Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology

OPEN ACCESS

DOI: 10.5380/abclima

DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE PARA INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA NO ESTADO DE MATO GROSSO

PROBABILITY DISTRIBUTIONS FOR MAXIMUM RAINFALL IN THE STATE OF MATO GROSSO

DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD PARA PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN EL ESTADO DE MATO GROSSO

Marlus Sabino
Universidade Federal de Mato Grosso
marlussabino@gmail.com

Adilson Pacheco de Souza
Universidade Federal de Mato Grosso
pachecoufmt@gmail.com

Eduardo Morgan Uliana
Universidade Federal de Mato Grosso
morganuliana@gmail.com

Frederico Terra de Almeida
Universidade Federal de Mato Grosso
fredterr@gmail.com

Luana Lisboa
Companhia Nacional de Recursos Minerais
luana.lisboa@cprm.gov.br

Cornélio Alberto Zolin
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
cornelio.zolin@embrapa.br

Resumo: Este trabalho tem por objetivo verificar quais funções de distribuição de probabilidade teóricas (FDP) apresentam melhores ajustes à intensidade de precipitação máxima anual de diferentes

durações, em 14 estações pluviográficas do Estado de Mato Grosso. Inicialmente foram construídas as séries anuais de intensidade máxima de chuva com duração de 10 a 360 min, pela leitura de pluviogramas das estações da Rede Hidrometeorológica Nacional (CPRM/ANA) presentes no estado. A partir das séries anuais foram ajustados os parâmetros de 7 modelos de distribuição de probabilidade (Gama, Generalizada de Valores Extremos, Generalizada de Pareto, Gumbel, LogNormal, Pearson 5 e Weibull) pelo método da máxima verossimilhança (MV). A aderência da FDP acumulada às séries de precipitação anual, assim como, o ranqueamento dos melhores ajustes, foram realizados pelo teste de Kolmogorov-Smirnov a 20% de significância. As funções de distribuição acumulada Generalizada de Valores Extremos (GEV) e Generalizada de Pareto apresentaram os melhores resultados de ajuste para todas as estações pluviográficas estudadas, sendo a GEV a única que apresentou ajuste em todas as estações e durações de chuva. As distribuições Gumbel, Gama e Pearson 5 apresentaram os piores desempenhos estatísticos, não tendo ajustes significativos ($\alpha > 0.2$) em 17%, 15% e 13% dos casos, respectivamente. Conclui-se que a função de distribuição de probabilidade teórica Generalizada de Valores Extremos (GEV) apresenta melhor aderência aos dados de intensidade de precipitação máxima para aplicações hidrometeorológicas no Estado de Mato Grosso.

Palavras-chave: Funções de probabilidade. Generalizada de Valores Extremos. Intensidade-duração-frequência. Chuva de projeto.

Abstract: This work aims to analyze which theoretical probability distributions functions (PDF) have better adjustments to the maximum annual precipitation of different durations in 14 pluviographic stations in the State of Mato Grosso. Initially, annual series of maximum rainfall intensity lasting from 10 to 360 min were assembled by reading the pluviographic data from the stations of the National Hydrometeorological Network (CPRM/ANA) present in the State. From the annual series, 7 probability distribution models (Gamma, Generalized of Extreme Values, Generalized of Pareto, Gumbel, Lognormal, Pearson 5 and Weibull) were adjusted by the method of maximum likelihood estimation (MLE). The adherence of the PDF to the annual precipitation series, as well as the ranking of the best adjustments were verified by the Kolmogorov-Smirnov test at 20% significance. The functions Generalized of Extreme Values (GEV) and Generalized of Pareto presented the best adjustment results in all rain stations in the state, with GEV being the only one that presented adjustment in all stations and rainfall durations, considering the significance value (α: 0.2). The Gumbel, Gamma and Pearson 5 distributions had the worst ranks, with no significant adjustments (α> 0.2) in 17%, 15% and 13% of the cases, respectively. It is concluded that the Theoretical Probability Distribution Function Generalized of Extreme Values (GEV) is the one that presents the best adherence to the data of maximum precipitation intensity in the rainfall stations of the State of Mato Grosso.

Keywords: Probability functions. Generalized Extreme Values. Intensity-duration-frequency. Project Rain.

Resumen: Este trabajo tiene como objetivo verificar qué funciones de distribución de probabilidad teórica (FDP) tienen mejores ajustes a la precipitación anual máxima de diferentes duraciones, en 14 estaciones pluviográficas en el estado de Mato Grosso. Inicialmente, se construyeron series anuales de intensidad de lluvia máxima de 10 a 360 min, leyendo datos pluviográficos de las estaciones de la Red Hidrometeorológica Nacional (CPRM/ANA) presentes en el Estado. De la serie anual, 7 modelos de distribución de probabilidad (Gamma, Generalizada de valores extremos, Generalizada de Pareto, Gumbel, Lognormal, Pearson 5 y Weibull) se ajustaron por el método de máxima verosimilitud (MV). La adhesión del FDP a la serie de precipitación anual, así como la clasificación de los mejores ajustes, se realizaron mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov con un 20% de significación. Las funciones de Distribución Generalizada de Valores Extremos (GEV) y Generalizada de Pareto presentaron los mejores resultados de ajuste en todas las estaciones de lluvia en el estado, siendo GEV el único que presentó ajustes en todas las estaciones y duraciones de lluvia considerando el valor de significancia (α: 0.2). Las distribuciones Gumbel, Gamma y Pearson 5 mostraron los peores resultados estadísticos,

sin ajustes significativos (α> 0.2) en el 17%, 15% y 13% de los casos, respectivamente. Concluimos que la función de distribución de probabilidad teórica generalizada de valores extremos (GEV) presenta una mejor adherencia a los datos de intensidad máxima de precipitación para aplicaciones hidrometeorológicas en el estado de Mato Grosso.

Palabras-clave: Funciones de probabilidad. Generalizado de valores extremos. Intensidad-duración-frecuencia. Proyecto lluvia.

Submetido em: 03/08/2020
Aceito para publicação em: 16/08/2021
Publicado em: 22/09/2021

INTRODUÇÃO

As chuvas intensas são caracterizadas por apresentar grandes lâminas d'água precipitada durante um pequeno intervalo de tempo, e que, frequentemente, geram volumes significativos de escoamento superficial e podem provocar danos socioeconômicos, prejuízos ambientais, além de riscos a vida (SANTOS *et al*., 2010; PEREIRA *et al*., 2017). Contudo, ressalta-se que esse conceito depende da finalidade do estudo, visto que chuvas com baixa intensidade para uma obra de macrodrenagem, podem ser consideradas como de alta intensidade em estudos de erosão hídrica para alguns tipos de solo em função do manejo, uso e ocupação.

A caracterização da variabilidade temporal da precipitação pluvial máxima permite estimar a intensidade máxima de chuva esperada em um determinado período de tempo, e possui inúmeras aplicações, como no dimensionamento de obras hidráulicas urbanas e/ou rurais, tais quais como vertedouros de barragens, canais de terraços, drenagem agrícola, urbana e rodoviária, desvio de cursos d'água, práticas mecânicas de controle de erosão hídrica, dentre outros (GARCIA *et al*., 2011; QUADROS *et al*., 2011).

Uma vez que a magnitude exata de um evento de precipitação pluvial em anos futuros não pode ser prevista, na sua caracterização temporal é comum recorrer-se ao uso de modelos de probabilidade, como a análise de frequência, a qual supõem que as precipitações observadas durante um determinado período podem ser associadas a uma probabilidade de ocorrência em um período futuro de grandezas similares, isto é, há uma expectativa de repetição do evento (CHOW *et al*., 1988; NAGHETTINI; PINTO, 2007). Dessa maneira, a análise de frequência fornece uma boa estimativa da probabilidade de um evento ser igualado ou superado, pelo menos uma vez, dentro do período de retorno menor ou igual ao de anos da série.

