

PREVISÃO DE SECAS METEOROLÓGICAS EM DIFERENTES CENÁRIOS CLIMÁTICOS PARA A BACIA DO RIO CAPIBARIBE

Alaine de Sousa Pereira¹; Vanine Elane Menezes de Farias²; Franklin Mendonça Linhares³;

Maria Cecilia Silva Souza⁴; Clara Tavares Gadelha⁵; Jennifer Marinho do Nascimento

Fernandes⁶; Antônio Marcos Nunes dos Santos⁷ & Richarde Marques da Silva⁸

ABSTRACT: Drought is a natural phenomenon that, in recent decades, has intensified due to climate change. This intensification results in socio-environmental impacts as well as economic and agricultural losses. Therefore, this study aims to analyze future climate scenarios of meteorological drought for the Capibaribe River basin for the period from 2030 to 2100, serving as a basis for water resource planning in the state of Pernambuco. To assess drought behavior in the Capibaribe basin, climate projections from the SSP2-4.5 (optimistic) and SSP5-8.5 (pessimistic) scenarios were used, based on the global circulation models ACCESS-CM2 and HadGEM3-GC31-LL. The Standardized Precipitation Index (SPI) was also applied to evaluate meteorological drought. The results indicated that, under the SSP2-4.5 scenario, extreme drought events ($SPI \leq -4$) occur at points P8 and P10 in the years 2039, 2045, 2065, 2075, 2085, and 2090, while in the Zona da Mata region (P13, P14) the intensity decreases to -1 to -2.5. Wet periods ($SPI \geq 2$) were observed in 2033, 2040, 2044, 2060, and 2094. Under the SSP5-8.5 scenario, both the intensity and duration of droughts increase, especially on the SPI-12 scale, at points P10, P13, and P14 between 2085 and 2092. In conclusion, the study provides support for water resource management, highlighting the need for adaptive strategies to address prolonged droughts, particularly under the SSP5-8.5 scenario.

Keywords: Atmospheric models; SPI; Future climate; Climate scenarios.

RESUMO: A seca é um fenômeno natural que, nas últimas décadas, tem se intensificado devido às mudanças climáticas. Essa intensificação resulta em impactos socioambientais e, em perdas econômicas e agrícolas. Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo analisar os cenários climáticos futuros de secas meteorológicas para a bacia do Rio Capibaribe para o período de 2030 a 2100, servindo como base para o planejamento de recursos hídricos de Pernambuco. Para ver o comportamento da seca na bacia do Rio Capibaribe, foram usadas projeções climáticas dos cenários SSP2-4.5 (otimista) e SSP5-8.5 (pessimista) com os modelos de circulação global ACCESS-CM2 e HadGEM3-GC31-LL. Ainda se utilizou o Índice de Precipitação Padronizado (SPI) para avaliar a seca meteorológica. Os resultados indicaram que, no cenário SSP2-4.5, eventos de seca extrema ($SPI \leq -4$) ocorrem em P8 e P10 nos anos 2039, 2045, 2065, 2075, 2085 e 2090, enquanto na Zona da Mata (P13, P14) a intensidade reduz para -1 a -2,5. Períodos úmidos ($SPI \geq 2$) foram registrados em 2033, 2040, 2044, 2060 e 2094. No SSP5-8.5, a intensidade e duração das secas aumentaram, especialmente na escala SPI-12, nos pontos P10, P13 e P14 para o período projetado entre 2085 e 2092. Em conclusão, o estudo fornece subsídios para o gerenciamento hídrico, destacando a necessidade de estratégias adaptativas frente às secas prolongadas, especialmente no SSP5-8.5.

Palavras-Chave: Modelos atmosféricos; SPI; Clima futuro, Cenários climáticos.

1) Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. Universidade Federal da Paraíba - UFPB, alainejosefa.45@gmail.com;

2) Pós-Doutoranda da Faculdade de Saúde Pública da USP (FSP-USP), vaninemenezesf@gmail.com;

3) Bolsista Pesquisador DTI-A do CNPq. Universidade Federal de Pernambuco, franklinlinhares.geo@gmail.com;

4) Pós-Doutoranda em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM), Universidade Federal da Paraíba – UFPB, ceciliasilvagat@gmail.com;

5) Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG), Universidade Federal da Paraíba, gadelha.clara@gmail.com;

6) Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG), Universidade Federal da Paraíba, jennifer.marinho@hotmail.com;

7) Bolsista de Iniciação Científica do CNPq. Universidade Federal da Paraíba - UFPB, antonio.nunes@academico.ufpb.br;

8) Professor do Departamento de Geociências, Universidade Federal da Paraíba – UFPB, richarde@geociencias.ufpb.br

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm ocasionado modificações no ciclo hidrológico, intensificando a ocorrências de eventos climáticos extremos, como chuvas mais intensas em curto período, secas prolongadas e aumento das temperaturas (Taye *et al.*, 2015). Entre esses eventos, a seca destaca-se como um fenômeno natural complexo da redução prolongada da pluviosidade, mas que se manifesta por um déficit hídrico abrangente que acarreta perdas econômicas, agrícolas e sociais, afetando diretamente população vulnerável, especialmente em regiões áridas e semiáridas (Zhao e Dai, 2022; Oliveira *et al.*, 2024).

