

Avaliação do desempenho de distribuições de probabilidade na análise de frequência de precipitações extremas no estado do Rio de Janeiro.

Raíssa Soares de Lima Oliveira¹, Marcelo de Miranda Reis² & Igor da Silva Rocha Paz³

Resumo: O estado do Rio de Janeiro apresenta elevada vulnerabilidade a eventos hidrológicos extremos em razão da interação entre relevo acidentado, clima tropical úmido e intensa urbanização, fatores que ampliam os riscos de inundações, enxurradas e deslizamentos. A compreensão dos padrões de precipitação e a avaliação estatística de séries pluviométricas são fundamentais para o planejamento urbano, o dimensionamento de obras hidráulicas e a mitigação de riscos hidrológicos. Contudo, a definição de distribuições de probabilidade adequadas para representar precipitações extremas permanece um desafio central da hidrologia estatística. A análise de 27 postos pluviométricos distribuídos pelas diferentes regiões hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro, realizada no software ALEA com diferentes distribuições de probabilidade, evidenciou variações no desempenho dos modelos entre os postos analisados. As distribuições GEV, Log-Pearson III, Gumbel, Pearson III e Log-Normal destacaram-se em diferentes séries como as de melhor ajuste, enquanto a Exponencial apresentou desempenho insatisfatório de forma recorrente. Esses resultados reforçam que a adoção de uma única distribuição probabilística pode comprometer a representatividade das estimativas de precipitação máxima anual e dos períodos de retorno. Assim, a avaliação comparativa de diferentes distribuições e critérios de aderência é fundamental para a seleção do modelo mais adequado às características de cada série histórica e para o aprimoramento das análises de frequência de eventos extremos.

Abstract: The state of Rio de Janeiro exhibits high vulnerability to extreme hydrological events due to the interaction between rugged topography, humid tropical climate, and intense urbanization, factors that significantly increase the risks of flooding, flash floods, and landslides. The understanding of precipitation patterns and the statistical assessment of pluviometric time series are essential for urban planning, hydraulic infrastructure design, and hydrological risk mitigation. However, the selection of appropriate probability distributions to represent extreme rainfall remains a central challenge in statistical hydrology. The analysis of 27 rainfall stations distributed across the different hydrographic regions of the State of Rio de Janeiro, conducted using the ALEA software and several probability distributions, revealed variations in model performance among the analyzed stations. The GEV, Log-Pearson III, Gumbel, Pearson III, and Log-Normal distributions stood out in different series as providing the best fit, whereas the Exponential distribution recurrently showed unsatisfactory performance. These results reinforce that the adoption of a single probability distribution may compromise the representativeness of annual maximum precipitation and return-period estimates. Therefore, the comparative assessment of different distributions and goodness-of-fit criteria is essential for selecting the most appropriate model for the characteristics of each historical series and for improving frequency analyses of extreme events.

Palavras-Chave: Precipitação extrema; Distribuições de probabilidade; Análise de frequência; Curvas IDF; Hidrologia estatística.

Keywords: Extreme precipitation; Probability distributions; Frequency analysis; IDF curves; Statistical hydrology.

1) Instituto Militar de Engenharia (IME) – soares.raissa@ime.eb.br

2) Instituto Militar de Engenharia (IME) – marceloreis@ime.eb.br

3) Instituto Militar de Engenharia (IME) – igorpaz@ime.eb.br

INTRODUÇÃO

O estado do Rio de Janeiro apresenta relevo acidentado, abrangendo áreas serranas, baixadas litorâneas e proximidade oceânica, o que, em conjunto com a variabilidade climática e a influência de sistemas atmosféricos como a Zona de Convergência do Atlântico Sul e frentes frias, condiciona a distribuição espacial e temporal da precipitação e aumenta a suscetibilidade a eventos hidrológicos extremos, particularmente em áreas urbanizadas (OLIVAI, 2019). Estudos recentes indicam que 81,5% dos municípios do estado são suscetíveis a deslizamentos, enxurradas e inundações, situando o Rio de Janeiro entre as regiões mais afetadas por desastres naturais no Brasil (PAIVA et al., 2025). Essa vulnerabilidade é intensificada por fatores como elevada densidade populacional, ocupação urbana desordenada e ausência de planejamento territorial adequado (AIRES; OLIVEIRA, 2023; REGUEIRA, 2019; PEREIRA et al., 2013).