Entretanto, no cenário brasileiro, especialmente no bioma Amazônico e suas transições com outros biomas ainda existe escassez de informações que permitam caracterizar as chuvas intensas, decorrentes da baixa densidade da rede de pluviógrafos e do pequeno período de observações disponível (SILVA *et al.*, 2002; BACK, 2006). O Mato Grosso inclui-se nesse contexto, visto que, apesar de apresentar nas últimas décadas um intenso processo de mudanças do uso e ocupação do solo como a crescente urbanização, expansão das fronteiras agrícolas e implantação de usinas hidroelétricas, estudos que caracterizam a

distribuição de probabilidade de eventos extremos de precipitação ainda limitam-se a séries de dados de chuvas diárias, ou obtidas por métodos de desagregação e/ou a pesquisas pontuais com apenas um posto pluviográfico (MARTINS *et al*., 2010; MOREIRA *et al*., 2010; CASTRO *et al*., 2011; FIETZ *et al*., 2010; GARCIA *et al*., 2011; PIZZATO *et al*., 2012; BATISTÃO *et al*., 2014; MOSSINI JUNIOR *et al*., 2016).

Na determinação da probabilidade de ocorrência de chuvas de magnitude superiores aos contidos numa dada série, e/ou de eventos com período de retorno maior do que os anos de dados da série, é necessário a obtenção do padrão completo de variabilidade da precipitação pelo uso de tratamentos estatísticos mais complexos do que a análise de frequências, como é o caso das funções teóricas de distribuição de probabilidade (FDP) (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

Com o avanço das tecnologias computacionais, vários modelos de funções de distribuição de probabilidade e métodos para estimar seus parâmetros foram propostos, sendo as mais comuns no estudo de precipitações intensas as de Gama, Generalizada de Valores Extremos, Generalizada de Pareto, Gumbel, Log Normal, Pearson 5 e Weibull (SILVA et al., 2002; BACK, 2006; RODRIGUES et al., 2008; SANSIGOLO, 2008; QUADROS et al., 2011; ALVES et al., 2013; SANTOS; ALBUQUERQUE, 2016). Contudo, antes de se adotar um modelo de FDP para explicar um evento, é necessário verificar a aderência da distribuição ao conjunto de dados em análise por meio de testes estatísticos, como o teste de Kolmogorov-Smirnov, que avaliam os desvios entre a distribuição amostral e a teórica (BACK, 2001).

Portanto, o objetivo deste trabalho é verificar a aderência das distribuições teóricas de probabilidade Gama, Generalizada de Valores Extremos, Generalizada de Pareto, Gumbel, Lognormal, Pearson 5 e Weibull aos dados de intensidade de chuvas intensas em diferentes durações de chuva (10 a 360 min), para estações pluviográficas no estado de Mato Grosso.

MATERIAIS E MÉTODOS

Região de estudo

O Estado de Mato Grosso está localizado entre as latitudes 06°00' S e 19°45' S e longitudes 50°06' W e 62°45' W, apresentando grande extensão territorial com área de aproximadamente 903.207.019 km^2, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e

Estatística (IBGE, 2019). Climaticamente, segundo classificação de Köppen, o estado é dividido em Aw (clima de savana tropical) e Cwa (clima tropical) apresentando ainda duas estações bem definidas: período chuvoso, de outubro a abril e período seco, de maio a setembro, com temperaturas médias mensais variando de 23,0 °C a 26,8 °C (SOUZA *et al.*, 2013). A precipitação anual total no estado varia de 1200 a 2000 mm, com níveis mais altos no norte, leste-norte e em regiões com altitudes próximas a 800 m.

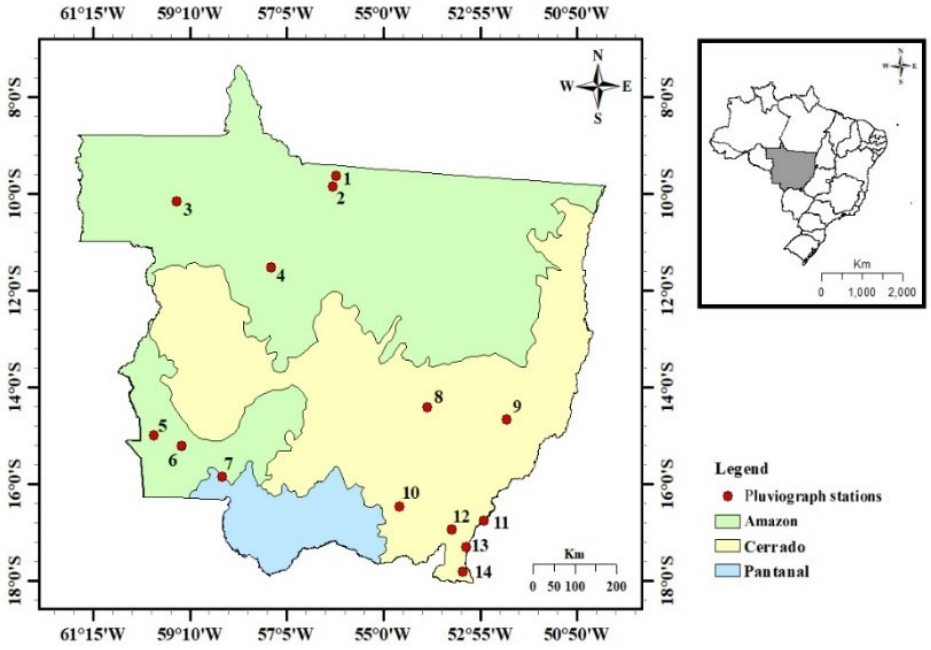
Os dados de precipitação utilizados no estudo foram obtidos de pluviógrafos pertencentes a Rede Hidrometeorológica Nacional (CPRM/ANA), localizados em 14 municípios (Tabela 1), dos quais, 4 estão inseridos no Bioma Amazônia (Mesorregião Norte), 3 na transição dos biomas Cerrado-Amazônia (Mesorregião Sudoeste) e 7 no bioma Cerrado (Mesorregião Sudeste) (IBGE, 2013) (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Tabela 1 - Estações pluviográficas, pertencentes a Rede Hidrometeorológica Nacional (CPRM/ANA), utilizadas no estudo, localizados no Mato Grosso, Brasil.

Estação	Código ANA	Lati-tude	Longi-tude	Altitude	Mesorre-gião	Período de observação
01 - Jusante Foz Peixoto de Azevedo	00956001	-9,64	-56,02	290	Norte	2002-2012
02 - Alta Floresta	00956000	-9,87	-56,10	400	Norte	2000-2010
03 - Humboldt	01059000	-10,18	-59,45	242	Norte	2002-2012
04 - Porto dos Gaúchos	01157000	-11,54	-57,42	260	Norte	2000-2011
05 - Mato Grosso	01559006	-15,01	-59,95	209	Sudoeste	2002-2012
06 - Pontes e Lacerda	01559000	-15,22	-59,35	236	Sudoeste	2001-2010
07 - Porto Esperidião	01558005	-15,85	-58,47	166	Sudoeste	2001-2010
08 – Paranatinga	01454000	-14,42	-54,05	484	Sudeste	2000-2010
09 – Xavantina	01452000	-14,67	-52,35	263	Sudeste	2001-2010
10 – Rondonópolis	01654000	-16,47	-54,66	220	Sudeste	2000-2010
11 - Ponte Branca	01652001	-16,77	-52,84	380	Sudeste	2000-2012
12 - Alto Garças	01653004	-16,94	-53,53	564	Sudeste	2000-2012
13 - Alto Araguaia	01753000	-17,30	-53,22	659	Sudeste	2000-2012
14 - Fazenda Taquari	01853000	-17,81	-53,29	845	Sudeste	2000-2012

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Figura 1 - Biomas do Estado de Mato Grosso, Brasil e localização das estações pluviográficas avaliadas. Identificação numérica de acordo com a Tabela 1.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Processamentos dos dados

A leitura dos pluviógrafos foi realizada previamente no estudo de Sabino *et al*. (2020) com o uso do sistema de digitalização de pluviogramas (HidroGraph 1.02) desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Para cada estação foram extraídas dos pluviogramas as alturas precipitadas máximas anuais, para as durações de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180, 240 e 360 minutos, utilizadas na construção de séries anuais de valores extremos. As precipitações com durações superiores a 360 minutos não foram utilizadas nesse estudo devido à baixa frequência de ocorrência, com apenas 7 eventos registrados no estado no período avaliado por Sabino *et al*. (2020).

