



PERÍODO DE RETORNO DAS PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS DIÁRIAS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

*Return period of maximum daily precipitation in the state of
Rio de Janeiro*

*Período de retorno de las precipitaciones máximas diarias en
el estado de Río de Janeiro*

Matheus Gomes Tavares  

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFF)
tavmatheusg@gmail.com

Eliane Barbosa Santos  

Laboratório de Meteorologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)
elianeps@uenf.br

Resumo: A ocorrência de precipitação máxima pode impactar negativamente em diversos segmentos da sociedade, afetando setores responsáveis por sistemas de drenagem urbana, projetos de obras hidráulicas tais como vertedores de barragens, dimensionamento de canais etc. Diante disso, o objetivo principal deste trabalho foi estudar o comportamento das precipitações máximas no Estado do Rio de Janeiro, bem como estimar a precipitação máxima diária provável para os períodos de retorno de 2, 5, 10, e 50 anos. Foram utilizados dados diários de precipitação de 52 postos pluviométricos da rede hidrometeorológica gerenciada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), referentes ao período de 1978 a 2017. Para estimar o nível e período de retorno das precipitações máximas, foi utilizado a Distribuição Generalizada de Valores Extremos (GEV). O Teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) foi aplicado para verificar a qualidade do ajuste da distribuição GEV. Os resultados obtidos mostram que, de forma geral, as estimativas das precipitações máximas foram mais intensas nas Baixadas Litorâneas e na porção leste da região Metropolitana, principalmente no outono austral, onde espera-se que ocorra uma vez a cada 2, 5 e 10 anos, em algumas áreas, totais diários maiores que 70 mm/dia, 75 mm/dia e 105 mm/dia, respectivamente. A um nível de significância de 5%, a GEV apresentou ajuste adequado para os valores máximos diários de precipitação.

Palavras-chave: Eventos Hidrológicos. Distribuição Generalizada de Valores Extremos. Chuvas Intensas.

Abstract: The occurrence of maximum precipitation can negatively impact on various segments of society, affecting sectors responsible for urban drainage systems, hydraulic works projects such as dam versts, channel sizing, etc. Therefore, the main objective of this study was to study the behavior

of maximum precipitation in the State of Rio de Janeiro, as well as to estimate the maximum probable daily precipitation for the return periods of 2, 5, 10, and 50 years. Daily precipitation data were used from 52 rainfall stations of the hydrometeorological network managed by the National Agency for Water and Basic Sanitation (ANA), referring to the period from 1978 to 2017. To estimate the level and return period of maximum precipitation, the Generalized Distribution of Extreme Values (GEV) was used. The Kolmogorov-Smirnov Test (KS) was applied to verify the goodness of fit of the GEV distribution. The results obtained show that, in general, the estimates of maximum precipitation were more intense in the Coastal Lowland and in the eastern part of the Metropolitan region, especially in the southern autumn, where it is expected to occur once every 2, 5 and 10 years, in some areas, daily totals greater than 70 mm/day, 75 mm/day and 105 mm/day, respectively. At a significance level of 5%, the GEV presented adequate adjustment for the maximum daily precipitation values.

Keywords: Hydrological Events. Generalized Distribution of Extreme Values. Heavy Rains.

Resumen: La ocurrencia de precipitaciones máximas puede impactar negativamente en diversos segmentos de la sociedad, afectando a sectores responsables de sistemas de drenaje urbano, proyectos de obras hidráulicas como verstos de presas, dimensionamiento de canales, etc. Por lo tanto, el objetivo principal de este estudio fue estudiar el comportamiento de las precipitaciones máximas en el Estado de Río de Janeiro, así como estimar la precipitación diaria probable máxima para los períodos de retorno de 2, 5, 10 y 50 años. Se utilizaron datos diarios de precipitación de 52 estaciones pluviosas de la red hidrometeorológica administrada por la Agencia Nacional de Agua y Saneamiento Básico (ANA), referidas al período de 1978 a 2017. Para estimar el nivel y el período de retorno de la precipitación máxima, se utilizó la Distribución Generalizada de Valores Extremos (GEV). Se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (KS) para verificar la calidad del ajuste de distribución de GEV. Los resultados obtenidos muestran que, en general, las estimaciones de precipitaciones máximas fueron más intensas en las Tierras Bajas Costeras y en la parte oriental de la región Metropolitana, especialmente en el otoño austral, donde se espera que ocurra una vez cada 2, 5 y 10 años, en algunas áreas, totales diarios superiores a 70 mm/día, 75 mm/día y 105 mm/día, respectivamente. A un nivel de significancia del 5%, el GEV presentó un ajuste adecuado para los valores máximos diarios de precipitación.

Palabras clave: Eventos Hidrológicos. Distribución Generalizada de Valores Extremos. Fuertes llluvias.

Submetido em: 23/09/2021

Aceito para publicação em: 20/01/2022

Publicado em: 16/02/2022

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento do comportamento das precipitações máximas é de fundamental importância em diversos setores econômicos e sociais do país. Em projetos relacionados à acumulação ou condução de água como no dimensionamento de obras hidráulicas, tanto urbanas, como rurais, é necessário o conhecimento das precipitações máximas prováveis, de modo que a estrutura planejada possa resistir adequadamente (REIS *et al.*, 2005; MESQUITA; GRIEBELER; OLIVEIRA, 2009).

A partir do conhecimento da precipitação máxima provável pode-se amenizar problemas como erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas, queda de produção agrícola, prejuízos em projetos de obras hidráulicas, danos em estradas, danos em sistemas de drenagem, desalojamento de pessoas dentre outros (VIEIRA; LOMBARDI NETO; BURROWS, 1991). Entretanto, a ocorrência de precipitação máxima é um processo aleatório, que não permite uma previsão determinística com grande antecedência, portanto, o ajustamento de um modelo probabilístico que melhor descreva o processo se faz necessário (HARTMANN; MOALA; MENDONÇA, 2011).

No Estado do Rio de Janeiro, as consequências mais frequentes das precipitações intensas desde os primórdios de sua instalação eram relacionados às enchentes, inundações e movimentos de massa (FIALHO; BRANDÃO, 2000; BRANDÃO, 1997), assim como alagamento e enxurradas que vem causando prejuízos aos serviços essenciais como fornecimento de energia elétrica, abastecimento de água, saneamento, saúde, resultando em fatalidades e deslocados. No período chuvoso da região (verão austral), são rotineiros nos noticiários os destaques com relação aos prejuízos deixados pelas precipitações intensas, afetando de forma direta e indireta a vida econômica e social da população, com danos materiais e humanos (LIMA, 2010).

