ANÁLISE DA VARIABILIDADE PLUVIOMÉTRICA E PROJEÇÕES DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO NORDESTE BRASILEIRO

Camila Oliveira de Britto Salgueiro[1]; Rebecca Borja Gonçalves Gomes de Menezes[2]; Juliana Farias Santos de Moraes[3]; Diego Cézar dos Santos Araújo[4]; Breno Thierry Caldas Bezerra[5]; Alfredo Ribeiro Neto[6]; Leidjane Maria Maciel de Oliveira[7]; Sylvana Melo dos Santos[8]

Abstract: The Brazilian Northeast exhibits high precipitation variability, influenced by atmospheric systems and ocean-atmosphere phenomena. In the context of climate change, this study analyzed rainfall trends across the nine states of the region and future projections (2070–2099) under the SSP5-8.5 scenario, using observed data from ANA/HidroWeb (1960–2025) and CMIP6 climate models available through PROJENE/XHIDRO. After data quality control, model performance was evaluated using Pearson correlation, RMSE, and BIAS, with the most representative model selected for each state. Climate change signals were estimated using the Delta Change method. The results indicated statistically significant predominantly decreasing trends and projected reductions in precipitation, with intensification of dry periods, especially in the Semi-arid region and during the rainy season along the eastern coast of Northeastern Brazil.

Resumo: O Nordeste brasileiro apresenta elevada variabilidade de precipitação, influenciada por sistemas atmosféricos e fenômenos oceânicos. Em um contexto de mudanças climáticas, este estudo analisou tendências pluviométricas nos nove estados da região e projeções futuras (2070-2099) sob o cenário SSP5-8.5, utilizando dados observados da ANA/HidroWeb (1960-2025) e modelos climáticos do CMIP6 via PROJENE/XHIDRO. Após controle de qualidade dos dados, o desempenho dos modelos foi avaliado por correlação de Pearson, RMSE e BIAS, selecionando-se o mais representativo para cada estado. O sinal de mudança climática foi estimado pelo método Delta *Change*. Os resultados indicaram tendências significativas predominantemente decrescentes e projeções de redução da precipitação, com intensificação dos períodos secos, especialmente no Semiárido e durante a estação chuvosa do litoral leste nordestino.

Palavras-Chave – Nordeste brasileiro; variabilidade pluviométrica; CMIP6; Delta *Change*; SSP5-8.5; mudanças climáticas.

1) Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Rua Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, 50.740-530 - Recife - PE – Brasil. Fone: +55 81 2126.8000. E-mail: camila.salgueiro@ufpe.br.
2) Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, UFPE. E-mail: camila.salgueiro@ufpe.br.
3) Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, UFPE. E-mail: juliana.fmoraes@ufpe.br.
4) Doutor e Pós-Doutorando em Recursos Hídricos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC. E-mail: diego.caraujo@ufpe.br.
5) Mestrando, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, UFPE. E-mail: breno.thierry@ufpe.br.
5) Professor Titular, PPGEC, DECIV, CTG, UFPE. Fone: +55 81 2126-8223. E-mail: alfredoribeiro@ufpe.br.
5) Professora Adjunta, PPGEC, DECIV, CTG, UFPE. Fone: +55 81 2126-8223. E-mail: leidjane.oliveira@ufpe.br.
5) Professora Titular, PPGEC, DECIV, CTG, UFPE. Fone: +55 81 2126-8223. E-mail: sylvana.santos@ufpe.br.

1 – INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro possui características climáticas marcadas por elevada variabilidade temporal e espacial da precipitação. A distribuição irregular das chuvas, associada à influência de sistemas atmosféricos como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), vórtices ciclônicos de altos níveis, distúrbios ondulatórios de leste e fenômenos oceânicos-atmosféricos, torna a região particularmente vulnerável a secas prolongadas e eventos extremos (Calado *et al.*, 2025). Discussões relacionadas às mudanças climáticas globais têm ampliado a preocupação quanto aos possíveis impactos sobre os recursos hídricos do Nordeste, na qual projeta-se que o Nordeste possa enfrentar reduções de até 30% na precipitação anual (Dantas *et al.*, 2025).