Ajustes dos parâmetros das distribuições de probabilidade teóricas

Para cada série anual de chuvas intensas foram ajustados os parâmetros das 7 distribuições de probabilidade teóricas avaliadas neste estudo (Tabela 2). Foi empregado o método da máxima verossimilhança (MV) na estimativa dos parâmetros das FDPs e verificada a aderência dos ajustes pelo teste de Kolmogorov-Smirnov a 20% de probabilidade ($\alpha = 0.2$).

Tabela 2 - Funções de probabilidade e seus respectivos parâmetros de ajuste.

Distribuição	Função de densidade de probabilidade	Função de distribuição acumulada	Parâmetros
Gama	$f(x)=\frac{x^{\alpha-1}}{\beta^{\alpha}\Gamma_{(\alpha)}}\exp(-x/\beta)$	$F(x)=\frac{\Gamma_{x/\beta}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)}$	α – parâmetro contínuo de forma (α > 0); β – parâmetro contínuo de escala (β > 0); Γ – função Gama
Generalizada de Valores Extremos - GEV	$f(x)=\frac{1}{\sigma}^{\left(-(1+kz)^{-1/k}\right)}(1+kz)^{-1-1/k}$	$F(x)=\exp\left(-(1+kz)^{-1/k}\right)$	*k*– parâmetro contínuo de forma ($k \neq 0$); σ – Parâmetro contínuo de escala (σ > 0); μ – parâmetro contínuo de localização. $z\equiv (x-\mu)/\sigma$ $1+k((x-\mu)/\sigma)>0$
Generalizada de Pareto ($k \neq 0$)	$f(x)=\frac{1}{\sigma}\left(1+k\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^{-1-1/k}$	$F(x)=1-\left(1+k\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^{-1/k}$	*k* – parâmetro contínuo de forma; σ – parâmetro contínuo de escala (σ > 0); μ – parâmetro contínuo de localização. $\mu \leq x < +\infty$ (Quando $k \geq 0$) $\mu \leq x \leq \mu - \sigma/k$ (Quando $k \geq 0$)
Generalizada de Pareto ($k = 0$)	$f(x)=\frac{1}{\sigma}\exp p\left(-\frac{x-\mu}{\sigma}\right)$	$F(x)=1-\exp\left(-\frac{x-\mu}{\sigma}\right)$	
Gumbel	$f(x)=\frac{1}{\sigma}\exp\left\{\left(-\frac{x-\mu}{\sigma}\right)-\exp\left(-\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right\}$	$F(x)=exp^{-\exp\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)}$	σ – parâmetro contínuo de escala (σ > 0); μ – parâmetro contínuo de localização.
Lognormal	$f(x)=\frac{\exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x-\mu}{\sigma}\right)^2\right)}{x\,\sigma\sqrt{2\pi}}$	$F(x)=\Phi\left(\frac{\ln x-\mu}{\sigma}\right)$	σ – parâmetro contínuo (σ > 0); μ – Parâmetro contínuo; Φ – integral de Laplace.
Pearson 5	$f(x)=\frac{\exp(-\beta/x)}{\beta\,\Gamma(\alpha)\,(x/\beta)^{\alpha_1+1}}$	$F(x)=1-\frac{\Gamma_{\beta/x}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)}$	α – parâmetro contínuo de forma (α > 0); β – parâmetro contínuo de escala (β > 0)
Weibull	$f(x)=\frac{\alpha}{\beta}\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1}\exp\left(-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha}\right)$	$F(x)=1-\exp\left(-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha}\right)$	α – parâmetro contínuo de forma (α > 0); β – parâmetro contínuo de escala (β > 0)

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

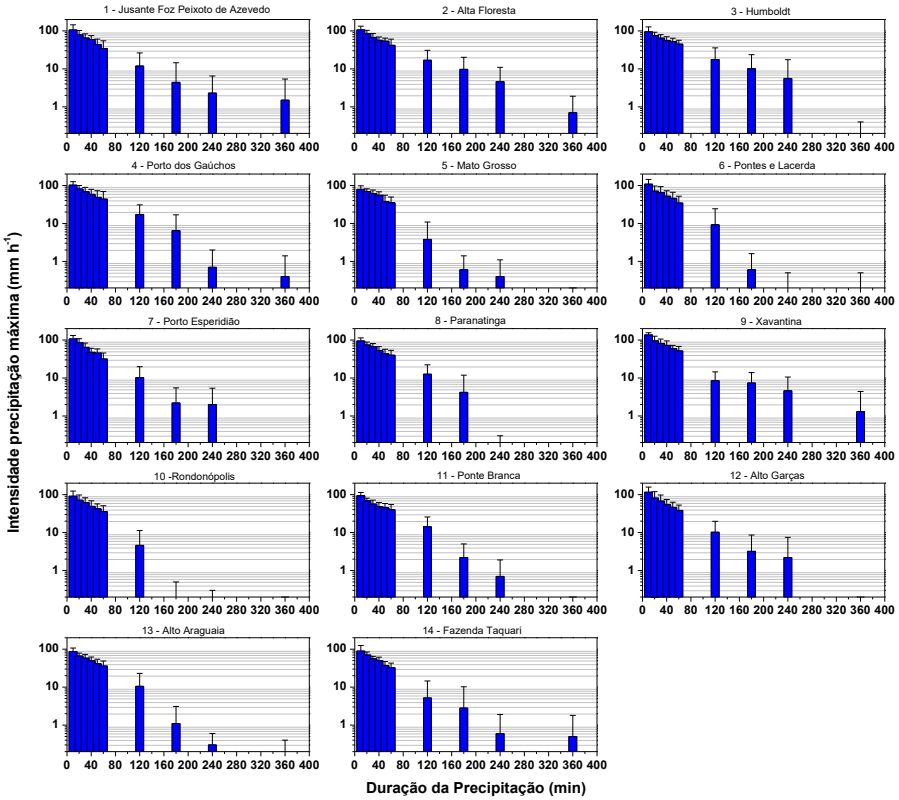
O teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov é baseado na maior diferença, em valor absoluto, entre as probabilidades acumuladas teóricas e empíricas. O desvio absoluto máximo entre as frequências teóricas e as observadas é comparado a um valor crítico tabelado, que depende do tamanho da amostra e do nível de significância (α). Se o erro absoluto máximo for inferior ao valor crítico tabelado, significa que a hipótese H_0 é aceita, ou seja, a distribuição de probabilidade avaliada se adere a série de dados (BACK, 2001). Diferente dos testes de médias em que geralmente são adotados baixos níveis de significância (0,01 a 0,05), nos testes de aderência, ao aumentar o valor do nível de significância há uma redução do valor crítico tornando os resultados mais confiáveis (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

Após as séries de dados de chuvas intensas de diferentes durações serem ajustadas às distribuições de probabilidade teóricas, avaliou-se qual FDP apresentou melhor ajuste pela análise dos resultados de p-valor. Cada FDP foi então ranqueada de forma que, em cada estação pluviográfica, a distribuição com os maiores p-valores nas diferentes durações de chuva recebesse ranque = 1 e a com os menores ranque = 7. Esse ranqueamento foi adotado pois ao se analisar o teste de aderência, caso o valor-p seja menor ou igual ao nível de significância, a hipótese H0 é rejeitada, ou seja, a distribuição de probabilidade não se adere a série de dados. Assim, um valor-p maior representa menores probabilidades de rejeição da hipótese H0 e maior confiabilidade do teste.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias e os desvios-padrão das séries anuais de intensidades máximas de precipitação pluvial correspondentes às durações 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180, 240 e 360 minutos, para as estações do Estado de Mato Grosso, estão apresentadas na Figura 2**Erro! F onte de referência não encontrada.**. As intensidades de precipitação máxima tenderam a ser superiores na Mesorregião Norte do Estado, com médias variando de 102,4 mm h^{-1}, para duração de 10 min, a 0,7 mm h^{-1}, nas chuvas de duração de 360 min. As estações localizadas nas Mesorregiões Sudoeste e Sudeste apresentaram médias das intensidades máximas de chuva próximas, com valores variando de 97,8 e 98,8 mm h^{-1} (10 min) a 0,1 e 0,3 mm h^{-1} (360 min), respectivamente.

Figura 2 - Médias e desvios padrão das intensidades de precipitação máxima nas estações pluviográficas do Estado de Mato Grosso.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Esses resultados corroboram com o trabalho de Marcuzzo *et al*. (2011) que demonstram maiores índices pluviométricos no Bioma Amazônia, localizado ao norte do estado, em relação as demais fitofisionomias ao sul do Mato Grosso. O decréscimo da intensidade de precipitação, assim como o aumento dos desvios-padrão, em chuvas de maior duração também foi observado nos trabalhos de Moruzzi e Oliveira (2009); Castro *et al*. (2011) e Silva e Oliveira (2017), sendo considerado como um comportamento característico das chuvas (VILLELA; MATTOS, 1975).

Os resultados de p-valor e ranqueamento dos ajustes das distribuições de probabilidade às intensidades de precipitação de diferentes durações estão apresentados na Tabela 3. Dentre as distribuições ajustadas apenas a distribuição Generalizada de Valores Extremos (GEV) apresentou aderência a série de dados (α =0.2) em todas as estações na Mesorregião Norte (Bioma Amazônia, estações 1 a 4) e Mesorregião Sudoeste (Ecótono dos Biomas Matogrossense, estações 5 a 7). Na Mesorregião Sudeste (Bioma Cerrado, estações 8 a 14) apenas as distribuições Generalizada de Valores Extremos (GEV) e Generalizada de

Pareto apresentaram ajuste significativo em todas as estações nas diferentes durações de precipitação (Tabela 3).

Tabela 3 - Resultados dos p-valores e ranqueamento do ajuste das distribuições de probabilidade da intensidade de precipitação máxima de diferentes durações de chuva, nas estações pluviográficas do Estado de Mato Grosso, Brasil.

Distribuição	Duração da Chuva (min)										Rank
	10	20	30	40	50	60	120	180	240	360	
1. Jusante Peixoto de Azevedo											
Gama	0,84	0,84	0,79	0,95	0,46	0,57	0,25	0,11*	0,78	-	6
GEV	0,94	0,91	0,87	0,91	0,92	0,92	0,40	0,81	0,62	0,90	1
Gen. Pareto	0,87	0,88	0,94	0,76	0,83	0,96	0,59	0,74	0,55	0,88	2
Gumbel	0,73	0,86	0,63	0,91	0,40	0,60	0,43	-	0,19*	-	7
Lognormal	0,75	0,82	0,71	0,95	0,23	0,43	0,47	0,91	0,87	0,85	3
Pearson 5	0,64	0,85	0,67	0,90	0,12*	0,32	0,43	0,98	0,94	0,76	5
Weibull	0,77	0,72	0,58	0,78	0,28	0,54	0,58	0,88	0,89	0,91	4
2. Alta Floresta											
Gama	0,93	0,73	0,95	0,77	0,91	0,24	0,23	0,34	0,40	0,29	3
GEV	0,84	0,93	0,91	0,89	0,99	0,89	0,67	0,82	0,44	0,70	1
Gen. Pareto	0,73	0,77	0,73	0,67	0,99	0,46	0,88	0,78	0,59	0,54	2
Gumbel	0,91	0,50	0,91	0,68	0,74	0,19*	0,44	0,69	0,40	0,15*	4
Lognormal	0,84	0,65	0,95	0,79	0,88	-	0,34	0,43	0,53	0,18*	6
Pearson 5	0,71	0,58	0,90	0,81	0,86	-	0,25	0,59	0,64	0,24	7
Weibull	0,57	0,60	0,79	0,82	0,94	0,16*	0,26	0,41	0,36	0,18*	5
3. Humboldt											
Gama	0,67	0,39	0,50	0,87	0,49	0,98	0,40	-	0,44	0,72	7
GEV	0,93	0,85	0,98	0,99	0,96	0,99	0,57	0,36	0,39	0,83	1
Gen. Pareto	0,77	0,81	0,93	0,92	0,64	0,98	0,73	0,52	0,36	0,86	2
Gumbel	0,55	0,25	0,32	0,75	0,36	0,90	0,46	0,46	0,12*	0,59	6
Lognormal	0,54	0,36	0,44	0,77	0,52	0,97	0,64	0,41	0,58	0,64	5
Pearson 5	0,43	0,33	0,37	0,65	0,52	0,91	0,47	0,58	0,96	0,66	4
Weibull	0,53	0,44	0,50	0,65	0,69	0,93	0,80	0,56	0,69	0,79	3
4. Porto dos Gaúchos											
Gama	0,87	0,58	0,29	0,95	0,29	0,47	0,13*	-	-	-	7
GEV	0,89	0,68	0,86	0,94	0,98	0,69	0,62	0,28	0,48	0,35	1
Gen. Pareto	0,75	0,42	0,82	0,91	0,95	0,42	0,82	-	0,31	0,31	4
Gumbel	0,66	0,37	0,52	0,90	0,96	0,51	0,32	-	-	-	6
Lognormal	0,79	0,52	0,60	0,83	0,80	0,20	0,12*	0,18	0,39	0,59	3
Pearson 5	0,71	0,47	0,55	0,82	0,56	-	-	0,49	0,61	0,63	5
Weibull	0,81	0,57	0,53	0,87	0,79	0,30	0,26	0,31	0,21	0,79	2
5. Mato Grosso											
Gama	0,76	0,70	0,69	0,81	0,44	0,42	0,85	0,95	0,18*	0,92	3
GEV	0,67	0,85	0,80	0,92	0,96	0,52	0,98	0,92	0,96	0,99	1
Gen. Pareto	0,51	0,87	0,70	0,81	0,82	0,35	0,96	0,91	0,89	0,96	2
Gumbel	0,91	0,54	0,66	0,80	0,40	0,38	0,67	0,54	0,17*	0,46	4
Lognormal	0,85	0,63	0,20	0,40	-	-	0,95	0,98	0,99	0,97	6
Pearson 5	0,92	0,56	-	0,19*	-	0,86	0,84	0,62	0,97	0,59	7
Weibull	0,81	0,60	0,16*	0,30	0,11*	-	0,94	0,92	0,97	0,87	5

*Significativo pelo teste de Kolmogorov Smirnov a 10% de probabilidade; (-) ajuste não significativo

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Tabela 3 - Resultados dos p-valores e ranqueamento do ajuste das distribuições de probabilidade da intensidade de precipitação máxima de diferentes durações de chuva, nas estações pluviográficas do Estado de Mato Grosso, Brasil (Continuação)...