A compreensão detalhada dos padrões de precipitação é essencial para o desenvolvimento de estratégias de prevenção de desastres e para o planejamento urbano, especialmente em áreas densamente ocupadas e vulneráveis (DUARTE, 2021; PEREIRA et al., 2020). A quantificação e análise de chuvas permitem não apenas estimar a magnitude e frequência de eventos críticos, mas também subsidiar projetos de infraestrutura, drenagem urbana e sistemas de alerta, contribuindo para a redução de impactos socioambientais e para o fortalecimento da resiliência das cidades frente a fenômenos hidrológicos adversos (SANTOS et al., 2023).

Estudos indicam que eventos de precipitação extrema estão se tornando mais frequentes e intensos, o que reforça a necessidade de modelos estatísticos robustos para estimar com precisão os períodos de retorno das chuvas máximas (REBOITA et al., 2024; BARBOSA, 2022). Além disso, a análise estatística das séries pluviométricas é essencial para a elaboração de curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF), ferramentas cruciais para o dimensionamento de projetos hidráulicos e hidrológicos (ALMEIDA, 2025; PINTO, 2020).

O objetivo principal deste estudo é selecionar postos pluviométricos distribuídos pelo estado do Rio de Janeiro e submeter os dados de cada posto a diferentes metodologias estatísticas aplicadas à hidrologia. Busca-se avaliar o desempenho de cada abordagem na modelagem das séries temporais de precipitação e identificar as distribuições de probabilidade mais e menos adequadas para representar os dados. Os resultados visam fornecer subsídios consistentes para a elaboração de curvas IDF (Intensidade-Duração-Frequência), bem como para o planejamento de projetos de infraestrutura, sistemas de drenagem urbana e estratégias de mitigação de riscos hidrológicos.

MÉTODOS

Área de estudo e dados de precipitação

O estudo foi realizado no estado do Rio de Janeiro, situado na região Sudeste do Brasil, entre aproximadamente 20° e 23° S de latitude e 40° e 44° W de longitude. O território apresenta grande diversidade topográfica, abrangendo planícies costeiras, serras e encostas íngremes, com altitudes que variam do nível do mar até mais de 2.700 m na Serra do Mar (IBGE; CPRM, 2023). O clima predominante é tropical úmido, caracterizado por chuvas intensas concentradas nos meses de verão e temperaturas elevadas ao longo do ano, com precipitação média anual de aproximadamente 1.200 mm nas regiões do litoral e 2.500 mm nas áreas serranas, enquanto a evaporação real apresenta valores médios em torno de 1.000 mm anuais (INMET, 2025). As áreas de relevo acidentado apresentam maior vulnerabilidade a desastres naturais, como deslizamentos e

enxurradas, devido à combinação de alta pluviosidade, ocupação urbana desordenada e elevada densidade populacional (IBGE, 2020; AGÊNCIA BRASIL, 2024).

