

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

IMPACTOS ECONÔMICOS DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA SOBRE A DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO SISTEMA JAGUARIBE-METROPOLITANO (CE): ANÁLISE SOB A PERSPECTIVA DA SEGURANÇA HÍDRICA

*Ana Patricia de Oliveira Lima¹; Iana de Castro Melo²; Robson Roger Rodrigues Costa³;
Isabel Cavalcante do Amaral⁴; Luisa Gardenia Alves Tome Farias⁵; Janaina Lopes Leitinho⁶.*

Abstract: Climate change has become one of the main contemporary challenges, directly affecting the hydrological cycle and, consequently, water availability and management. In the semi-arid region of Ceará, this situation becomes even more critical, where recurring water scarcity compromises supply, agricultural production, and regional socioeconomic stability. This article analyzes the economic impacts of climate variability on water availability in the Jaguaribe–Metropolitan System, based on the perspective of water security. The methodology is qualitative, exploratory, and based on documentary analysis, supported by scientific literature, institutional data, and recent sectoral reports. The results show that the intensification of droughts, rainfall irregularity, and pressure on storage infrastructure have threatened the system's ability to meet multiple demands, directly affecting activities such as fish farming, irrigated agriculture, and the water supply to the Fortaleza Metropolitan Region. Furthermore, the study highlights the urgent need for public policies aimed at adaptive water management, including reuse strategies, intertemporal planning, and the strengthening of water governance. In the face of climatic uncertainties, water security emerges as a key axis to ensure the hydrological, economic, and social resilience of the region.

Resumo: As mudanças climáticas configuram-se como um dos maiores desafios da contemporaneidade, impactando diretamente o ciclo hidrológico e, por conseguinte, a disponibilidade e a gestão dos recursos hídricos. No semiárido cearense, esse cenário assume contornos ainda mais críticos, onde a escassez hídrica recorrente compromete o abastecimento, a produção agropecuária e o equilíbrio socioeconômico de amplas regiões. Este artigo analisa os impactos econômicos da variabilidade climática sobre a disponibilidade hídrica no Sistema Jaguaribe–Metropolitano, com base na perspectiva da segurança hídrica. A metodologia adotada é qualitativa, de caráter exploratório e documental, fundamentada em estudos científicos, dados institucionais e análises setoriais recentes. Os resultados indicam que a intensificação das secas, a irregularidade pluviométrica e a sobrecarga das estruturas de reservação têm comprometido a capacidade do sistema em atender às múltiplas demandas hídricas, afetando significativamente atividades como a piscicultura, a agricultura irrigada e o abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza. O estudo evidencia, ainda, a urgência da formulação e implementação de políticas

¹)Mestranda em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Universidade Federal do Ceará, campus Crateús. liimapatriciaana@gmail.com

²)Mestranda em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Universidade Federal do Ceará, campus Crateús. iana.engamb@gmail.com

³)Mestrando em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Universidade Federal do Ceará, campus Crateús. robsonrogerrodrigues@gmail.com

⁴)Mestranda em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos. Universidade Federal do Ceará, campus Crateús. isacavalcante.amaral@gmail.com

⁵)Doutora em Engenharia Química, Universidade Federal do Ceará, campus Crateús. luisa@crateus.ufc.br

⁶)Doutora em Química, Universidade Federal do Ceará, campus Crateús. janaina@crateus.ufc.br

públicas voltadas à gestão adaptativa dos recursos hídricos, com ênfase em estratégias como o reuso da água, o planejamento intertemporal e o fortalecimento da governança hídrica. Diante das incertezas climáticas, a segurança hídrica se apresenta como um eixo central para garantir a resiliência hídrica, econômica e social da região.

Palavras-Chave – recursos hídricos; segurança hídrica; mudanças climáticas.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas têm-se destacado no debate público e nas decisões que envolvem dimensões ambientais, sociais e políticas. No campo dos recursos hídricos, as alterações no regime das chuvas e nos processos de evaporação, têm afetado de forma direta a disponibilidade de água. No Brasil, os efeitos das mudanças climáticas se evidenciam pelo aumento da frequência e da intensidade de eventos extremos, como secas prolongadas e inundações severas. Tais ocorrências dificultam o planejamento eficaz do uso da água e ameaçam o abastecimento humano, o setor agrícola, a atividade industrial e os ecossistemas.

