



I CONGRESSO PERNAMBUCANO DE RECURSOS HÍDRICOS

Água para o Desenvolvimento
Recife, 24, 25 e 26 de Março de 2026

ANÁLISE MULTIESCALAR DO ÍNDICE SPI PARA AVALIAÇÃO DE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO

Mariana Silva Pinheiro ¹ ; Rodrigo Mikosz Gonçalves ²; Fábio Vinicius Marley Santos
Lima ³; Gilson Lima da Silva ⁴ & Marcos Vinicius Marques Santos⁵

Palavras-chave: monitoramento ambiental; SPI; variabilidade climática; precipitação.

INTRODUÇÃO

Os biomas resultam da interação entre fatores climáticos, edáficos e ecológicos e desempenham papel essencial na manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. Contudo, a intensificação das mudanças climáticas tem ampliado a ocorrência de eventos extremos, alterando regimes pluviométricos e aumentando a vulnerabilidade de ecossistemas naturais, especialmente em áreas de transição biogeográfica. Essas regiões tendem a responder de forma mais sensível às variações climáticas, podendo apresentar desequilíbrios ecológicos significativos.

O Parque Natural Municipal Professor João Vasconcelos Sobrinho (PNMPJVS), localizado no município de Caruaru, Pernambuco, insere-se nesse contexto por se tratar de um brejo de altitude situado no Agreste pernambucano, com características ambientais intermediárias entre a Mata Atlântica e a Caatinga. Essa condição confere elevada biodiversidade, incluindo espécies endêmicas e ameaçadas, mas também acentua a sensibilidade do ecossistema frente a alterações no regime de precipitação (Lapola *et al.*, 2020).

A variabilidade climática no Nordeste brasileiro é fortemente influenciada por oscilações de grande escala, como os fenômenos *El Niño* e *La Niña*, que modulam a distribuição espacial e temporal das chuvas, favorecendo períodos prolongados de seca ou de excesso hídrico (Andrade *et al.*, 2023). Nesse contexto, a utilização de índices padronizados torna-se fundamental para a identificação e a comparação de eventos extremos ao longo do tempo.

O Índice Padronizado de Precipitação (SPI), proposto por McKee *et al.* (1993), destaca-se por sua simplicidade e flexibilidade, permitindo a análise de anomalias de precipitação em diferentes escalas temporais. Sua aplicação em escalas curtas e longas possibilita avaliar tanto eventos pontuais quanto tendências hidroclimáticas persistentes. Desta forma, este estudo teve como objetivo analisar a variabilidade climática e a ocorrência de eventos extremos no PNMPJVS entre 1994 e 2023, por meio da aplicação

¹) Universidade Federal de Pernambuco, mariana.silvapinho@ufpe.br.

²) Universidade Federal de Pernambuco, rodrigo.mikosz@ufpe.br.

³) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, fabiomarley.v@gmail.com.

⁴) Universidade Federal de Pernambuco, gilson.lsilva@ufpe.br.

⁵) Universidade Federal de Pernambuco, vmsantos@ufpe.br.

do SPI nas escalas mensal e anual, bem como da análise de tendências estatísticas, contribuindo para o entendimento dos possíveis impactos climáticos sobre essa unidade de conservação.

METODOLOGIA

O Parque Natural Municipal Professor João Vasconcelos Sobrinho foi instituído em 1983 e possui aproximadamente 352 hectares, localizando-se no Planalto da Borborema, que apresenta altitudes entre 750 e 950 m. A região apresenta clima mais ameno e maiores volumes de precipitação em relação às áreas adjacentes do semiárido, além de cobertura vegetal predominantemente composta por Floresta Ombrófila Densa, com trechos de contato Savana-Estépica/Floresta Estacional.

A análise climatológica foi baseada em uma série histórica de 30 anos (1994–2023), período considerado adequado para a caracterização das condições climáticas médias e de sua variabilidade (Arguez *et al.*, 2022). Foram utilizados dados de precipitação do produto *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Stations* (CHIRPS), com resolução espacial de 0,05°. A validação desses dados foi realizada a partir da comparação com registros de uma estação pluviométrica automática da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), localizada no município de Caruaru, para o período de 2014 a 2023.

