# Evolução espaço-temporal das características das secas no Brasil (1970–2019)

*Reginaldo Moura Brasil Neto[1], Celso Augusto Guimarães Santos[2] & Richarde Marques da Silva[3]*

**Palavras-Chave** – Riscos Naturais, Seca Meteorológica, Variabilidade Climática

## INTRODUÇÃO

As secas são fenômenos naturais complexos e recorrentes, caracterizados por déficits prolongados de precipitação em relação às condições climatológicas médias de uma região (Wilhite e Glantz, 1985). Diferentemente de desastres de início súbito, a seca tem desenvolvimento lento, com início, duração e término difíceis de identificar, o que impõe desafios ao seu monitoramento, caracterização e gestão (Mishra e Singh, 2010). A nível global, esses eventos comprometem a segurança alimentar, geração de energia, disponibilidade hídrica e serviços ecossistêmicos, consolidando-a como um dos principais desafios para o desenvolvimento sustentável e para a adaptação às mudanças climáticas.

Diante desse cenário, o monitoramento sistemático das secas torna-se uma ferramenta indispensável para a gestão de riscos, o planejamento hídrico e a emissão de alertas precoces. Nas últimas décadas, essa atividade tem sido fortalecida pela integração entre dados meteorológicos, produtos climáticos em grade e avanços em técnicas de sensoriamento remoto, permitindo avaliar a condição hídrica por meio de índices padronizados. Entre os índices mais consolidados, o *Standardized Precipitation Index* (SPI), é largamente utilizado devido à sua flexibilidade multiescalar e à sua capacidade de viabilizar comparações espaciais e temporais entre regiões diferentes (McKee *et al*., 1993).

Embora o Brasil apresente um histórico reconhecido de vulnerabilidade às secas, sobretudo na região semiárida do Nordeste, as últimas décadas têm evidenciado a expansão da ocorrência e dos impactos desses eventos para outras regiões, incluindo o Centro-Oeste e o Sudeste (Marengo *et al*., 2017). Essa realidade é particularmente relevante em um país de grande extensão territorial e elevada diversidade climática, no qual os padrões de secas variam bastante em termos de frequência, duração, severidade e intensidade.

Nesse contexto, o presente estudo investiga a evolução espaço-temporal das secas meteorológicas no Brasil entre 1970 e 2019, utilizando o SPI-12 como métrica. A contribuição deste trabalho reside na análise sistemática de cinco décadas de dados, permitindo identificar padrões multidecadais, áreas de intensificação e mudanças na distribuição espacial das secas em escala nacional. Os resultados visam fornecer subsídios técnicos para políticas públicas de mitigação, planejamento hídrico e estratégias de adaptação mais robustas diante dos novos padrões observados no Brasil.

## METODOLOGIA

O Brasil possui dimensões continentais, com área superior a 8,5 milhões de km², e apresenta elevada heterogeneidade fisiográfica e climática (Brasil Neto *et al*., 2026). Em razão de sua ampla extensão latitudinal e longitudinal, o território é marcado por alta variabilidade nos regimes de precipitação, influenciada por vários sistemas atmosféricos. Essa diversidade climática resulta em contrastes, desde o clima equatorial úmido da Amazônia, com chuvas abundantes, até o clima semiárido do Nordeste, marcado por elevada variabilidade interanual da precipitação e recorrente escassez hídrica.

1) Agência Executiva de Gestão de Águas da Paraíba, Gerência de Planejamento, AESA, João Pessoa – PB, reginaldo@aesa.pb.gov.br
2) Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, CT, João Pessoa – PB, celso@ct.ufpb.br
3) Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Geociências, CCEN, João Pessoa – PB, richarde@geociencias.ufpb.br

Neste estudo, foram utilizados dados mensais de precipitação referentes ao período de janeiro de 1970 a dezembro de 2019, provenientes do GPCC *Full Data Monthly Product Version* 2020, com resolução espacial de 0,50°. Os dados são disponibilizados gratuitamente e podem ser acessados pelo endereço: http://dx.doi.org/10.5676/DWD_GPCC/Clim_M_V2020_050. Para a análise, o território brasileiro foi discretizado em 3.090 pontos, totalizando cerca de 1,85 milhão de registros mensais.

As secas meteorológicas foram avaliadas em escala anual por meio do *Standardized Precipitation Index* (SPI-12). O cálculo do SPI envolveu o ajuste das séries mensais acumuladas de precipitação a uma distribuição gama de dois parâmetros, seguido da transformação para uma distribuição normal com média zero e variância unitária. A caracterização dos eventos de seca foi realizada com base na *Run Theory* (Yevjevich, 1967), considerando o evento de seca o período contínuo de, no mínimo, três meses com valores negativos de SPI. Assim, foram quantificadas cinco características principais:

- Número de eventos de seca (N): número total de episódios identificados;
- Duração média dos eventos (MDD): duração média dos episódios de seca;
- Severidade média dos eventos (MDS): soma média dos déficits SPI ao longo de cada evento;
- Intensidade média dos eventos (MDI): razão entre severidade e duração dos eventos;
- Percentual de eventos extremamente secos (%Ext): proporção de meses com SPI < −2.