Distribuição	Duração da Chuva (min)										Rank
	10	20	30	40	50	60	120	180	240	360	
6. Pontes e Lacerda											
Gama	0,98	0,94	0,98	0,98	0,99	0,80	0,65	0,13*	-	0,34	6
GEV	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,85	0,75	0,96	0,75	0,61	1
Gen. Pareto	0,86	0,81	0,90	0,96	0,99	0,84	0,63	0,95	0,73	0,50	4
Gumbel	0,98	0,87	0,99	0,97	0,99	0,79	0,29	0,20	-	0,14*	7
Lognormal	0,98	0,91	0,98	0,97	0,99	0,65	0,87	0,66	0,42	0,42	5
Pearson 5	0,97	0,89	0,91	0,99	0,99	0,50	0,83	0,93	0,70	0,70	2
Weibull	0,86	0,71	0,85	0,91	0,98	0,61	0,77	0,80	0,96	0,96	3
7. Porto Esperidião											
Gama	0,17*	0,36	0,38	0,62	0,57	0,15*	0,63	0,45	0,21	0,42	3
GEV	0,20	0,71	0,69	0,99	0,95	0,86	0,83	0,36	0,20	0,88	1
Gen. Pareto	0,15*	0,61	0,41	0,90	0,80	0,36	0,92	0,52	0,21	0,72	2
Gumbel	0,13*	0,52	0,32	0,47	0,51	0,12*	0,75	0,32	0,11*	0,32	6
Lognormal	0,18*	0,49	0,18*	0,47	0,30	0,15*	0,66	0,46	0,24	0,49	5
Pearson 5	0,14*	0,57	0,10*	0,29	0,18*	0,11*	0,39	0,82	0,52	0,68	4
Weibull	-	0,54	0,14*	0,31	0,24	0,21	0,75	0,70	0,32	0,64	7
8. Paranatinga											
Gama	0,50	0,49	0,31	0,32	0,79	0,83	0,67	0,49	0,76	0,81	4
GEV	0,63	0,74	0,53	0,59	0,75	0,88	0,98	0,32	0,85	0,95	1
Gen. Pareto	0,81	0,89	0,73	0,43	0,54	0,66	0,98	0,40	0,66	0,97	2
Gumbel	0,38	0,57	0,40	0,46	0,63	0,71	0,87	0,11*	0,54	0,80	6
Lognormal	0,46	0,43	0,44	0,33	0,63	0,78	0,38	0,64	0,84	0,64	5
Pearson 5	0,46	0,45	0,42	0,40	0,49	0,76	0,12*	0,30	0,60	0,54	7
Weibull	0,55	0,67	0,43	0,54	0,60	0,70	0,46	0,70	0,68	0,87	3
9. Xavantina											
Gama	0,90	0,81	0,51	0,96	0,76	0,89	0,80	0,70	0,28	0,17*	6
GEV	0,99	0,99	0,91	0,95	0,72	0,98	0,86	0,98	0,48	0,99	1
Gen. Pareto	0,86	0,89	0,75	0,98	0,48	0,98	0,88	0,96	0,66	0,98	2
Gumbel	0,73	0,69	0,40	0,90	0,57	0,78	0,78	0,92	0,41	0,15*	7
Lognormal	0,86	0,81	0,52	0,94	0,70	0,84	0,66	0,58	0,59	0,88	3
Pearson 5	0,86	0,68	0,52	0,94	0,64	0,78	0,67	0,37	0,60	0,99	5
Weibull	0,87	0,61	0,73	0,87	0,38	0,75	0,75	0,73	0,68	0,90	4
10. Rondonópolis											
Gama	0,72	0,73	0,90	0,18	0,47	0,56	0,97	0,93	0,96	0,79	2
GEV	0,90	0,77	0,98	0,39	0,87	0,89	0,90	0,81	0,94	0,81	1
Gen. Pareto	0,69	0,53	0,84	0,33	0,76	0,59	0,83	0,74	0,96	0,61	3
Gumbel	0,75	0,76	0,97	0,24	0,60	0,54	0,35	0,75	0,99	0,71	4
Lognormal	0,64	0,81	0,94	0,27	0,66	-	0,90	0,82	0,81	0,74	5
Pearson 5	0,71	0,72	0,98	0,36	0,75	-	0,42	0,48	0,51	0,46	7
Weibull	0,79	0,53	0,92	0,56	0,83	-	0,88	0,72	0,74	0,47	6
11. Ponte Branca											
Gama	0,32	0,66	0,67	0,80	0,48	0,29	0,68	0,11*	0,11*	0,80	5
GEV	0,75	0,87	0,76	0,99	0,91	0,85	0,81	0,23	0,20	0,94	1
Gen. Pareto	0,36	0,99	0,89	0,86	0,93	0,22	0,89	0,36	0,20	0,76	2
Gumbel	0,18*	0,51	0,62	0,62	0,33	0,32	0,44	0,24	-	0,76	7
Lognormal	0,26	0,62	0,68	0,75	0,39	0,45	0,84	0,17*	-	0,91	6
Pearson 5	0,21	0,62	0,72	0,70	0,31	0,28	0,95	0,18*	0,26	0,74	4
Weibull	0,33	0,67	0,66	0,83	0,47	0,35	0,84	0,48	0,13*	0,71	3

*Significativo pelo teste de Kolmogorov Smirnov a 10% de probabilidade; (-) ajuste não significativo

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Tabela 3 - Resultados dos p-valores e ranqueamento do ajuste das distribuições de probabilidade da intensidade de precipitação máxima de diferentes durações de chuva, nas estações pluviográficas do Estado de Mato Grosso, Brasil (Continuação)...

Distribuição	Duração da Chuva (min)										Rank
	10	20	30	40	50	60	120	180	240	360	
12. Alto Graça											
Gama	0,85	0,89	0,84	0,99	0,99	0,96	0,91	0,48	-	0,74	6
GEV	0,92	0,98	0,95	0,99	0,99	0,97	0,97	0,25	0,41	0,89	1
Gen. Pareto	0,89	0,98	0,96	0,95	0,94	0,99	0,98	0,38	0,31	0,94	2
Gumbel	0,80	0,85	0,77	0,97	0,99	0,96	0,97	0,16*	-	0,87	7
Lognormal	0,86	0,91	0,81	0,98	0,99	0,94	0,73	0,37	0,40	0,71	4
Pearson 5	0,85	0,90	0,72	0,91	0,99	0,93	0,28	0,66	0,57	0,77	5
Weibull	0,91	0,91	0,87	0,97	0,95	0,83	0,82	0,58	0,35	0,67	3
13. Alto Araguaia											
Gama	0,13*	0,43	0,94	0,54	0,99	0,78	0,36	0,14*	0,79	0,91	6
GEV	0,99	0,65	0,93	0,86	0,98	0,70	0,67	0,99	0,76	0,93	1
Gen. Pareto	0,99	0,42	0,87	0,69	0,83	0,55	0,72	0,95	0,92	0,96	2
Gumbel	0,81	0,56	0,87	0,42	0,99	0,74	0,55	0,13*	0,46	0,81	5
Lognormal	0,92	0,42	0,95	0,41	0,99	0,36	0,74	0,90	0,97	0,93	3
Pearson 5	0,88	0,46	0,89	0,30	0,96	0,17*	-	-	0,37	0,89	7
Weibull	0,93	0,52	0,97	0,36	0,84	0,34	0,82	0,50	0,91	0,92	4
14. Fazenda Taquari											
Gama	0,26	0,66	0,80	0,95	0,97	0,86	0,27	-	-	-	6
GEV	0,73	0,72	0,80	0,89	0,94	0,95	0,31	0,98	0,49	0,49	1
Gen. Pareto	0,62	0,85	0,63	0,77	0,76	0,80	0,28	0,98	0,43	0,42	5
Gumbel	0,28	0,61	0,83	0,85	0,96	0,94	0,13*	-	-	-	7
Lognormal	0,16*	0,62	0,87	0,93	0,98	0,96	0,33	0,76	0,63	0,31	4
Pearson 5	0,18*	0,64	0,89	0,87	0,95	0,97	0,12*	0,87	0,74	0,71	2
Weibull	0,30	0,61	0,81	0,73	0,87	0,70	0,30	0,92	0,88	0,76	3

*Significativo pelo teste de Kolmogorov Smirnov a 10% de probabilidade; (-) ajuste não significativo

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

A distribuição GEV foi a única a apresentar ajuste ($\alpha > 0,2$) em todas as estações avaliadas, obtendo, ainda, o primeiro ranque de classificação de ajuste por apresentar, em geral, os maiores resultados de p-valor. A distribuição com o segundo melhor ranque de ajuste foi a Generalizada de Pareto, contudo, a mesma não apresentou aderência para as intensidades de chuvas com duração de 180 min na estação Porto dos Gaúchos (4) e ajuste com $0,1 > \alpha < 0,2$ para as chuvas de 10 min na estação Porto Esperidião (7). As distribuições Gumbel, Gama e Pearson 5 proporcionaram, em geral, os piores ranques, apresentando, ajustes não significativos ($\alpha > 0,2$) em 17%, 15% e 13% dos casos, respectivamente.