Estudos baseados em projeções climáticas tornam-se fundamentais para subsidiar estratégias de adaptação e de planejamento territorial. A utilização de modelos climáticos permite avaliar tendências futuras e identificar padrões de incerteza associados às projeções. O uso de modelos multimodais de última geração, como os do CMIP6, tem sido a ferramenta central para refinar essas análises em escala regional e local, reduzindo vieses históricos e melhorando a confiabilidade das projeções para o século XXI (Dantas *et al.*, 2025). Este trabalho busca analisar a variabilidade espaço-temporal da precipitação no Nordeste brasileiro e avaliar projeções de mudanças climáticas utilizando dados observados e modelos climáticos do PROJENE/XHIDRO.

2 – METODOLOGIA

Área de estudo e dados observados

O estudo foi desenvolvido para os nove estados da Região Nordeste do Brasil: Alagoas (AL), Bahia (BA), Ceará (CE), Maranhão (MA), Paraíba (PB), Pernambuco (PE), Piauí (PI), Rio Grande do Norte (RN) e Sergipe (SE), sendo uma área caracterizada pela elevada sensibilidade às variações climáticas e às mudanças nos padrões de precipitação observadas nas últimas décadas. Os dados observados de precipitação foram obtidos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), com o plugin *HidroWeb* no *software* QGIS. A base de dados contemplou o período entre 1960 e 2025, correspondente a um acervo histórico (1960 a 1989) e outro contendo informações mais recentes (1990 a 2025). Os registros pluviométricos disponíveis foram analisados considerando a continuidade temporal das séries e a quantidade de dados válidos disponíveis.

Para reduzir impactos decorrentes de falhas ou lacunas nos registros, foram selecionados os 50 postos pluviométricos com maior cobertura temporal em cada estado, considerando a quantidade total de registros válidos disponíveis. Em seguida, os dados foram processados em ambiente R, incluindo organização, padronização e verificação de qualidade das séries.

Na primeira etapa do processamento, foram removidos registros diários de precipitação superiores a 450 mm, adotando-se esse valor como limite superior de controle de qualidade para identificação de possíveis inconsistências nos dados observados. Em seguida, na segunda etapa, os registros diários válidos foram agregados em totais mensais por posto pluviométrico, sem aplicação de interpolação ou imputação de valores ausentes. Assim, os totais mensais foram calculados exclusivamente a partir dos dados efetivamente disponíveis em cada série, preservando a integridade dos registros observados.

Na terceira etapa, estimou-se a precipitação média estadual com base nos 50 postos selecionados em cada estado. A precipitação foi obtida por meio da média aritmética dos postos disponíveis em cada data, utilizando-se apenas os registros efetivamente observados, o que permitiu representar a variabilidade espacial e temporal da precipitação em escala estadual.

Por fim, as séries consolidadas foram utilizadas para a construção dos totais anuais e das análises estatísticas subsequentes, mantendo-se apenas os anos com cobertura suficiente de dados após o processamento. Essa abordagem evitou a influência de anos com forte descontinuidade observacional nas análises de tendência e variabilidade.

Dados de Modelos Climáticos

Foram utilizados dados de projeções climáticas disponibilizados pela plataforma PROJENE/XHIDRO (https://xhidro.com/) (Araujo *et al.*, 2026). As projeções consideraram um cenário pessimista de emissões (SSP5-8.5), representando condições climáticas de maior intensificação das mudanças climáticas, sendo utilizados dados de dez modelos climáticos globais do *ensemble* CMIP6: ACCESS-CM2, GFDL-CM4, GFDL-ESM4, HADGEM3-GC31-LL, INM-CM4-8, IPSL-CM6A-LR, MIROC6, MPI-ESM1-2-LR, NESM3 e NORESM2-MM. O cenário de emissões representou o caminho de forçamento radiativo mais elevado do CMIP6, adequado para análise de impactos em horizonte de longo prazo.

Avaliação de Desempenho e Seleção do Melhor Modelo

Para cada combinação estado-modelo, foi realizada uma análise comparativa entre a climatologia mensal simulada pelo histórico do CMIP6 e a climatologia mensal observada, considerando o período de 1985 a 2014 (Figura 1).

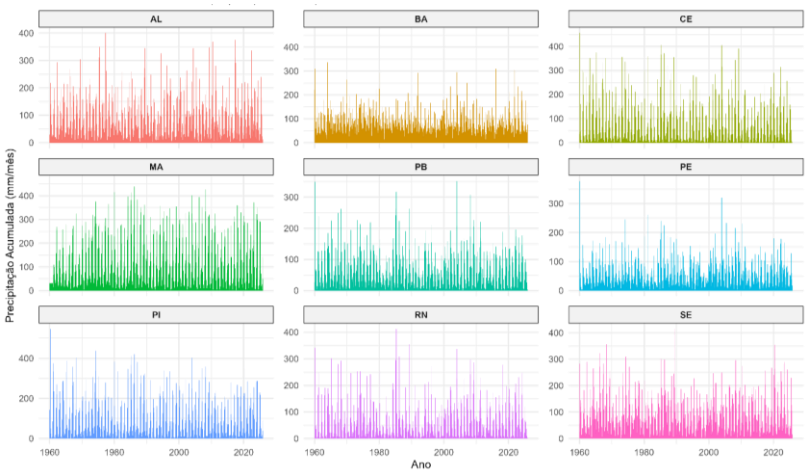


Figura 1 – Série histórica mensal acumulada de precipitação (mm/mês) por estado do Nordeste brasileiro (1960-2025). Top 50 postos ANA por estado. Fonte: Autor (2026).

Foram calculadas três métricas de desempenho: (i) correlação de Pearson (CORR), que mede a correspondência entre os ciclos anuais; (ii) Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE, mm/dia), que quantifica o erro absoluto médio; e (iii) Viés percentual (BIAS, %), que expressa o erro sistemático na magnitude. O melhor modelo foi àquele com maior CORR em relação à climatologia mensal.

Análise de Tendência (Mann-Kendall)

O teste não-paramétrico de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975) foi aplicado à série diária completa de cada estado (1960-2025) para detectar tendências de longo prazo. O coeficiente tau de Kendall e o valor-p associado foram utilizados para classificar as tendências como crescentes ou decrescentes, com nível de significância de 5%.

Método Delta *Change*

O sinal de mudança climática foi quantificado por meio do Método Delta *Change* (ΔP), que expressa a variação percentual da precipitação entre o período futuro e o período histórico de referência do mesmo modelo. Esse método é caracterizado como a técnica mais simples de correção de viés, sendo executado através da aplicação de fatores de mudança ou anomalias extraídas de modelos climáticos sobre séries históricas observadas. De acordo com Teutschbein e Seibert (2012), essa abordagem utiliza as observações como linha de base, o que a torna estável para gerar projeções futuras com dinâmicas semelhantes às condições atuais. Diante disso, para cada mês m do estado i, foi calculado o Delta *Change* Mensal conforme a Equação 1.

$$\Delta P_m\ (\%) = \frac{P_{futuro,m} - P_{historico,m}}{P_{historico,m}} \times 100 \qquad (1)$$

Em que: ΔP_m é o Delta Mensal; $P_{futuro,m}$ é a precipitação média diária do mês *m* no período futuro do modelo (2070-2099) e $P_{historico,m}$ é a precipitação média do mesmo mês no período histórico do modelo (1985-2014).

Posteriormente, o Delta Mensal foi aplicado sobre a climatologia mensal observada (1985-2014) para gerar a projeção futura ajustada (Equação 2), preservando a variabilidade intra-anual observada e isolando o sinal de mudança climática projetada.

$$P_{futuro_ajustada,m} = P_{observada,m} \times \left(\frac{1+\Delta P_m}{100}\right) \quad (2)$$

Em que: $P_{futuro_ajustada,m}$ é a precipitação média diária ajustada do mês *m* no período futuro (mm/dia); $P_{observada,m}$ é a precipitação média diária observada no mês m no período de referência (1985-2014) (mm/dia); e ΔP_m é o Delta Mensal calculado pela Equação 1 (%).

Complementarmente, foi calculado o Delta Anual por estado, derivado diretamente dos deltas mensais. Após a aplicação da Equação 2 aos doze meses do ano, os totais anuais histórico observado e futuro ajustado foram obtidos pelo somatório das climatologias mensais correspondentes. Assim, a variação percentual anual representa o efeito conjunto das mudanças ao longo dos meses, considerando a sazonalidade da precipitação em cada estado. Destaca-se que o Método Delta *Change* preserva a variabilidade espacial e temporal da série observada, transferindo apenas o sinal de mudança climática projetada pelo modelo. Por ser um método de fator de perturbação, não incorpora alterações na variabilidade interanual futura nem mudanças na estrutura de extremos, devendo os resultados ser interpretados como estimativas do deslocamento da climatologia média (Mendez *et al.*, 2020). Essa limitação ocorre porque o método utiliza a série observada como linha de base, ajustando apenas os valores médios sem considerar possíveis mudanças na dinâmica climática futura.

3 – RESULTADOS

Sazonalidade e Série Histórica Observada (1960-2025)

A Figura 2 apresenta a sazonalidade comparativa entre os estados. Observa-se que o Maranhão se destaca como o estado mais úmido, com precipitação média de até 9,7 mm/dia em março, sob forte influência da ZCIT. O Piauí e o Ceará também concentram suas chuvas no primeiro trimestre, associadas ao mesmo sistema. Os estados de Alagoas, Pernambuco e Sergipe apresentam pico pluviométrico entre maio e julho, reflexo de sistemas frontais e da atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Ressalta-se ainda que para os estados analisados, o período seco (agosto-novembro) é marcado por valores inferiores a 0,5 mm/dia em praticamente todos os estados, chegando a menos de 0,15 mm/dia no Piauí em agosto.

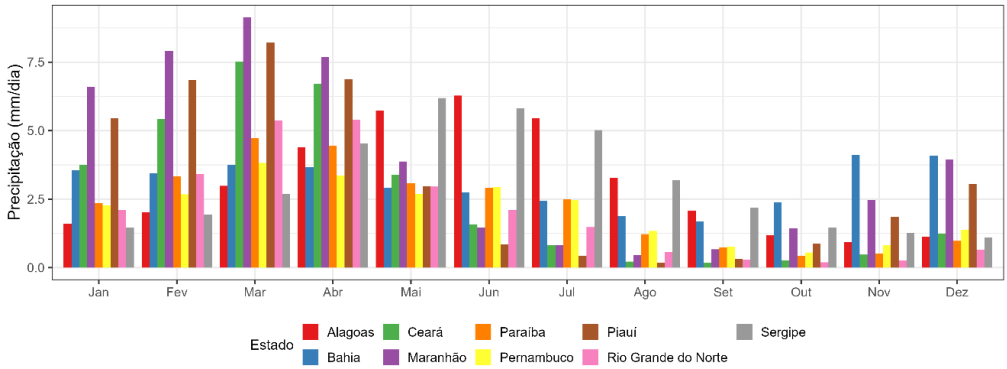


Figura 2 – Sazonalidade comparativa da precipitação média mensal (mm/dia) por estado do Nordeste (1960–2025). Top 50 postos ANA por estado. Fonte: Autor (2026).

Tendências de Longo Prazo (Mann-Kendall)

O teste de Mann-Kendall aplicado à série anual completa 1960-2025 é apresentado na Tabela 1, na qual seis estados apresentaram tendência decrescente: Bahia (-0,044), Ceará (-0,062), Paraíba (-0,093), Alagoas (-0,036), Piauí (-0,013) e Sergipe (-0,013). A Paraíba registrou o sinal mais intenso, consistente com o regime semiárido predominante e a recorrência de eventos El Niño. Em sentido oposto, Maranhão (+0,010), Pernambuco (+0,010) e Rio Grande do Norte (+0,044) apresentaram tendências crescentes, sugerindo redistribuição temporal das chuvas no período analisado. Embora os valores de τ sejam modestos, foram encontrados p-valores nulos ou muito baixos, o que fortalece a análise estatística, provavelmente associada ao longo período de registro.

Tabela 1 – Resultados do teste de tendência de Mann-Kendall para os estados do Nordeste.

Estado	τ	Tendência	Estado	τ	Tendência	Estado	τ	Tendência
AL	-0,035803	Decrescente	MA	0,010279	Crescente	PI	-0,012631	Decrescente
BA	-0,044051	Decrescente	PB	-0,093303	Decrescente	RN	0,043705	Crescente
CE	-0,062264	Decrescente	PE	0,010326	Crescente	SE	-0,013228	Decrescente

Fonte: Autores (2026).

A detecção dessas tendências converge com a análise nacional de Costa *et al.* (2025), que identificaram aumentos em índices de extremos pluviométricos no litoral Norte e Nordeste. Segundo esses autores, a elevação da temperatura atmosférica desempenha um papel fundamental na intensificação desses eventos, o que auxilia na compreensão da redistribuição espacial das chuvas reportada neste trabalho.

Avaliação de Desempenho dos Modelos CMIP6

A Tabela 2 apresenta os modelos de melhor desempenho selecionados, com suas respectivas métricas de desempenho. As correlações foram elevadas em todos os estados ($\geq$ 0,877), indicando boa reprodução do ciclo anual observado pelo conjunto de modelos. Os menores RMSE foram obtidos para o Ceará (HADGEM3-GC31-LL, 0,244 mm/dia) e Maranhão (IPSL-CM6A-LR, 0,325 mm/dia), com regimes pluviométricos bem definidos e menor variabilidade entre os modelos analisados.

Tabela 2 – Melhor modelo CMIP6 por estado e métricas de desempenho (período de calibração: 1985-2014).

UF	Melhor modelo	CORR	RMSE (mm/dia)	BIAS (%)	Prec. obs. (mm/ano)
AL	INM-CM4-8	0,972	0,484	-6,6	1.103
BA	NESM3	0,901	1,043	-15,4	1.082
CE	HADGEM3-GC31-LL	0,996	0,244	-2,9	928
MA	IPSL-CM6A-LR	0,998	0,325	-1,8	1.477
PB	ACCESS-CM2	0,951	0,730	+2,2	806
PE	NORESM2-MM	0,877	0,636	-11,6	800
PI	NORESM2-MM	0,978	0,762	-10,7	1.133
RN	ACCESS-CM2	0,979	0,443	+0,3	753
SE	NORESM2-MM	0,979	0,660	-17,6	1.120

Fonte: Autores (2026).

Destaca-se que os resultados referentes ao BIAS foram predominantemente negativos (subestimativa da precipitação), com exceção de Paraíba e Rio Grande do Norte (ACCESS-CM2), que apresentaram BIAS próximo de zero (+2,2% e +0,3%, respectivamente). Somado a isso, vale ressaltar que o NORESM2-MM foi selecionado para PE, PI e SE com correlações elevadas, embora com BIAS mais acentuado em Sergipe (-17,6%), o que deve ser considerado na interpretação das projeções.

Delta Anual: Projeções Futuras (2070-2099 vs. 1985-2014)

A Figura 3 apresenta os deltas anuais de todos os modelos CMIP6 por estado. O predomínio de tons avermelhados mostra que, sob SSP5-8.5, a maioria dos modelos projeta redução da precipitação anual no Nordeste para 2070-2099. Destaca-se que o ACCESS-CM2 tende a projetar as maiores reduções, chegando a -27,7% em Alagoas e -23,1% em Sergipe, enquanto o IPSL-CM6A-LR projeta aumento de +34,1% no Ceará, sinal discrepante quando comparado com os demais modelos.

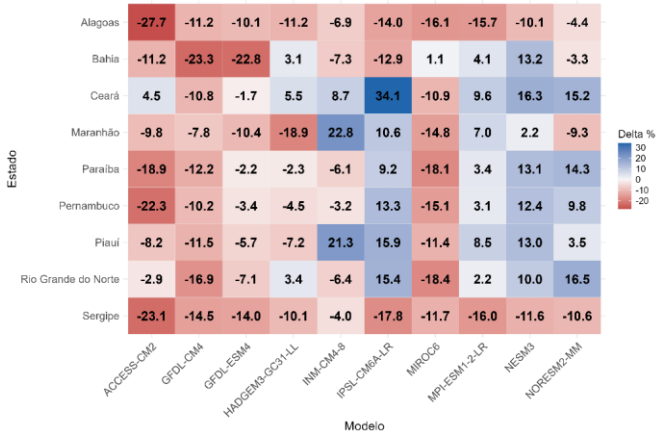


Figura 3 – Deltas percentuais anuais de precipitação (2070–2099 vs. 1985–2014) por estado e modelo CMIP6, sob SSP5-8.5. Escala divergente: azul = aumento; vermelho = redução. Fonte: Autor (2026).

Delta Mensal: Sazonalidade das Mudanças

A Figura 4 detalha os Deltas Mensais por estado, em que os meses já secos tendem a receber ainda menos chuva, enquanto os meses chuvosos apresentam variação mais heterogênea. No Ceará,

setembro (-79,2%) e agosto (-74,0%) têm as maiores reduções, mas novembro (+89,6%) e dezembro (+72,6%) mostram aumentos expressivos, resultando em Delta Anual positivo (+4,9%). O Maranhão tem comportamento similar, com aumentos em janeiro (+42,5%) e fevereiro (+22,6%), mas reduções severas em agosto-outubro (-59% a -63%), ampliando a estação seca. A Paraíba e o Rio Grande do Norte têm reduções generalizadas em quase todos os meses, com mínimos de -74,6% (PB, em novembro) e -58,1% (RN, em outubro), indicando secamento progressivo e sistêmico no Semiárido.

Ciclo Anual Histórico vs. Projeção Futura

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** compara a climatologia mensal histórica observada (1985-2014) com a projeção futura ajustada pelo Delta *Change* (2070-2099), com o modelo de melhor desempenho por estado. Na Paraíba e no Rio Grande do Norte, em praticamente todos os meses, a precipitação futura é inferior à histórica, o que implica na redução da disponibilidade hídrica ao longo de todo o ano. No Maranhão e no Ceará, a mudança é distribuída ao longo do ano, com período chuvoso intenso, mas o período seco forte, aumentando a variabilidade ao longo do ano.

Os resultados em questão corroboram as projeções de Marengo *et al.* (2021), que indicam um aumento substancial nos riscos meteorológicos em cenários de aquecimento de até 4°C no Nordeste brasileiro, alertando que a diminuição da chuva anual resultará em secas persistentes que sobrecarregarão a disponibilidade de água potável e a produtividade agrícola regional.

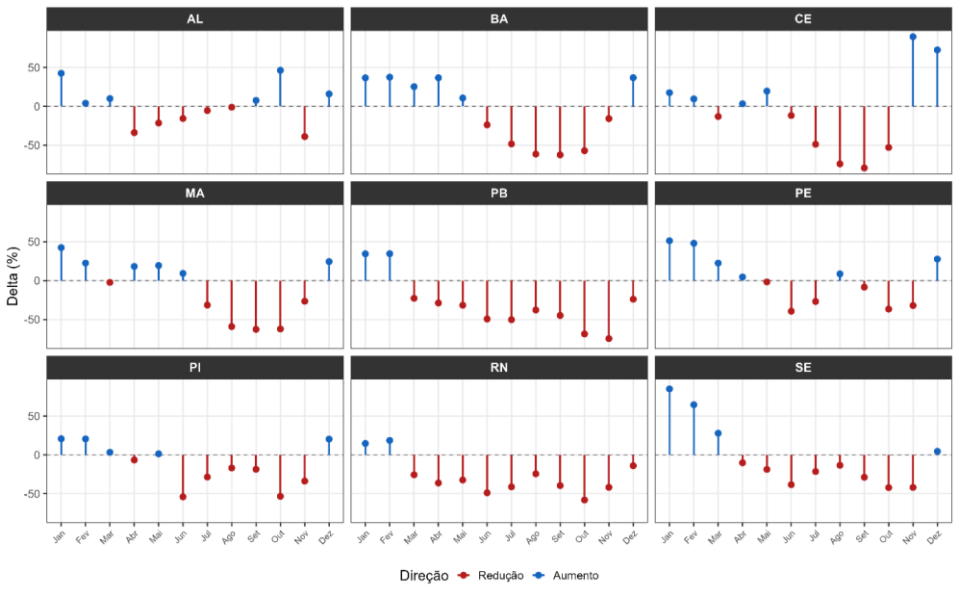


Figura 4 – Variação mensal da precipitação (Delta Change) nos períodos de 2070-2099 vs. 1985-2014. Pontos azuis = aumento; vermelhos = redução. Fonte: Autor (2026).

CONCLUSÕES

Os modelos CMIP6 reproduziram satisfatoriamente o ciclo anual de precipitação observado em todos os estados (CORR ≥ 0,877), validando o uso do Método Delta *Change* como ferramenta de projeção regional. O BIAS predominantemente negativo indica tendência de subestimativa dos modelos, o que deve ser considerado na interpretação dos resultados, especialmente para Sergipe (NORESM2-MM, -17,6%) e Bahia (NESM3, -15,4%).

O teste de Mann-Kendall revelou tendências estatisticamente significativas em todos os estados no período 1960-2025. A predominância de tendências decrescentes em seis estados (BA, CE, PB, AL, PI e SE), com destaque para a Paraíba (-0,093), indica uma redução gradual dos totais pluviométricos ao longo do tempo, compatível com as características climáticas do semiárido e com a recorrência de eventos El Niño. Maranhão, Pernambuco e Rio Grande do Norte apresentaram tendências crescentes, possivelmente associadas a redistribuições temporais e espaciais das precipitações.