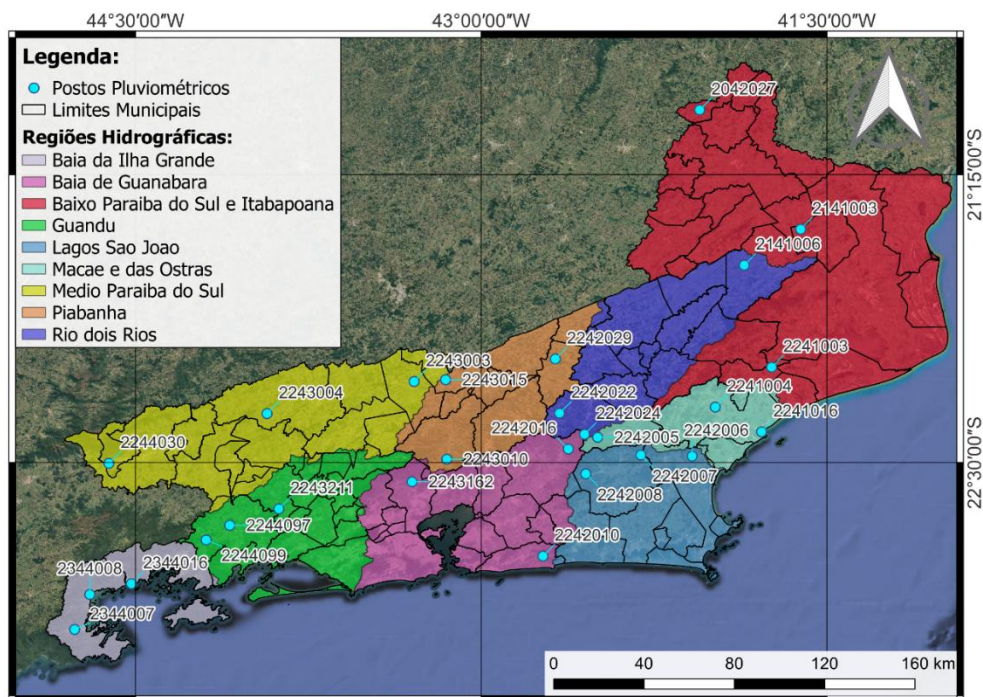


Figura 1 – Localização dos postos pluviométricos selecionados.

Coleta, Seleção e Processamento dos Dados

As séries históricas dos postos pluviométricos foram obtidas utilizando a plataforma Hidroweb, da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Foram selecionados 27 postos pluviométricos estrategicamente distribuídos pelo estado do Rio de Janeiro, contemplando três postos em cada região hidrográfica, conforme ilustrado na Figura 1. Priorizou-se postos com séries históricas contínuas e consistentes, com duração superior a 30 anos, a fim de assegurar a robustez temporal dos dados. Visando otimizar a representatividade espacial e mitigar influências locais, a seleção dos postos dentro de cada região hidrográfica considerou a diversidade de localização, buscando uma distribuição heterogênea e, sempre que possível, equidistante. Essa abordagem foi adotada para garantir que os resultados obtidos sejam mais homogêneos e verdadeiramente representativos da variabilidade hidrológica regional.

Para cada série histórica de dados pluviométricos, foi extraída a precipitação máxima anual, possibilitando a conversão de registros diários ou mensais em séries de valores extremos, fundamentais para a análise de frequência. O processamento estatístico dessas séries foi realizado integralmente no software ALEA, que permitiu a estimação dos parâmetros estatísticos e o cálculo das precipitações máximas anuais associadas a períodos de retorno variando de 2 a 1000 anos.

Ajuste Estatístico e Teste de Aderência

Para cada conjunto de dados, foram testadas diversas distribuições de probabilidade paramétricas, entre elas Exponencial, Gamma, GEV, Gumbel, Log-Normal (com dois e três parâmetros), Log-Pearson III e Pearson III, cujos parâmetros foram obtidos por meio dos métodos dos momentos, incluindo o Momento Médio Variacional (MMV), o Momento Médio Logarítmico (MML) e o Momento Médio Ordinário (MMO).

A aderência das distribuições testadas a cada série de dados foi avaliada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov, também executado no software ALEA. Este teste compara a máxima diferença entre as funções de distribuição acumulada empírica e teórica, fornecendo uma medida da compatibilidade entre os dados observados e a distribuição proposta. A distribuição considerada mais adequada para cada série foi aquela que apresentou um p-valor próximo de 1, indicando ausência de evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula de que os dados seguem a distribuição proposta. Em contrapartida, um p-valor igual ou próximo de zero foi interpretado como indicativo de um mau ajuste, demonstrando que a distribuição em questão não descreve adequadamente os dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adequação das distribuições variou entre as nove Regiões Hidrográficas do Rio de Janeiro. Os resultados evidenciam que não houve uma distribuição uniforme de uma única metodologia estatística com melhor desempenho entre as regiões hidrográficas analisadas. A GEV apresentou o melhor desempenho em diferentes postos das regiões do Guandu, Médio Paraíba do Sul, Lagos–São João, Macaé e das Ostras e Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana, enquanto a Log-Pearson III também se destacou em postos das regiões da Baía da Ilha Grande, Guandu, Pianeira, Lagos–São João e Rio Dois Rios. A distribuição Gumbel apresentou o melhor ajuste em postos das regiões do Médio Paraíba do Sul, Baía de Guanabara, Lagos–São João e Rio Dois Rios, ao passo que as distribuições LN-2P, LN-3P e Pearson-3 também apresentaram desempenho superior em postos específicos. Em contrapartida, a distribuição Exponencial figurou predominantemente entre as metodologias de pior desempenho, sendo frequentemente acompanhada pela Pearson-3, especialmente nas regiões em que esta distribuição não apresentou o melhor ajuste. Dessa forma, os resultados indicam que o desempenho das distribuições probabilísticas variou entre os postos pluviométricos, não sendo possível estabelecer uma distribuição universalmente superior para todo o Estado do Rio de Janeiro. Os resultados detalhados dos testes de aderência são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados do Teste de Kolmogorov-Smirnov (continua)

