AVANÇOS NA AVALIAÇÃO DO RISCO A SECAS EM REGIÕES SEMIÁRIDAS: UMA ANÁLISE BASEADA EM IMPACTOS NA BACIA DO RIO JEQUITINHONHA

Anna Flávia Almeida Perini[1]; Raíssa Nepomuceno Freitas [2] & André Ferreira Rodrigues [3]

Palavras-Chave – Seca meteorológica; SPI; impactos; risco à seca; vulnerabilidade.

INTRODUÇÃO

A seca é um dos desastres naturais mais complexos e de maior duração, afetando simultaneamente os recursos hídricos, a produção agrícola, os ecossistemas e as condições socioeconômicas das populações expostas (Mishra e Singh, 2010; Van Loon, 2015; Van Loon et al., 2016). Na porção mineira da bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha, caracterizada por elevada vulnerabilidade social e forte dependência das atividades agropecuárias, os impactos associados às secas representam importante desafio para o desenvolvimento regional (Resende et al., 2020).

O Índice de Precipitação Padronizada (SPI, do inglês Standardized Precipitation Index) é amplamente utilizado para monitoramento de secas meteorológicas devido à sua simplicidade e capacidade de comparação entre diferentes regiões climáticas (McKee et al., 1993). A partir do SPI, os eventos podem ser caracterizados por meio de diferentes características, incluindo duração, magnitude e intensidade, obtidos pela "*run theory*" proposta por Yevjevich (1967). Entretanto, apesar de representarem aspectos distintos do fenômeno, a maioria dos estudos de risco à seca considera apenas a intensidade dos eventos como medida de perigo.

Essa abordagem levanta uma questão relevante: duração, magnitude e intensidade possuem a mesma capacidade de representar os impactos efetivamente observados? Ou ainda, os respectivos impactos são diferentes para distintas características de seca (e.g., mais duradoura, mais intensa etc.)? A resposta para essas perguntas é fundamental para o aprimoramento dos estudos de risco e para a definição de estratégias de monitoramento e gestão das secas.

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar a capacidade de diferentes características das secas meteorológicas em representar impactos observados na porção mineira da bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha.

METODOLOGIA

A área de estudo corresponde à porção mineira da bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha, localizada no nordeste do estado de Minas Gerais e composta por 70 municípios.

Os dados de precipitação foram obtidos a partir do produto Multi-Source Weighted-Ensemble Precipitation (MSWEP v2.8), selecionado em função de seu desempenho na representação da precipitação para a região de estudo. A partir dessas informações foi calculado o SPI nas escalas temporais de 6 e 12 meses, amplamente utilizados para monitoramento de secas meteorológicas (WMO, 2012) considerando o período de 1972 a 2023, correspondendo a 51 anos.

1) Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil. E-mail: annaflaviaperini@gmail.com
2) Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil. E-mail: raissa.rnf@gmail.com.
3) Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil. E-mail: afrodrigues@ehr.ufmg.br

Os eventos de seca foram identificados por meio da teoria das sequências (*run theory*), permitindo a obtenção das características de duração, magnitude e intensidade. Essas características foram utilizadas para compor o Índice de Perigo de Seca (DHI, do inglês Drought Hazard Index), (Khoshnazar *et al.*, 2021), representando diferentes dimensões dos eventos meteorológicos.

O risco foi estimado por meio do Índice de Risco à Seca (DRI, do inglês Drought Risk Index), obtido pela integração entre o DHI e o Índice de Vulnerabilidade à Seca (DVI, do inglês Drought Vulnerability Index), calculado a partir do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) (IPEA, 2015), conforme apresentado pela Equação (1) e permitindo a construção de três índices distintos: DRI-d, DRI-m e DRI-i, baseados respectivamente na duração, magnitude e intensidade dos eventos.

$$DRI = (DHI \; x \; IVS)^{1/2} \quad (1)$$

Os impactos observados foram obtidos a partir de decretos municipais publicados oficialmente pelos municípios; relacionados à seca e agrupados em quatro categorias: social, econômica, agricultura e qualidade da água. Posteriormente, aplicou-se Análise de Componentes Principais (PCA) para avaliar a associação entre os índices de risco e os impactos observados.