As projeções para 2070-2099 apontam para uma intensificação dos contrastes sazonais em toda a região. Os meses já secos devem registrar reduções adicionais expressivas, enquanto os meses chuvosos apresentam comportamento mais heterogêneo entre os modelos. Esse padrão é especialmente crítico para o Semiárido, na qual Paraíba e Rio Grande do Norte apresentam reduções generalizadas ao longo de praticamente todo o ano. Para os estados do litoral leste (AL, PE e SE), as reduções projetadas concentram-se justamente no período chuvoso (maio-julho), quando ocorre a principal recarga de reservatórios e aquíferos, representando um risco sistêmico para a gestão hídrica regional. No Maranhão e no Ceará, observa-se um aprofundamento da estação seca, mesmo que o período chuvoso possa se intensificar, aumentando a variabilidade durante o ano e os riscos associados a eventos extremos.

AGRADECIMENTOS - Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas de doutorado à primeira autora (n. 88887.134583/2025-00) e à segunda autora (n. 88887.284584/2026-00). Os autores agradecem ao PROJENE pela disponibilização dos dados utilizados neste trabalho. Os autores agradecem ainda ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da Bolsa de Produtividade em Pesquisa, Processo nº 301329/2025-7.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, D. C. S.; RODRIGUES, A. B.; FARIAS, V. E. M.; CLAUDINO, C. M. A.; SILVA, C.; RIBEIRO NETO, G.; SILVA, S. F.; VASCONCELOS, R. *PROJENE: High-Resolution Bias-Corrected Climate Projections Dataset (CMIP6) for Northeast Brazil*. Zenodo, 2026. Dataset. https://doi.org/10.5281/zenodo.19153765.

CALADO, G. M. C.; COUTINHO, A. P.; BEZERRA, S. T. M. (2025). *"Desenvolvimento de Curvas IDF e Análise da Espacialização de Parâmetros: Um Estudo de Caso no Agreste de Pernambuco,*

Nordeste do Brasil". Revista Brasileira de Geografia Física 18 (06), pp. 4716–4736. https://doi.org/10.26848/rbgf.v18.6.p4716-4738

COSTA, J. M. F.; SILVEIRA, C. S.; COSTA, A. C.; MARCOS JUNIOR, A. D.; GONÇALVES, S. T. N. (2025). *"Trend analysis of precipitation extremes in Brazil: the role of atmospheric temperature"*. Revista Brasileira de Ciências Ambientais 59, e2123. https://doi.org/10.5327/Z2176-94782123.

DANTAS, L. G.; FERREIRA, A. J. F.; PINTO JUNIOR, J. A.; CORTES, T. R.; NEVES, D. J. D.; OLIVEIRA, B. F. A.; SILVEIRA, I. H. (2025). "*Projections of extreme weather events according to climate change scenarios and populations at-risk in Brazil"*. Climatic Change, 178, 152. https://doi.org/10.1007/s10584-025-03989-2

KENDALL, M.G. (1975) *"Rank Correlation Methods"*. 4th Edition, Charles Griffin, London.

MANN, H. B. (1945) *"Nonparametric tests against trend"*. Econometrica: Journal of the econometric society, p.p 245-259.

MENDEZ, M.; MAATHUIS, B.; HEIN-GRIGGS, D.; ALVARADO-GAMBOA, L. F. (2020). *"Performance Evaluation of Bias Correction Methods for Climate Change Monthly Precipitation Projections over Costa Rica".* Water 12 (2), 482. https://doi.org/10.3390/w12020482

MARENGO, J. A.; CAMARINHA, P. I. M.; ALVES, L. M.; DINIZ, F.; BETTS, R. A. (2021). *"Extreme Rainfall and Hydro-Geo-Meteorological Disaster Risk in 1.5, 2.0, and 4.0°C Global Warming Scenarios: An Analysis for Brazil"*. Frontiers in Climate 3, 610433. https://doi.org/10.3389/fclim.2021.610433.

TEUTSCHBEIN, C.; SEIBERT, J. (2012). *"Bias correction of regional climate model simulations for hydrological climate-change impact studies: Review and evaluation of different methods"*. Journal of Hydrology 456, 12–29. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.05.052.