De acordo com Dourado, Arraes e Silva (2012), entre os anos de 2010 e 2011, foram registradas mais de mil mortes causadas por eventos naturais de precipitação intensa no Estado do Rio de Janeiro, com destaque para os municípios de Angra dos Reis (52 mortos em janeiro de 2010), Niterói (166 mortos em abril de 2010) e na região Serrana do Estado (947 mortos em 2011). Diante de tantos impactos negativos, torna-se cada vez mais necessário o investimento para reverter os danos causados pelos eventos de precipitação intensa.

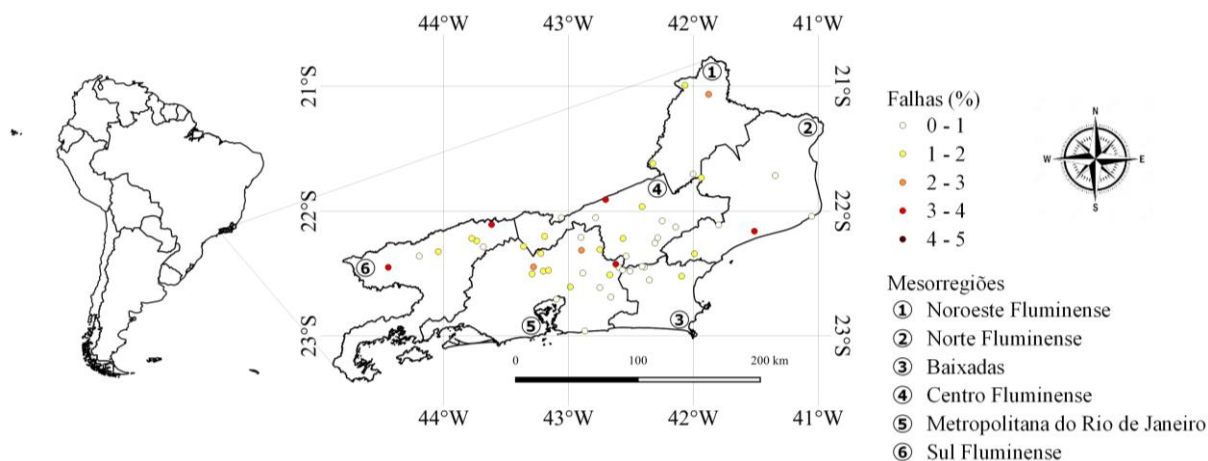
Portanto, o objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento das precipitações máximas no Estado do Rio de Janeiro, bem como estimar a precipitação máxima diária provável para os períodos de retorno de 2, 5, 10, e 50 anos no Estado do Rio de Janeiro, a partir da Distribuição Generalizada de Valores Extremos (*Generalized Extreme Value* - GEV).

2. DADOS E METODOLOGIA

2.1. Dados

Para realizar este estudo, foram utilizados dados diários de precipitação da rede hidrometeorológica gerenciada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), referentes ao período de 1978 a 2017. Após a verificação da qualidade dos dados, foram selecionados 52 postos pluviométricos distribuídos no Estado do Rio de Janeiro, com no máximo 10% de falhas nas séries temporais diárias (1978 a 2017). A Figura 1 e a Tabela 1 ilustram a porcentagem de falhas dos postos pluviométricos utilizados neste estudo.

Figura 1 - Localização do Estado do Rio de Janeiro e distribuição espacial dos postos pluviométricos com a porcentagem de falhas dos dados diários (1978 a 2017) utilizados neste estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Tabela 1 - Porcentagem de falhas dos postos pluviométricos utilizados neste estudo por mesorregiões do Estado do Rio de Janeiro.

Mesorregiões	Localização dos Postos Pluviométricos	Falhas (%) (menor e maior valor por mesorregiões)
Noroeste Fluminense	Santo Antônio, Cambuci, Natividade e Porciúncula.	0,62 – 2,35
Norte Fluminense	Campos dos Goytacazes, São Fidélis, Macaé e Conceição de Macabu.	0,62 – 3,14
Baixadas	Nova Friburgo, Casimiro de Abreu, Silva Jardim e Bom Jardim.	0,42 – 1,41
Centro Fluminense	Carmo, Cantagalo, Trajano de Moraes, Bom Jardim, Nova Friburgo, Sapucaia, Sumidouro e Três Rios.	0,62 – 3,90
Metropolitana do Rio de Janeiro	Nova Friburgo, Silva Jardim, Maricá, Magé, Cachoeiras de Macabu, Nova Friburgo, Teresópolis, Paraíba do Sul, Petrópolis e Três Rios.	0,62 – 3,34
Sul Fluminense	Valença, Rio das Flores e Resende.	0,76 – 3,94

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

2.2. Metodologia

Inicialmente foi feito uma análise sazonal e espacial de medidas descritivas (mínimo, máximo, média, desvio padrão) dos valores de precipitação máxima diária. Para estimar o nível e período de retorno das precipitações máximas, foi utilizado a distribuição GEV, que tem apresentado crescente aceitação para descrição e modelagem de eventos extremos naturais como extremos de precipitação, velocidade do vento, temperaturas e outros (MARTINS; STEDINGER, 2000; BAUTISTA; ZOCCHI; ANGELOCCI, 2004; SANTOS; LUCIO; SILVA, 2015; 2016).

A distribuição GEV pode ser expressa por uma única fórmula, incluindo os três tipos de distribuições assintóticas de valores extremos conhecidos como Gumbel, Weibull e Fréchet (FISHER; TIPPETT, 1928), e tem função de distribuição acumulada de probabilidade dada por (JENKINSON, 1955):

$$(1) \quad F_{(x)} = \exp \left[- \left(1 - \xi \frac{x-\mu}{\sigma} \right)^{\frac{1}{\xi}} \right], \text{ para } \xi \neq 0$$

$$(2) \quad F_{(x)} = \exp \left[- \exp \left(- \frac{x-\mu}{\sigma} \right) \right], \text{ para } \xi = 0$$

sendo μ parâmetro de posição com $-\infty < \mu < \infty$; σ de escala com $0 < \sigma < \infty$ e ξ de forma com $-\infty < \xi < \infty$. Será uma distribuição Gumbel quando ξ tender a zero, distribuição de Fréchet quando $\xi > 0$ e distribuição de Weibull quando $\xi < 0$. Esses parâmetros (μ, σ e ξ) foram estimados utilizando o método de máxima verossimilhança (SMITH, 1985).