Diversos trabalhos na literatura apontam as distribuições de Gumbel e Gama como capazes de gerar resultados mais eficazes no ajuste de eventos extremos de precipitação, podendo ser citados, para o Mato Grosso, os estudos em Nova Maringá (MOREIRA *et al.*, 2010); Tangará da Serra (MARTINS *et al.*, 2010); Cáceres (PIZZATO *et al.*, 2012); Juína (BATISTÃO *et al.*, 2014); Diamantino (RAMOS *et al.*, 2015) e Nova Mutum (MOSSINI JUNIOR *et*

al., 2016). Entretanto, nesse estudo, em nenhuma das estações pluviográficas avaliadas, as intensidades de precipitação com diferentes durações, estimadas pelas distribuições de Gumbel e Gama, apresentaram aderência.

A divergência dos resultados encontrados neste trabalho com os da literatura ocorre, pois, os estudos de ajustes de distribuição de probabilidade no Mato Grosso utilizam base de dados dos totais precipitados diários ou dos totais diários desagregados. Além disso, estudos com dados de precipitação em diferentes durações no Brasil utilizando a distribuição de Gumbel para estimativa do tempo de retorno testaram a aderência da série com significância, pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, de 10% (BACK, 2006), 5% (FIETZ *et al*., 2010; MARTINS *et al*., 2010; MOREIRA *et al*., 2010; BACK *et al*., 2011; ALVES *et al*., 2013) e em alguns casos 1% (OLIVEIRA *et al*., 2005; SANTOS *et al*., 2009; PEREIRA *et al*., 2017), enquanto, no presente estudo optou-se pela adoção de significância à 20%, considerado um valor mais rigoroso da avaliação.

A distribuição generalizada de valores extremos (GEV) nos últimos anos tem apresentado crescente aceitação para descrição e modelagem de uma extensa variedade de eventos extremos naturais como cheias, chuvas, velocidade do vento, temperaturas entre outros (MARTINS; STEDINGER, 2000; BAUTISTA *et al*., 2004; BEIJO *et al*., 2005; QUADROS *et al*., 2011). Sendo a utilização da distribuição GEV, desenvolvida por Jenkinson (1955), justificada por se tratar de uma família de distribuições, que inclui como casos particulares, os três tipos de distribuições assintóticas de Valores Extremos (VE), a tipo VEI de Gumbel, a tipo VEII de Fréchet e a tipo VEIII de Weibull, reduzindo, assim, os erros de subestimação ou superestimação que podem ocorrer quando essas distribuições são ajustadas de forma isolada (BAUTISTA, 2002; BAUTISTA *et al*., 2004).

Os resultados do ajuste dos parâmetros de forma (K), escala (σ) e posição (μ), da distribuição GEV estão apresentados na Tabela 4. A convergência assintótica da curva de distribuição GEV é verificada por meio do parâmetro de forma K, no qual: para $-0,04 \leq K \leq 0,04$ considera-se que o ajuste se aproxima consideravelmente da distribuição Gumbel; quando $K < -0,04$ a curva converge para o VEII, que corresponde a distribuição de Fréchet; e a VEIII, cuja curva se aproxima da distribuição de Weibull, ocorre quando $K > 0,04$ (QUADROS *et al*., 2011).

Tabela 4 - Valores dos parâmetros ajustados K, σ e μ, do modelo de distribuição teórico Generalizado de Valores Extremos para as estações pluviográficas do Estado de Mato Grosso, Brasil.