Posto Pluviométrico	Distribuições de Probabilidade											
	Exponencial			Gamma			Gev			Gumbel		
	MOM	MMV	MML	MOM	MMV	MML	MOM	MMV	MML	MOM	MMV	MML
2344007	0,3769	0,0310	0,5710	0,8453	0,7249	0,8218	0,8580	0,9470	0,9842	0,8204	0,8594	0,8155
2344008	0,1870	0,0211	0,5842	0,8889	0,8048	0,8573	0,9926	0,9689	0,9816	0,9784	0,6203	0,9935
2344016	0,7399	0,2641	0,7730	0,7082	0,5147	0,6576	0,7420	0,7825	0,9031	0,7022	-	0,6928
2243211	0,8080	0,7867	0,7988	0,1800	0,1799	0,1788	0,4372	0,9958	0,9693	0,2727	0,6133	0,2921
2244097	0,1420	0,0007	0,2245	0,2376	0,2515	0,2442	0,6337	0,9484	0,9391	0,4633	0,7362	0,4851
2244099	0,0029	0,0895	0,2088	0,8618	0,7244	0,8783	0,7614	0,6187	0,7809	0,6078	0,6197	0,7573
2243003	0,2872	0,0000	0,3091	0,2852	0,2662	0,2729	0,5578	0,6370	0,6157	0,6191	0,6007	0,5936
2243004	0,5080	0,0000	0,7040	0,5779	0,5005	0,5374	0,8210	0,7923	0,8858	0,8095	0,7390	0,8339
2244030	0,0427	0,3083	0,0440	0,1416	0,3129	0,3062	0,1965	0,3016	0,2688	0,1543	0,3542	0,3430
2242029	0,1250	0,0016	0,1481	0,2252	0,4609	0,4473	0,6360	0,8068	0,7205	0,4099	0,7653	0,5569
2243010	0,1879	0,0065	0,3491	0,7183	0,7253	0,7248	0,9595	0,9776	0,9832	0,9605	0,8979	0,9644
2243015	0,0718	0,0000	0,0637	0,8740	0,9566	0,9511	0,8109	0,9230	0,9164	0,8308	0,8675	0,8393
2243162	0,4166	0,0025	0,3756	0,8746	0,8981	0,9015	0,9250	0,9565	0,9150	0,9598	-	0,9190
2242010	0,4583	0,0003	0,9572	0,6224	0,7294	0,6594	0,7314	-	0,9592	0,7478	0,8801	0,7327
2242016	0,0983	0,0116	0,1005	0,1967	0,2997	0,3040	0,1969	0,3609	0,3337	0,2650	0,3679	0,3665
2242006	0,5180	0,0000	0,2007	0,2989	0,3992	0,3773	0,4417	0,4864	0,4569	0,4181	0,4772	0,4484
2242007	0,1951	0,0007	0,2636	0,8448	0,9031	0,8791	0,9407	0,9293	0,9193	0,9531	-	0,9527