Na região Nordeste Brasil, onde predomina o clima semiárido, o fenômeno da seca é mais recorrente. As secas impactam milhões de pessoas e causam perdas econômicas significativas e degradação ambiental. Como exemplo das secas, nos anos de 2012 a 2016, a região Nordeste do Brasil sofreu umas das piores crises hídricas de sua história, onde cerca de 33,4 milhões de pessoas foram impactadas pela seca nesse período, gerando um prejuízo de aproximadamente de 30 bilhões de dólares (Marengo *et al.*, 2018). Ressalta-se que as mudanças climáticas agravam esse cenário ao alterar os regimes de precipitação.

Para avaliar os recursos hídricos futuros, comumente são utilizadas projeções climáticas para se estimar a ocorrência de secas em cenários de mudanças climáticas (Oliveira *et al.*, 2024). Essas projeções fornecem informações essenciais para o planejamento e a gestão eficiente dos recursos hídricos. Como estudo de caso, partiremos da aplicação de modelos de projeções climáticas na bacia hidrográfica do Rio Capibaribe, identificando possíveis impactos das secas prolongadas. Essa bacia é uma das principais unidades de planejamento hídrico do estado de Pernambuco, abastecendo cerca de 36% da população estadual e grande parte da região metropolitana do Recife (Pernambuco, 2010). Contudo, essa bacia enfrenta desafios relacionados às secas plurianuais, que representam desafios para gestão de recursos hídricos, isso ocasiona impacto sobre subsistência de populações que dependem da agricultura familiar, bem como o desenvolvimento econômico regional e do estado (Ximenes *et al.*, 2019), justificando assim, a realização de estudos que possibilitem o gerenciamento dos recursos hídricos de forma eficiente. Diante disso, este estudo tem como objetivo estimar a ocorrência de secas meteorológicas na bacia do Rio Capibaribe sob diferentes cenários climáticos futuros, no período de 2030 a 2100.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Capibaribe está situada no estado de Pernambuco, entre as coordenadas de latitude 07°41'20"S e 08°19'30"S, e de longitude 34°51'00"W e 36°41'58"W. Essa bacia possui uma área de aproximadamente 7.450 km², que corresponde a 7,58% de todo o território de Pernambuco. A bacia do Rio Capibaribe abrange 42 municípios desde sua nascente, no município de Poção e Jataúba, à sua foz, no Recife, dos quais 15 municípios estão inteiramente inseridos na bacia e 26 possuem sua sede em sua área (Pernambuco, 2010). O Rio Capibaribe percorre uma extensão de 280 km, desde o manancial no agreste pernambucano, até desaguar na cidade do Recife. Além disso, possui o regime fluviométrico intermitente em seus alto e médio cursos, passando a ter um regime perene partir da cidade de Limoeiro (Salgueiro *et al.*, 2014).

Essa bacia é uma das principais unidades de planejamento hídrico de Pernambuco. Além disso, essa bacia apresenta um potencial econômico diversificado, como polo têxtil da região Agreste e na agricultura irrigada da zona da Mata (Farias, 2025). A bacia do Rio Capibaribe apresenta uma enorme importância econômica liderada pelas atividades industriais associadas a produtos alimentares, têxtil, indústria sucroalcooleira, minerais não metálicos, entre outros. Há também atividades relacionadas à agricultura irrigada, agropecuária, aquicultura, entre outras

atividades econômicas (Pernambuco, 2010). A diversidade regional da bacia, marcada por contrastes climático, de relevo, de regime de precipitação, pedologia, de uso e cobertura vegetal e socioeconômico, torna o ambiente altamente complexo. Essa heterogeneidade requer um modelo de gestão ambiental e hídrico, que atenda as peculiaridades regionais e locais (Pernambuco, 2010).

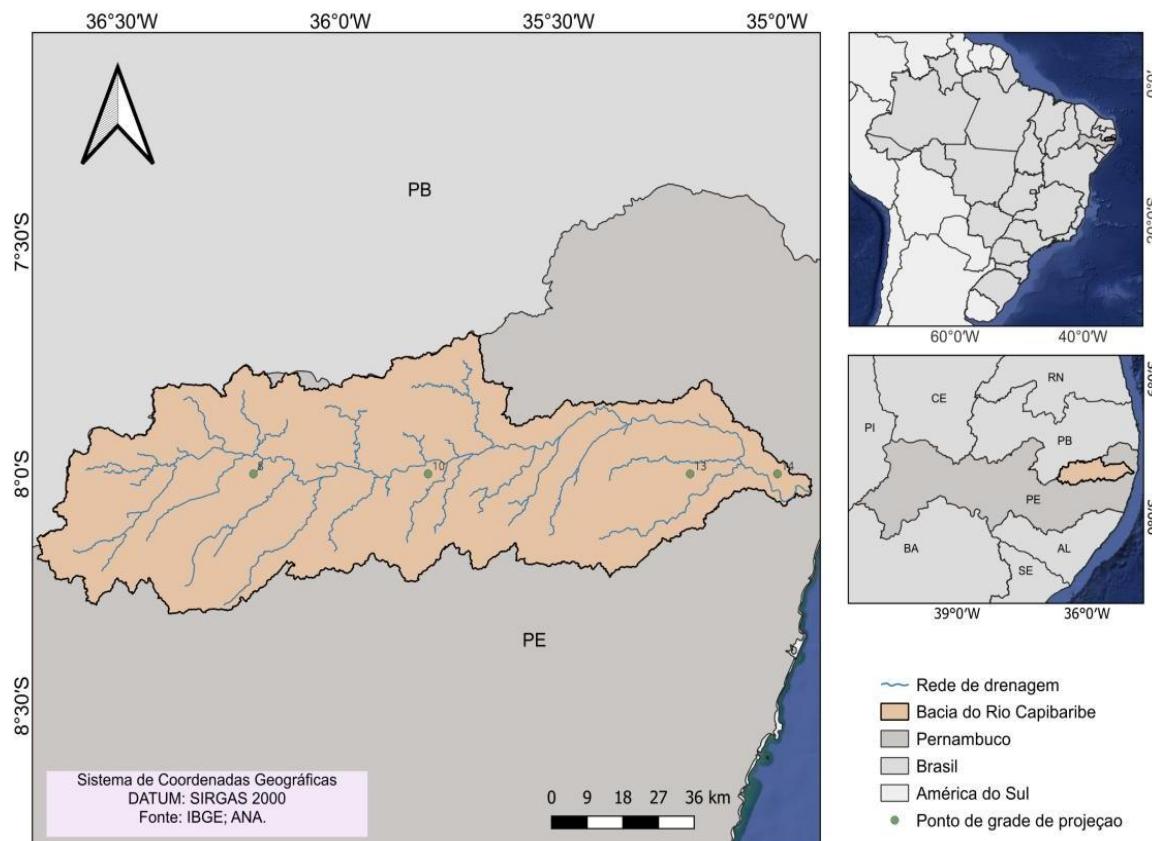


Figura 1 – Localização geográfica da bacia do Rio Capibaribe em Pernambuco e pontos de grade utilizados neste estudo.

A bacia do Rio Capibaribe possui precipitação média em torno de 1100 mm (Pernambuco, 2010). Essa bacia apresenta dois tipos de climas: no alto e médio curso, situado no agreste, predomina um clima quente e semiárido com precipitação de 550 mm/ano, com solos rasos e vegetação da Caatinga. No baixo curso, a região apresenta solos mais profundos, vegetação de Mata Atlântica e predominância de clima úmido-subúmido e seco-subúmido com pluviosidade média de aproximadamente de 2267,05 mm (Pernambuco, 2010, Ribeiro Neto *et al.*, 2014).

2.2 Cenários de mudanças climáticas

Os modelos de circulação global têm um papel essencial no processo de obtenção de informações sobre potenciais impactos das mudanças climáticas em escala global. Esses instrumentos proporcionam uma visão abrangente das modificações do clima em distintos cenários de emissão de gases de efeito estufa (Xavier *et al.*, 2021; Ballarin *et al.*, 2023; Farias, 2025). Neste estudo, foram utilizados dados de dois modelos climáticos de circulação global (MCCG), o *Australian Community Climate And Earth System Simulator* (ACESSO-CM2) e o

Hadley Centre Global Environment Model in the Global Coupled configuration 3.1 (HadGEM3-GC31-LL). Os dados dos MCGC foram obtidos junto ao *Climate Change Dataset for Brazil – CLIMBra* (Ballarin *et al.*, 2023), que disponibiliza dados de projeções futuras desses modelos com correção de viés para as variáveis meteorológicas precipitação, temperatura máxima e mínima, radiação líquida de ondas curtas na superfície, velocidade do vento próximo à superfície e umidade relativa, com resolução espacial de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$.

As projeções climáticas futuras disponíveis referem-se aos cenários climáticos SSP2-4.5, que representa o nível intermediário das emissões de efeito estufa, e SSP5-8.5, que corresponde ao nível mais elevado das emissões. Esses dados incluem informações de simulações históricas de (de 1980 a 2013) e de projeções futuras (de 2015 a 2100) (Ballarin *et al.*, 2023). Para esse estudo, foram obtidos dados de precipitação para quatro pontos de grade (P8, P10, P13 E P14) para o período de 2030 a 2100, conforme mostrado na Figura 1.