No Semiárido Brasileiro, os eventos climáticos extremos recorrentes provocam perdas na produção agrícola, aumento da insegurança alimentar e agravam os problemas de saúde pública, especialmente diante da baixa cobertura de saneamento básico (FAO, 2017). Essa realidade se torna ainda mais complexa diante das limitações dos modelos de previsão hidrológica, que muitas vezes não conseguem captar adequadamente as irregularidades espaciais e temporais do clima e tampouco incorporar variáveis antrópicas de forma eficaz (Assefa *et al.*, 2018).

No Ceará, a crise hídrica entre 2012 e 2017 evidenciou a fragilidade do sistema de abastecimento e destacou a urgência de estratégias de segurança hídrica mais robustas e integradas às agendas de desenvolvimento (Cortez *et al.*, 2017). Embora o estado tenha construído uma ampla infraestrutura de reservação de águas, com 244 açudes distribuídos em 12 bacias hidrográficas e capacidade acumulada superior a 18 bilhões de m³, a variabilidade climática compromete sua eficiência operacional (SRH, 2018). Assim, faz-se necessário a adoção de políticas que considerem a adaptação, os riscos sistêmicos e a governança multissetorial, como apontam os debates internacionais relacionados ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 6 (ODS 6) da Agenda 2030 (Guppy *et al.*, 2019; Engelenburg *et al.*, 2019).

O Sistema Jaguaribe-Metropolitano (SJM), que integra o abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) ao Vale do Jaguaribe, destaca-se como o principal arranjo hídrico do Ceará, tanto em capacidade, pela integração dos três maiores reservatórios do estado são eles Castanhão, Orós e Banabuiú, quanto em relevância socioeconômica (SRH, 2018). A conexão entre municípios do interior e a capital se realiza por meio do “Eixão das Águas”, um sistema composto por canais, adutoras e estações de bombeamento com capacidade de transportar até 19 m³/s, potencializado pela transposição das águas do São Francisco (SRH, 2016).

No entanto, embora essencial para a segurança hídrica da região, essa infraestrutura está vulnerável às incertezas climáticas, devido à escala e à complexidade do sistema, que desafiam os modelos convencionais de previsão e operação (Assefa *et al.*, 2018). Portanto, compreender os impactos da variabilidade climática sobre o SJM é fundamental para avaliar os riscos associados à disponibilidade hídrica e seus desdobramentos econômicos, sociais e ambientais.

Neste sentido, o presente artigo teve como objetivo analisar a relação entre a variabilidade climática, a disponibilidade hídrica no SJM e os impactos econômicos associados à sua dinâmica operacional.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Mudanças climáticas e o ciclo hidrológico

As mudanças climáticas são uma das principais pressões antropogênicas sobre o ciclo hidrológico, modificando padrões de precipitação, temperatura e disponibilidade de água em escalas espaciais e temporais distintas. O aumento da temperatura média global intensifica a evapotranspiração, altera a dinâmica das chuvas e amplifica a ocorrência de eventos extremos, como secas prolongadas e inundações. A ocorrência desses eventos são críticos para a gestão hídrica em regiões semiáridas, como o Nordeste brasileiro, onde a variabilidade climática já impõe desafios (ANA, 2024).

Em áreas como a Bacia do Jaguaribe, as projeções climáticas indicam uma tendência de redução da precipitação média, associada ao aumento da irregularidade temporal das chuvas (Silva *et al.*, 2020). De modo que, sistemas dependentes de captação superficial, como o SJM, enfrentam riscos de escassez, com impactos diretos na segurança hídrica regional (Silva *et al.*, 2017).

Estudos sobre o clima no semiárido nordestino têm destacado a influência de fenômenos climáticos de grande escala na modulação do regime de chuvas da região. Entre os principais, estão o El Niño–Oscilação Sul (ENOS), a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e a Oscilação Multidecadal do Atlântico (OMA). A atuação combinada dessas variabilidades oceânicas e atmosféricas afeta o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principal sistema responsável pelas chuvas no Nordeste, podendo intensificar secas ou alterar a regularidade da estação chuvosa. Segundo Silva (2024), esses fenômenos são determinantes para compreender os padrões de precipitação e os eventos de seca prolongada na Bacia do Jaguaribe, e devem ser considerados no planejamento da gestão hídrica frente às mudanças climáticas.