Para o quantil X_p da distribuição GEV, com o período de retorno T , a probabilidade acumulada é dada pela função $F(x_p) = 1 - (1/T)$, que resulta em (PALUTIKOF *et al.*, 1999):

$$(3) \quad x_p = \mu + \frac{\sigma}{\xi} \left\{ 1 - \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]^\xi \right\}, \text{ para } \xi \neq 0$$

$$(4) \quad x_p = \mu - \sigma \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right], \text{ para } \xi = 0$$

Na distribuição GEV, a amostra de dados é dividida em subperíodos (blocos) que podem ser mensais, anuais etc. De cada bloco, é extraído o valor máximo ou mínimo para formar o conjunto de eventos máximos. Neste estudo, foi feita uma análise sazonal (por estação do ano), portanto, a base de dados final consiste em observações de precipitações máximas diárias por estação do ano.

Para verificar a qualidade do ajuste da distribuição GEV, foi utilizado teste de aderência (*goodness of fit*) que avalia se a distância da distribuição dos dados observados é significativa em relação a uma distribuição de referência (ZENG; WANG; WU, 2015). Neste trabalho, foi utilizado o teste Kolmogorov-Smirnov, que é um teste não paramétrico baseado na diferença máxima absoluta entre a função de distribuição acumulada hipotética e a função de distribuição empírica dos dados (WILKS, 2006). O nível de confiança adotado no teste foi de 95%.

Para as análises estatísticas, utilizou-se o software R-4.0.5 e o cálculo do nível e período de retorno das precipitações máximas foi realizado com o pacote “extRemes” (GILLELAND; KATZ, 2016). Para análise espacial dos resultados, foi utilizado o método de interpolação inverso da distância ponderada (*inverse distance weighting* - IDW) por meio do Sistema de Informação Geográfica QGIS-3.18.3.

O método IDW pode ser classificado tanto como um interpolador exato como suavizante, fazendo com que os pesos dos dados sejam avaliados durante o processo de interpolação, tal que a influência de cada ponto é inversamente proporcional à distância do

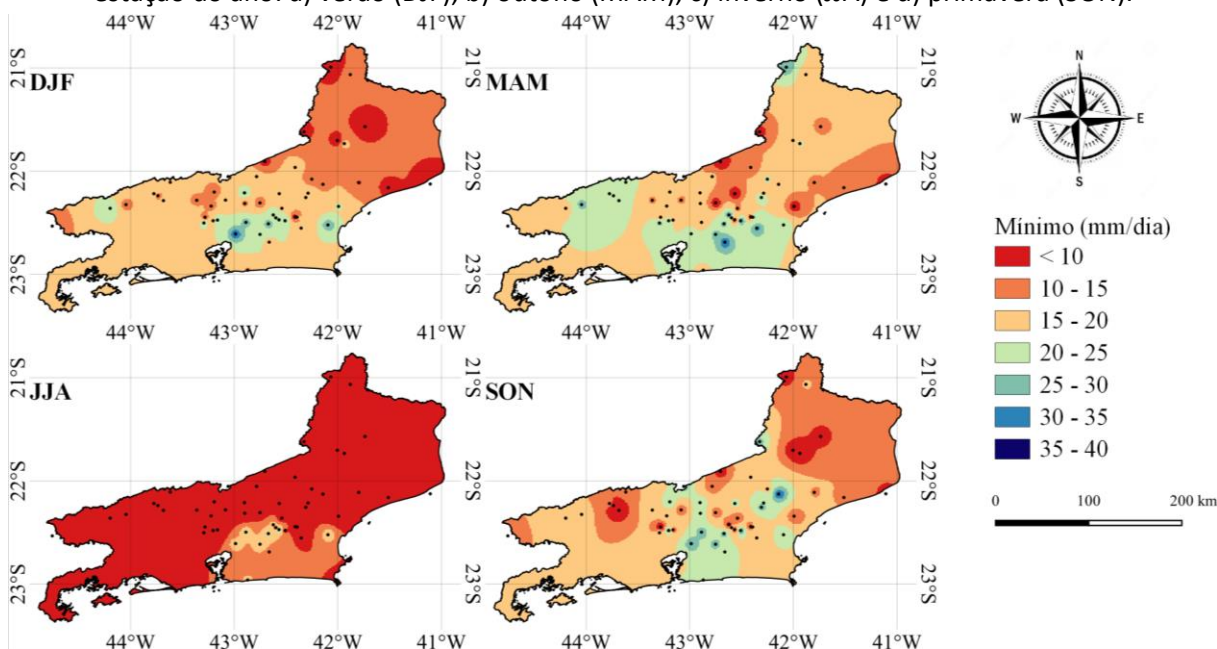
nó da malha, portanto, quanto maior o valor escolhido para o peso, menor será a influência dos pontos mais distantes do nó (MAZZINI; SCHETTINI, 2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise de Medidas Descritivas

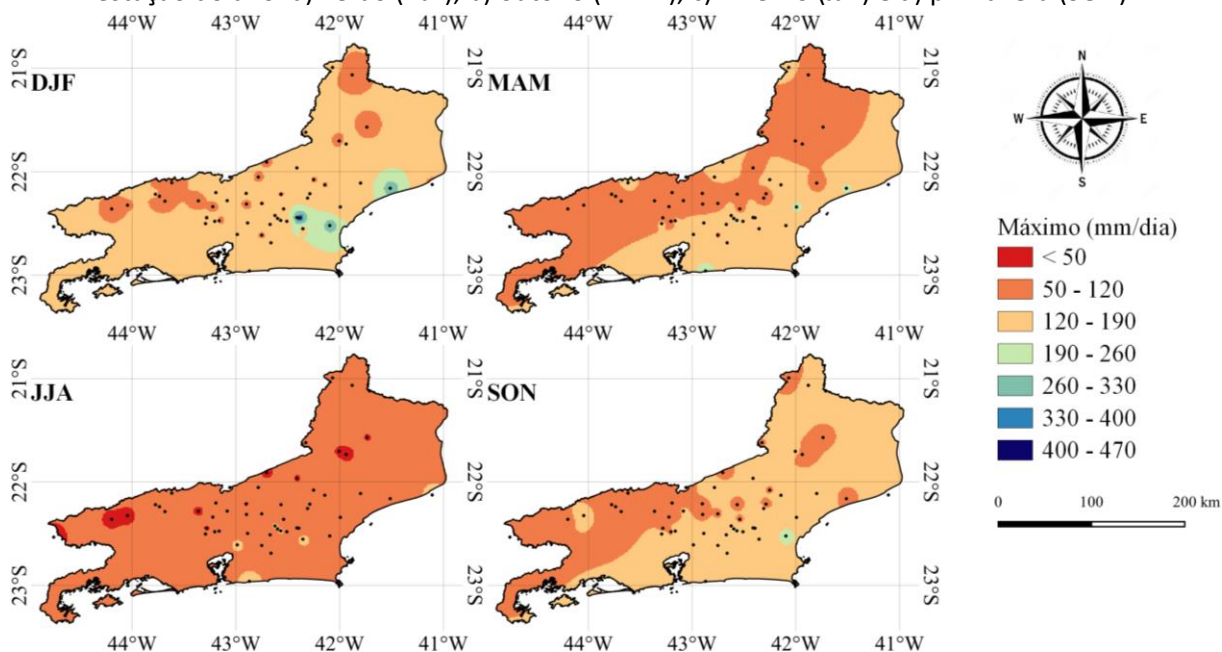
As Figuras 2 e 3 apresentam, respectivamente, a distribuição espacial dos valores mínimos e máximos das precipitações máximas diárias, por estação do ano: verão (dezembro, janeiro, fevereiro – DJF), outono (março, abril, maio – MAM), inverno (junho, julho, agosto – JJA) e primavera (setembro, outubro, novembro – SON). Na Figura 2, observa-se que os menores valores se encontram no inverno (JJA), com valores menores que 10 mm/dia na maioria das regiões do Estado, com exceção do leste da região Metropolitana e Baixadas Litorâneas. Destaca-se ainda, na Figura 2, que as regiões Norte e Noroeste Fluminense apresentam, de forma geral, os menores valores das precipitações máximas.