2.3 Índice de Precipitação Padronizado (SPI)

O SPI é uma ferramenta amplamente adotada para avaliar e quantificar eventos de seca e chuva. Desenvolvido por McKee et al. (1993), o SPI tem como objetivo normalizar os dados de precipitação, permitindo a compreensão do quanto um determinado valor se afasta da média histórica. Sua padronização e premissa de normalidade permitem a comparação entre diferentes localidades e a análise da severidade dos eventos em diversas escalas de tempo.

Para o cálculo do SPI, a série histórica de precipitação mensal acumulada é ajustada a uma distribuição de probabilidade gama, que, por sua vez, é transformada em uma distribuição normal. Por definição, a distribuição normal resultante apresenta média com valor zero e variância unitária. Todo o equacionamento para a obtenção dos resultados pode ser empregado a partir de um script aplicado em rotina de software estatístico.

O SPI pode ser calculado para diferentes escalas de tempo, que se referem ao período de acumulação da precipitação. Escalas mais curtas (SPI-1 a SPI-3) são indicadoras de impactos imediatos, como a redução da umidade do solo. Em períodos de acumulação médios (SPI-6 a SPI-12), o índice pode sinalizar a diminuição da vazão e do armazenamento de reservatórios, além de auxiliar no monitoramento da transição entre estações seca e chuvosa. Já para períodos mais longos (SPI-12 a SPI-48), o SPI funciona como um indicador da redução de reservatórios e da recarga de águas subterrâneas, refletindo padrões de precipitação de longo prazo e sendo útil para monitorar a variabilidade anual e interanual. Neste estudo, foram utilizadas as escalas de tempo de 3, 6, 9 e 12 meses, cada uma fornecendo informações sobre as condições hídricas (ou condições de seca/chuva) em diferentes perspectivas temporais, conforme a anomalia da precipitação. Os resultados obtidos podem ser classificados de acordo com a severidade da seca, conforme a Tabela 1.

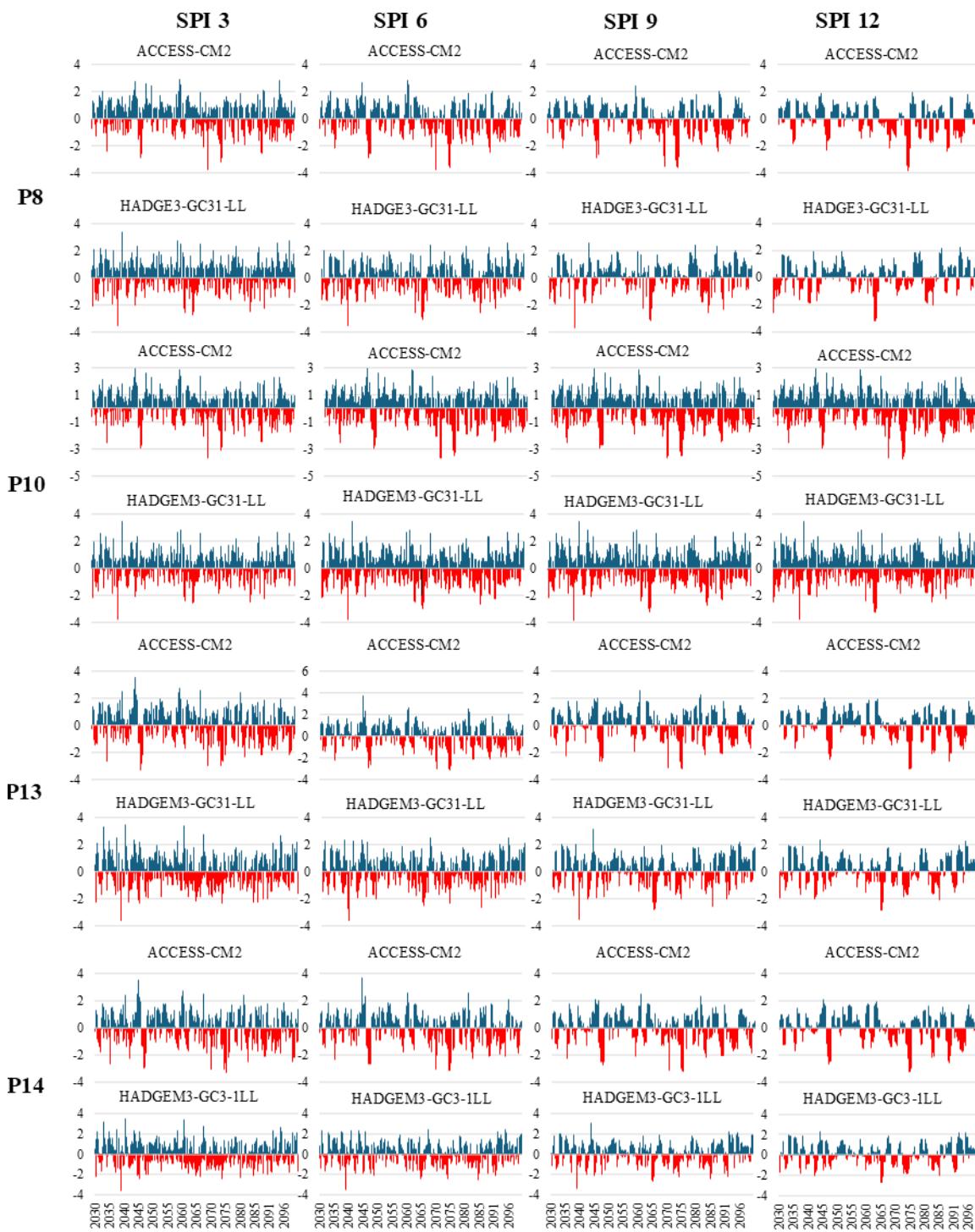
Tabela 1 – classificação dos valores de SPI (McKee et al., 1993).