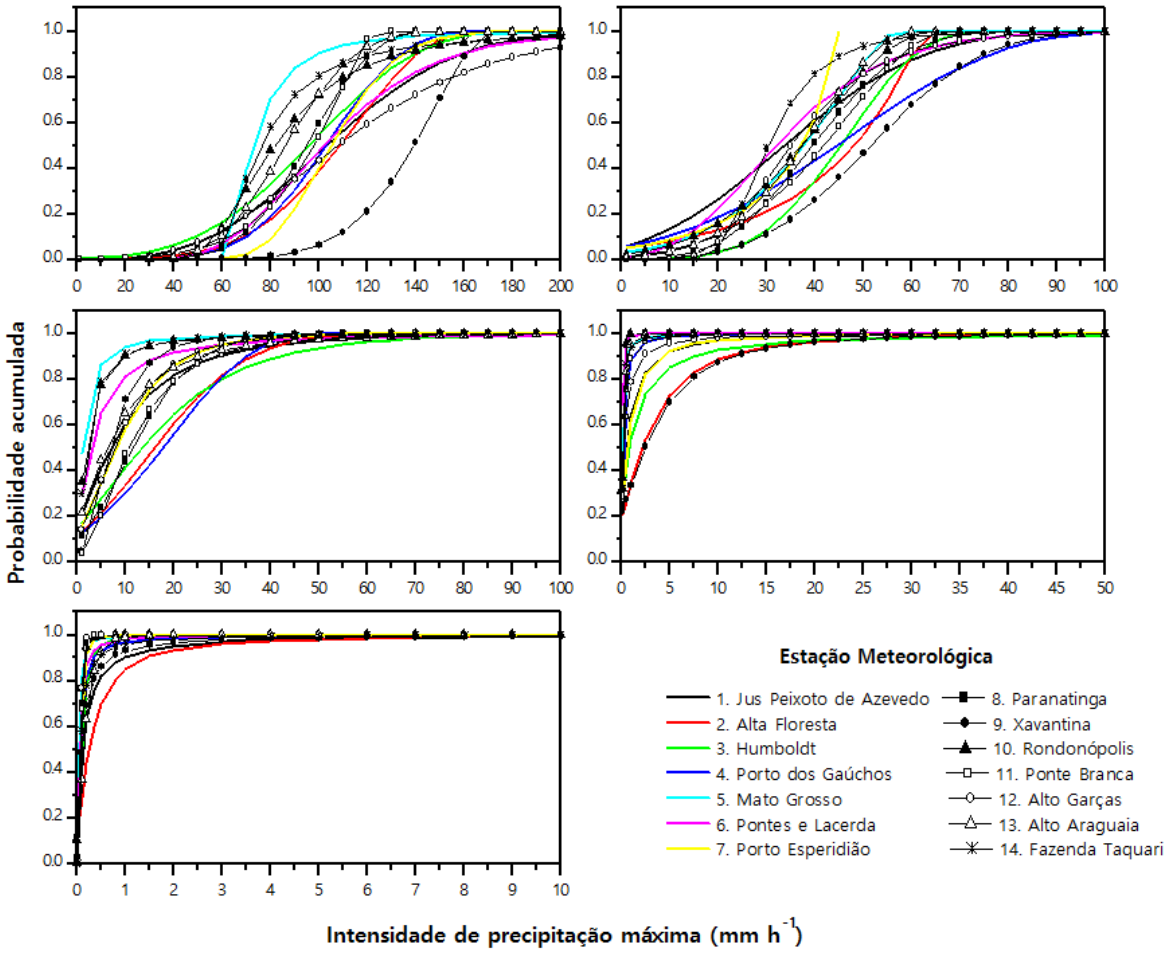
Estação	GEV	Duração da precipitação (min)									
		10	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**120**	**180**	**240**	**360**
	K	-0,19	-0,01	-0,18	-0,10	-0,56	-0,25	0,32	0,85	0,71	0,92
1	σ	37,82	19,96	18,08	14,69	19,25	21,34	7,57	0,66	0,69	0,12
	μ	90,08	67,91	57,44	52,24	40,12	26,38	4,14	0,36	0,28	0,06
	K	-0,44	-0,34	-0,09	-0,63	-0,48	-1,01	-0,20	0,19	0,44	0,68
2	σ	29,41	20,71	16,15	14,88	12,33	20,77	13,70	6,98	2,59	0,24
	μ	98,71	77,76	59,32	54,08	50,64	41,80	11,27	4,04	1,18	0,15
	K	-0,35	-0,59	-0,65	-0,55	-0,91	-0,38	0,09	0,42	0,81	0,38
3	σ	35,62	19,43	17,62	16,53	13,39	13,08	13,57	5,87	1,12	0,07
	μ	83,76	71,92	61,62	52,45	51,97	40,89	8,48	2,52	0,36	0,07
	K	-0,36	-0,51	-0,25	0,10	-0,08	-0,36	-0,38	0,60	0,75	0,89
4	σ	25,12	21,29	21,33	15,58	21,03	26,74	14,63	2,66	0,17	0,04
	μ	94,46	76,05	59,88	47,90	37,89	35,49	12,95	0,99	0,15	0,06
	K	0,38	0,01	0,35	0,10	-0,40	-0,67	0,71	0,42	0,76	0,56
5	σ	8,27	10,42	7,11	9,29	19,08	16,22	1,06	0,32	0,09	0,03
	μ	69,48	62,87	53,28	48,83	32,30	32,50	0,64	0,21	0,08	0,02
	K	-0,02	-0,14	-0,02	-0,01	0,02	-0,06	0,67	0,78	0,83	0,72
6	σ	30,87	24,88	24,24	17,51	17,22	15,59	3,05	0,11	0,02	0,04
	μ	90,93	59,50	51,64	42,17	35,62	26,40	1,53	0,12	0,07	0,04
	K	-0,16	0,13	-0,52	-1,06	-0,81	-1,27	0,08	0,58	0,64	0,43
7	σ	19,47	15,69	20,19	14,33	14,14	14,06	7,27	0,92	0,76	0,03
	μ	98,36	73,28	59,46	47,91	44,40	33,38	5,39	0,43	0,32	0,07
	K	-0,33	0,09	-0,10	0,18	-0,43	-0,24	-0,10	0,70	0,21	-0,07
8	σ	20,80	10,49	12,90	8,87	15,02	13,64	8,90	1,28	0,09	0,05
	μ	87,77	67,11	60,65	46,08	39,41	34,76	8,25	0,47	0,13	0,05
	K	-0,58	-1,07	-1,01	-0,30	-0,70	-0,27	0,19	-0,11	0,36	0,94
9	σ	23,08	34,53	28,63	24,28	15,17	17,57	4,09	6,21	3,01	0,08
	μ	131,7	96,60	81,41	64,07	57,29	45,38	5,19	4,42	1,26	0,07
	K	0,20	0,07	0,08	0,40	0,19	-0,50	0,56	0,40	0,10	0,32
10	σ	21,18	18,63	15,50	7,23	8,91	16,46	1,91	0,12	0,11	0,03
	μ	73,34	59,12	51,23	40,15	34,82	31,79	1,07	0,11	0,10	0,05
	K	-0,74	-0,40	-0,32	-0,43	-0,46	-0,53	0,25	0,39	0,73	0,14
11	σ	23,69	13,92	15,86	14,87	15,31	16,40	6,84	1,28	0,17	0,04
	μ	90,57	63,97	50,96	44,62	40,83	36,44	8,02	0,71	0,14	0,06
	K	-0,04	-0,16	-0,15	-0,16	0,05	0,05	0,16	0,64	0,87	0,17
12	σ	43,58	37,14	29,28	20,14	13,70	11,79	6,55	1,17	0,30	0,02
	μ	92,13	65,13	54,14	45,19	37,36	30,74	5,19	0,55	0,16	0,07
	K	-0,25	0,03	-0,43	-0,51	-0,14	-0,48	0,33	0,69	0,38	0,18
13	σ	21,12	10,27	16,77	14,05	12,27	13,65	6,60	0,31	0,16	0,12
	μ	78,85	59,59	53,47	46,50	35,78	32,88	3,58	0,25	0,12	0,10
	K	0,46	-0,16	-0,19	-0,20	-0,18	0,09	0,66	0,89	0,85	0,90
14	σ	13,26	13,11	8,33	11,51	9,82	7,38	1,55	0,32	0,08	0,05
	μ	70,60	64,63	52,33	45,07	32,58	27,58	1,28	0,21	0,11	0,06

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Considerando os possíveis valores do parâmetro *K*, a convergência assintótica para as intensidades de precipitação entre 10 e 60 min, em geral, tenderam a distribuição do tipo VEII

(Fréchet) enquanto para durações superiores a 120 min a distribuição tendeu para o tipo VEIII (Weibull). Esses resultados podem ser verificados analisando visualmente as curvas de probabilidade acumuladas de cada estação em diferentes durações apresentadas na Figura 3.

Figura 1 - Curvas de probabilidade acumulada da distribuição Generalizada de Valores Extremos nas estações pluviográficas do Estado de Mato Grosso.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Nas durações de chuva de 10 a 60 minutos a curva de distribuição acumulada GEV apresentam domínio GEV tipo II, correspondente ao modelo com cauda inferior finita (x > 10 a 70 mm h^{-1}, nas precipitações de 10 min, e x > 0 a 15 mm h^{-1} nas precipitações de 60 min), sendo ainda, caracterizada pela cauda pesada (não exponencial), ou seja, que pode assumir valores maiores de intensidade de chuva e cuja velocidade de decaimento (tendência a zero) ocorre de forma mais lenta (BAUTISTA, 2002; SCHWARZ, 2008).

Nas durações de chuva superiores a 120 minutos a curva de distribuição acumulada GEV apresentam domínio GEV tipo III, correspondente ao modelo com cauda superior finita

(x < 45 a 110 mm h^{-1}, nas precipitações de 120 min, e x < 0,30 a 9 mm h^{-1} nas precipitações de 360 min), sendo ainda, caracterizada por apresentar curtose assimétrica positiva (maior densidade de probabilidade a esquerda da média) e rápida velocidade de decaimento da cauda inferior (BAUTISTA, 2002; SCHWARZ, 2008).

A mudança de domínio da distribuição GEV entre as precipitações com duração inferiores e superiores a 60 min implica em diferentes características de intensidade e probabilidade de ocorrência das chuvas conforme sua duração. Nas chuvas inferiores a 60 min pequenos aumentos na probabilidade acumulada (as quais está relacionada a aumento do tempo de retorno esperado de uma precipitação) proporciona grande variação na intensidade de precipitação obtida. Por outro lado, nas precipitações com durações superiores a 60 min o aumento do período de retorno (probabilidade acumulada) proporciona pequena variação na intensidade das chuvas.

CONCLUSSÃO

As distribuições Generalizada de Valores Extremos (GEV) e Generalizada de Pareto apresentaram os melhores resultados de ajuste para intensidade de precipitação máxima com duração de 10 a 360 minutos no Estado de Mato Grosso.

A distribuição GEV foi a única com ajuste significativo (α = 0,20) para todas as durações de chuvas, em todas as estações, sendo a mais indicada para o Estado.

