudeste do Tocantins, torna-se necessário definir equações que possibilitem subsídios para estudos hidrológicos futuros, bem como para a execução segura de projetos e serviços em zonas urbanas e rurais perante as precipitações intensas.

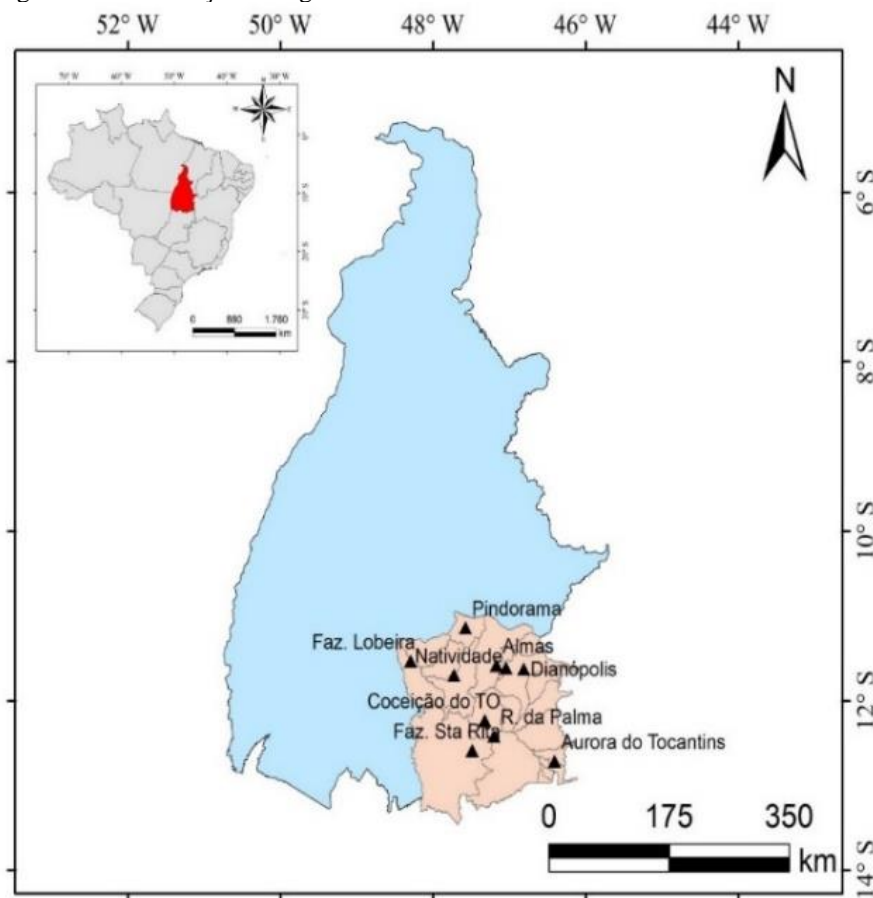
O objetivo deste estudo está na obtenção de equações de chuvas intensas para os municípios que compõem a região sudeste do Tocantins com base em dados obtidos de estações

em dez dos vinte municípios, obtendo assim a intensidade das chuvas com duração de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 240, 360, 720 e 1440 minutos, e com tempos de retorno de 5, 50 e 100 anos para a região sudeste do Tocantins.

Materiais e Métodos

A região sudeste do Tocantins, também conhecida como Microrregião de Dianópolis, abrange vinte municípios (SEPLAN-TO, 2012), dos quais dez localidades foram estudadas em termos de precipitação, mais precisamente na caracterização da relação IDF: Almas, Aurora, Conceição, Dianópolis, Fazenda Lobeira (São Valério da Natividade), Fazenda Santa Rita (Fátima), Natividade, Pindorama, Porto Alegre e Rio da Palma (Conceição do Tocantins) (Figura 1).

Figura 1 – Localização da região sudeste do estado do Tocantins



Fonte: Os autores (2020)

Os postos pluviométricos localizados no sudeste do Tocantins, que foram considerados para a realização deste estudo, apresentaram dados satisfatórios de séries históricas superiores a 24 anos, constituídas de valores de precipitação máxima diária anual de precipitação para cada ano da série constituída (Tabela 1).