2.2 Segurança hídrica e o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6

A segurança hídrica tem se consolidado como um conceito central na governança ambiental global, principalmente no cenário de mudanças climáticas, crescimento populacional e aumento da demanda por água. Ela se relaciona com a garantia de acesso à água suficiente, segura, acessível e confiável para todos os usos, como abastecimento humano, atividades produtivas e preservação dos ecossistemas, sem comprometer a sustentabilidade dos recursos hídricos (Ramos; Rosa, 2023).

Segundo Dias *et al.* (2022), a segurança hídrica está relacionada ao equilíbrio entre a oferta e a demanda de água, sendo fortemente influenciada pela variabilidade climática e pela forma como os recursos hídricos são geridos. Logo, no semiárido brasileiro, eventos extremos de seca acentuam os desafios da segurança hídrica e por isso exige uma gestão hídrica mais eficiente e estruturada.

Essa perspectiva está igualmente alinhada ao ODS 6 da Agenda 2030 da ONU, que visa “assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todos”, incorporando metas relacionadas à universalização do acesso, eficiência no uso da água, proteção de ecossistemas aquáticos e gestão integrada dos recursos hídricos (ONU, 2022).

Para Ramos e Rosa (2023), a segurança hídrica deve ser analisada a partir da articulação entre as dimensões: ambiental, que prioriza a proteção dos mananciais e a redução do impacto da exploração hídrica; econômica, que envolve o uso eficiente dos recursos e a gestão racional da

oferta e da demanda; e social, que diz respeito ao direito humano à água, à equidade no acesso e à redução das vulnerabilidades sociais.

Nesse sentido, o uso sustentável da água está diretamente vinculado à segurança hídrica, pois a efetivação do ODS 6 fortalece a segurança hídrica nos âmbitos local, nacional e global, exigindo planejamento de longo prazo, investimentos em infraestrutura hídrica resiliente e políticas públicas que promovam a equidade e a eficiência no uso da água.

2.3 Impactos econômicos da escassez hídrica

A escassez hídrica gera consequências amplas para a economia e a sociedade. De acordo com a ANA (2023), eventos de estiagem afetam cerca de 43 milhões de pessoas no País, sendo 90% delas residentes no Nordeste. Isso compromete o abastecimento urbano e rural, bem como provoca custos elevados à economia tradicional como agricultura, pecuária, indústria e geração de energia.

No contexto do semiárido cearense, onde o regime pluviométrico é historicamente irregular, a economia de diversos municípios é fortemente dependente da regularidade das águas superficiais, especialmente aquelas armazenadas em grandes reservatórios interligados por sistemas como o Jaguaribe-Metropolitano. Um exemplo ilustrativo é o caso da piscicultura familiar em tanques-rede no Açude Castanhão, em Jaguaribara, onde o prolongado período de estiagem causou uma retração de 94% no número de piscicultores entre os anos de 2012 e 2020, resultando no colapso de uma importante atividade de geração de renda local (Takahashi *et al.*, 2023).

Em regiões hidrográficas do Norte, Nordeste, Centro-Oeste e parte do Sudeste, até 2040 a disponibilidade hídrica poderá sofrer uma redução de até 40% (ANA, 2024). Esse cenário tende a ampliar trechos de rios intermitentes, especialmente no Nordeste, impactando diretamente setores estratégicos como a geração hidrelétrica, a agricultura e o abastecimento urbano.

3. METODOLOGIA

Este artigo é de natureza qualitativa, com abordagem exploratória e caráter documental a respeito dos impactos econômicos das mudanças climáticas sobre a disponibilidade hídrica do SJM. A investigação foi conduzida com base na análise de documentos técnicos, relatórios institucionais e estudos científicos publicados entre os anos de 2013 e 2025. As fontes consultadas incluíram publicações da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), além de artigos acadêmicos indexados em periódicos científicos nacionais. O critério de seleção priorizou materiais com escopo temático voltado ao semiárido nordestino, com ênfase no estado do Ceará e, particularmente, no Sistema Jaguaribe-Metropolitano.

A análise concentrou-se em conteúdos que abordam a relação entre mudanças nos padrões climáticos, impactos sobre a disponibilidade de água em reservatórios estratégicos e os efeitos sobre atividades econômicas e sociais nos territórios atendidos por esse sistema. O estudo baseou-se exclusivamente em fontes secundárias com reconhecida credibilidade institucional e científica.

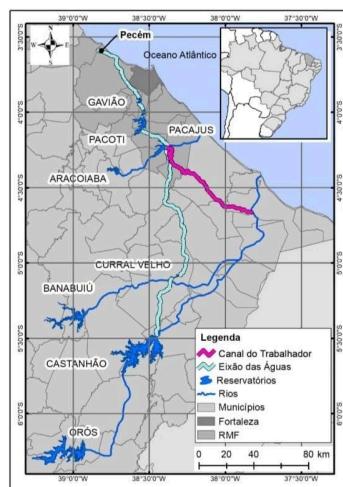
A estratégia metodológica adotada buscou interpretar, de forma crítica, como a escassez hídrica induzida pela variabilidade climática tem sido discutida na literatura recente e quais os riscos que ela representa para o abastecimento humano, a estabilidade econômica e o desenvolvimento regional. A segurança hídrica foi empregada como eixo estruturante da análise, por integrar as dimensões ambiental, econômica e social da gestão dos recursos hídricos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização do sistema Jaguaribe-metropolitano

O Sistema Jaguaribe-Metropolitano (SJM) (figura 1) constitui uma das principais infraestruturas hídricas do estado do Ceará, com uma rede integrada de reservatórios, canais e estruturas de transferência que interconectam cinco sub-bacias hidrográficas: Alto, Médio e Baixo Jaguaribe, Banabuiú e Salgado. Sua área de abrangência alcança cerca de 82 municípios, totalizando aproximadamente 72.000 km² (Silva, 2024). Sendo fundamental para mitigar os efeitos da elevada variabilidade climática do semiárido, garantindo o abastecimento urbano, o suporte à irrigação e a resposta emergencial a eventos de seca severa.

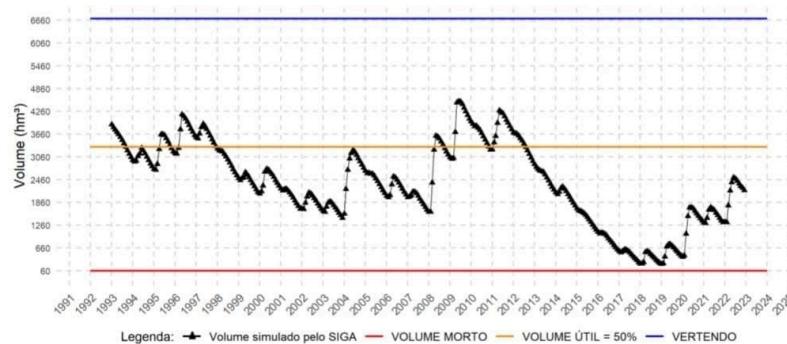
Figura 1 – Sistema Jaguaribe-Metropolitano.



Fonte: Cid (2023).

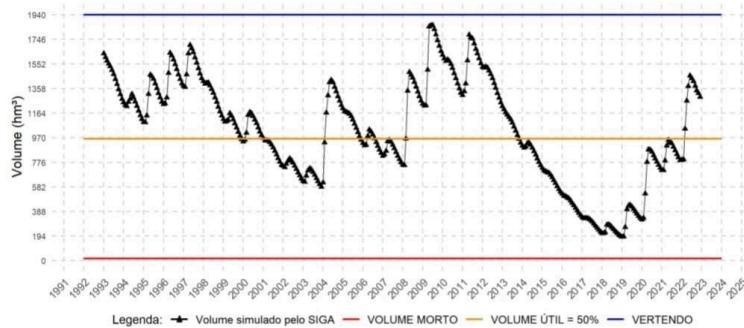
A base física do SJM compreende três reservatórios principais: o Açude Castanhão, com capacidade de 6.700 hm³; o Açude Orós, com 1.940 hm³; e o Açude Banabuiú, com 1.601 hm³, totalizando 10.241 hm³, o que corresponde a cerca de 55% da capacidade de armazenamento do estado, sendo representado, nas figuras 2, 3 e 4, as séries históricas de volumes hídricos simulados desses reservatórios a partir do dados do Sistema de Informação para Gerenciamento da Alocação de Água. Esses reservatórios permitem a perenização controlada dos rios, mantendo fluxo contínuo em trechos antes intermitentes (Castanhão: 150 km; Orós: 109 km; Banabuiú: 136 km), proporcionando o abastecimento durante as estiagens e contribuindo para a segurança hídrica (Silva *et al.*, 2019).

Figura 2 – Série histórica volume hídrico simulado reservatório Castanhão.



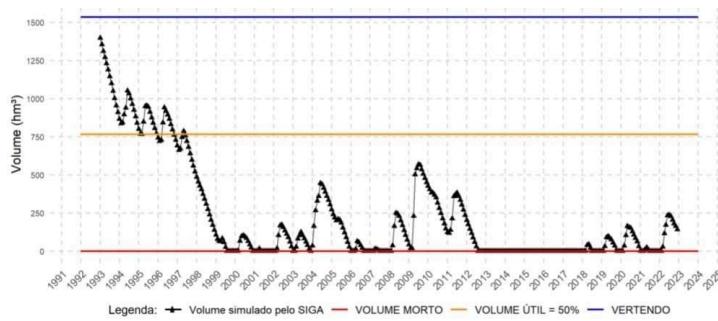
Fonte: Silva (2024).

Figura 3 – Série histórica volume hídrico simulado reservatório Orós.



Fonte: Silva (2024).

Figura 4 – Série histórica volume hídrico simulado reservatório Banabuiú.



Fonte: Silva (2024).

A Região Metropolitana de Fortaleza é abastecida majoritariamente pelo SJM, por meio dos sistemas Eixão das Águas e Canal do Trabalhador, que transportam parte dos 871 hm³ de volume útil integrado. Esses sistemas garantem o fornecimento de água para aproximadamente 2,7 milhões de habitantes e pólos industriais estratégicos, como o Complexo do Pecém (Silva, 2017).

A gestão operacional do sistema é desempenhada pela COGERH, órgão vinculado à Secretaria de Recursos Hídricos (SRH-CE), em articulação com Comitês de Bacias das sub-regiões envolvidas. Segundo Cid (2017), o funcionamento do SJM envolve a aplicação de regras de operação intertemporal que consideram riscos de colapso, níveis de seca e demandas de múltiplos usuários. Esse arcabouço operacional é sustentado por modelos de simulação que equilibram vazões de segurança, abastecimento urbano e a continuidade ecológica dos rios.

O arranjo institucional e técnico do SJM evidencia elementos da segurança hídrica: grande capacidade de armazenamento, capacidade de operação ajustável a diferentes cenários e governança participativa. Apesar de sua robustez, o sistema permanece vulnerável à intensificação das secas e à redução na regularidade do regime pluviométrico, conforme apontado por Silva (2024).

4.2 Evidências da variabilidade climática na região

A região em que se insere o SJM possui clima semiárido caracterizado por longos períodos de estiagem. Contudo, nas últimas décadas, esses eventos têm se intensificado, o que tem resultado em

alterações consideráveis no regime hidrológico, tanto em termos de volume quanto de distribuição das chuvas. A ocorrência de eventos de *El Niño* de longa duração, associada a anomalias de temperatura do Atlântico Tropical Norte, tem causado redução expressiva nas chuvas no estado do Ceará, acentuando a severidade das secas (Pinheiro *et al.*, 2018),

Entre 2012 e 2018, ocorreu um dos períodos mais críticos de seca no Ceará, especialmente nas bacias do Banabuiú, Orós e Castanhão, devido a combinação de fenômenos climáticos de grande escala, altas temperaturas e curta duração da estação chuvosa, e a imprevisibilidade desses fenômenos para os modelos de previsão hidrológica, a recarga dos reservatórios foi comprometida e o planejamento de alocação de água foi dificultado (Rocha *et al.*, 2019).

De acordo Rocha et al. (2019), os fenômenos ENOS, ODP e OMA, apontados como os principais responsáveis pelo déficit de precipitação e por dificultar o processo de recarga dos principais reservatórios do sistema, que por sua vez, é agravado ainda mais pelas elevadas taxas de evaporação e pela curta duração da estação chuvosa, tornando os volumes captados insuficientes para atender de forma estável às demandas múltiplas. Além disso, quando ODP e OMA ocorrem em fases positivas, a precipitação tende a ficar abaixo da média esperada, o que reduz a eficácia dos modelos preditivos utilizados para a gestão dos sistemas hídricos cearenses.

Dados da ANA (2023) revelaram que os principais reservatórios do SJM têm operado com volumes reduzidos mesmo em anos com precipitação acima da média. As elevadas taxas de evaporação, associadas à má distribuição temporal das chuvas, resultam em recargas limitadas e comprometem a manutenção de vazões perenes em trechos regulados dos rios. Além disso, estudos como o de Meira Neto *et al.* (2024) demonstram que o Castanhão operou com volumes inferiores a 10% de sua capacidade útil em diversos momentos entre 2012 e 2018, o que exigiu medidas emergenciais, como o racionamento de água na RMF e a ativação antecipada das adutoras e do projeto de transposição do São Francisco.

Além disso, análises sobre tendências de temperatura e precipitação no semiárido, como as realizadas por Nascimento *et al.* (2023), indicam que a elevação das temperaturas médias e a irregularidade das chuvas devem se intensificar nas próximas décadas. Esse cenário projeta uma maior pressão sobre o sistema hídrico, não apenas no volume armazenado, mas também na qualidade da água e na previsibilidade do atendimento das demandas múltiplas.

Dessa forma, as evidências reunidas demonstram que a intensificação dos eventos extremos, somada à atuação de variabilidades climáticas de grande escala, tem desafiado a capacidade do sistema em garantir segurança hídrica. Esse cenário reforça a necessidade de novas estratégias de monitoramento climático, gestão integrada e adaptação contínua.

4.3 Riscos para a segurança hídrica e impactos econômicos

A intensificação da variabilidade climática no Ceará aponta riscos concretos à segurança hídrica do SJM, considerado o mais estratégico para o abastecimento humano e a economia da região. A redução progressiva do volume útil dos principais reservatórios, aliada a longos períodos de seca e ao aumento das temperaturas médias, compromete a confiabilidade do sistema em atender às múltiplas demandas de abastecimento urbano, irrigação, indústria e piscicultura (Silva, 2024).

O durante os anos de seca severa de 2012 a 2018, o açude Castanhão operou em níveis críticos comprometendo drasticamente a piscicultura em tanques-rede. Estudo de Takahashi *et al.* (2020) demonstra que a produção aquícola em Jaguaribara foi reduzida em 94% no período, com impactos severos na segurança alimentar e na economia local. A prolongada estiagem resultou em

sucessivas reduções no volume armazenado, atingindo níveis críticos de 2,4% da capacidade total em 2018, o que reduziu a disponibilidade de oxigênio na água e provocou elevadas taxas de mortandade de peixes, resultando no colapso da atividade de piscicultura em tanques-rede. Com isso, as perdas atingiram fortemente a economia do entorno do reservatório, que tem a piscicultura como geração de emprego e fonte de renda da população.

Assim, os efeitos observados no Castanhão em um cenário de eventos hidrológicos críticos, agravado pela eutrofização de reservatórios e pela falta de estratégias adaptativas, expõem a vulnerabilidade dos setores produtivos dependentes de regimes hídricos estáveis, o que demonstra a urgência da implementação de políticas públicas integradas que articulem gestão hídrica, planejamento territorial e adaptação climática para garantir a resiliência dos sistemas produtivos e das comunidades dependentes da água.

E, embora estas atividades econômicas, citadas por Takahashi et al. (2020), sejam consideradas de pequena escala em nível estadual, elas são fundamentais para a economia familiar e para a segurança alimentar nas comunidades do entorno dos reservatórios. Demonstrando que as infraestruturas físicas sem estratégias resilientes de adaptação e gestão integrada, tornam-se insuficientes para a manutenção de cadeias produtivas.

Dessa forma, os impactos econômicos observados na região do Jaguaribe devem ser analisados sob a ótica da segurança hídrica e da adaptação climática. A redução da disponibilidade e qualidade da água compromete a sustentabilidade da piscicultura, bem como toda a cadeia econômica local, revelando a vulnerabilidade estrutural de atividades produtivas que dependem de regimes hídricos estáveis. Garantir o abastecimento regular e a sustentabilidade das atividades produtivas passa necessariamente pela implementação de políticas públicas integradas, que articulem gestão da água, ordenamento territorial e inovação tecnológica para promover a resiliência regional frente às mudanças do clima.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da variabilidade climática e seus impactos sobre o Sistema Jaguaribe–Metropolitano evidencia os múltiplos desafios enfrentados pela gestão hídrica no semiárido cearense. A recorrência de secas prolongadas, associada à crescente irregularidade no regime de chuvas e à intensificação dos processos de evaporação, tem comprometido de forma significativa a disponibilidade hídrica nos principais reservatórios do sistema, afetando atividades produtivas estratégicas e a segurança no abastecimento urbano, sobretudo da Região Metropolitana de Fortaleza. Esse cenário afeta diretamente atividades econômicas como a piscicultura, a agricultura irrigada e o setor industrial, demonstrando que os impactos das mudanças no regime climático vão além do campo ambiental e atingem com força o tecido socioeconômico regional.

Os dados analisados demonstram que, mesmo com a existência de uma robusta infraestrutura de reservação e transferência hídrica, o sistema permanece vulnerável aos efeitos das mudanças climáticas. O declínio acentuado nos volumes armazenados no Açude Castanhão, entre 2012 e 2018, comprometeu a operação de setores como a piscicultura e exigiu medidas emergenciais de racionamento e transferência hídrica. Tais episódios reforçam a urgência de revisar as estratégias de operação do sistema e de ampliar a adoção de mecanismos de adaptação e resiliência frente à incerteza climática.

Diante desse cenário, torna-se imprescindível incorporar os princípios da segurança hídrica às políticas públicas e à gestão de bacias hidrográficas, com foco em soluções baseadas em ciência,

inovação tecnológica, governança intersetorial e participação social. O reuso de água, a diversificação das fontes, o fortalecimento das redes de monitoramento e a integração entre instrumentos de planejamento hídrico e climático devem compor o repertório de ações para garantir o abastecimento, preservar os ecossistemas aquáticos e sustentar o desenvolvimento regional.

Por fim, os resultados aqui apresentados apontam para a necessidade de aprofundamento das análises sobre a resiliência dos sistemas hídricos do semiárido e seus reflexos econômicos, especialmente diante do avanço dos eventos climáticos extremos. Investir em conhecimento, governança e inovação será determinante para construir uma agenda sustentável e inclusiva de gestão dos recursos hídricos no Ceará e em todo o Nordeste brasileiro.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), através do Convênio CAPES/UNESP Nº. 951420/2023. Agradeço ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (2023). Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: informe 2023. Brasília: ANA.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (2024). Impacto da Mudança Climática nos Recursos Hídricos no Brasil. Brasília : ANA.
- ASSEFA, Y. T.; BABEL, M. S.; SUŠNIK, J.; SHINDE, V. R. (2018). “*Development of a Generic Domestic Water Security Index, and Its Application in Addis Ababa, Ethiopia*”. Water 11(1), pp. 37.
- CID, D. A. C. (2017). Alocação intertemporal e múltiplos usuários: estudo de caso sistema Jaguaribe – metropolitano. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 130 p.
- CID. D. A. C. (2023). Modelagem colaborativa e jogo sério para a tomada de decisão de alocação de águas em reservatórios durante secas. Tese (Doutorado em Engenharia Civil - Recursos Hídricos) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 129 p.
- CORTEZ, H. S.; LIMA, G. P.; SAKAMOTO, M. S. (2017). “*A seca 2010–2016 e as medidas do Estado do Ceará para mitigar seus efeitos*”. Revista Parcerias Estratégicas 22, pp. 83–118.
- DIAS, E. M. S.; PESSOA, Z. S.; TEIXEIRA, R. L. P. (2022). “*Governança adaptativa e segurança hídrica em contexto de mudanças climáticas no semiárido*”. Mercator 22, e21025.
- ENGELENBURG, J. VAN; SLOBBE, E. VAN; HELLEGERS, P. (2019). “*Towards sustainable drinking water abstraction: an integrated sustainability assessment framework to support local adaptation planning.*” Journal of Integrative Environmental Sciences 16 (1), pp. 89–122.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. (2017). Monitoring food security in countries with conflict situations A joint FAO / WFP
- GUPPY, L.; MEHTA, P.; QADIR, M. (2019). “*Sustainable development goal 6: two gaps in the race for indicators*”. Sustainability Science, Tokio 14 (2), pp. 501–513.

PINHEIRO, E.; VASCONCELOS, F.D.C.; MARTINS, E.S.P.R.; PASSOS, D.F.; PEREIRA, J.M.R. (2018). “Relação Entre Duração dos Eventos de El Niño com as Condições do Atlântico Tropical ea Precipitação no Ceará”. Revista Brasileira de Meteorologia 33(3), pp. 497-508.

NASCIMENTO, R.S.; BORGES, V.P.; MELO, D.C.D. (2023) “Implications of climate change on water availability in a seasonally dry tropical forest in the Northeast of Brazil” Revista Ceres 70 (3), pp. 1-13.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (2022). “Evento: Dia Mundial da Água 2022”. Disponível em: <https://sdgs.un.org/partnerships/evento-dia-mundial-da-agua-2022>. Acesso em: 08 jun. 2025.

RAMOS, A.L.S.; ROSA, A.M. (2023). “Uso sustentável da água: uma definição a partir dos conceitos de segurança hídrica, de eficiência e de sustentabilidade” in Anais do V Congreso Nacional del Agua. Alicante, 2023. s.i., pp. 805–813.

ROCHA, R. V.; SOUZA FILHO, F.A.; SILVA, S.M.O (2019). “Análise da Relação entre a Precipitação Média do Reservatório Orós, Brasil - Ceará, e os índices PDO e AMO Através da Análise de Changepoints e Transformada de Ondeletas”. Revista Brasileira De Meteorologia, 34(1), pp. 139–149.

SILVA, G.K. (2024). “Análise da variabilidade climática, demandas hídricas e mudanças climáticas: o Hidrossistema Jaguaribe-Metropolitano, Ceará, Brasil”. Tese (Doutorado em Engenharia Civil: Recursos Hídricos) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 225 p.

SILVA, G.K.; MARCOS JÚNIOR, A.D.; LIMA, C.E.S.; SILVA, M.V.M.; SILVEIRA, C.S. (2020). “Análise de projeções das mudanças climáticas sobre o regime de precipitação nas bacias do sistema Jaguaribe, Ceará, Brasil” in Anais do XV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Fortaleza, 2020. pp. 1–12.

SILVA, S.M.O.; SOUZA FILHO, F.A.; AQUINO, S.H.S. (2017). “Avaliação do risco da alocação de água em período de escassez hídrica: o caso do Sistema Jaguaribe–Metropolitano”. Engenharia Sanitária e Ambiental 22(4), pp. 749–760.

SILVA, S.M.O.; SOUZA FILHO, F.A.; CID, D.A.C.; AQUINO, S.H.S.; XAVIER, L.C.P. (2019). “Proposta de gestão integrada das águas urbanas como estratégia de promoção da segurança hídrica: o caso de Fortaleza” Engenharia Sanitária e Ambiental 24 (2), pp. 239–250.

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS. (2016). Plano de Segurança Hídrica da Região Metropolitana de Fortaleza.

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS. (2018). Secretaria dos Recursos Hídricos. Plano de Ações Estratégicas de Recursos Hídricos do Ceará.

TAKAHASHI, L.D.S.; SILVEIRA, C.S.; VASCONCELOS JÚNIOR, F.C.V. (2020). “Escassez de Água e Seus Impactos Socioeconômicos na Piscicultura Familiar em Tanques redes no Açude Castanhão no Município de Jaguaribara no Ceará.” Revista Brasileira de Geografia Física 13 (5), pp. 2476–2490.