ANÁLISE DA INTENSIDADE HIDROCLIMÁTICA E OS IMPACTOS NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA NA BACIA DO RIO BANABUIÚ

Luis César Pimentel da Silva[1]; Francisco das Chagas Vasconcelos Júnior[2]; Cleiton da Silva Silveira[3]; Antônia Amanda Alves da Silva [4] & Pedro Hugo Pereira da Silva[5]

RESUMO – Este estudo analisa os impactos da intensidade hidroclimática sobre a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do rio Banabuiú, focando nas bacias incrementais de seus cinco principais reservatórios. A metodologia consistiu na análise das tendências históricas (1974–2024) do Índice de Intensidade Hidroclimática (HY-INT). O processamento estatístico envolveu o teste de Mann-Kendall para tendências e o coeficiente de Pearson para correlacionar os índices com os aportes dos reservatórios. Os resultados revelaram um aumento significativo na Duração de Períodos Secos (DSL) nas bacias dos reservatórios Pedras Brancas, Fogareiro e Patu, enquanto a Intensidade da Precipitação (INT) e a Intensidade Hidroclimática (HY-INT), mostram tendência decrescente com significância nas bacias do Banabuiú e Serafim Dias. O INT tem uma correlação positiva e significativa com o aporte na maioria dos reservatórios. Os resultados indicam que a intensificação hidroclimática exige atenção, fornecendo subsídios para otimizar a gestão dos recursos hídricos e formular estratégias de adaptação.

ABSTRACT– This study analyzes the impacts of hydroclimatic intensity on water availability in the Banabuiú River basin, focusing on the incremental basins of its five main reservoirs. The methodology consisted of analyzing historical trends (1974–2024) of the Hydroclimatic Intensity Index (HY-INT). Statistical processing involved the Mann-Kendall test for trends and Pearson's coefficient to correlate the indices with reservoir inflows. The results revealed a significant increase in the Duration of Dry Periods (DSL) in the basins of the Pedras Brancas, Fogareiro, and Patu reservoirs, while Precipitation Intensity (INT) and Hydroclimatic Intensity (HY-INT) show a decreasing trend with significance in the Banabuiú and Serafim Dias basins. The INT has a positive and significant correlation with inflow in most reservoirs. The results indicate that hydroclimatic intensification requires attention, providing insights for optimizing water resource management and formulating adaptation strategies.

Palavras-Chave – Intensidade hidroclimática; Disponibilidade hídrica; Bacia do Banabuiú.

[1] Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – Cogerh, Rua Dona Francisca Santiago, 44, Centro, Quixeramobim-CE, 63.800-000 (85) 3195-0820, luis.pimentel@cogerh.com.br; Mestrando em Climatologia pelo Centro de Ciência e Tecnologia (CCT) da Universidade Estadual do Ceará – (UECE), Av. Dr. Silas Munguba, 1700 - Campus do Itaperi, Fortaleza - CE, 60.714-903 (85) 3101-9600.
[2] Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - Funceme, Av. Rui Barbosa, 1246, Aldeota, Fortaleza - CE, 60.115-221, (85) 3101-1088, francisco.vasconcelos@funceme.br.
[3] Universidade Federal do Ceará – UFC, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA), Av. Mister Hull, bloco 713 – Campus do Pici, (85) 3366-9776, cleitonsilveira@deha.ufc.br.
[4] Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira – UNILAB, Mestranda em Energia e Ambiente (Recursos Hídricos) pelo Programa de Pós - Graduação em Energia e Ambiente, Rua José Franco, s/n - Campus Auroras, Redenção-CE, 62.790-970, (88) 2222-0986, eng.amandaalves@gmail.com.
[5] Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos – Cogerh, Rua Dona Francisca Santiago, 44, Centro, Quixeramobim-CE, 63.800-000 (85) 3195-0820, pedro.silva@cogerh.com.br; Doutorando em Engenharia Civil (Recursos Hídricos) pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (DEHA) da Universidade Federal do Ceará (UFC), Av. Mister Hull, bloco 713 – Campus do Pici, (85) 33669776.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas representam um dos maiores desafios do século XXI, manifestando-se, principalmente, em alterações nos padrões de temperatura e precipitação em escala global e regional (ANA, 2016). A compreensão dessas alterações é crucial para a gestão dos recursos hídricos e para a adaptação de sistemas naturais e humanos. O ciclo hidrológico, em particular, é altamente sensível a essas mudanças, com projeções indicando uma aceleração que pode levar ao aumento da intensidade de extremos úmidos e secos (GIORGI et al., 2011).