Tabela 1 – Postos pluviométricos utilizadas neste estudo na região Sudeste do Tocantins em que foram constituídas as séries históricas de precipitação máxima diária anual

Cód. Estação	Posto	Município	Altitude (m)	Série Histórica (anos)
1147000	Almas	Almas	427	27
1246001	Aurora	Aurora do Tocantins	464	29
1247000	Conceição	Conceição do Tocantins	407	27

1146000	Dianópolis	Dianópolis	679	24
1148000	Faz. Lobeira	São Valério da Natividade	243	30
1247005	Faz. Sta. Rita	Fátima	340	26
1147001	Natividade	Natividade	308	24
1147002	Pindorama	Pindorama do Tocantins	444	33
1147003	Porto Alegre	Porto Alegre do Tocantins	372	26
1247002	R. da Palma	Conceição do Tocantins	322	24

Fonte: Ana (2017).

Os dados pluviométricos foram obtidos da rede hidrometeorológica da ANA – Agência Nacional das águas, constituindo-se uma série histórica com média de 27 anos, no período de 1983 a 2016, considerando que a WMO (2009) (Organização Mundial de Meteorologia) recomenda séries de, no mínimo, 20 anos de extensão para estudos com variáveis hidrológicas. Foram desconsiderados os anos em que se verificou inconsistência dos dados de precipitação máxima diária anual e, após isto, foi aplicado o modelo de distribuição de Gumbel de probabilidade.

Foi realizado o teste de aderência dos dados à distribuição de Gumbel para cada série de duração de chuva e, posteriormente, estimadas as chuvas máximas para períodos de retorno de 5, 50 e 100 anos. A análise do teste de aderência da distribuição de Gumbel foi realizada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov a um nível de significância de 5% (MELLO e SILVA, 2013).

A estimativa da variável hidrológica (x) associada a um tempo de retorno (TR) está representada na Equação 1:

$$X_{TR} = \frac{-LN[-LN(1-\frac{1}{TR})]}{\alpha} + \mu \quad (1)$$

Em que TR = tempo de retorno, em anos, LN = inverso da função exponencial, e μ = parâmetro da distribuição Gumbel, considerando-se o Método dos Momentos (MELLO e SILVA, 2013).

A desagregação da chuva de um dia em chuvas de menor duração foi obtida para o estado do Tocantins por Silva Neto *et al.* (2017), pela metodologia proposta pelo DAEE/CETESB (1980). As durações de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 240, 360, 720 e 1440 minutos foram utilizadas pelo emprego dos coeficientes multiplicativos, que correspondem à relação entre as chuvas intensas de duração t_1 e de duração t_2 , permitindo, desta forma, a geração de pontos suficientes para definir as curvas de intensidade-duração referentes a diferentes períodos de retorno. Tais relações foram obtidas pelos autores com base na Equação 2.

$$r_{t_1/t_2} = \frac{\text{precipitação de duração } t_1}{\text{precipitação de duração } t_2} \quad (2)$$

Após a obtenção da precipitação máxima diária anual para os tempos de retorno 5, 50 e 100 anos, aplica-se o coeficiente de desagregação correspondente a cada duração desejada. Com os valores obtidos de chuvas intensas para diferentes durações e tempos de retorno, estimaram-se os parâmetros da equação que expressa a relação IDF (Equação 3) para cada estação observada.

$$\dot{i} = \frac{C \cdot TR^m}{(t_o + t_d)^n} \quad (3)$$

Em que “i” é a intensidade máxima média de precipitação em mm h^{-1} , TR é o período de retorno em anos, “td” equivale ao tempo de duração da chuva (minutos), e “C”, “m”, “to” e “n” são parâmetros relativos à localidade.

Resultados e Discussões

As séries históricas de precipitação máxima diária anual apresentadas neste estudo constituem dados analisados de 299 anos. O modelo de distribuição de Gumbel mostrou-se adequado para representar as estimativas dos valores de precipitação máxima para todos os municípios trabalhados.

Os parâmetros ajustados das equações de IDF, relativos às dez estações pluviométricas no sudeste do Tocantins, foram identificados pelos municípios onde estão instaladas. Para todas as equações foram verificados ajustes adequados, com valores R^2 acima de 0,990 (Tabela 2). Também podem ser observadas as Equações de IDF para as localidades observadas. O valor do coeficiente “C” variou de 9953,83 a 12724,7, referentes às estações de Natividade e Fazenda Santa Rita, respectivamente.