Valores de SPI	Classificação
$\text{SPI} \leq -2,00$	Extremamente seco
$-1,99 < \text{SPI} \leq -1,50$	Severamente seco
$-1,49 < \text{SPI} \leq -1,00$	Moderadamente seco
$-0,99 < \text{SPI} \leq 0,99$	Próximo ao normal
$1,00 < \text{SPI} \leq 1,49$	Moderadamente úmido
$1,50 < \text{SPI} \leq 1,99$	Severamente úmido
$\text{SPI} \geq 2$	Extremamente úmido

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra as projeções do SPI para o período de 2030-2100 para o cenário SSP2-4.5. A Figura 2 apresenta os resultados referentes ao cenário SSP2-4.5 para ambos os modelos climáticos utilizados neste estudo. No cenário mais otimista, destaca-se a ocorrência de eventos extremamente secos nas escalas temporais de 3, 6 e 9 meses, com valores de SPI chegando a -4, se caracterizando como períodos de seca extrema. Esses eventos de seca poderão acontecer ao longo dos anos de 2039, 2045, 2065, 2075, 2085 e 2090, principalmente nos pontos P8 e P10.

Figura 2 – Projeção do SPI para o período de 2030-2100 para o cenário SSP2-4.5.



Por outro lado, diferentemente do obtido para os pontos de grade localizados na porção Semiárida de Pernambuco, nas regiões próximas à Zona da Mata e ao Litoral (P13 e P14), a intensidade das secas foi menor, com valores de SPI variando entre -1 e -2,5. Esses resultados indicam secas de moderada a severas, ou seja, acarretam consequências menos drásticas à sociedade e ao meio ambiente quando comparadas as secas severas ou extremas, mesmo assim merecem atenção por parte dos gestores de recursos hídricos, uma vez que geram desafios significativos, especialmente em regiões vulneráveis ou para setores dependentes da água.