Figura 2 - Mínimos dos eventos de precipitação máxima diária no Estado do Rio de Janeiro, por estação do ano: a) verão (DJF), b) outono (MAM), c) inverno (JJA) e d) primavera (SON).



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Figura 3 - Máximos dos eventos de precipitação máxima diária no Estado do Rio de Janeiro, por estação do ano: a) verão (DJF), b) outono (MAM), c) inverno (JJA) e d) primavera (SON).



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

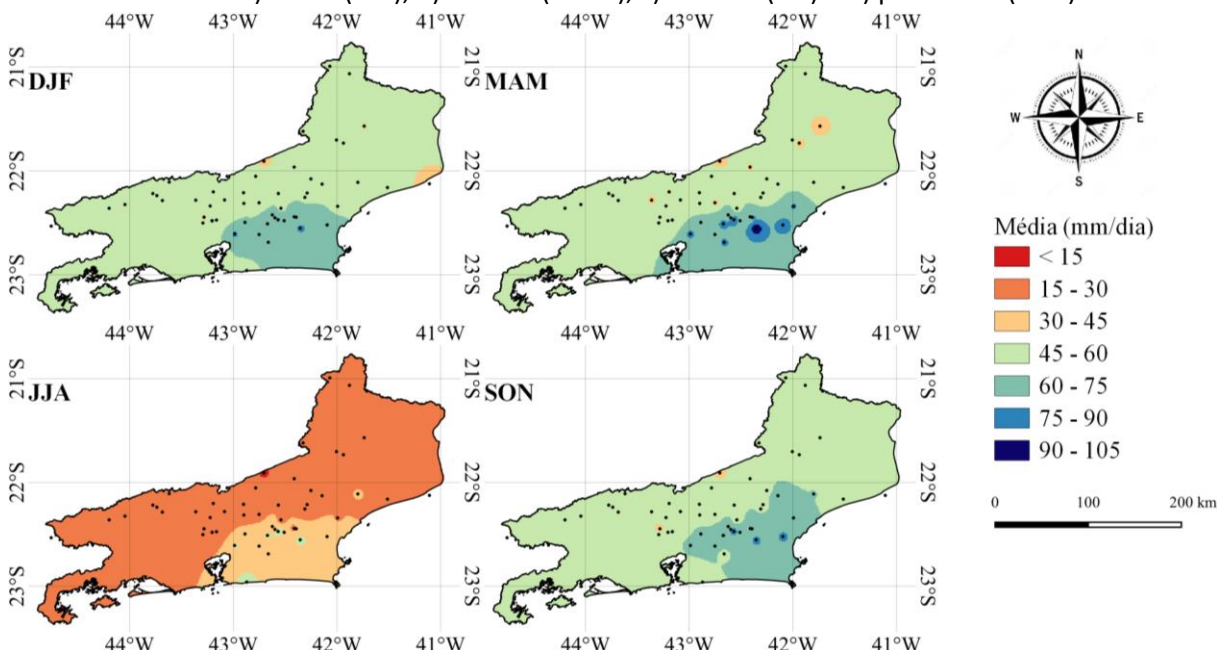
Os máximos mais intensos (Figura 3) foram registrados no verão (DJF), seguido da primavera (SON), com valores maiores que 120 mm/dia na maioria das regiões. Os valores registrados no município do Rio de Janeiro estão de acordo com as precipitações observadas no estudo de Pristo *et al.* (2018), que analisaram a climatologia de eventos de chuvas intensas no referido município. Na Figura 3, observa-se ainda que os máximos menos intensos são observados no inverno (JJA), com valores entre 50 e 120 mm/dia em grande parte do Estado do Rio de Janeiro.

Importante destacar que apesar do inverno (JJA) apresentar os menores valores de precipitação máxima, alguns casos intensos podem ocorrer nessa estação conforme aponta Dereczynski, Calado e Barros (2017), causando sérios danos à população.

Nas Figuras 4 e 5, observam-se a média e o desvio padrão dos eventos de precipitação máxima diária por estação do ano, respectivamente. Na Figura 4, nota-se que o verão (DJF), outono (MAM) e primavera (SON) possuem comportamentos semelhantes, com valores médios maiores que 45 mm/dia em quase todo o Estado e médias mais intensas na Baixada Litorânea e na porção leste da região Metropolitana, com precipitações maiores que 60 mm/dia. Já no inverno (JJA) observa-se as menores médias, corroborando com o estudo de Sobral *et al.* (2018). As médias dos eventos, no inverno (JJA), foram maiores que 30

mm/dia na Baixada Litorânea e na porção leste da região Metropolitana e entre 15 e 30 mm/dia nas demais regiões.