2242008	0,1429	0,0005	0,3066	0,5393	0,3868	0,4702	0,6292	0,6471	0,6679	0,6295	-	0,6553
2141006	0,1106	0,0076	0,1827	0,8235	0,6975	0,7635	0,9844	0,9509	0,9811	0,9873	0,9616	0,9891
2242022	0,1952	0,0001	0,1704	0,7164	0,9198	0,9017	0,8032	0,9559	0,9592	0,8622	-	0,9457
2242024	0,2275	0,0036	0,3177	0,0359	0,1085	0,1076	0,3368	0,3485	0,4132	0,0951	-	0,0951
2141004	0,5148	0,0002	0,6975	0,7858	0,7271	0,8246	0,7261	0,7598	0,8788	0,7585	0,8183	0,8641
2241016	0,1272	0,0115	0,1964	0,0541	0,0525	0,0525	0,2960	0,2625	0,4196	0,0901	-	0,1092
2242005	0,1808	0,0257	0,2362	0,9212	0,9887	0,9761	0,8748	0,8941	0,9558	0,9649	-	0,9598
2042027	0,6466	0,0000	0,7488	0,5838	0,4830	0,5623	0,7445	0,8108	0,9063	0,7942	0,8147	0,8587
2141003	0,4585	0,0000	0,2988	0,4943	0,4642	0,5113	0,9097	0,9651	0,9879	0,9080	0,9090	0,9025
2241003	0,0963	0,0861	0,1308	0,0088	0,0107	0,0101	0,0850	0,3430	0,3882	0,0080	-	0,0163

Tabela 1 – Resultados do Teste de Kolmogorov-Smirnov (conclusão)

Posto Pluviométrico	Distribuições de Probabilidade											
	Ln-2p			Ln-3p			Logpearson-3			Pearson-3		
	MOM	MMV	MML	MOM	MMV	MML	MOM	MMV	MML	MOM	MMV	MML
2344007	0,9712	0,9678	0,9971	0,8725	0,9825	0,9960	-	0,8694	0,8896	0,9294	0,9797	0,0000
2344008	0,9880	0,9939	0,9956	0,9868	0,9908	0,9924	0,9350	0,9576	0,9718	0,9687	0,9613	-
2344016	0,8396	0,7616	0,8879	0,7280	0,2184	0,9280	-	0,6226	0,6536	0,9129	0,9672	0,9633
2243211	0,3484	0,3835	0,3394	0,4660	0,0305	0,9477	0,4290	0,9793	0,9529	0,5751	0,3619	0,0000
2244097	0,5581	0,5996	0,5562	0,6417	0,0188	0,8838	0,6208	0,9521	0,9193	0,0000	0,5791	0,0000
2244099	0,6570	0,6557	0,7813	0,7841	0,6881	0,8038	-	0,5117	0,7449	0,8179	0,7150	0,8489
2243003	0,5114	0,5035	0,5044	0,5256	0,5508	0,5441	0,5577	0,5938	0,5401	0,4310	0,4189	0,0000
2243004	0,7240	0,6697	0,7812	0,7983	0,1716	0,8828	0,8085	0,8122	0,8815	0,7236	0,8211	0,0000
2244030	0,1364	0,3044	0,3337	0,1416	0,2760	0,1986	0,1804	0,2625	0,2552	0,0000	0,2536	0,0000
2242029	0,4840	0,6353	0,5515	0,4327	0,0343	0,6233	0,5750	0,7694	0,8361	0,0000	0,0002	0,0000
2243010	0,9672	0,8987	0,9671	0,9789	-	0,9944	0,9649	0,6226	0,6242	0,9965	0,9972	0,9979
2243015	0,9155	0,9585	0,9505	0,7942	0,9445	0,9192	0,3822	0,9314	0,9634	0,0000	0,9381	0,9056
2243162	0,9159	0,9547	0,9023	0,9147	0,9365	0,8898	-	0,9447	0,9098	0,8721	0,8825	0,8234
2242010	0,9725	0,9424	0,9079	0,7106	0,9351	0,9612	-	-	0,9224	0,7174	0,8393	0,0000
2242016	0,3298	0,3503	0,3451	0,1634	0,3545	0,3266	0,0717	-	-	0,0000	-	0,3091
2242006	0,4603	0,2687	0,4001	0,3987	0,4482	0,4015	-	-	-	0,0000	0,3888	0,0000
2242007	0,8800	0,9034	0,8877	0,9278	0,9178	0,9096	0,9289	0,9222	0,8885	0,9175	0,9098	0,8935
2242008	0,6134	0,5038	0,5938	0,6660	0,2631	0,6999	0,6080	0,6091	0,6189	0,8106	0,7824	0,7750
2141006	0,9619	0,9023	0,9454	0,9896	-	0,9885	-	-	-	0,9926	0,9672	0,9938
2242022	0,8656	0,9466	0,9474	0,6483	0,9489	0,9461	0,7671	-	-	0,0000	0,8886	0,9059
2242024	0,0873	0,1456	0,1131	0,3924	0,0053	0,3584	0,4353	0,4470	0,4661	0,0000	0,0000	0,0000
2141004	0,8078	0,9256	0,9298	0,7059	0,0779	0,9042	-	-	-	0,7609	0,7675	0,9508
2241016	0,1248	0,1330	0,1125	0,3319	0,0061	0,3883	0,4396	0,5180	0,5414	0,0000	-	0,0000
2242005	0,9498	0,9688	0,9742	0,8649	-	0,9638	-	-	-	0,0000	0,9388	0,9617
2042027	0,7227	0,6432	0,7415	0,7378	0,2458	0,9305	-	-	-	0,8200	0,7750	0,0000
2141003	0,7967	0,7541	0,7913	0,9069	0,9377	0,9644	-	-	-	0,8589	0,8254	0,0000
2241003	0,0465	0,0729	0,0434	0,1368	0,0001	0,3121	0,1159	0,3554	0,3608	0,0000	-	0,0000