As análises temporais foram conduzidas em escala decadal e em termos espaciais os resultados foram analisados a nível de grade e agregados por macrorregião. Foram elaborados *boxplots* considerando as cinco regiões do Brasil, i.e., Norte (N), Nordeste (NE), Centro-Oeste (CO), Sudeste (SE) e Sul (S), com objetivo de avaliar a variabilidade intra- e inter-regional das características. Mais detalhes sobre a base de dados e a metodologia podem ser encontrados em Brasil Neto *et al*. (2022).

## RESULTADOS

A Figura 1 mostra a evolução espaço-temporal das características das secas meteorológicas no Brasil (1970–2019) com base no índice SPI-12 e análise de variabilidade regional por macrorregiões do Brasil. Os resultados mostram expressiva variabilidade espacial e temporal nas cinco características avaliadas. Embora a região Nordeste permaneça como uma região historicamente vulnerável às secas, há sinais claros de expansão e intensificação desses eventos em outras porções do território nacional.

Em relação ao número de eventos de seca, houve aumento progressivo ao longo do período analisado. Na década de 1970, os eventos apresentavam distribuição mais localizada, enquanto nas décadas de 2000 e 2010 observa-se maior abrangência espacial, sugerindo que eventos de seca passaram a ocorrer de forma mais recorrente em diferentes regiões do país. Esse padrão indica uma transição de eventos mais pontuais para uma configuração espacialmente mais disseminada.

A duração média e a severidade média apresentaram comportamento espacial semelhante, indicando que áreas afetadas por secas mais longas também registram eventos mais severos. Esse resultado foi mais evidente no Nordeste e, mais recentemente, em áreas do Centro-Oeste e do Norte, especialmente próximas a Rondônia. Os resultados sugerem que eventos antes mais curtos ficam mais persistentes, ampliando os potenciais impactos múltiplos setores.

Quanto à intensidade média dos eventos, os eventos mais intensos foram vistos de forma recorrente na região Sudeste. Além disso, verificou-se tendência de intensificação em outras regiões brasileiras, com exceção da região Sul, onde os resultados indicam redução gradual da intensidade. Na década de 2010, no entanto, destaca-se aumento da frequência de eventos extremamente secos. Esse resultado é particularmente relevante, pois em certas zonas o percentual de meses com SPI < −2 ultrapassou 20%, valor substancialmente superior à frequência teórica esperada (2%) para essa classe de eventos.