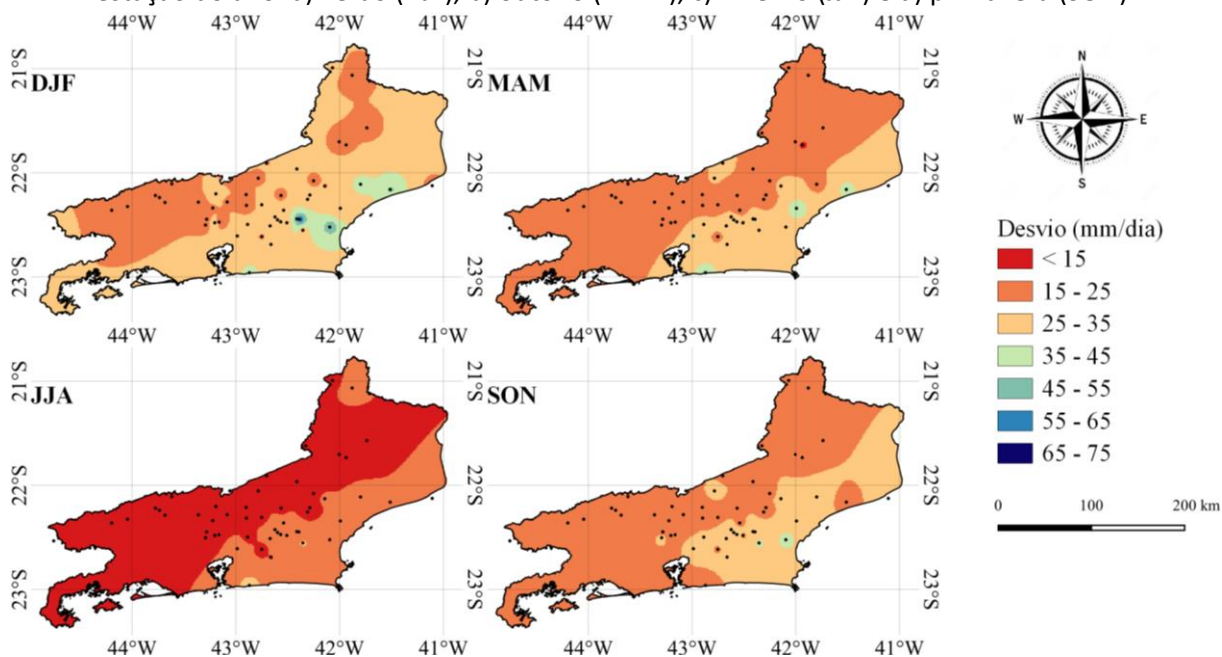
Figura 4 - Média dos eventos de precipitação máxima diária no Estado do Rio de Janeiro, por estação do ano: a) verão (DJF), b) outono (MAM), c) inverno (JJA) e d) primavera (SON).



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na Figura 5, de forma geral, observa-se que os maiores desvios padrão foram observados nas regiões que apresentaram as precipitações máximas mais intensas, com desvios maiores que 25 mm/dia na Baixada Litorânea, na porção leste da região Metropolitana e no litoral do Norte Fluminense.

Figura 5 - Desvio padrão dos eventos de precipitação máxima diária no Estado do Rio de Janeiro, por estação do ano: a) verão (DJF), b) outono (MAM), c) inverno (JJA) e d) primavera (SON).