A Tabela 2 sintetiza o desempenho das distribuições de probabilidade aplicadas às séries de precipitação máxima anual, destacando aquelas que apresentaram os melhores e os piores resultados nos testes de aderência para cada posto pluviométrico analisado. Observa-se que a distribuição Exponencial apresentou desempenho insatisfatório de forma recorrente, sendo identificada como uma das metodologias de pior ajuste em diversos postos e regiões hidrográficas. A distribuição Pearson tipo III também figurou entre os modelos de pior desempenho em alguns postos, embora

tenha apresentado o melhor ajuste em outros, evidenciando que sua adequação variou conforme as características das séries pluviométricas analisadas. Em contrapartida, distribuições como a GEV, a Log-Pearson tipo III, a Gumbel e as distribuições Log-Normal de dois e três parâmetros apresentaram desempenho superior em diferentes postos, destacando-se pela frequência com que foram selecionadas como as melhores metodologias nos testes de aderência. Esses resultados reforçam a ausência de uma distribuição probabilística universalmente superior e evidenciam a importância da avaliação comparativa de diferentes modelos para a análise de frequência de eventos extremos de precipitação.

Tabela 2 – Comparação do desempenho das distribuições de probabilidade (continua)

Posto Pluviométrico	Nº de anos totais	Melhor Metodologia Estatística	Pior Metodologia Estatística
Região Hidrográfica Baía da Ilha Grande			
2344007	62	LN-2P	PEARSON-3
2344008	57	LN-3P	EXPONENCIAL
2344016	42	PEARSON-3	LN-3P
Região Hidrográfica Guandu			
2243211	39	GEV	PEARSON-3
2244097	97	LOG-PEARSON-3	PEARSON-3
2244099	61	GAMMA	EXPONENCIAL
Região Hidrográfica Médio Paraíba do Sul			
2243003	80	GEV	EXPONENCIAL / PEARSON-3
2243004	79	GEV	EXPONENCIAL / PEARSON-3
2244030	68	GUMBEL	PEARSON-3
Região Hidrográfica Piabanha			
2242029	73	LOG-PEARSON-3	PEARSON-3
2243010	86	PEARSON-3	EXPONENCIAL
2243015	88	LN-2P	EXPONENCIAL / PEARSON-3
Região Hidrográfica Baía de Guanabara			
2243162	47	GUMBEL	EXPONENCIAL
2242010	52	LN-3P	PEARSON-3
2242016	52	GUMBEL	PEARSON-3
Região Hidrográfica Lagos – São João			
2242006	57	GEV	EXPONENCIAL / PEARSON-3
2242007	52	GUMBEL	EXPONENCIAL
2242008	52	LOG-PEARSON-3	EXPONENCIAL
Região Hidrográfica Macaé e das Ostras			
2141006	85	PEARSON-3	EXPONENCIAL
2242022	75	GEV	PEARSON-3
2242024	59	LOG-PEARSON-3	PEARSON-3
Região Hidrográfica Rio Dois Rios			
2141004	57	PEARSON-3	EXPONENCIAL
2241016	43	LOG-PEARSON-3	PEARSON-3
2242005	57	GAMMA	PEARSON-3
Região Hidrográfica Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana			
2042027	85	LN-3P	EXPONENCIAL / PEARSON-3
2141003	85	GEV	EXPONENCIAL / PEARSON-3
2241003	81	GEV	PEARSON-3

CONCLUSÃO

A escolha automática de distribuições pode comprometer a confiabilidade das estimativas de precipitação, sendo crucial uma avaliação estatística rigorosa.