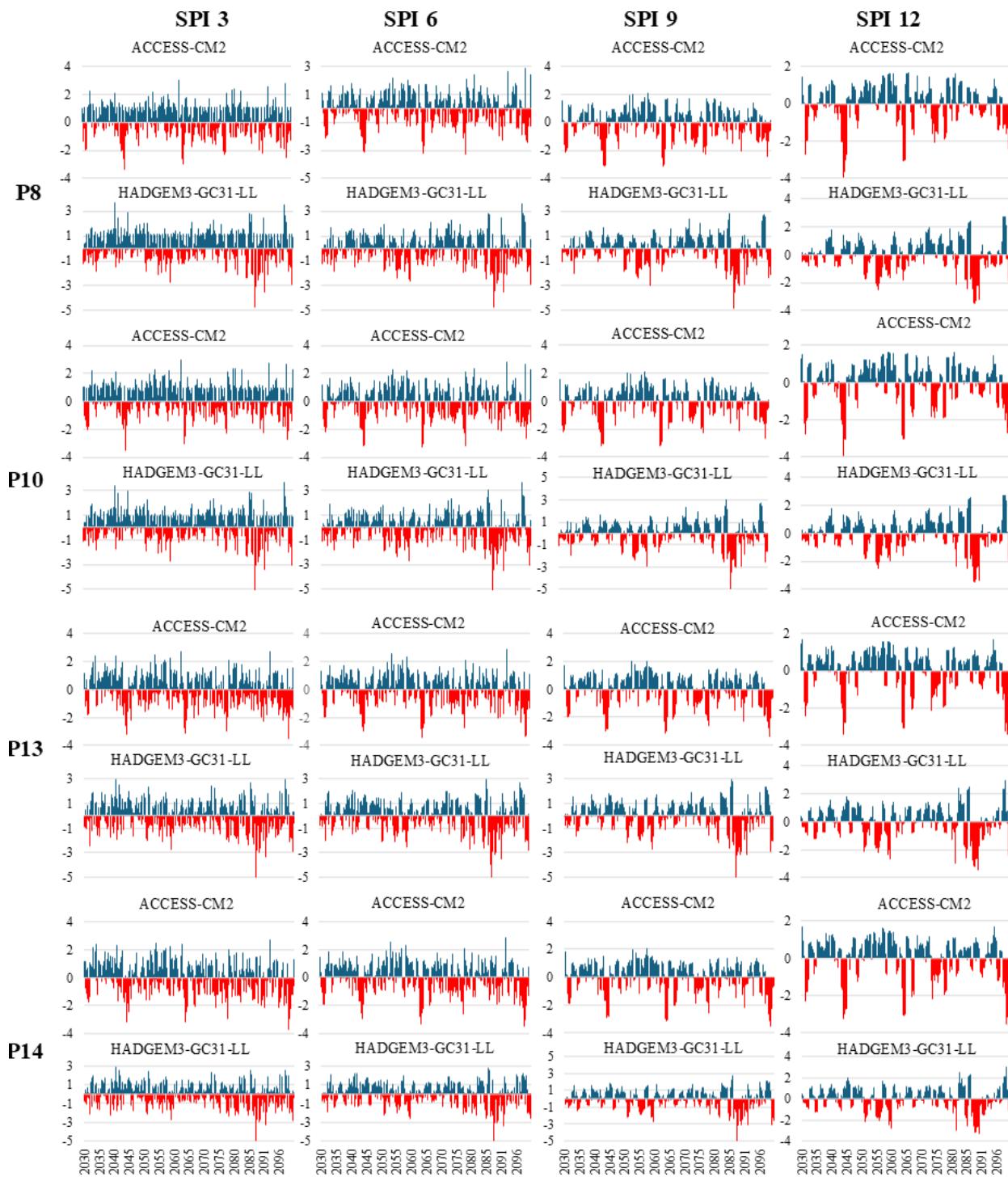
Nesse contexto, como esperado, se observa uma sazonalidade marcada ao longo do período analisado, oscilando entre as condições de extremo úmido e extremo seco. Períodos mais chuvosos, com valores de SPI superiores a 2 foram registrados nos anos de 2033, 2040, 2044, 2060 e 2094. No ponto P14, nota-se um decréscimo tanto nas condições úmida como da seca extrema no modelo climático HADGEM3-GC31-LL, com valores de SPI variando entre 2 e -2, o que sugere uma tendência de estabilização nas condições do climáticas locais para este modelo. Vale ressaltar, contudo, que os modelos de mudanças climáticas ainda apresentam incertezas que podem influenciar na confiabilidade das projeções climáticas (Oliveira et al., 2024).

A Figura 3 mostra as projeções de SPI para o período de 2030-2100 para o cenário SSP5-8.5. Para o cenário SSP5-8.5 (Figura 3), percebe-se aumento na intensidade dos eventos de seca, especialmente nas áreas que abrangem o Agreste, quando comparado ao cenário SSP2-4.5. Em escalas de tempo mais curtas, como SPI-3, SPI-6 e SPI-9, o padrão de seca se assemelha ao observado no cenário SSP2-4.5, com os pontos P8 e P10 apresentando valores de SPI variando entre -2 e -5. Dentre as projeções, os valores mais extremos do SPI foram identificados no modelo HADGEM3-GC31-LL. Ao considerar escalas de tempo maiores, como o SPI-12, no cenário SSP5-8.5 projeta um aumento na duração dos de eventos de seca extrema, afetando tanto as áreas semiáridas quanto a Zona da Mata. Esses eventos são evidenciados nos pontos P10, P13 e P14, com episódios prolongados projetados para o período de longo prazo. Esse aumento dos eventos secos sugere um decréscimo na pluviosidade da região em decorrências das mudanças climáticas, sendo o modelo climático HADGEM3-GC31-LL responsável por projetar esse cenário de secas prolongadas na bacia do Rio Capibaribe.

Neste contexto, destacam-se eventos de seca extrema com valores de SPI superiores a -4, para os anos de 2040, 2045, 2085 e 2091. Essas estimativas estão diretamente relacionadas a variabilidades climáticas, como redução da precipitação, que é um fator que contribuem para a diminuição das recargas dos aquíferos e dos mananciais, comprometendo a disponibilidade hídrica da bacia do Rio Capibaribe. Por outro lado, observa-se um decréscimo em relação as condições úmidas extremas em comparação ao cenário SSP2-4.5, onde picos de extremo úmido eram maiores que 2.