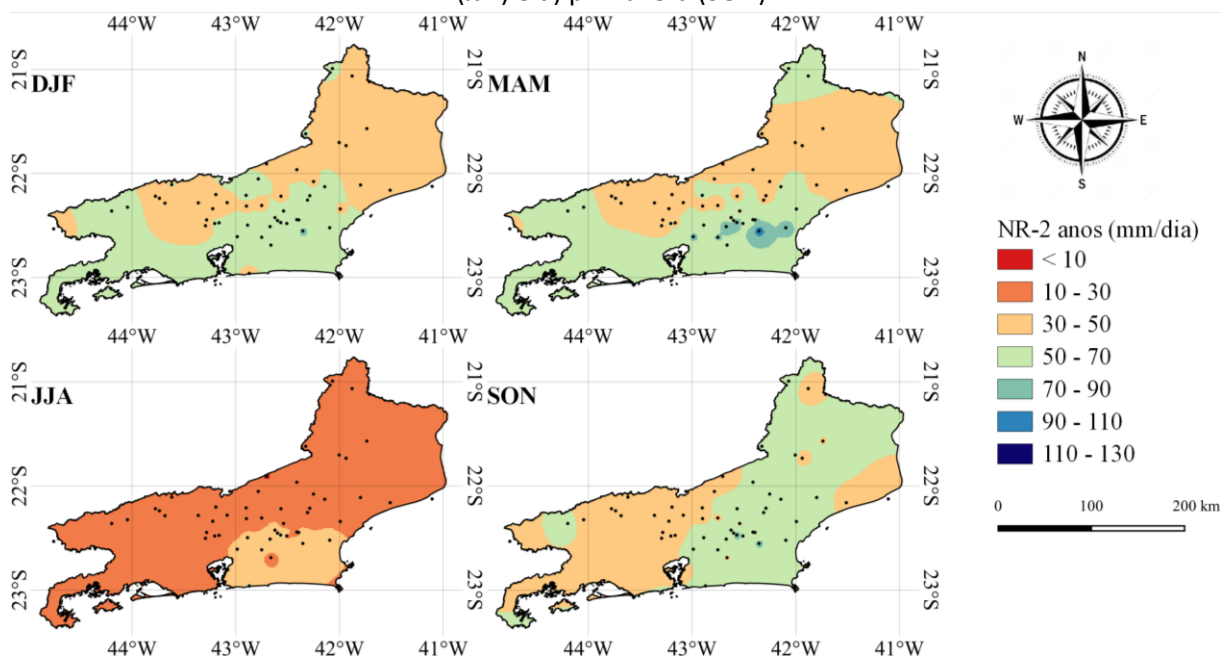


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

3.2. Período de Retorno das Precipitações Máximas

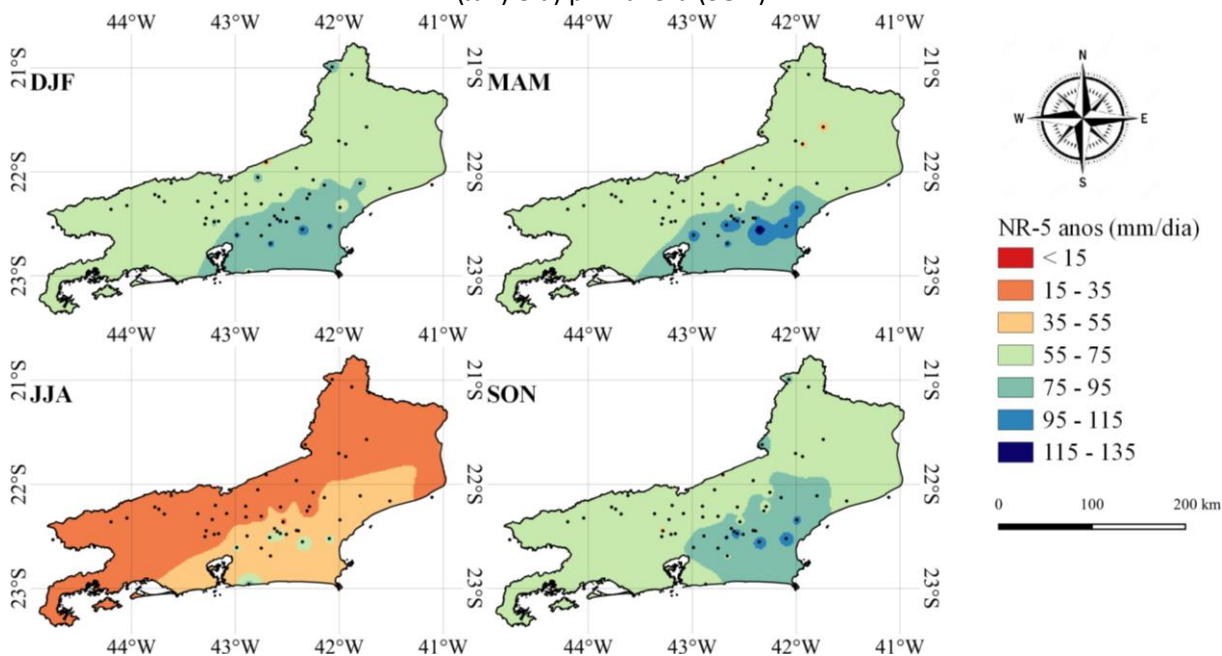
Os eventos de precipitação máxima diária analisados nas Figuras 2, 3, 4 e 5 foram modelados através da distribuição GEV. As Figuras 6 e 7 mostram as estimativas das precipitações máximas diárias, por estação do ano, para os períodos de retorno de 2 e 5 anos, respectivamente. As menores precipitações máximas são esperadas no inverno (JJA), nas demais estações do ano as estimativas foram semelhantes, no entanto, para o período de retorno de 2 anos (Figura 6), são observados núcleos com valores mais intensos (> 70 mm/dia) nos meses de outono (MAM), na região da Baixada. Para o período de retorno de 5 anos (Figura 7), espera-se na Baixada Litorânea que ocorra pelo menos um total diária maior ou igual a 75 mm/dia, no verão, outono e primavera. Nas demais regiões do Estado, as estimativas para essas estações do ano foram em torno de 55 a 75 mm/dia.

Figura 6 - Nível de retorno dos eventos de precipitação máxima diária no Estado do Rio de Janeiro por estação do ano, para o período de retorno de 2 anos: a) verão (DJF), b) outono (MAM), c) inverno (JJA) e d) primavera (SON).



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Figura 7 - Nível de retorno dos eventos de precipitação máxima diária no Estado do Rio de Janeiro por estação do ano, para o período de retorno de 5 anos: a) verão (DJF), b) outono (MAM), c) inverno (JJA) e d) primavera (SON).

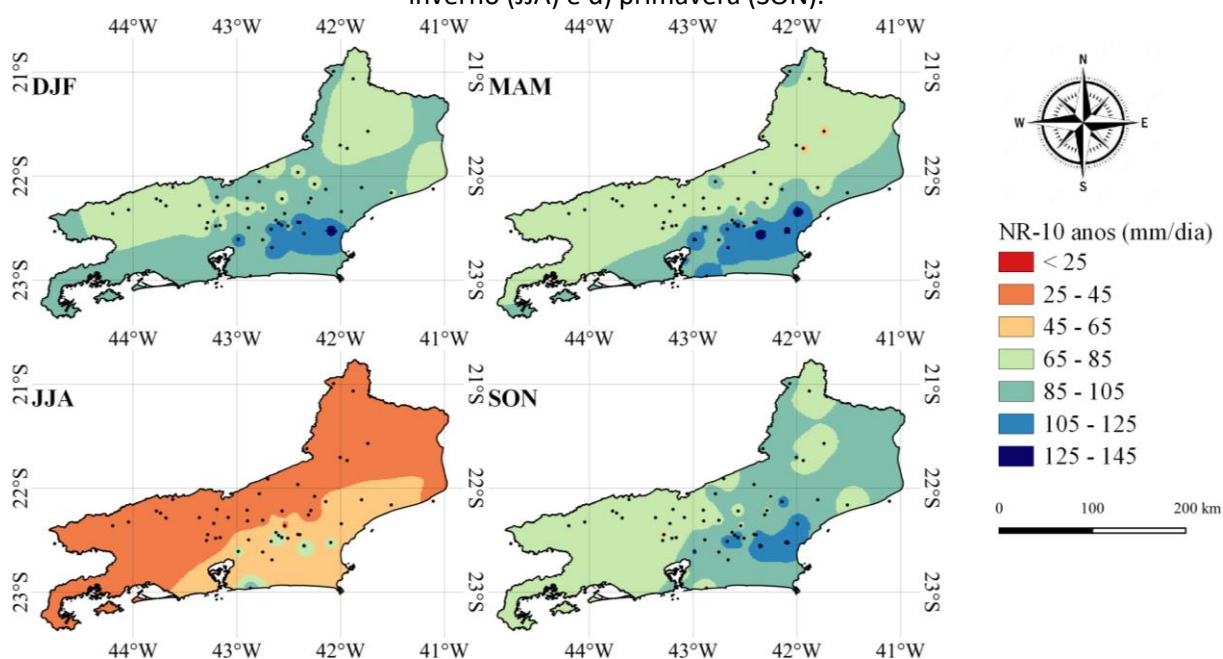


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Nas Figuras 8 e 9, que apresentam as estimativas das precipitações máximas diárias para os períodos de retorno de 10 e 50 anos, respectivamente, nota-se que as estimativas para o verão (DJF), outono (MAM) e primavera (SON) são similares na maioria das regiões.

De forma geral, as maiores estimativas foram observadas na Baixada Litorânea e na porção leste da região Metropolitana. Na Figura 8 observa-se que é esperado, em algumas áreas dessas regiões, pelo menos uma vez a cada dez anos totais diários maiores que 105 mm/dia, no verão (DJF), outono (MAM) e primavera (SON). Esses resultados estão de acordo com Ottero, Chargel e Hora (2017), que usando a distribuição de probabilidades de Gumbel calcularam a ocorrência de precipitação intensa na região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, para diferentes períodos de retorno.