Tabela 2 – Coeficientes “C”, “m”, “To” e “n” das equações de chuvas intensas ajustadas para o sudeste do Tocantins e o coeficiente de determinação

Estações	C	m	To	n	R ²	Equação	Séries históricas
Almas	12093,39	0,123	55,683	1,138	0,9989	$i = \frac{12093,39 \cdot TR^{0,123}}{(55,683 + t_d)^{1,138}}$	27
Aurora	11789,75	0,161	55,761	1,139	0,9988	$i = \frac{11789,75 \cdot TR^{0,161}}{(55,761 + t_d)^{1,139}}$	29
Conceição	11079,21	0,182	54,980	1,130	0,9986	$i = \frac{11079,21 \cdot TR^{0,182}}{(54,980 + t_d)^{1,130}}$	27
Dianópolis	11289,18	0,131	54,950	1,130	0,9989	$i = \frac{11289,18 \cdot TR^{0,131}}{(54,950 + t_d)^{1,130}}$	24
Faz. Lobeira	12470,27	0,129	54,796	1,128	0,9989	$i = \frac{12470,27 \cdot TR^{0,129}}{(54,796 + t_d)^{1,128}}$	30
Faz. Sta. Rita	9953,83	0,149	54,931	1,130	0,9988	$i = \frac{9953,83 \cdot TR^{0,149}}{(54,931 + t_d)^{1,130}}$	26
Natividade	12724,70	0,135	54,647	1,127	0,9989	$i = \frac{12724,70 \cdot TR^{0,135}}{(54,647 + t_d)^{1,127}}$	24
Pindorama	11107,23	0,146	54,576	1,126	0,9989	$i = \frac{11107,23 \cdot TR^{0,146}}{(54,576 + t_d)^{1,127}}$	33
Porto Alegre	11225,46	0,108	55,124	1,131	0,9990	$i = \frac{11225,46 \cdot TR^{0,108}}{(55,124 + t_d)^{1,131}}$	26
R. da Palma	10857,78	0,120	55,316	1,133	0,9989	$i = \frac{10857,78 \cdot TR^{0,120}}{(55,316 + t_d)^{1,133}}$	24

i = intensidade máxima média de precipitação pluvial, mm h^{-1} ;

TR = período de retorno, anos; e

t_d = duração da precipitação, minutos.

Fonte: Os autores (2019)

O coeficiente “m” variou de 0,108 a 0,182 para as estações de Porto Alegre e Conceição do Tocantins, respectivamente. O coeficiente “To” variou de 54,576 a 55,761 para as estações de Pindorama e Aurora, respectivamente. O coeficiente “n” variou de 1,126 a 1,148, também referentes às estações de Pindorama e Aurora, respectivamente.

Garcia *et al.* (2011) afirmaram que, em função das diferenças observadas entre as intensidades máximas médias de precipitação pluvial, é importante que sejam obtidas equações que representem as condições de chuvas intensas para cada região de interesse e que a melhor forma de minimizar as imprecisões, na estimativa da intensidade máxima média de precipitação

pluvial, é por intermédio da ampliação de estudos como o proposto para um número cada vez maior de localidades. Em estudos sobre intensidade das chuvas no estado de Mato Grosso, Garcia *et al.* (2011) afirmam que

os valores dos parâmetros (K, a, b, c) de ajuste das equações variaram bastante entre as estações evidenciando a necessidade da determinação dessas equações para cada localidade e, conseqüentemente, obtendo maior na segurança de dimensionamento e menor custos das obras hidráulicas, principalmente, hidroagrícolas (GARCIA *et al.*, 2011, p. 580).

Segundo Mello e Silva (2013), o modelo de Gumbel utilizado neste estudo é adequado ao ajuste dos dados de intensidades de precipitação pluvial pelo teste de Kolmogorov-Smirnov a 5% de significância para todas as durações estudadas.

Dentre as estações pluviométricas no sudeste do Tocantins, a estação de Rio da Palma (município de Conceição do Tocantins, com série histórica de 24 anos) apresentou os menores valores de intensidade máxima média de precipitação pluvial para todas as durações (Tabela 3).

