

DISPARIDADE HIDROLÓGICA NA BACIA DO RIO MADEIRA, AMAZÔNIA: EVENTOS SIMULTÂNEOS DE SECA-CHEIA COM DIFERENTES INTENSIDADES

Júlia Camarano Lüdtke¹ ; Bruno Melo Brentan² & André Ferreira Rodrigues³

Palavras-Chave – Disparidade Hidrológica, Extremos Hidroclimáticos, Interação Seca-Cheia, Rio Madeira

INTRODUÇÃO

A intensificação da variabilidade hidrológica na Amazônia tem se refletido em eventos extremos mais frequentes, persistentes e espacialmente contrastantes (Marengo *et al.*, 2018). A Bacia do Rio Madeira destaca-se por apresentar episódios simultâneos de seca-cheia em diferentes segmentos, configurando padrões de disparidade hidrológica de difícil antecipação (Shi *et al.*, 2021).

Essa dinâmica é fortemente modulada por anomalias climáticas de grande escala, como o El Niño (ENSO), o Dipolo do Oceano Índico (IOD) e o aquecimento do Atlântico Tropical Norte (TNA), que afetam a circulação atmosférica e a distribuição da precipitação (Mamani *et al.*, 2025). Tais forçantes, quando combinadas, contribuem para alternâncias abruptas entre extremos, agravadas por pressões antrópicas locais.

Este estudo tem como objetivo investigar os padrões espaço-temporais de ocorrência simultânea e/ou defasada de eventos seca-cheia na Bacia do Rio Madeira para os anos de 2020 a 2024, com base nos índices padronizados SPI (*Standardized Precipitation Index*) e SSI (*Standardized Streamflow Index*) e na correlação com fatores climáticos e fisiográficos regionais.

METODOLOGIA

O estudo abrange a Bacia do Rio Madeira, a maior sub-bacia amazônica, com foco em seis sub-bacias representativas: Sucunduri, Aripuanã, Central, Guaporé, Mamoré e Madre de Dios. As estações fluviométricas foram selecionadas com base na continuidade das séries de vazão e representatividade fisiográfica.

Foram utilizados dados diários de precipitação do satélite CHIRPS v2.0 (*Climate Hazards Center Infrared Precipitation with Station Data*) e dados de vazão da Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA), abrangendo o período de janeiro de 1981 a janeiro de 2025. As anomalias climáticas globais foram representadas pelos índices ONI (*Oceanic Niño Index*), DMI (*Dipole Mode Index*) e TNA (*Tropical North Atlantic*) para os fenômenos ENSO, IOD e TNA, respectivamente.

A caracterização dos extremos foi realizada por meio dos índices SPI-12 e SSI-12, calculados com base na metodologia de McKee *et al.* (1993). As séries acumuladas foram ajustadas à distribuição Gama e transformadas em uma normal padrão. Adicionalmente, aplicou-se análise gráfica e correlação cruzada entre os índices para compreender a resposta hidrológica das sub-bacias às anomalias climáticas, considerando fatores como capacidade de armazenamento, antropização e resiliência hidrológica Raposo *et al.* (2023).

1) Departamento de Engenharia Hidráulica e de Recursos Hídricos (EHR), Universidade Federal de Minas Geras (UFMG), juliacldtke@gmail.com

2) Departamento de Engenharia Hidráulica e de Recursos Hídricos (EHR), Universidade Federal de Minas Geras (UFMG), brentan@ehr.ufmg.br

3) Departamento de Engenharia Hidráulica e de Recursos Hídricos (EHR), Universidade Federal de Minas Geras (UFMG), afrodrigues@ehr.ufmg.br

RESULTADOS

A análise integrada dos índices SPI-12 e SSI-12 revelou padrões espaço-temporais distintos de resposta hidrológica nas sub-bacias do rio Madeira, influenciados por anomalias climáticas e características fisiográficas.

Sucunduri e Aripuanã apresentaram dissociação entre os índices, com vazões persistentemente baixas mesmo sob precipitação positiva, refletindo baixa eficiência na conversão da chuva em escoamento. Na sub-bacia Central, estações a montante exibiram defasagem entre SPI-12 e SSI-12, com agravamento dos déficits a partir de 2023. Estações a jusante acumularam déficits ao longo do curso, atingindo os valores mais críticos de SSI-12.

Na sub-bacia Guaporé, observaram-se respostas rápidas, porém pouco eficazes às chuvas, com manutenção de déficits de vazão devido à baixa capacidade de recarga. Já a sub-bacia Mamoré apresentou elevada sensibilidade, com SSI-12 negativo desde 2020 e agravamento em 2024, indicando esgotamento das reservas e comprometimento da resiliência hídrica.

CONCLUSÕES

A resposta hidrológica da Bacia do Rio Madeira, durante os anos de 2020 a 2024, foi marcada por elevada heterogeneidade espacial, resultante da interação entre fatores fisiográficos, anomalias climáticas e pressões antrópicas. As sub-bacias apresentaram dissociação ou defasagem entre os índices de precipitação e vazão, caracterizando um regime de disparidade hidrológica.

A atuação sinérgica do El Niño, IOD positivo e TNA positivo intensificou secas e eventos simultâneos de seca-cheia, enquanto a degradação ambiental reduziu a resiliência do sistema. Diante desse cenário, destaca-se a necessidade de estratégias de gestão adaptativa que considerem a variabilidade espaço-temporal e priorizem a conservação hidrológica.

REFERÊNCIAS

- MAMANI, L.; ANDREOLI, R.V.; DE SOUZA, I.P.; CEVALHO, W.; SALES, D.; KAYANO, M.T.; DE SOUZA, R.A.F.; MOLINA-CARPIO, J.; CERON, W. & MACEDO, T. (2025). “*Extreme Droughts in the Amazon Basin During Cyclic ENSO Events Coupled with Indian Ocean Dipole Modes and Tropical North Atlantic Warming*”. *Science of the Total Environment*, 963, 178536.
- MARENGO, J.A.; SOUZA JR, C.M.; THONICKE, K.; BURTON, C.; HALLADAY, K.; BETTS, R.A.; ALVES, L.M. & SOARES, W.R. (2018). “*Changes in Climate and Land Use Over the Amazon Region: Current and Future Variability and Trends*”. *Frontiers in Earth Science*, 6:228.
- MCKEE, T.B.; DOESKEN, N. & KLEIST, J. (1993). “*The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scale*”. 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, January 1993, pp. 179-184.
- RAPOSO, V.M.B.; COSTA, V.A.F. & RODRIGUES, A.F. (2023). “*A Review of Recent Developments on Drought Characterization, Propagation, and Influential Factors*”. *Science of the Total Environment*, 898, 165550.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento à participação no XXVI Simposio Brasileiro de Recursos Hídricos e ao desenvolvimento desse projeto de pesquisa sob processos nº PCE-00429-25 e nº 403958/2024-5, respectivamente.