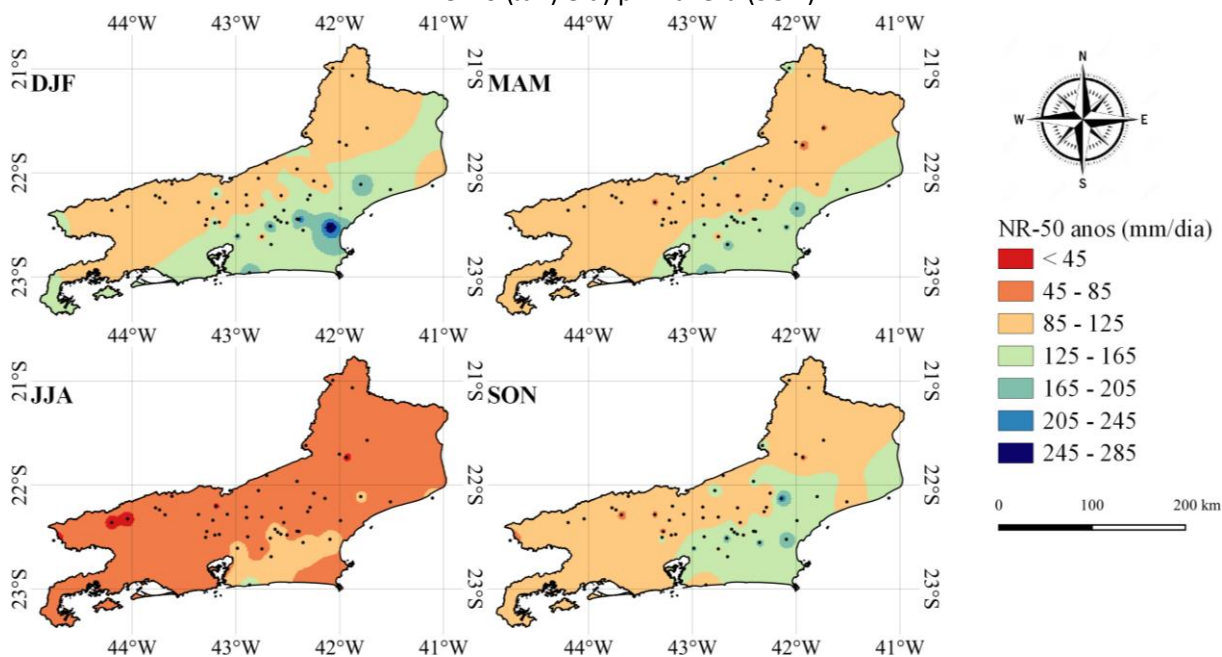
Figura 8 - Nível de retorno dos eventos de precipitação máxima diária no Estado do Rio de Janeiro por estação do ano, para o período de retorno de 10 anos: a) verão (DJF), b) outono (MAM), c) inverno (JJA) e d) primavera (SON).



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Na Figura 9, observa-se que para o período de retorno de 50 anos, além da Baixada Litorânea e porção leste da região Metropolitana, o leste da região Norte Fluminense também apresentou estimativas elevadas no verão (DJF), outono (MAM) e primavera (SON), onde espera-se que ocorra uma vez a cada 50 anos um total diário maior ou igual a 125 mm/dia.

Figura 9 - Nível de retorno dos eventos de precipitação máxima diária no Estado do Rio de Janeiro por estação do ano, para o período de retorno de 50 anos: a) verão (DJF), b) outono (MAM), c) inverno (JJA) e d) primavera (SON).



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

A Tabela 2 mostra os resultados do teste Kolmogorov-Smirnov para verificar a qualidade do ajuste da distribuição GEV aos dados de precipitação máxima diária no Estado do Rio de Janeiro. A um nível de significância de 5%, os resultados indicaram que os dados aderiram bem à distribuição GEV, pois todos os valores da estatística do teste de Kolmogorov-Smirnov (D) foram menores que o valor crítico, que para amostras de tamanho 40 é 0,21.

Tabela 2 - Resultados do teste Kolmogorov-Smirnov para verificar a qualidade do ajuste da distribuição GEV aos dados de precipitação máxima diária no Estado do Rio de Janeiro.

	Intervalo dos Resultados			
	(menor e maior valor dos resultados dos postos pluviométricos analisados)			
	Verão (DJF)	Outono (MAM)	Inverno (JJA)	Primavera (SON)
Teste Kolmogorov-Smirnov (Estatística D)	0,061 - 0,157	0,063 - 0,165	0,048 - 0,130	0,050 - 0,158
Teste Kolmogorov-Smirnov (p-valor)	0,275 - 0,997	0,229 - 0,998	0,529 - 1,000	0,246 - 1,000

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo consistiu em estudar o comportamento das precipitações máximas no Estado do Rio de Janeiro, bem como estimar a precipitação máxima diária provável para os períodos de retorno de 2, 5, 10, e 50 anos a partir da Distribuição Generalizada de Valores Extremos (*Generalized Extreme Value* - GEV). Para isso, foram utilizados dados diários de 52 postos pluviométricos (1978 – 2018).

As regiões do Estado do Rio de Janeiro que apresentaram as precipitações máximas diárias mais intensas foram a Baixada Litorânea e a porção leste da região Metropolitana, tanto nas medidas descritivas quanto nas estimativas para os períodos de retorno de 2, 5, 10 e 50 anos.

As precipitações máximas mais intensas foram observadas no verão (DJF), mas os maiores valores médios dos eventos de precipitação máxima foram observados no outono (MAM); já o inverno (JJA) apresentou os menores valores de todas as medidas descritivas (mínimo, máximo, média e desvio).

Para os períodos de retorno de 2, 5 e 10 anos, as estimativas das precipitações máximas foram mais intensas na Baixada Litorânea e na porção leste da região Metropolitana principalmente no outono (MAM), onde espera-se que ocorra uma vez a cada 2, 5 e 10 anos, em algumas áreas, totais diários maiores que 70 mm/dia, 75 mm/dia e 105 mm/dia, respectivamente.

Espera-se que os resultados obtidos neste trabalho possam contribuir para um planejamento estratégico territorial e ambiental melhor com relação ao dimensionamento de obras de drenagem urbana, na gestão de recursos hídricos, para a melhor atuação da defesa civil, em projetos de obras hidráulicas tais como vertedores de barragens, dimensionamento de canais, etc., auxiliando assim na minimização dos transtornos ocasionados pelas precipitações máximas como alagamentos, enchentes e inundações.

Entretanto, para um planejamento estratégico territorial e ambiental melhor, há ainda a necessidade de integração do planejamento territorial, uso do solo e a gestão de recursos hídricos, a fim de uma melhor administração das bacias hidrográficas nas regiões que apresentaram eventos mais intensos de precipitação como nas regiões hidrográficas da Baía de Guanabara, Lagos de São João e Macaé e das Ostras.

Além disso, se faz necessário um estudo mais aprofundado nas regiões que

apresentaram os maiores valores de precipitações máximas no Estado do Rio de Janeiro, para assim desenvolver medidas de planejamento pontuais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) pela disponibilização dos dados, ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) pela concessão de bolsa de iniciação científica e à Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pela colaboração através do projeto “Eventos Extremos de Precipitação no Sudeste do Brasil” – Processo Nº E-26/010/002667/2019.