A duração da precipitação influencia no domínio da distribuição GEV, sendo observado domínio GEVII (Fréchet) nas precipitações com duração inferior a 60 min e domínio GEVIII (Weibull) nas precipitações com duração superior a 60 min.

AGRADECIMENTOS

A Rede Hidrometeorológica Nacional (ANA/CPRM) por ter disponibilizado as séries históricas de precipitação. À Capes (Código de Financiamento – 001).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, A. V. P.; DA SILVA SANTOS, G. B.; DE MENEZES FILHO, F. C. M.; SANCHES, L. Análise dos métodos de estimação para os parâmetros das distribuições de Gumbel e GEV em eventos de

precipitações máximas na cidade de Cuiabá-MT. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 6, n. 1, p. 32-43, 2013.

BACK, A. J. Relações intensidade-duração-frequência de chuvas intensas de Chapecó, Estado de Santa Catarina. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 575-581, 2006.

BACK, A.J. Seleção de distribuição de probabilidade para chuvas diárias extremas do estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 16, n. 2, p. 211-222, 2001.

BACK, A. J.; HENN, A.; OLIVEIRA, J. L. R. Heavy rainfall equations for Santa Catarina, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2127-2134, 2011.

BATISTÃO, A. C.; LAVEZO, A.; PESSOA, M. J. G.; DALLACORT, R.; DE CARVALHO, M. A. C. Distribuição temporal e probabilidade de ocorrência de chuva no município de Juína (MT). **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 13, p. 258-270, 2014.

BAUTISTA, E. A. L. **A distribuição generalizada de valores extremos no estudo da velocidade máxima do vento em Piracicaba, SP.** 2002. 47f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2002.

BAUTISTA, E. A. L.; ZOCCHI, S. S.; ANGELOCCI, L. R. A Distribuição generalizada de valores extremos aplicada ao ajuste de dados de velocidade máxima do vento em Piracicaba, São Paulo, Brasil. **Matemática e Estatística**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 95-111, 2004.

BEIJO, L. A.; MUNIZ, J. A.; CASTRO NETO, P. Tempo de retorno das precipitações máximas em lavras (MG) pela distribuição de valores extremos do tipo I. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 657-667, 2005.

CASTRO, A. D.; SILVA, C. N. P.; SILVEIRA, A. Curvas Intensidade-Duração-Frequência das precipitações extremas para o município de Cuiabá (MT). **Ambiência**, Guarapuava, v. 7, n. 2, p. 305-315, 2011.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; LARRY, W. **Applied hydrology**. New York: McGrawHill International editions, 1988. 540 p.

FIETZ, C.; COMUNELLO, E.; CREMON, C.; DALLACORT, R.; PEREIRA, S. **Chuvas intensas no estado de Mato Grosso.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste Documentos (INFOTECA-E), 2010. 117p.

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**, Campina Grande, v. 15, n. 6, p. 575–581, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapa Biomas**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 27 de abril de 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Banco de dados por Estado**. **2019**. Disponível em: < https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt>. Acesso em: 02 jun. 2020.

JENKINSON, A. F. The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, Berks, v. 81, p. 158-71, 1955.

MARCUZZO, F. F.; MELO, D. D. R.; ROCHA, H. M. Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 16, n. 4, p. 157-167, 2011.

MARTINS, E. S.; STEDINGER, J. R. Generalized maximum-likelihood generalized extreme-value quantile estimators for hydrologic data. **Water Resources Research**, Washington, v. 36, n. 3, p. 737-744, 2000.

MARTINS, J. A.; DALLACORT, R.; INOUE, M. H.; SANTI, A.; KOLLING, E. M.; COLETTI, A. J. Probabilidade de precipitação para a microregião de Tangará da Serra, Estado do Mato Grosso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 291-296, 2010.

MOREIRA, P. S. P.; DALLACORT, R.; MAGALHÃES, R. A.; INOUE, M. H.; STIELER, M. C.; SILVA, D. D.; MARTINS, J. A. Distribuição e probabilidade de ocorrência de chuvas no município de Nova Maringá-MT. **Revista de Ciências AgroAmbientais**, Alta Floresta, v. 8, n. 1, p. 9-20, 2010.

MORUZZI, R. B.; OLIVEIRA, S. C. de. Relação entre intensidade, duração frequência de chuvas em Rio Claro, SP: métodos e aplicação. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, Rio Grande, n. 13, v. 9, p. 59-68, 2009.

MOSSINI JUNIOR, D.; RAMOS, H. C.; DALLACORT, R.; SILVA, F. S. Distribuição e probabilidade de precipitação para Nova Mutum, Mato Grosso, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 13, p. 435-447, 2016.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.

OLIVEIRA, L. F. C.; CORTÊS, F. C.; WEHR, T. R.; BORGES, L. B.; SARMENTO, P. H. L; GRIEBELER, N. P. Intensidade-duração-frequência de chuvas intensas para localidades no Estado de Goiás e Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 1, p. 13-18, 2005.

PEREIRA, D. C.; DUARTE, L. R.; SARMENTO, A. P. Determinação da curva de intensidade, duração e frequência do município de Ipameri–Goiás. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v. 13, n. 2, p. 233-246, 2017.

PIZZATO, J. A.; DALLACORT, R.; TIEPPO, R. C.; MODOLO, A. J.; CREMON, C.; MOREIRA, P. S. P. Distribuição e probabilidade de ocorrência de precipitação em Cáceres (MT). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 137-142, 2012.

QUADROS, L. E.; DE QUEIROZ, M. M. F.; ANTONIO, M. Vilas Boas. Distribuição de frequência e temporal de chuvas intensas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 401-410, 2011.

RAMOS, H. C.; DALLACORT, R.; SANTI, A.; JUNIOR, S. S.; QUEIROZ, T. de M. Precipitação Pluvial De Diamantino-MT Em Anos de Ocorrência De El Niño, La Niña E Neutros. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 30, n. 1, p. 71-80, 2015.

RODRIGUES, J; ANDRADE, E.; OLIVEIRA, T; LOBATO, F. Equações de intensidade – duração – frequência de chuvas para as localidades de Fortaleza e Pentecoste, Ceará. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 9, p. 511-519, 2008.

SABINO, M.; SOUZA, A. P.; ULIANA, E. M.; LISBOA, L.; ALMEIDA, F. T.; ZOLIN, C. A. Intensity-duration-frequency of maximum rainfall in Mato Grosso State. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, n. 1, p. 1-12, 2020.

SANSIGOLO, C. A. Distribuições de extremos de precipitação diária, temperatura máxima e mínima e velocidade do vento em Piracicaba, SP (1917-2006). **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 23, n. 3, p. 341-346, 2008.

SANTOS, D. C.; ALBUQUERQUE, E. M. Métodos de estimativa de precipitação máxima diária na cidade de João Pessoa-PB. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, v. 9, n. 1, p. 88-102, 2016.

SANTOS, G. G.; FIGUEIREDO, C. C.; OLIVEIRA, L. F. C.; GRIEBELER, N. P. Intensidade-duração-frequência de chuvas para o Estado de Mato Grosso do Sul. *Rev***ista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 899-905, 2009.

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; DE OLIVEIRA, L. F. C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 115-123, 2010.

SCHWARZ, K. T. **Wind dispersion of carbon dioxide leaking from underground sequestration, and outlier detection in eddy covariance data using extreme value theory**. 2008. 156f. Tese (Doutorado em Física) University of California, Berkeley-CA, 2008.

SILVA, C. B.; DE OLIVEIRA, L. F. C. Relação intensidade-duração-frequência de chuvas extremas na região nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 20, p. 267-283, 2017.

SILVA, D. D.; GOMES FILHO, R. R.; PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F. Chuvas intensas no Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 362-367, 2002.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIM, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, Sinop, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013.

VILLELA, S.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil. 1975. 245p.