No contexto das mudanças climáticas, os impactos sobre o ciclo hidrológico se manifestam de forma complexa, não se restringindo apenas às alterações da precipitação média, mas também na sua intensidade e na frequência e duração de períodos secos (TUCCI; BRAGA, 2003; IPCC, 2023).

Segundo Giorgi et al. (2011), o aquecimento global antropogênico está intrinsecamente ligado a uma mudança na estrutura das chuvas, caracterizada por um ciclo hidrológico mais intenso e acelerado. Os autores introduzem o índice de intensidade hidroclimática (HY-INT), que demonstra de forma robusta que o aumento das temperaturas globais não apenas altera a intensidade das precipitações, mas também prolonga a duração dos períodos secos.

Pesquisas como a de Marrafon e Reboita (2020) utilizando o HY-INT comparado a outros índices revelaram tendências preocupantes, como a redução do volume sazonal de precipitação e o aumento da sequência de dias secos em grandes áreas na porção oeste da América do Sul. Esses achados apontam para a necessidade de investigações mais detalhadas em escala local, usando métricas que possam capturar a dinâmica específica de cada região.

Estudos em escala regional são cruciais para compreender como as mudanças climáticas se manifestam localmente. Kouyaté et al. (2025) realizaram uma análise detalhada da intensidade hidroclimática na Bacia do Rio Bani, na região da África Ocidental, entre 1991 e 2020, utilizando índices de extremos climáticos aplicados a estimativas de precipitação por satélite e dados de vazão observados, integrados ao teste estatístico não paramétrico de Mann-Kendall para detecção de tendências, revelando uma intensificação divergente do ciclo hidrológico. Os resultados indicaram que, apesar da redução na frequência de eventos de chuva, a intensidade da precipitação e os picos de descarga do rio aumentaram significativamente.

O Estado do Ceará, principalmente a região do Sertão Central, é marcado por sua elevada vulnerabilidade a eventos climáticos extremos, como secas prolongadas e chuvas intensas. Inserida nesse contexto, a bacia hidrográfica do Banabuiú torna-se historicamente vulnerável à escassez hídrica, uma realidade agravada por padrões de precipitação altamente variáveis e elevadas taxas de evaporação (CEARÁ, 2009; COGERH, 2011). A gestão de recursos hídricos na região, portanto,

exige uma compreensão que vá além da simples análise de volumes totais. Há uma necessidade crítica de estudos em escala regional que se concentrem na dinâmica e padrão do ciclo hidrológico.

Desse modo, a análise e avaliação da intensidade hidroclimática é essencial para a compreensão dos impactos na disponibilidade hídrica dessa região. Diante disso, este estudo desenvolve uma análise estatística (*Teste de Mann-Kendall*) da intensidade hidroclimática, através do índice HY-INT (*Hydroclimatic Intensity*) calculado a partir de séries observadas de precipitação (1974 a 2024), correlacionando (*Coeficiente de Person*) com os aportes registrados nas bacias incrementais dos cinco principais reservatórios da região hidrográfica do rio Banabuiú, para identificar os impactos da intensidade hidroclimática sobre a disponibilidade hídrica desses mananciais, com o objetivo de fornecer subsídios técnicos aos tomadores de decisão no planejamento e a gestão dos recursos hídricos, auxiliando na formulação de estratégias de mitigação e adaptação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo compreende as bacias incrementais dos cinco principais reservatórios monitorados pela COGERH na região hidrográfica rio do Banabuiú, localizada no Sertão Central do Estado do Ceará, a saber: Banabuiú (1.534,00 hm³), Pedras Brancas (456,00 hm³), Fogareiro (118,00 hm³), Patu (65,10 hm³) e Serafim Dias (40,94 hm³), como mostra a Figura 1.