RESULTADOS

Os resultados evidenciaram diferenças entre os padrões espaciais obtidos para duração, magnitude e intensidade das secas meteorológicas. Embora derivados dos mesmos eventos identificados pelo SPI, os índices DRI-d, DRI-m e DRI-i produziram distribuições espaciais distintas, evidenciando que a escolha da característica utilizada para representar o perigo influencia diretamente a identificação das áreas prioritárias para gestão do risco (Figura 1).

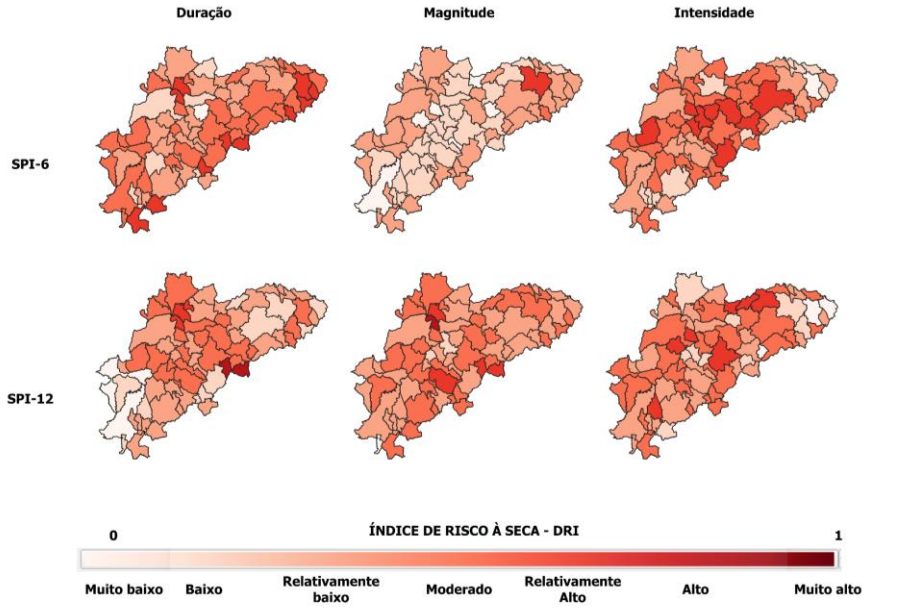
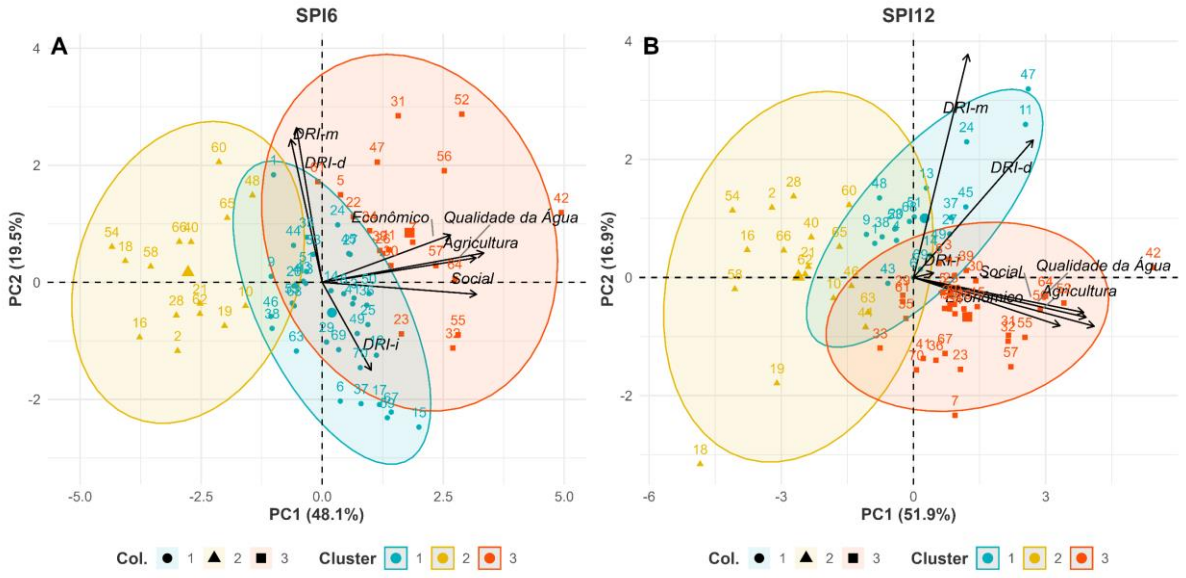


Figura 1. Distribuição espacial dos índices de risco à seca baseados na duração (DRI-d), magnitude (DRI-m) e intensidade (DRI-i) para as escalas temporais SPI-6 e SPI-12. Fonte: autoria própria.

Para o SPI-6, os índices apresentaram maior heterogeneidade espacial, com diferenças mais pronunciadas entre os municípios da bacia. Os maiores valores de risco concentraram-se principalmente nas porções central, norte e nordeste da área de estudo, especialmente para os índices baseados na duração e intensidade. Em contrapartida, o DRI-m apresentou distribuição mais homogênea e valores relativamente inferiores em grande parte dos municípios. Esse comportamento sugere que secas caracterizadas em escalas temporais intermediárias são mais influenciadas pelas condições locais e pela variabilidade espacial da precipitação.

Para o SPI-12, observou-se maior uniformidade espacial dos índices de risco, indicando uma tendência de homogeneização das condições de seca em escalas temporais mais longas. Esse resultado sugere que déficits pluviométricos persistentes tendem a afetar simultaneamente extensas áreas da bacia, reduzindo as diferenças espaciais observadas entre os municípios. Apesar dessa homogeneização, os índices continuaram destacando áreas de maior risco associadas às regiões central e norte da bacia, que coincidem com municípios mais vulneráveis e mais afetados por impactos relacionados à escassez hídrica.

A PCA (Figura 2) permitiu avaliar a relação entre os índices de risco e os impactos observados. Os dois primeiros componentes principais explicaram 67,6% e 68,8% da variabilidade total dos dados para SPI-6 e SPI-12, respectivamente.



1-Almenara 2-Angelandia 3-Aracui 4-Aricanduva 5-Bandeira 6-Berilo 7-Bocaiuva 8-Botumirim 9-Cachoeira de Pajeú 10-Capelinha 11-Caraí 12- Carbonita 13- Chapada do Norte 14- Comercinho 15- Coronel Murta 16- Couto de Magalhaes de Minas 17-Cristalia 18-Datas 19-Diamantina 20-Divisópolis 21- Felício dos Santos 22- Felisburgo 23-Francisco Badaró 24-Fruta de Leite 25-Grão Mogol 26-Guaraciama 27-Itacambira 28-Itamarandiba 29-Itaobim 30-Itinga 31-Jacinto 32-Jenipapo de Minas 33-Jequitinhonha 34-Joaíma 35-Jordânia 36-José Gonçalves de Minas 37-Josenópolis 38-Leme do Prado 39-Malacacheta 40-Mata Verde 41-Medina 42-Minas Novas 43-Monte Formoso 44-Novo Cruzeiro 45-Novorizonte 46-Olhos d'água 47-Padre Carvalho 48-Padre Paraiso 49-Pedra Azul 50-Ponto dos Volantes 51-Riacho dos Machados 52-Rio do Prado 53-Rio Pardo de Minas 54-Rio Vermelho 55-Rubelita 56-Rubim 57-Salinas 58-Salto da Divisa 59-Santa Cruz de Salinas 60-Santa Maria do Salto 61-Santo Antônio do Jacinto 62-São Gonçalo do Rio Preto 63-Senador Modestino 64-Serranópolis de Minas 65-Serro 66-Setubinha 67-Taiobeiras 68-Turmalina 69-Veredinha 70-Virgem da Lapa.

Figura 2. Análise de Componentes Principais (PCA) para SPI-6 e para SPI-12. Fonte: autoria própria.

Para ambas as escalas temporais, os impactos sociais, econômicos, agrícolas e relacionados à qualidade da água apresentaram comportamento semelhante, evidenciando a natureza multissetorial dos efeitos da seca na bacia do rio Jequitinhonha. Para o SPI-6, verificou-se associação moderada entre os impactos observados e os diferentes índices de risco, sem uma clara predominância de uma única característica da seca.

Por outro lado, para o SPI-12 observou-se uma estrutura mais organizada dos dados, com uma melhor discriminação dos padrões de risco e impactos associados. Nesse cenário, verificou-se associação entre os impactos observados e o índice baseado na duração dos eventos (DRI-d), sugerindo que a persistência dos déficits pluviométricos exerce papel relevante na ocorrência dos impactos registrados nos municípios.

Os resultados observados na PCA foram consistentes com as análises de correlação realizadas no estudo, as quais indicaram maior associação entre os impactos observados e os índices de risco fundamentados na duração dos eventos.

De forma geral, os resultados demonstram que duração, magnitude e intensidade fornecem informações complementares sobre a dinâmica das secas meteorológicas. Entretanto, a duração dos

eventos, especialmente quando avaliada por meio do SPI-12, apresentou maior capacidade de representar os impactos observados, evidenciando a importância da incorporação dessa característica em estudos de monitoramento, avaliação de risco e planejamento de ações mitigatórias às secas.

CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram que duração, magnitude e intensidade produzem padrões espaciais distintos de risco à seca na porção mineira da bacia do rio Jequitinhonha, evidenciando que diferentes características capturam diferentes dimensões do fenômeno.

Observou-se tendência de homogeneização espacial dos índices em escalas temporais mais longas, especialmente para o SPI-12, indicando que secas persistentes tendem a afetar simultaneamente extensas áreas da bacia.

A análise integrada da PCA e das correlações indicou maior associação entre os impactos observados e os índices de risco fundamentados na duração dos eventos, particularmente para o SPI-12, destacando a importância da persistência dos déficits pluviométricos na ocorrência de impactos sociais, econômicos, agrícolas e relacionados à qualidade da água

Os resultados reforçam a relevância da incorporação de impactos observados na avaliação de índices de risco à seca e demonstram o potencial da utilização conjunta de diferentes características dos eventos para subsidiar estratégias de monitoramento, planejamento e gestão dos recursos hídricos em regiões vulneráveis.

REFERÊNCIAS

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. Métodos e conceitos para o cálculo do Índice de Vulnerabilidade Social com base nas PNADs e desagregações. Brasília: Ipea, 2018. (Relatório Institucional). Disponível em: https://goo.gl/EdoQg7. Acesso em: 5 set. 2024.

KHOSHNAZAR, A.; CORZO PEREZ, G. A.; DIAZ, V. Spatiotemporal drought risk assessment considering resilience and heterogeneous vulnerability factors: Lempa transboundary river basin in the Central American dry corridor. Journal of Marine Science and Engineering, v. 9, n. 4, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/jmse9040386.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: Eighth Conference on Applied Climatology. Anaheim: American Meteorological Society, p. 179–184.

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

RESENDE, A. R.; CASTRO, T. R.; ALMEIDA, F. F. F. (2020). Crise hídrica do Vale do Jequitinhonha: uma análise da participação cidadã no Município de Pedra Azul. Perspectivas em Políticas Públicas, ISSN 2236-045X, v. XIII, n. 26.

VAN LOON, A. F. (2015). Hydrological drought explained. Wiley Interdisciplinary Reviews: Water, v. 2, n. 4, p. 359–392.

VAN LOON, A. F.; STAHL, K.; DIJK, A. I. J. M.; TALLAKSEN, L. M.; HANNAFORD, J.; SAUQUET, E.; UIJLENHOET, R.; et al. (2016). Drought in the Anthropocene. Nature Geoscience, v. 9, p. 89–91.

WMO – WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (2012). Standardized Precipitation Index User Guide. Geneva: World Meteorological Organization.

YEVJEVICH, V. (1967). An Objective Approach to Definitions and Investigations of Continental Hydrologic Droughts. Fort Collins: Colorado State University.