Tabela 3 – Intensidades das precipitações, em mm h⁻¹, com base no método de desagregação de chuvas, com duração de 10 a 1440 minutos, para as estações pluviométricas no sudeste do Tocantins

Estações	Durações (minutos)										
	10	20	30	40	50	60	120	240	360	720	1440
Almas	44,00	57,70	70,40	78,00	84,40	99,80	107,50	113,00	119,00	128,90	138,40
Aurora	49,00	64,30	78,40	86,90	93,90	111,10	119,70	125,80	132,40	143,60	154,10
Conceição	52,10	68,40	83,40	92,40	99,90	118,20	127,30	133,80	140,80	152,70	163,90
Dianópolis	44,20	58,00	70,70	78,40	84,80	100,30	108,00	113,50	119,50	129,60	139,10
Faz. Lobeira	29,70	49,10	64,50	78,60	87,10	94,20	111,50	120,00	126,20	132,80	144,00
Faz. Sta. Rita	41,60	54,60	66,60	73,90	79,90	94,50	101,70	107,00	112,60	122,00	131,00
Natividade	51,50	67,60	82,40	91,40	98,80	116,80	125,80	132,30	139,20	150,90	162,00
Pindorama	47,00	61,70	75,20	83,40	90,10	106,60	114,80	120,70	127,10	137,70	147,90
Porto Alegre	40,30	52,80	64,40	71,40	77,20	91,30	98,30	103,40	108,80	118,00	126,60
Rio da Palma	40,10	52,70	64,20	71,20	77,00	91,00	98,10	103,10	108,50	117,60	126,30
Relação Máx/Mín.*	1,75	1,39	1,30	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29
Média	43,90	58,60	72,00	80,50	87,30	102,30	111,20	117,20	123,40	133,30	143,30

* Relação entre os valores extremos de intensidade de precipitação pluvial máxima entre as localidades para cada duração. Fonte: Os autores (2019)

É importante destacar que as intensidades das chuvas com duração entre 10 e 1440 minutos foram obtidas com base nas séries históricas de precipitação máxima diária anual (cuja extensão encontra-se descrita nas Tabelas 1 e 2). Também deve-se destacar que, por meio da Equação 3, foram determinadas as intensidades das precipitações em mm h⁻¹.

Considerando os valores máximos, a estação de Conceição do Tocantins (série com 27 anos) apresentou os maiores valores de intensidade máxima média de precipitação pluvial também para todas as durações. Deve-se enfatizar que estas duas estações estão localizadas no mesmo município (Conceição do Tocantins) e que as disparidades podem ser explicadas pela

variação da altimetria e outras características do relevo. Esta constatação fica ainda mais evidente se observadas as intensidades para a estação de Natividade, não necessariamente em função da altitude, mas sim pela forma do relevo, que proporciona a ocorrência de chuvas decorrentes do efeito orográfico, que pode influenciar na intensidade das chuvas.

A observação dos dados referentes às relações obtidas entre as diferentes estações no sudeste do estado, para os valores extremos de intensidade máxima média de precipitação pluvial, para cada duração, revela tendência de valores crescentes com a redução na duração de precipitação pluvial. O contrário ocorreu nos estudos de Silva *et al.* (2003) sobre as equações de chuvas intensas para todo o estado do Tocantins, em que os autores constaram que a tendência de valores crescentes ocorria com o aumento na duração da precipitação. Esta diferença pode ser explicada uma vez que neste estudo as estações estão todas localizadas na região sudeste do estado, onde as condições climáticas são mais homogêneas. Porém, este trabalho corrobora os estudos de Silva Neto e Viola (2017), nos quais foram encontrados valores semelhantes para a região sudeste da Bacia Hidrográfica do Rio Manuel Alves da Natividade, situada na região sudeste do estado do Tocantins.

Considerando apenas as informações da última linha da Tabela 3, é possível observar que a média das intensidades das chuvas para cada uma das durações variou de 43,95 a 143,33 mm h⁻¹, sendo assim possível observar que à medida que aumenta o tempo de retorno aumentam também os valores das médias.

As regiões onde se encontram as estações Conceição e Natividade devem ter maiores cuidados com relação ao preparo e conservação do solo, devido à intensidade da chuva crítica para a duração de 1440 minutos: 163,9 e 162 mm h⁻¹, respectivamente.

Silva Neto *et al.* (2020, p. 9), considerando a intensidade de chuvas para todo o Tocantins, afirmam que “as regiões sudeste e centro-oeste apresentaram as menores intensidades, mas que entretanto, são elevadas quando comparadas a outras regiões brasileiras”.

No âmbito dos estudos sobre erosividade das chuvas, deve-se destacar as intensidades obtidas para a duração de 30 minutos, sendo esta considerada para a composição do Fator R, da erosividade das chuvas (Ei30), que compõe a Equação Universal de Perda do Solo – EUPS. Estudos realizados por Viola *et al.* (2014) apontaram valores intermediários para erosividade das chuvas na região sudeste do Tocantins, podendo chegar a até 12.000 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ por ano. Silva Neto *et al.* (2020), em estudos sobre a distribuição espacial da erosividade das chuvas na Bacia do Rio Manuel Alves da Natividade, localizada também na região sudeste do Tocantins, afirmaram que “é importante destacar que a erosividade está intrinsecamente ligada à intensidade das chuvas, portanto, na medida em que a relação intensidade-duração-frequência da chuva aumenta, maior será o potencial erosivo da precipitação pluvial” (SILVA NETO *et al.*, 2020, p. 171). Os autores determinaram erosividade anual na referida bacia entre 8.332 e 14.403 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ por ano, afirmando que a erosividade tanto mensal quanto anual é classificada entre moderada e forte.

A partir dos resultados obtidos no que se refere à intensidade das chuvas no sudeste do Tocantins, é possível, a partir de estudos futuros, a espacialização destes valores, adotando-se métodos semelhantes ao utilizado no presente estudo, como o que foi realizado por Santos *et al.* (2009) para o estado de Mato Grosso do Sul, Souza *et al.* (2012) para o estado do Pará, Mello e Viola (2013) para o estado de Minas Gerais, e Silva Neto *et al.* (2020) para todo o estado do Tocantins.

Conclusões

Os parâmetros das equações intensidade-duração-frequência obtidos com base nas séries históricas de precipitação máxima diária anual foram ajustados para dez estações pluviométricas localizadas no sudeste do Tocantins.

Para todas as equações foram verificados ajustes adequados, com valores R^2 acima de 0,990.

Com base no teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov a um nível de significância de 5%, o modelo de distribuição de Gumbel mostrou-se adequado para representar as estimativas dos valores de precipitação máxima para todos os municípios trabalhados.

Agradecimentos

À Agência Nacional de Águas (ANA) pela disponibilização de séries hidrológicas, e ao Instituto Federal do Tocantins pela concessão de bolsa à primeira autora, por meio do Edital nº 32/2017/REI/IFTO, de 27 de junho de 2017.

Referências

ANA. Agência Nacional das Águas. Hidroweb. Sistema de informações hidrológicas. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em: 10 maio 2017.

BACK, Á.J.; OLIVEIRA, J.L.R.; HENN, A. Relações entre precipitações intensas de diferentes durações para desagregação da chuva diária em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 391-398, 2012.

BARRETO, H. B. F.; PEREIRA, G. M.; BARRETO, F. P.; CHAVES FREIRE, F. G.; MAIA, P. D. M. E. Relação intensidade-duração-frequência para precipitação extrema em Mossoró-Rn. **Global Science and Technology**, v. 7, n. 3, p. 103-109, 2015.

BESKOW, S.; MELLO, C. R. D.; COELHO, G.; SILVA, A. M. D.; VIOLA, M. R. Estimativa do escoamento superficial em uma bacia hidrográfica com base em modelagem dinâmica e distribuída. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 169-178, 2009.

CETESB. **Drenagem Urbana**: manual de projetos. São Paulo: DAEE/CETESB, 1980. 466 p.

FECHINE SOBRINHO, V.; RODRIGUES, J. O.; MENDONÇA, L. A.; DE ANDRADE, E. M.; TAVARES, P. R. Desenvolvimento de equações Intensidade-Duração-Frequência sem dados pluviográficos em regiões semiáridas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 7, p. 727-734, 2014.

GARCIA, S. S.; AMORIM, R. S.; COUTO, E. G.; STOPA, W. H. Determinação da equação intensidade-duração-frequência para três estações meteorológicas do Estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 575-581, 2011.

MELLO, C. R.; SILVA, A. M. **Hidrologia**: Princípios e aplicações em sistemas agrícolas. Lavras: Ed. UFLA, 2013. 455 p.

MELLO, C. R. D.; SÁ, M. A. C.; CURI, N.; DE MELLO, J. M.; VIOLA, M. R.; DA SILVA, A. M. Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 4, p. 537-545, 2007.

MELLO, C. R. D.; VIOLA, M. R. Mapeamento de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 37-44, 2013.

PFAFSTETTER, O. **Chuvas intensas no Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Viação e Obras públicas; DNOS, 1957. 420 p.

- SANTOS, D. L.; PALÁCIO, H. A. D. Q.; MOURA, M. M. S.; FILHO, J. C. R.; COSTA, G. B. R. Determinação das equações de intensidade, duração e frequência de precipitação para cidades do sudeste do estado do Ceará. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 2, p. 16-30, 2019.
- SANTOS, G. G.; FIGUEIREDO, C. C. D.; OLIVEIRA, L. F. C. D.; GRIEBELER, N. P. Intensidade-duração-frequência de chuvas para o Estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 899-905, 2009. Suplemento.
- SEPLAN. Secretária de Planejamento. **Atlas do Tocantins: Subsídios ao Planejamento da Gestão Territorial**. Superintendência de Planejamento e Gestão central de Políticas Públicas. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico - DZE. Organizado por BORGES, R.S.T.; DIAS, R.R.; SOUSA, P.A.B. 6. ed. rev. atual. Palmas: Seplan, 2012. 80 p.
- SILVA, C. B.; OLIVEIRA, L. F. C. Relação intensidade-duração-frequência de chuvas extremas na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, p. 267-283, 2017.
- SILVA, D. D.; PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; RODRIGUES, R.; FILHO, G.; LANA, Â. M. Q.; BAENA, L. G. N. Equações de Intensidade-duração-frequência da precipitação pluvial para o Estado do Tocantins. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 11, n. 4, p. 7-14, 2003.
- SILVA NETO, V. L.; BATISTA, E. D.; JUNIOR, W. B. L.; FABRIS, Z. V.; RODRIGUES, P. J. A. W. Distribuição espacial da erosividade das chuvas na bacia do rio Manuel Alves da Natividade, Tocantins. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 161-175, 2020.
- SILVA NETO, V. L.; VIOLA, M. R. Heavy rainfall equations for the Manuel Alves da Natividade river watershed, TO. **Científica Journal of Agrarians Sciences**, v. 45, n. 4, p. 33-339, 2017.
- SILVA NETO, V. L.; VIOLA, M. R.; MELLO, C. R.; ALVES, M. V. G.; SILVA, D. D.; PEREIRA, S. B. Mapeamento de Chuvas Intensas para o Estado do Tocantins. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 1, p. 1-11, 2020.
- SILVA NETO, V. L.; VIOLA, M. R.; RÊGO, P. L.; OLIVEIRA, A. L. D.; SILVA, L. L. D. Relação Intensidade-Duração-Frequência (IDF) Para Precipitação Extrema em Guaraí-TO. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, p. 1146-1154, 2016.
- SILVA NETO, V. L.; VIOLA, M. R.; SILVA, D. D.; MELLO, C. R.; PEREIRA, S. B.; GIONGO, M. Daily rainfall disaggregation for Tocantins State, Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 4, p. 605-617, 2017.
- SOUZA, R.O.R.M. et al. Equações de chuvas intensas para o estado do Pará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 9, p. 999-1005, 2012.
- TUCCI, C. E. M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS; ABRH, 2009. 943 p.
- VIEIRA, S.; LOMBARDI NETO, F.; BURROWS, I. Mapeamento da chuva diária máxima provável para o estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, n. 1, p. 93-98, 1991.

VIOLA, M. R.; AVANZI, J. C.; MELLO, C. R. D.; LIMA, S. D. O.; ALVES, M. V. G.
Distribuição e potencial erosivo das chuvas no Estado do Tocantins. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 125-135, 2014.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Manual on Estimation of Probable Maximum Precipitation - PMP**. Geneva: 2009. 291 p.