A consistência entre os dados estimados e observados foi avaliada por meio do erro absoluto médio (MAE), da raiz do erro quadrático médio (RMSE), do índice de concordância de Willmott (1981) e do coeficiente de correlação de Pearson, métricas amplamente empregadas na validação de dados hidrometeorológicos.

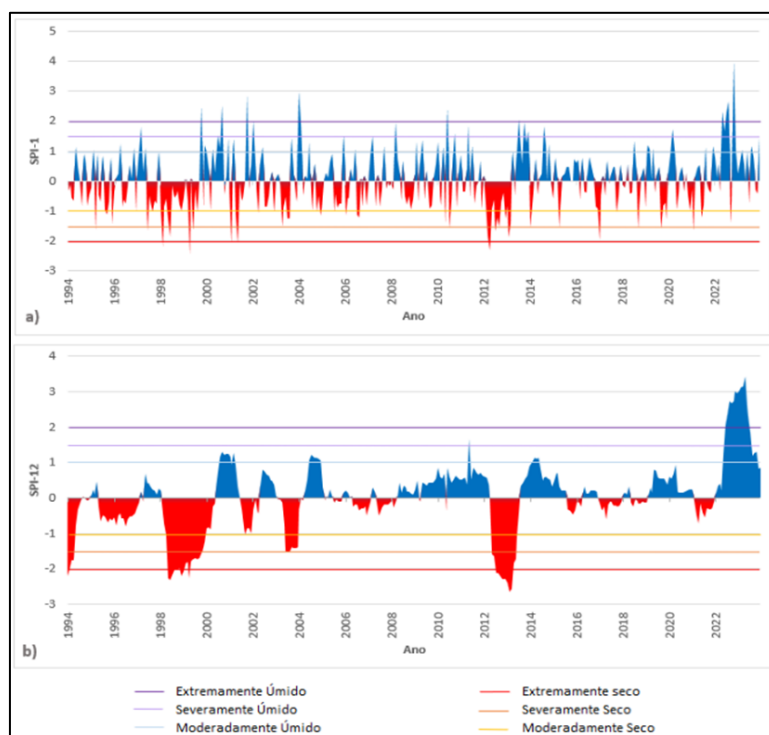
O SPI foi calculado nas escalas mensal (SPI-1) e anual (SPI-12), a partir do ajuste da série histórica de precipitação à distribuição gama, seguida de transformação para a distribuição normal padronizada, conforme metodologia proposta por McKee *et al.* (1993). A classificação dos eventos secos e úmidos seguiu os limiares estabelecidos na literatura original do índice. Para a avaliação de tendências temporais, aplicaram-se o Teste de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1948) e o Coeficiente de Inclinação de Sen (Sen, 1968), permitindo identificar a significância estatística e a magnitude das tendências observadas.

RESULTADOS

A validação dos dados de precipitação do CHIRPS indicou desempenho satisfatório na maior parte dos meses, com bons valores de concordância e correlação entre os dados estimados e observados. Meses associados à predominância de chuvas convectivas apresentaram maiores discrepâncias, o que pode ser atribuído à alta variabilidade espacial desse tipo de precipitação e à diferença de escala entre a célula do dado satelital e a medição pontual da estação. Ainda assim, os resultados confirmam a adequação do CHIRPS para análises climatológicas de longo prazo na região estudada.

As **Figuras 1(a) e 1(b)** apresentam o índice SPI de 1 mês (SPI-1) e de 12 meses (SPI-12), respectivamente, para a região do Parque Natural Municipal Professor João Vasconcelos Sobrinho no período de 1994 a 2023.

Figura 1 – Série temporal do índice SPI (a) SPI-1, (b) SPI-12.



A análise do SPI-1 revelou a ocorrência de eventos extremos distribuídos de forma esparsa ao longo da série, caracterizando anomalias de curta duração. Foram identificados eventos extremamente secos e extremamente úmidos em anos isolados, sem indicação de persistência prolongada dessas condições. O maior desvio negativo mensal ocorreu no final da década de 1990, enquanto o maior desvio positivo foi registrado em 2022.