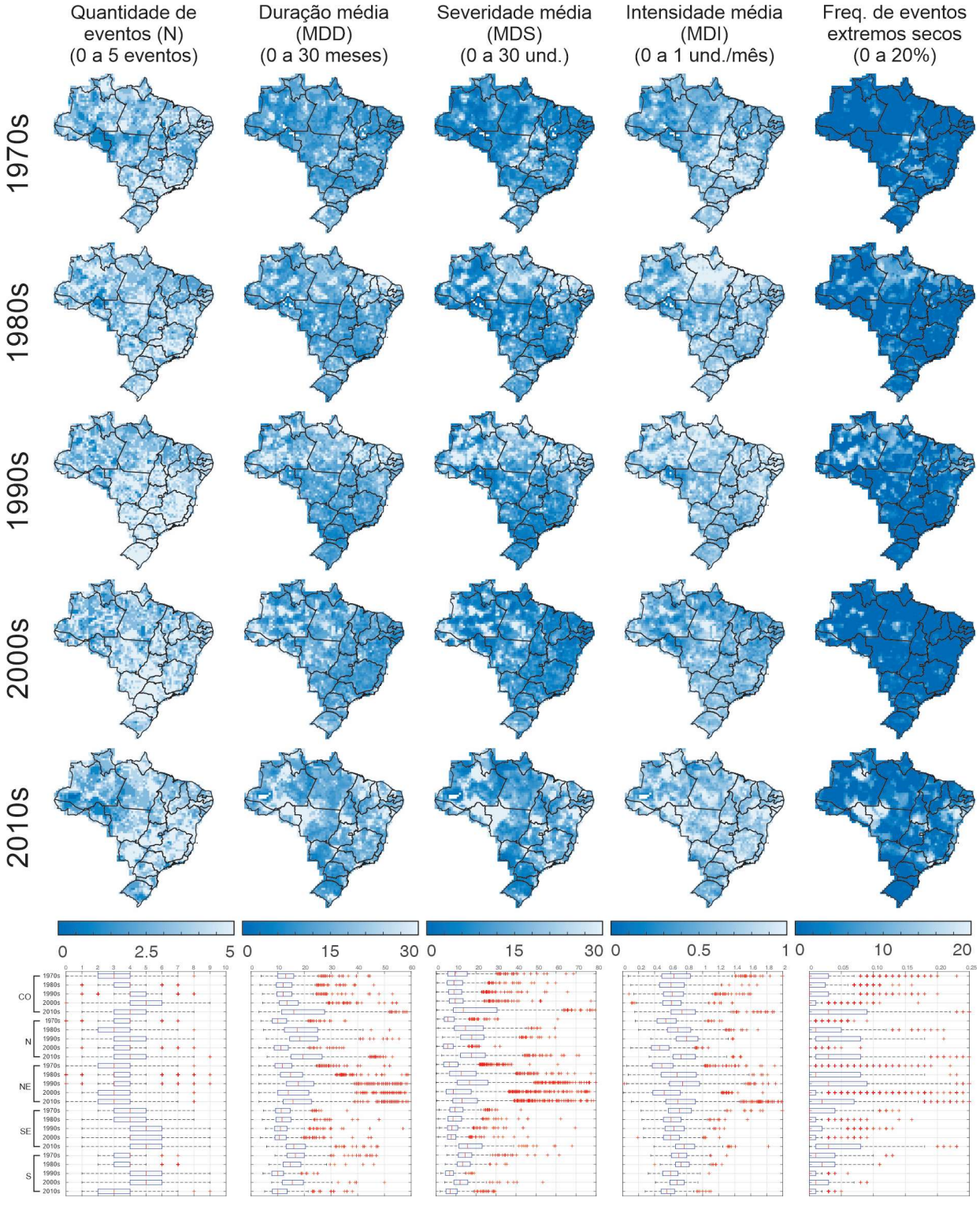



*Figura 1. Evolução espaço-temporal das características das secas meteorológicas no Brasil (1970–2019) com base no índice SPI-12 e análise de variabilidade regional por macrorregiões do Brasil*

A análise por meio de *boxplots* complementa os padrões espaciais observados nos mapas e evidencia a elevada variabilidade intra-regional das características. A maior presença de outliers associados à severidade e à intensidade indica que, além das mudanças nos valores médios, determinados pontos experimentaram episódios excepcionalmente intensos ou severos. Assim, os resultados sugerem que as últimas cinco décadas foram marcadas por uma transição de secas predominantemente localizadas para um padrão mais disseminado, persistente e extremo.

## CONCLUSÕES

A análise das últimas cinco décadas evidenciou mudanças relevantes na dinâmica espaço-temporal das secas meteorológicas no Brasil, caracterizadas pelo aumento da frequência, duração e severidade dos eventos em diferentes porções do país. As secas passaram a ter maior abrangência espacial, com sinais de intensificação em áreas do Centro-Oeste, Sudeste e Norte, o que sugere que a seca deve ser compreendida não apenas como um fenômeno regional, mas como um desafio nacional.

A intensificação observada, especialmente na década de 2010, aponta para uma transição em direção a eventos mais persistentes e extremos, com potenciais implicações para o planejamento de recursos hídricos, produção agropecuária, geração hidrelétrica e gestão de riscos climáticos. A identificação de áreas com maior recorrência de eventos extremamente secos reforça a necessidade de estratégias de adaptação diferenciadas, considerando a heterogeneidade climática e socioeconômica do país.

Estudos complementares estão em andamento para aprofundar esses diagnósticos e próximas etapas incluem a utilização de bases de dados mais recentes e com maior resolução espaço-temporal. Além disso, serão realizadas análises comparativas entre SPI e outros índices de seca, como o *Standardized Precipitation Evapotranspiration Index* (SPEI), a fim de incorporar a influência de temperatura e da evapotranspiração. Essa abordagem poderá contribuir para uma compreensão mais robusta dos efeitos do aquecimento global sobre a intensificação das secas e fornecer subsídios técnicos mais consistentes para políticas públicas de adaptação, mitigação e gestão sustentável dos recursos hídricos no Brasil.

## REFERÊNCIAS

BRASIL NETO, R. M.; GUIMARÃES SANTOS, C. A.; MARQUES DA SILVA, R.; COSTA DOS SANTOS, C. A. (2022). "*Evaluation of TRMM satellite dataset for monitoring meteorological drought in northeastern Brazil*". Hydrological Sciences Journal, v.67, n.14, p.2100–2120.

BRASIL NETO, R. M., CUNHA, A. P. M. DO A., SILVA, R. M. DA, DE OLIVEIRA, G.; SANTOS, C. A. G. (2026). "*How does the reference period influence meteorological drought analysis and monitoring? A case study in Northeast Brazil using a century of data*". Science of the Total Environment, v.1010. 1010, p.181124.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. (2017). "*Drought in Northeast Brazil—past, present, and future*". Theoretical and Applied Climatology, v.129, p.1189–1200.

MCKEE T.B.; DOESKEN N.J. E KLEIST J. (1993). "*The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales*" in Anais do Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, p.179–184.

MISHRA, A. K.; SINGH, V. P. (2010). "*A review of drought concepts*". Journal of Hydrology, v.391, n.1–2, p.202–216.

WILHITE, D. A.; GLANTZ, M. H. (1985). "*Understanding: the Drought Phenomenon: The Role of Definitions*". Water International, 10(3), 111–120. https://doi.org/10.1080/02508068508686328

YEVJEVICH, V. (1967). "*An objective approach to definitions and investigation of continental hydrologic droughts*". Hydrology Paper 23. Colorado State University, Fort Collins.

**AGRADECIMENTOS –** Os autores agradecem a Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba (AESA) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio.