AMEAÇAS CLIMÁTICAS E RISCOS FUTUROS PARA OS RECURSOS HÍDRICOS NO NORDESTE BRASILEIRO

Izani Gonçalves dos Santos Pereira [1] ; Leila Limberger [2]; Isaias Pereira da Silva Gonçalves [3]

Palavras-Chave – Mudanças Climáticas; AdaptaBrasil; Cenários de emissões do IPCC.

INTRODUÇÃO

A intensificação dos eventos extremos associados às mudanças climáticas tem ampliado os riscos de escassez hídrica, afetando diretamente a segurança hídrica das populações e a sustentabilidade dos sistemas socioecológicos. Mais de 2 bilhões de pessoas no mundo vivem em países que enfrentam estresse hídrico, o que evidencia a crescente pressão sobre os recursos hídricos em escala global (UNESCO, 2019). Segundo a ANA (2024), apesar das incertezas inerentes às projeções climáticas, elas indicam um cenário de aumento das temperaturas e da evapotranspiração no Brasil, o que pode intensificar a pressão sobre os recursos hídricos, além de intensificar os desafios para a gestão e adaptação aos efeitos das mudanças climáticas.

No Brasil, os impactos das mudanças climáticas são particularmente preocupantes na região Nordeste, caracterizada por elevada variabilidade climática (Cavalcanti, Ferreira, Silva e Silva Dias, 2009), recorrência de secas (Nobre e Melo, 2001) e forte dependência dos recursos hídricos para o abastecimento humano, a produção agrícola e as atividades econômicas. A região é extremamente vulnerável às mudanças climáticas com forte propensão à aridez (Lacerda et al., 2010). De acordo com o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (2025) essas condições exigem respostas coordenadas e eficazes para mitigar os impactos e proteger as comunidades mais vulneráveis às mudanças do clima.

Diante da necessidade de implementar respostas voltadas à adaptação às mudanças climáticas e à redução de riscos, o AdaptaBrasil, plataforma desenvolvida pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), constitui um importante instrumento de apoio à adaptação climática, ao disponibilizar indicadores e projeções que permitem avaliar os níveis de ameaça climática, de vulnerabilidade e de exposição em diferentes setores estratégicos.

Para operacionalizar as análises, o AdaptaBrasil adota conceitos fundamentais que permitem compreender a dinâmica dos riscos associados às mudanças climáticas. Segundo o AdaptaBrasil, ameaça climática é a ocorrência de eventos extremos com intensidade e/ou duração superiores à variabilidade natural, capazes de provocar impactos significativos sobre os sistemas naturais e humanos. É possível calcular o risco de impacto, que é resultante da interação entre a ameaça climática, a exposição dos sistemas socioecológicos e sua vulnerabilidade (AdaptaBrasil, 2020). No setor de Recursos Hídricos, os índices para cálculo do risco climático podem considerar os cenários climáticos futuros para identificar áreas mais suscetíveis aos impactos das mudanças climáticas na disponibilidade hídrica.

Entende-se que, embora existam estudos sobre mudanças climáticas e recursos hídricos no Nordeste brasileiro, ainda são escassas as análises regionais que avaliem, de forma integrada, a distribuição espacial da ameaça climática aos recursos hídricos para os horizontes de 2030 e 2050. Dessa forma, o objetivo deste estudo é analisar a distribuição espacial e temporal do Risco de Impacto no Estresse

1) Universidade Estadual do Oeste do Paraná - izani.pereira.educageo@gmail.com
2) Universidade Estadual do Oeste do Paraná - leila.limberger@unioeste.br
3) Universidade Estadual do Oeste do Paraná - - isaiasprofgeo@gmail.com

Hídrico e da Ameaça Climática aos Recursos Hídricos na Região Nordeste do Brasil, considerando os cenários projetados para os anos de 2030 e 2050.

METODOLOGIA

A pesquisa é do tipo quantitativo e exploratório de caráter analítico, fundamentada em dados secundários obtidos na plataforma oficial do Sistema AdaptaBrasil do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). A análise consistiu na interpretação dos gráficos e mapas gerados pela plataforma, comparando a distribuição dos municípios entre as classes de ameaça e de estresse hídrico em diferentes cenários e horizontes temporais. A área de estudo abrange todos os 1.794 municípios da Região Nordeste do Brasil, com uma população aproximada de 57 milhões de habitantes (IBGE, 2024).

Foram utilizados dados referentes ao setor estratégico "Recursos Hídricos", especificamente de dois indicadores, o Índice de Risco de Impacto do Estresse Hídrico e o Índice de Ameaça Climática, para os anos de 2030 e 2050, que avaliam as alterações na disponibilidade hídrica decorrentes da interação entre processos hidrológicos e variabilidade climática.

Os dados foram coletados considerando: Escala regional (Nordeste); Projeções para 2030 e 2050 nos cenários otimista (RCP 4.5) e pessimista (RCP 8.5). O cenário otimista corresponde a uma trajetória de mitigação mais efetiva (RCP 4.5) enquanto o pessimista representa elevadas emissões e maior intensidade das mudanças climáticas (RCP 8.5). O AdaptaBrasil classifica os municípios em cinco categorias qualitativas de risco, variando de Muito Baixo a Muito Alto.

RESULTADOS

Para o Índice de Ameaça Climática no cenário RCP 4.5 para 2030 (Figura 1a), 874 municípios estão na classe de “Alto” risco e 796, na de “Muito Alto” risco para ameaça climática. Esse resultado sinaliza que grande parte da região deve enfrentar desafios relacionados à disponibilidade hídrica, ao aumento da evapotranspiração e à maior frequência de eventos extremos associados à seca. Por outro lado, comparando-se com o cenário pessimista (RCP 8.5) de emissões de gases (Figura 1b), observa-se um aumento no número de municípios que se encaixam na classe "Muito Alto", que passou de 796 para 924 em 2030; já os municípios na classe de alto risco passaram de 874 para 776. Esse resultado mostra que, em um cenário sem mitigação dos efeitos do aquecimento global, a pressão sobre os recursos hídricos será mais severa já em 2030.

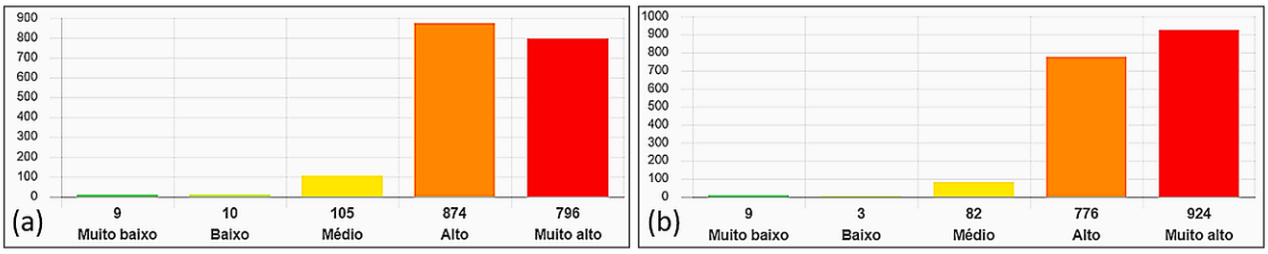


Figura 1. Quantidade de municípios por classe – Índice de Ameaça Climática, para (a) o cenário otimista RCP 4.5- (2030) e (b) o cenário pessimista RCP 8.5- (2030). Fonte: Adaptado do AdaptaBrasil (2025).

Com relação ao horizonte de 2050, nos cenários otimista e pessimista de emissões (RCP 4.5 e RCP 8.5 – Figuras 2a e 2b), os resultados também indicam um padrão de ameaça climática com predominância concentrada nas classes de "Alto" e "Muito Alto" risco. Esse cenário indica que os impactos das mudanças climáticas tendem a se intensificar ao longo das próximas décadas e nos cenários de emissão mais pessimistas, ampliando as pressões sobre reservatórios, abastecimento urbano, agricultura irrigada e sistemas produtivos dependentes da água.

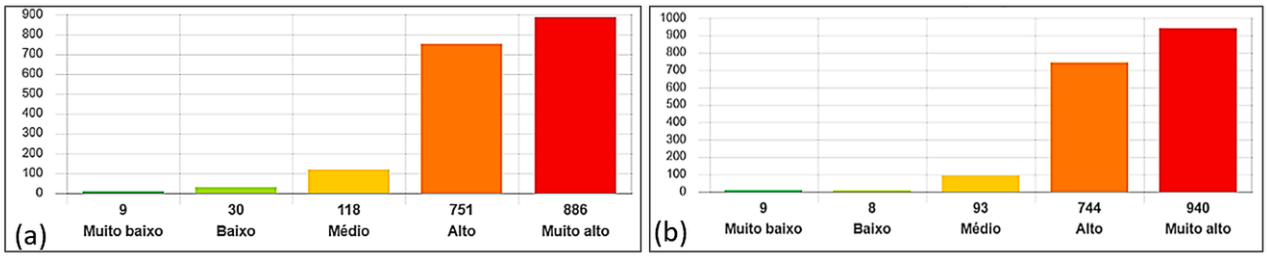


Figura 2. Quantidade de municípios por classe – Índice de Ameaça Climática, para (a) o cenário otimista RCP 4.5- (2050) e (b) o cenário pessimista RCP 8.5- (2050). Fonte: Adaptado do AdaptaBrasil (2025).

Quanto à distribuição espacial do Índice de Risco de Impacto do Estresse Hídrico para os distintos cenários (2030 e 2050), apresentado na Figura 3, os quatro cenários apresentam um padrão espacial muito semelhante. Observa-se a predominância das classes de "Alto" a "Muito Alto" e a concentração de áreas classificadas como de "Muito Alto" risco ao longo da costa leste do Nordeste em ambas as projeções (2030 e 2050). Essa configuração sugere elevada vulnerabilidade hídrica futura e maior probabilidade de escassez hídrica e de conflitos pelo uso da água.

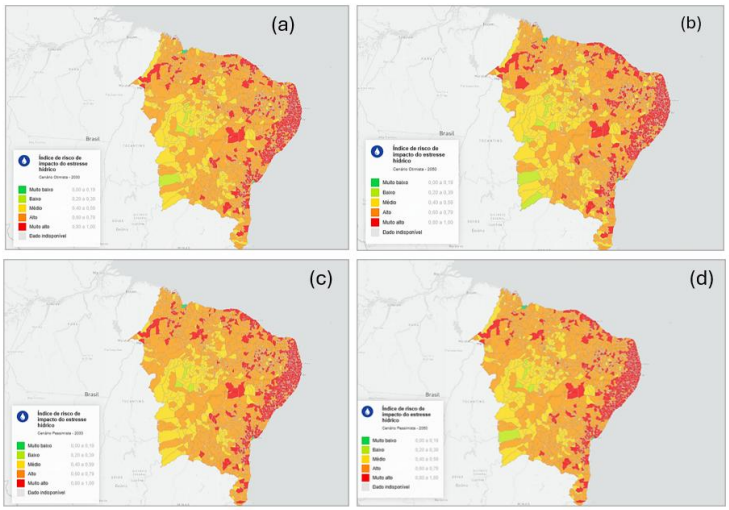


Figura 3. Distribuição do Índice de Risco de Impacto do estresse hídrico para os anos de 2030 e 2050, considerando os cenários climáticos otimista (RCP 4.5) e pessimista (RCP 8.5) para (a) 2030 – cenário otimista; (b) 2030 – cenário pessimista; (c) 2050 – cenário otimista; e (d) 2050 – cenário pessimista. Fonte: Adaptado do AdaptaBrasil (2025).

Corroborando esse resultado, o Relatório Executivo "Impacto da Mudança Climática nos Recursos Hídricos do Brasil no Nordeste" da ANA (2024) mostra que há uma tendência de redução das vazões dos rios e dos volumes médios de chuva, o que sugere menor disponibilidade de água na região, situação que pode se agravar durante a seca, tanto no Semiárido quanto na faixa litorânea.

Assim como neste presente estudo, a pesquisa de Tierno et al. (2025) também utilizou a plataforma AdaptaBrasil como base para a análise dos impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos. O estudo dos autores analisou à redução da precipitação e da vazão do Sistema Cantareira em 2014. A investigação utilizou o Índice de Ameaça Climática (IAC) para a seca, o Índice de Precipitação-Evapotranspiração Padronizado (SPEI) e focou no cenário pessimista para 2050. Os autores identificaram um aumento na criticidade hídrica em diversas regiões do Estado.

A pressão sobre os recursos hídricos também pode estar associada à demanda hídrica crescente, decorrente do crescimento populacional e da limitada capacidade adaptativa frente aos riscos climáticos, tratando-se não apenas das condições ambientais, mas também da intensidade das demandas antrópicas. A pesquisa de Gao et al. (2018) evidenciou o crescimento socioeconômico

como um dos principais vetores do aumento do estresse hídrico na China e na Índia até meados do século XXI e as mudanças climáticas como fator que intensifica a pressão sobre os recursos hídricos. Os autores apontam que políticas moderadas de mitigação das emissões de gases de efeito estufa poderiam reduzir substancialmente esses riscos, eliminando eventos extremos e reduzindo em cerca de 30% a população exposta a condições severas de estresse hídrico no sul e no leste da Ásia.

CONCLUSÕES

O presente estudo contribui para o avanço das discussões sobre mudanças climáticas e recursos hídricos ao realizar uma análise integrada da distribuição espacial da ameaça climática nos 1.794 municípios do Nordeste brasileiro, considerando diferentes cenários futuros de emissão de gases de efeito estufa. Os resultados evidenciam condições de alta e muito alta ameaça hídrica na região, revelando padrões espaciais que extrapolam os limites do Semiárido e alcançam áreas litorâneas densamente povoadas. O estudo amplia a compreensão dos potenciais impactos das mudanças climáticas sobre a segurança hídrica regional e sinaliza a importância da implementação de estratégias de adaptação e de redução de riscos e ameaças.

Além disso, permanece o desafio de compreender como essas projeções podem subsidiar estratégias de adaptação e gestão territorial voltadas à redução dos riscos climáticos e ao estresse hídrico em uma das regiões mais vulneráveis do país. Por isso, pesquisas futuras devem ser realizadas para compreender os demais componentes do risco climático (vulnerabilidade, exposição e capacidade adaptativa) e seus impactos nos recursos hídricos no Brasil e no Nordeste. Conclui-se também que esforços devem ser feitos no sentido da redução das emissões de gases, já que se verifica que no cenário pessimista o número de municípios classificados como “Muito Alto” aumenta.

REFERÊNCIAS

ADAPTABRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). **AdaptaBrasil MCTI: Sistema de Informações e Análises sobre Impactos das Mudanças do Clima**. Brasília, DF: MCTI. 2025. Disponível em: https://adaptabrasil.mcti.gov.br/

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Impacto da Mudança Climática nos Recursos Hídricos no Brasil**. - Sumário Executivo - Brasília: ANA, 2024. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/31604c98-5bbe-4dc9-845d-998815607b33/attachments/Mudancas_Climaticas_25012024.pdf

CAVALCANTI, Iracema FA. **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de textos, 2016.

GAO, Xiang; SCHLOSSER, C. Adam; FANT, Charles; STRZEPEK, Kenneth. The impact of climate change policy on the risk of water stress in southern and eastern Asia. *Environmental Research Letters,* [s. l.], v. 13, n. 6, p. 064039, 2018.

LACERDA, et al. Extremos e variabilidade climática no Nordeste brasileiro e em Pernambuco. In: GALVÍNCIO, J. D. Mudanças climáticas e impactos ambientais. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2010.

MIDR. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Estiagem em 2025 amplia necessidade de gestão de riscos no Brasil. Defesa Civil Nacional. [Recurso on-line]. 2025 Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/estiagem-em-2025-amplia-necessidade-de-gestao-de-riscos-no-Brasil

NOBRE, Paulo; MELO, ABC de. Variabilidade climática intrasazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. **Revista Climanálise, ano**, v. 2, 2001.

TIERNO, Ricardo et al. Análise dos Impactos das Mudanças Climáticas na Segurança Hídrica do Estado de São Paulo-Cenário para 2050. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e

Ambiental. **33º Congresso da ABES e na FITABES 2025.** 2025. Disponível em: https://abes-dn.org.br/anaiseletronicos/33cbesa/1111_tema_vi.pdf

UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2019: não deixar ninguém para trás**. Paris: UNESCO, Programa Mundial de Avaliação dos Recursos Hídricos (WWAP), 2019. Disponível em: UNESCO – World Water Development Report 2019

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Laboratório de Estudos da Dinâmica Ambiental (LEDA) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) pela colaboração no referido estudo.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.