

## MONITORAMENTO DA PRECIPITAÇÃO NO BRASIL PELA REDE HIDROMETEOROLÓGICA NACIONAL: PANORAMA DOS DADOS HISTÓRICOS COM VISTAS AO ESTUDO DOS EVENTOS EXTREMOS MÁXIMOS DE CHUVA

ARYANE ARAUJO RODRIGUES<sup>1</sup>; LAURA SCHWARTZ LEITE<sup>2</sup>; TIRZAH MOREIRA  
SIQUEIRA<sup>3</sup>; SAMUEL BESKOW<sup>4</sup>; TAMARA LEITZKE CALDEIRA BESKOW<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [aryane\\_03.2@hotmail.com](mailto:aryane_03.2@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [lauraschwartzleite@gmail.com](mailto:lauraschwartzleite@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [tirzahsiqueira@hotmail.com](mailto:tirzahsiqueira@hotmail.com)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – [samuelbeskow@gmail.com](mailto:samuelbeskow@gmail.com)

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas – [tamaraleitzkecaldeira@gmail.com](mailto:tamaraleitzkecaldeira@gmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

A precipitação é uma das variáveis mais importantes no que diz respeito às ciências da natureza e, em escala diária, representa uma das variáveis mais investigadas na hidrologia. Em condições extremas, os eventos de chuva representam riscos sociais, econômicos e ambientais, especialmente com os efeitos das mudanças climáticas (IPCC, 2023).

A chuva é, provavelmente, o primeiro elemento meteorológico mensurado pelo homem; há evidências datadas do século IV a.C. de que eram mantidos registros de chuva na Índia, assim como na Coreia já era utilizado algum tipo de medidor por volta de 1440 d.C. No Brasil, a estação pluviométrica de Morro Velho - Minas Gerais, possui registros desde 1855 (ANA, 2021).

O monitoramento da precipitação ocorre principalmente por equipamentos totalizadores denominados pluviômetros, que medem a grandeza conhecida como altura pluviométrica. É uma técnica de baixo custo e simples, porém, a sua diminuta capacidade em detalhar a distribuição temporal da precipitação é um contratempo. A fim de superar estas limitações, também são utilizados pluviômetros automáticos ou pluviógrafos, que registram de maneira digital ou analógica a precipitação em intervalos de tempo menores. Além disso, a atual existência de telemetria nas redes de monitoramento tem facilitado o acesso aos dados em tempo real.

A importância dos dados de precipitação incide na maioria dos estudos ambientais e de engenharia, sendo que o monitoramento da chuva normalmente se dá pelo interesse nos dados pluviométricos para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, bem como projetos e estruturas hidráulicas. No entanto, devido à condição de variabilidade espaço-temporal da chuva, à dependência frente às características geográficas de cada localidade e as limitações técnicas e econômicas empregadas em sua medição, a chuva é considerada um dos elementos mais difícil de se medir (VILLELA; MATOS, 1975; PUTTHIVIDHYA; TANAKA, 2013).

Atualmente, a Rede Hidrometeorológica Nacional (de responsabilidade da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA), é a principal fonte destes dados históricos de chuva no Brasil e em países da América do Sul, reunindo estas informações no Hidroweb - Sistema de Informações Hidrológicas da ANA. A Rede conta com mais de 18 mil postos pluviométricos cadastrados, no entanto, nem todos são passíveis de utilização: alguns não possuem dados, outros possuem dados antigos (em postos desativados), outros possuem séries muito curtas (monitoramento iniciado recentemente), e outros possuem muitas falhas e inconsistências nos dados, dificultando a aquisição de séries robustas para os estudos e projetos.

Diante disso, o objetivo deste estudo é apresentar um panorama dos dados históricos de Chuva Máxima Diária Anual da Rede Hidrometeorológica Nacional, bem como uma avaliação à partir de critérios temporais e estatísticos, com vistas ao estudo dos eventos extremos de máximos.

## 2. METODOLOGIA

Todos os postos pluviométricos cadastrados no Hidroweb – Sistema de Informações Hidrológicas da ANA foram consultados, e dos que continham dados, foram obtidas séries de Chuva Total Diária (CTD). Essas séries foram utilizadas para constituir séries de Chuva Máxima Diária Anual (CMDA), utilizando critérios temporais e estatísticos. Os critérios temporais foram: considerar apenas anos com no máximo 31 dias de falha para compor a série histórica; considerar apenas séries com no mínimo 30 anos de observações e entre 1961 e 2020.

Estes critérios temporais foram definidos em função de quatro razões:

- i. O tamanho mínimo de 30 anos é recomendação da Organização Mundial Meteorológica (WMO, 1989) para análise de séries temporais de variáveis meteorológicas e climatológicas;
- ii. O período entre 1961 e 2020 foi definido para obter o maior número de séries de CMDA com pelo menos 30 anos de observações, mas não ao ponto de que os dados sejam tão antigos que não mais representem o cenário climático atual;
- iii. Para coincidir com o período das últimas duas normais climatológicas (1961 a 1990 – 1991 a 2020);
- iv. Para permitir a análise dos resultados em um intervalo de tempo comum a todas as séries de CMDA.

Em relação aos critérios estatísticos, conforme MELLO; SILVA; BESKOW (2020), diversos usos das séries históricas dependem da sua concordância com algumas premissas estatísticas. Estas premissas são as de estacionariedade, homogeneidade, independência e aleatoriedade, e podem ser testadas na forma de hipóteses. No entanto, LISI; VILLI (1997) destacam que tendo em vista o formato das séries de CMDA, estas são independentes e aleatórias, via de regra. Dito isso, as hipóteses de estacionariedade e homogeneidade foram verificadas utilizando os testes não-paramétricos Mann-Kendall (MK) (MANN, 1945; KENDALL, 1975), Sen's Slope (SS) (SEN, 1968) e Pettitt (Pt) (PETTITT, 1979).

O teste Mann-Kendall é o mais utilizado para verificar a existência de tendência temporal significativa em uma série histórica, e é recomendado pela OMM para este propósito em associação com o teste Sen's Slope (RODRIGUES et al., 2023), que informa a magnitude da tendência na unidade de medida da variável estudada. Já o teste Pettitt visa identificar a existência de um ponto de mudança brusca (*changing point*) significativo na média da série. Os três testes foram conduzidos considerando um nível de significância de 5% ( $\alpha = 0.05$ ).

Tanto a aquisição, quanto a filtragem das séries de CMDA pelos critérios temporais e estatísticos, foram realizadas empregando *scripts* na linguagem R de programação, no ambiente R Studio.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos mais de 18.000 postos pluviométricos cadastrados no HIDROWEB, 12.454 possuem dados históricos de Chuva Total Diária. Após a aquisição das séries de CTD disponíveis, utilizando inicialmente apenas os critérios temporais,

foram constituídas 3.727 séries de Chuva Máxima Diária Anual (CMDA) (Figura 1a). Este número é aparentemente grande, no entanto, o Brasil é um país de dimensões continentais com uma notável variabilidade da chuva. Assim, a quantidade e distribuição espacial das séries de CMDA disponíveis podem não ser suficientemente adequados para diversos estudos e projetos, especialmente em alguns estados como o Mato Grosso, Piauí, Tocantins e Pará.

No geral, os postos pluviométricos encontram-se majoritariamente nos locais de maior interesse socioeconômico, ou seja, em áreas com maior contingente populacional, espalhando-se do litoral em direção ao interior do país. Apesar disso, MELLO; SILVA; BESKOW (2020) constataram que a quantidade de postos pluviométricos com dados no Brasil não representa a realidade esperada para estudos e projetos. Em termos de densidade de pluviômetros, uma bacia hidrográfica média estaria sendo abrangida por apenas um equipamento e que fornece apenas o valor total diário de chuva, ou seja, sem uma discretização temporal ou espacial adequada. Além disso, o critério de seleção das séries com no mínimo 30 anos e dentro do mesmo período (1961 a 2020) reduz ainda mais a quantidade de séries de CMDA, apesar desta ser uma metodologia de interesse prático. Removendo as incertezas acerca da extensão das séries e da desconexão entre o período observado dentre as séries de CMDA, pode-se focar a análise nos aspectos hidrológicos e climatológicos do resultado do fenômeno estudado.

Em relação aos critérios estatísticos para verificação das hipóteses de estacionariedade e homogeneidade, ao nível de significância de 5%, foi constatado que 501 séries de CMDA possuem tendência temporal e não são homogêneas (Figura 1b). Estas 501 séries representam entre 10% (NE) e 45% (CO) do total, variando entre as regiões do país. As tendências temporais são majoritariamente de aumento da CMDA nas regiões N, SE e S, e de diminuição da CMDA nas regiões NE e CO; já as séries não-homogêneas estão majoritariamente na região N.

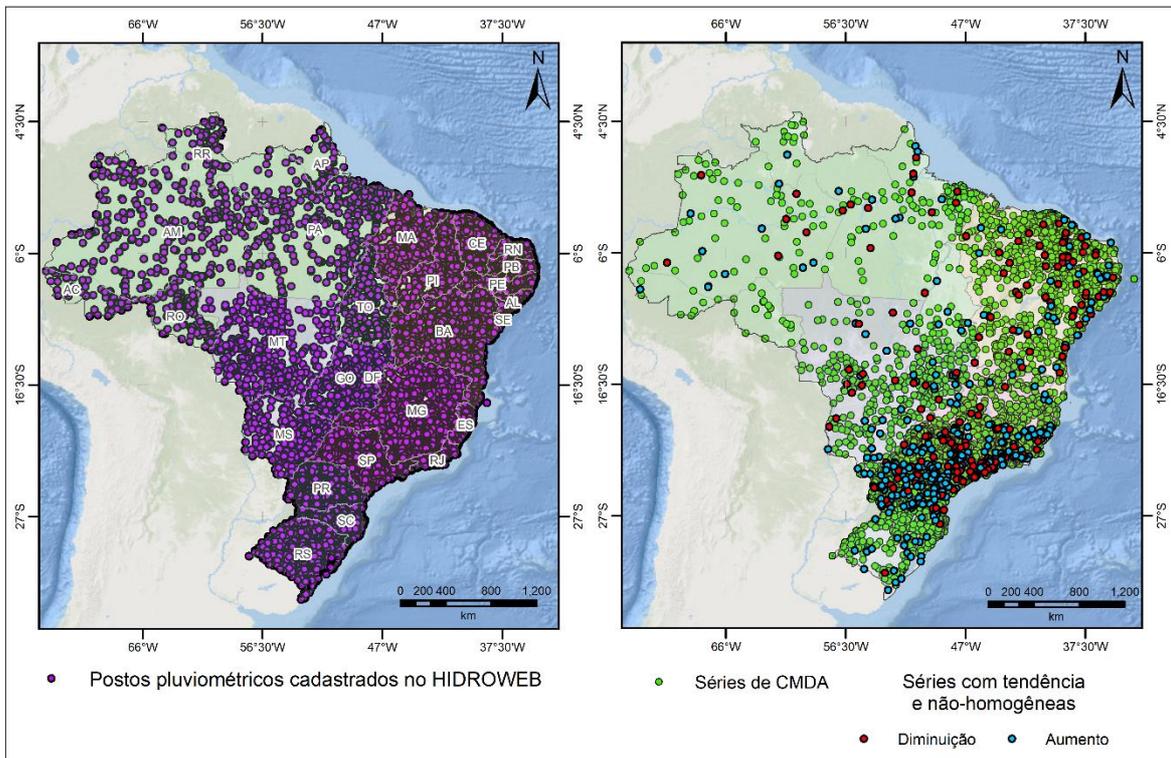


Figura 1 – Distribuição espacial das séries de CMDA advindas da Rede Hidrometeorológica Nacional: a) Todos os postos cadastrados; b) Apenas as séries de CMDA considerando os critérios de constituição temporais e estatísticos.

Diante destes resultados, dos mais de 18 mil postos pluviométricos da Rede, o número total de séries de CMDA consideradas adequadas para o estudo dos eventos extremos máximos de chuva no Brasil (considerando critérios temporais e estatísticos) são apenas 3.226 distribuídas no território nacional.

#### 4. CONCLUSÕES

Com este estudo concluiu-se que apenas 19% das séries de CMDA advindas da Rede Hidrometeorológica Nacional são adequadas para o estudo dos eventos extremos máximos de chuva no Brasil. O panorama que o estudo buscou fornecer indicou que, apesar dos esforços e avanços, a base de dados para estudos e projetos ainda possui diversas limitações, e pode comprometer as suas aplicações se não considerados alguns aspectos como os aqui descritos. De todo modo, espera-se que nos próximos anos aumente a quantidade de séries disponíveis para uso, tendo em vista a recente inclusão de vários pluviômetros automáticos na Rede.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. AR6 Synthesis report: A report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. 2023 <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>
- KENDALL, M. G. Rank Correlation Methods, 4th ed., Londres, Charles Griffin, 1975. [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2099295](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2099295)
- LISI, F.; VILLI, V. Statistical Considerations On The Randomness Of Annual Maximum Daily Rainfall. *Journal of the American Water Resources Association*, 33(2), 431–441. 1997
- MANN, H. B. Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the econometric society*, p. 245-259, 1945. <https://doi.org/10.2307/1907187>
- MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; BESKOW, S. Hidrologia de Superfície: princípios e aplicações. 2ª Edição. 531p. Editora UFLA, 2020.
- PETTITT, A. N. A non-parametric approach to the change-point problem. *Journal of the Royal Statistical Society: Applied Statistics*, v. 28, n. 2, p. 126-135, 1979. <https://doi.org/10.2307/2346729>
- PUTTHIVIDHYA, Aksara; TANAKA, Kenji. Optimal Rain Gauge Network Design and Spatial Precipitation Mapping Based on Geostatistical Analysis from Co-located Elevation and Humidity Data. In: *Journal of the Science Faculty of Chiang Mai University*. 40. v. 2. n. p. 187-197, abr. de 2013.
- RODRIGUES, Aryane Araujo et al. Tendência e variabilidade da chuva no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 32, p. 177-207, 2023a.
- SEN, P. K. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American statistical association*, v. 63, n. 324, p. 1379-1389, 1968. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01621459.1968.10480934>
- VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. Hidrologia aplicada. Editora McGraw-Hill do Brasil, 1975.
- WMO – World Meteorological Organization. Calculation of monthly and annual 30 - year standard normals. Geneva (WMO). Technical document, v.341; WCDP, n.10, 1989.