Desta forma, torna-se recomendável a aplicação de análises comparativas entre distintas distribuições de probabilidade, com base em critérios quantitativos de aderência estatística e na avaliação da consistência hidrológica dos parâmetros estimados. A manutenção e ampliação das séries históricas de precipitação são fundamentais para ajustes mais precisos e diagnósticos confiáveis do comportamento das chuvas extremas. Este estudo reforça a necessidade de metodologias estatísticas adequadas e atualizadas para o planejamento e gestão de recursos hídricos, visando maior segurança frente a eventos hidrológicos extremos em cenários de variabilidade climática crescente.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA (2025). Hidroweb: banco de dados hidrológicos. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb>. Acesso em: 15 maio 2025.
- AIRES, R. F. A.; OLIVEIRA, L. A. (2023). “Desastres naturais e vulnerabilidade socioambiental no estado do Rio de Janeiro”. Revista Brasileira de Climatologia, Curitiba, v. 32, p. 55-72.
- ALMEIDA, W. S. (2025). “The use of rainfall disaggregation coefficients to obtain IDF curves for the state of Rio de Janeiro, Brazil”. Ambi-Água, v. 20, n. 1, p. 1-12.
- BARBOSA, A. G. (2022). “Assessing intensity-duration-frequency equations and rainfall disaggregation methods for the Rio Doce basin”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 27, e61.
- DUARTE, T. L. (2021). Eventos de chuvas extremas associados aos riscos de desastres naturais em áreas urbanas. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/5528/552866526019/552866526019.pdf>. Acesso em: 1 set. 2025.
- IBGE (2020). Estado do Rio tem mais da metade do território com alto risco de deslizamentos. Agência IBGE Notícias. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/26127-estado-do-rio-tem-mais-da-metade-do-territorio-com-alto-risco-de-deslizamentos>. Acesso em: 27 ago. 2025.
- INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (2025). Normais climatológicas do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acesso em: 19 ago. 2025.
- NAGHETTINI, M. (2012). Introdução à Hidrologia Aplicada. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. d. A. (2007). Hidrologia Estatística. Belo Horizonte: CPRM.
- PEREIRA, L. M.; SCHARDONG, R. F.; COSTA, A. P. (2020). Monitoramento e análise estatística de chuvas extremas para o planejamento urbano. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/7766/1/MONOGRAFIA_Equa%C3%A7%C3%A3oChuvasIntensas.pdf. Acesso em: 1 set. 2025.
- PEREIRA, V. R. et al. (2013). “Variabilidade climática da precipitação em regiões de diferentes altitudes no estado do Rio de Janeiro”. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 48, n. 1, p. 77-86. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/963086/variabilidade-climatica-da-precipitacao-em-regioes-de-diferentes-altitudes-no-estado-do-rio-de-janeiro>. Acesso em: 1 set. 2025.

PINTO, E. J. (2020). Atlas pluviométrico do Brasil: equações IDF. Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/21959/3/equacoes_idf_2020_meta_gdag.pdf. Acesso em: 1 set. 2025.

REBOITA, M. S.; MATTOS, E. V.; CAPUCIN, B. C.; SOUZA, D. O. d.; FERREIRA, G. W. d. S. (2024). “A multi-scale analysis of the extreme precipitation in Southern Brazil in April/May 2024”. *Atmosphere*, v. 15, n. 9, p. 1123.

REGUEIRA, R. R. (2019). Análise da variabilidade e extremos de precipitação no município do Rio de Janeiro (1997–2017). 138 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SANTOS, J. A.; OLIVEIRA, F. R.; MARTINS, D. S. (2023). Análise de precipitações extremas e planejamento urbano sustentável. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/238/XV-ENAU0111-1-0-20240618-091811.pdf>. Acesso em: 1 set. 2025.

TUCCI, C. E. M. (1993). Hidrologia – Ciência e Aplicação. Porto Alegre: EDUSP/ABRH.