Na escala anual, o SPI-12 evidenciou maior número de eventos extremos e maior persistência temporal das anomalias. Destacam-se períodos secos associados a episódios intensos de *El Niño*, como 1997–1998 e 2012–2015, e períodos úmidos relacionados à atuação prolongada da *La Niña* entre 2020 e 2023 (Andrade *et al.*, 2023). A predominância da categoria “próximo ao normal” em ambas as escalas indica relativa estabilidade do regime pluviométrico, embora os extremos se tornem mais evidentes à medida que a escala temporal é ampliada.

Os resultados do Teste de Mann-Kendall (**Tabela 1**) indicaram tendência crescente estatisticamente significativa tanto para o SPI-1 quanto para o SPI-12, sendo esta última mais expressiva. O Coeficiente de Inclinação de Sen revelou que a magnitude dessas tendências é baixa, sugerindo um aumento gradual e consistente da umidade acumulada ao longo do período analisado, sem caracterizar mudanças abruptas no regime de precipitação. Esses resultados são compatíveis com estudos regionais que apontam tendências semelhantes para o Agreste pernambucano (Silva *et al.*, 2022).

Tabela 1 – Estatísticas dos testes de Mann-Kendall e Coeficiente de Inclinação de Sen para os índices SPI

Índice	Z	Significância	Inclinação de Sen
SPI-1	2,6385	0,0083	0,0013
SPI-12	7,352	$1,94 \times 10^{-13}$	0,0030

CONCLUSÕES

A aplicação multiescalar do Índice Padronizado de Precipitação permitiu caracterizar a variabilidade climática e a ocorrência de eventos extremos no Parque Natural Municipal Professor João Vasconcelos Sobrinho entre 1994 e 2023. Embora predominem condições próximas à normalidade, foram identificados eventos extremos relevantes, especialmente na escala anual, associados a fenômenos climáticos de grande escala, como *El Niño* e *La Niña*.

A tendência crescente estatisticamente significativa observada no SPI-12 indica um aumento gradual da umidade acumulada na região, com potenciais implicações ecológicas para um ecossistema de transição entre Caatinga e Mata Atlântica. Embora de baixa magnitude, a persistência dessa tendência ao longo do tempo pode induzir alterações na dinâmica da vegetação. Assim, os resultados evidenciam a relevância do monitoramento climático contínuo em unidades de conservação, sendo o SPI uma ferramenta essencial para subsidiar ações de planejamento e conservação ambiental frente às mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA. Sistema HydroWeb: informações hidrometeorológicas. Brasília-DF, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/ana>

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA – APAC. Dados climatológicos de Caruaru (PE). Recife-PE, 2023. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br>

ANDRADE, L. R.; SOUSA, R. C.; PEREIRA, J. F. Influência dos fenômenos El Niño e La Niña na variabilidade pluviométrica do Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 38, n. 2, p. 1–15, 2023.

ARGUEZ, A.; MORICE, C. P.; VOSE, R. S. Defining 30-year climate normals: the importance of climatological baselines in climate analysis. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 103, n. 4, p. E990–E1002, 2022.

KENDALL, M. G. Rank correlation methods. London: Charles Griffin & Company, 1948.

LAPOLA, D. M.; PINHO, P. F.; VIEIRA, I. C. G. Vulnerabilidade de ecossistemas tropicais às mudanças climáticas. *Natureza & Conservação*, v. 18, n. 1, p. 1–12, 2020.

MANN, H. B. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, v. 13, n. 3, p. 245–259, 1945.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, USA. *Proceedings...* p. 179–184, 1993.

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.

SILVA, D. F.; OLIVEIRA, A. P.; NASCIMENTO, J. R. Caracterização de eventos de seca no Nordeste brasileiro por meio do SPI multitemporal. *Revista GeoNordeste*, v. 39, n. 2, p. 89–103, 2022.

WILLMOTT, C. J. On the validation of models. *Physical Geography*, v. 2, n. 2, p. 184–194, 1981.