A comparação entre os cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5 revela uma semelhança notável na tendência de episódios secas em escalas curtas (SPI-3 e SPI-6), tanto nas regiões da Zona da Mata (P13 e P14), quanto no Agreste (P8 e P10). Em ambos os cenários, eventos de seca tendem a ser mais intensos nas áreas mais secas (P8 e P10), com valores de SPI atingindo magnitudes elevadas. No cenário SSP5-8.5, destaca-se um aumento acentuado na duração dos eventos de seca, especialmente na escala do SPI-12, afetando principalmente a porção oeste da bacia, com valores mais altos de SPI em comparação ao SSP2-4.5. É fundamental ressaltar, contudo, que estas são projeções baseadas nos modelos climáticos e cenários de emissão, e embora indiquem tendências para o futuro, a ocorrência exata e a magnitude dos eventos em anos específicos estão sujeitas às incertezas inerentes à modelagem climática.

Figura 3 – Projeção do SPI para o período de 2030-2100 para o cenário SSP5-8.5.



Essa análise possibilita identificar, no cenário SSP5-8.5, uma tendência mais acentuada de secas prolongadas, especialmente nas áreas semiáridas da bacia, onde os danos tendem a ser mais severos. Já em as áreas próximas a Zona da Mata e ao litoral, embora apresentem de eventos extremos de secas, mas com menor intensidade, devido as condições climáticas da região. Sendo assim, tanto o SSP2-4.5 quanto o SSP5-8.5 projetam uma diminuição na frequência geral das secas ao longo do tempo, mas com uma acentuada tendência de eventos mais longos e de intensidade variada, especialmente nas regiões semiáridas que possuem um regime pluviosidade com deficitário.

A Tabela 2 apresenta a quantidade de anos secos e úmidos projetados para o período analisado. Observa-se que, na escala de curto prazo (SPI-3), sob o cenário SSP5-8.5, ambos os modelos indicam a ocorrência de condições úmidas, moderadas e extremas, ao longo de todo o período analisado. Os dados apresentados na Tabela 2 revelam que os maiores valores de anos secos e úmidos para cada modelo climático ocorrerão nos cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5. No cenário SSP2-4.5, com o modelo ACCESS-CM2, o maior número de anos secos ocorre no posto P13 (SPI-3), totalizando 43 anos, enquanto o maior número de anos úmidos foi registrado no P8 (SPI-3), totalizando 46 anos. Com relação ao modelo HADGEM3-GC31-LL, o maior número de anos secos foi registrado no P13 (SPI-3), com 49 anos, e o maior número de anos úmidos em P14 (SPI-3), com 52 anos. No cenário mais pessimista (SSP5-8.5), o modelo ACCESS-CM2 indica um aumento de anos úmidos no posto P8 (SPI-3), com 71 anos, enquanto o maior número de anos secos ocorre em P14 (SPI-3), somando 48 anos. O modelo HADGEM3-GC31-LL também registrou 71 anos úmidos para o P8 (SPI-3), mostrando uma tendência de aumento da umidade nessa porção d'abacá, enquanto o maior número de anos secos foi registrado no P14 (SPI-3), com 47 anos. Esses resultados demonstram a variabilidade entre os modelos e a sensibilidade espacial da bacia às mudanças climáticas, especialmente no regime úmido sob o cenário SSP5-8.5.

Tabela 2 – Quantidade de anos secos e úmidos de acordo com os cenários de projeções climáticas.

Pontos	SPI	Cenário SSP2-4.5				Cenário SSP5-8.5			
		ACCESS-CM2		HADGEM3- GC31-LL		ACCESS-CM2		HADGEM3-GC31- LL	
		Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido	Seco	Úmido
P8	SPI3	34	46	36	51	42	71	33	71
	SPI6	40	37	40	46	36	38	38	37
	SPI9	26	29	24	26	28	26	23	28
	SPI2	25	26	23	21	20	26	18	22
P10	SPI3	38	43	44	51	34	46	34	48
	SPI6	38	36	46	45	38	39	41	39
	SPI9	26	27	29	31	30	30	21	28
	SPI2	25	26	22	25	20	25	19	24
P13	SPI3	43	46	49	50	48	48	46	46
	SPI6	34	36	41	42	39	42	41	38
	SPI9	27	29	32	40	31	32	26	30
	SPI2	25	27	24	28	20	25	22	28
P14	SPI3	41	44	46	52	48	49	47	44
	SPI6	33	33	37	43	37	40	39	38
	SPI9	28	29	31	36	30	33	26	30
	SPI2	27	26	26	28	21	25	24	29

4. CONCLUSÃO

Este trabalho buscou investigar o comportamento da seca na bacia hidrográfica do Rio Capibaribe, situada numa região importante para o planejamento hídrico do estado de Pernambuco, especialmente para região metropolitana do Recife. Utilizando projeções climáticas baseados nos cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5, implementadas por meio dos modelos circulação global o ACCESS-CM2 e HadGEM3-GC31-LL. O índice SPI foi usado para a análise da seca meteorológica.