REFERÊNCIAS

BAUTISTA, Ezequiel Abraham López; ZOCCHI, Silvio Sandoval; ANGELOCCI, Luiz Roberto. 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.

BRANDÃO, Ana Maria de Paiva Macedo. As chuvas e a ação humana: uma infeliz coincidência. In: ROSA, Luiz Pinguelli; LACERDA, Willy Alvarenga 20 ed.: **Seminário Prevenção e Controle dos Efeitos dos Temporais no Rio de Janeiro: Tormentas Cariocas**. Rio de Janeiro. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, v. 20, n. 1, p. 21-38, 1997.

DERECZYNSKI, Claudine Pereira; CALADO, Renata Novaes; BARROS, Airton Bodstein de. Chuvas extremas no município do Rio de Janeiro: Histórico a partir do século XIX. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 2, p. 17-30, 2017. DOI: https://doi.org/10.11137/2017_2_17_30.

DOURADO, Francisco; ARRAES, Thiago Coutinho; SILVA, Mariana Fernandes e. The “megadesastre” in the mountain region of Rio de Janeiro State: causes, mechanisms of mass movements and spatial allocation of investments for reconstruction post disaster. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 2, p. 43-54, 2012. DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2012_2_43_54.

FIALHO, Edson Soares; BRANDÃO, Ana Maria de Paiva Macedo. As chuvas e a (des)organização do espaço urbano carioca. **Geo UERJ Revista do Departamento de Geografia-UERJ**, Rio de Janeiro, n. 8, v. 2, p. 39-53, 2000. DOI: <https://doi.org/10.12957/geouerj>.

FISHER, Ronald Aylmer; TIPPETT, Leonard Henry Caleb. Limiting forms of the frequency distribution of the largest or smallest member of a sample. **Proceedings of the Cambridge**

Philosophical Society, Cambridge, v. 24, n. 2, p. 180-190, 1928. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0305004100015681>.

GILLELAND, Eric; KATZ, Richard. "extRemes 2.0: An extreme value analysis package in R". **Journal of Statistical Software**, Zurich, v. 72, n. 8, p. 1–39, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18637/jss.v072.i08>.

HARTMANN, Marcelo; MOALA, Fernando Antonio; MENDONÇA, Marco Aurélio. Estudo das precipitações máximas anuais em Presidente Prudente. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 26, n. 4, p. 561-568, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-77862011000400006>.

JENKINSON, A. F. The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) of meteorological elements. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, Oxford, v. 81, n. 348, p. 158-171, 1955. DOI: <https://doi.org/10.1002/qj.49708134804>.

LIMA, Kellen Carla. **Episódios de precipitação intensa no sudeste do Brasil e a influência das anomalias de temperatura da superfície do mar e da topografia**. Trabalho de Conclusão de Curso (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010.

MARTINS, Eduardo Sávio Passos Rodrigues; STEDINGER, Jery Russell. Generalized maximum-likelihood generalized extreme-value quantile estimators for hydrologic data. **Water Resources Research**, New York, v. 36, n. 3, p.737-744, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1029/1999WR900330>.

MAZZINI, Piero Luigi Fernandes; SCHETTINI, Carlos Augusto França. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase-sinóticos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, São Paulo, v. 13, n. 1, p.53-64, 2009. DOI: <https://doi.org/10.14210/bjast.2009v13n1>.

MESQUITA, Wilson Oliveira; GRIEBELER, Nori Paulo; OLIVEIRA, Luiz Fernando Coutinho de. Precipitações máximas diárias esperadas para as regiões central e sudeste de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 73-81, 2009.

OTTERO, Clarisse R.; CHARGEL, Leonardo Tristão; HORA, Mônica de Aquino Galeano Massera da. Análise de frequência dos dados pluviométricos observados em 2011 e 2013 na região Serrana, Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 33, n. 1, p. 131-139, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786331007>.

PALUTIKOF, Jean P.; BRABSON, B. B.; LISTER, David H.; ADCOCK, S. T. A review of methods to calculate extreme wind speeds. **Meteorological Applications**, Oxford, v. 6, n. 2, p. 119-132, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1350482799001103>.

PRISTO, Marcos Vinícius de Jesus; DEREZYNSKI, Claudine Pereira; SOUZA, Pedro Regoto de; MENEZES, Wallace Figueiredo. Climatologia de chuvas intensas no município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 33, n. 4, p. 615-630, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786334005>.

REIS, Magno Henrique dos; GRIEBELER, Nori Paulo; SARMENTO, Pedro Henrique Lopes; OLIVEIRA, Luiz Fernando Coutinho de; OLIVEIRA, Janaína Moura de. Espacialização de dados

de precipitação e avaliação de interpoladores para projetos de drenagem agrícola no estado de Goiás e Distrito Federal. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, v. 16, n. 21, p. 229-236, 2005.

SANTOS, Eliane Barbosa; LUCIO, Paulo Sérgio; SILVA, Cláudio Moisés Santos e. Estimating return periods for daily precipitation extreme events over the Brazilian Amazon. **Theoretical and Applied Climatology**, Switzerland, v. 126, p. 585–595, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1605-9>.

SANTOS, Eliane Barbosa; LUCIO, Paulo Sérgio; SILVA, Cláudio Moisés Santos e. Seasonal analysis of return periods for maximum daily precipitation in the Brazilian Amazon. **Journal of Hydrometeorology**, Boston, v. 16, n. 3, p. 973-984, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1175/JHM-D-14-0201.1>.

SMITH, Richard L. Maximum likelihood estimation in a class of nonregular cases. **Biometrika**, London, v. 72, n. 1, p. 67-90, 1985.

SOBRAL, Bruno Sobral; OLIVEIRA-JÚNIOR, José Francisco; GOIS, Givanildo; TERASSI, Paulo Miguel de Bodas; MUNIZ-JÚNIOR, João Gualberto Rodrigues. Variabilidade espaço-temporal e interanual da chuva no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 22, n. 14, p. 281-308, 2018. DOI: <http://doi.org/10.5380/abclima.v22i0.55592>.

VIEIRA, Sidney Rosa; LOMBARDI NETO, Francisco; BURROWS, I. T. Mapeamento da chuva diária máxima provável para o Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 15, n. 1, p. 93-98, 1991.

ZENG, Xiankui; WANG, Dong; WU, Jichun. Evaluating the three methods of goodness of fit test for frequency analysis. **Journal of Risk Analysis and Crisis Response**, v. 5, n. 3, p. 178-187, 2015. DOI: <https://doi.org/10.2991/jrarc.2015.5.3.5>.

WILKS, Daniel S. Statistical methods in the atmospheric sciences. **Elsevier Academic Press**, Amsterdam, v. 91, n. 2, p 627, 2006.