Na análise realizada a partir do índice SPI revelou padrões claros na mudança do regime de seca na bacia do Rio Capibaribe nos cenários futuros. Essas mudanças são bem evidentes na região

semiárida, onde os desafios impostos pelas secas prolongadas são mais severas, enquanto nas regiões úmidas, enfrenta esses eventos de seca com menos severidade. Esses padrões estão diretamente relacionados com redução da pluviosidade, que compromete a recarga hídrica durante períodos de seca, que acarreta impactos significativos sobre a disponibilidade de água.

Dentre os cenários analisados, o cenário SSP5-8.5 se destaca por apresentar eventos extremos de secas mais prolongadas, abrangendo a maior parte da bacia do Rio Capibaribe e nas escalas analisadas. Essa intensificação exerce pressões sobre os recursos hídricos, ocasionando riscos de escassez. Por outro lado, o cenário SSP2-4.5 caracteriza-se por apresentar secas mais recorrentes em escala de tempo curto. Os resultados deste trabalho podem auxiliar no processo de tomada de decisões, fornecendo subsídios para o gerenciamento de recursos hídricos e estratégias que visam diminuir e mitigar os impactos das secas imediatas quanto às de longos prazos na região. O conhecimento sobre o comportamento da seca proporciona informações fundamentais para enfrentar os desafios socioambientais decorrentes das mudanças climáticas. Além de fortalecer a resiliência da bacia do Rio Capibaribe diante dessas mudanças, como também assegurar a segurança hídrica.

5. REFERÊNCIAS

- BALLARIN, A. S.; SONE, J. S.; GESUALDO, G. C.; SCHWAMBACK, D.; REIS, A.; ALMAGRO, A.; WENDLAND, E. C. (2023). “CLIMBra - Climate change dataset for Brazil. Scientific”. Data, 10, 131. 2023.
- FARIAS, V. E. M. de. (2025). “Projeções de secas meteorológicas, agrícolas e hidrológicas na Bacia do Rio Capibaribe (PE), sob cenários futuros de mudanças climáticas e uso da terra”. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 211f.
- MARENGO, J. A., ALVES, L. M., ALVALA, R. C. S., CUNHA, A. P., BRITO, S., & MORAES, O. L. L. (2018). “Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semi-arid 201 Northeast Brazil region”. Anais Da Academia Brasileira De Ciências, 90(2), 1973 1985.
- MCKEE, T.B.; DOESKEN, N.J.; KLEIST, J. (1993). “The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales”. 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, 17-22, 179-184.
- OLIVEIRA, C. M. M.; ALVARENGA, L. A.; SILVA, V. O.; CARVALHO, V. S. O.; CAMINHA, A. R.; MELO, P. A. (2024). “Projeção dos Eventos de Seca Meteorológica e Hidrológica na Bacia Hidrográfica do Rio Verde”. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 39.
- PERNAMBUCO. SECRETARIA INFRAESTRUTURA E RECURSOS HÍDRICOS (SIRH). (2010). “Plano hidroambiental da bacia hidrográfica do Rio Capibaribe. Tomo I - Diagnóstico Hidroambiental”. Recife: [s.n.], v. 01/03.
- RIBEIRO NETO, A.; SCOTT, C. A.; LIMA, E. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; AND CIRILO, J. A. (2014). “Infrastructure sufficiency in meeting water demand under climate induced socio-hydrological transition in the urbanizing Capibaribe River basin Brazil, Hydrol”. Earth Syst. Sci., 18, 34493459.

SALGUEIRO, J. H. P. B.; PINTO, E. J. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA, B. B. S. (2014). “Tendência de índices pluviométricos na bacia do Rio Capibaribe-PE e sua influência na gestão dos recursos hídricos”. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 7, n. 5. Número Especial-VIWMCRHPE. 1002-1014.

TAYE, M.T.; WILLEMS, P.; BLOCK, P. (2015). “*Implications of climate change on hydrological extremes in the Blue Nile basin: a review*”. Journal of Hydrology: Regional Studies, v. 4, p. 280-293.

XAVIER, A. C. F.; MARTINS, L. L.; RUDKE, A. P.; MORAIS, M. V. B.; MARTINS, J. A.; BLAIN, G. C. (2021). “*Evaluation of Quantile Delta Mapping as a bias-correction method in maximum rainfall dataset from downscaled models in São Paulo state (Brazil)*”. International Journal of Climatology, 42(1), 175-190.

XIMENES, P. S. M. P.; SILVA, A. S. A.; STOSIC, T.; AMORIM, J. F.; MENEZES, R; S; C. (2019). “*Análise da severidade da seca no Agreste Pernambucano utilizando índice de precipitação padronizado*” in Anais 18º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica e 64ª Reunião da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, v. 8, n. 2, p. 331-339.

ZHAO, T.; DAI, A. (2022). “*CMIP6 Model-Projected Hydroclimatic and Drought Changes and Their Causes in the Twenty-First Century*”. Journal of Climate, Volume 35, 3, 897-921.