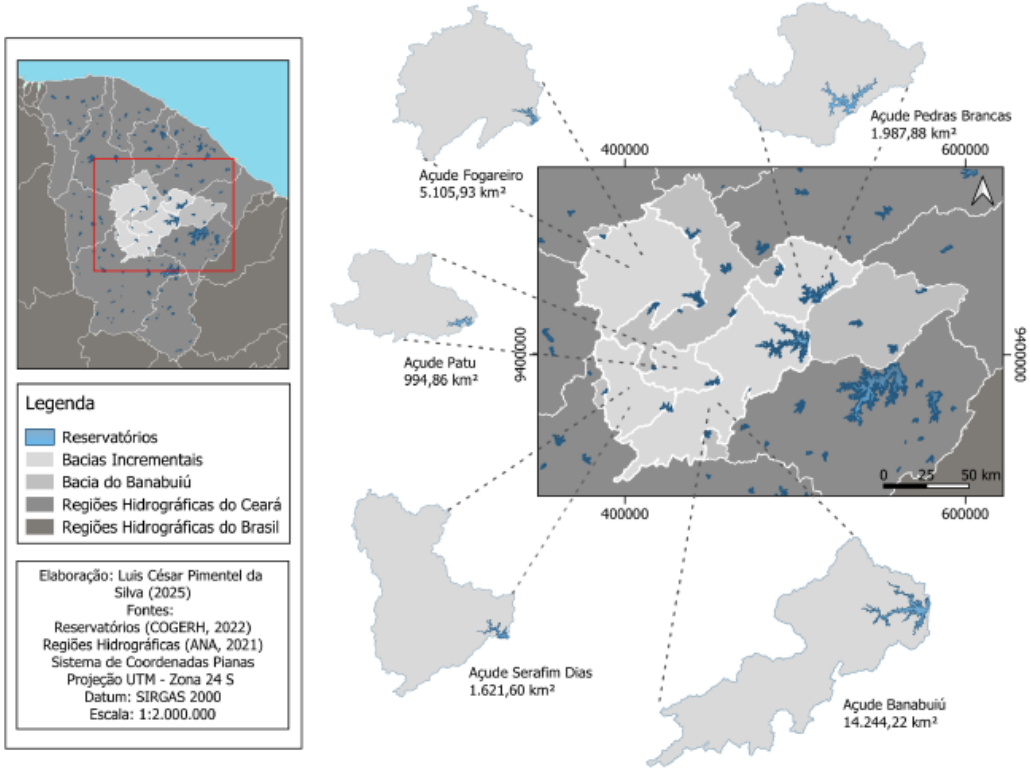


Figura 1 – Mapa das bacias incrementais dos principais reservatórios da região hidrográfica do rio Banabuiú.

2.2 Procedimentos adotados

2.2.1 Dados da precipitação diária

Os dados da precipitação diária observada para o período de 1974 a 2024 foram obtidos com a FUNCEME, através de séries históricas de 38 postos pluviométricos da Rede Estadual de Monitoramento, localizados dentro das áreas das bacias incrementais dos reservatórios em estudo.

Para calcular a precipitação diária observada nas bacias incrementais de cada reservatório objeto desse estudo, foi aplicado o método de Polígonos de Thiessen, através das Equações 1 e 2:

$$Wi = \frac{Ai}{A} \quad (1)$$

$$Pm = \frac{\sum AiPi}{A} \quad (2)$$

Onde *Wi* corresponde à área de influência de cada estação *Ai* em relação à área total da bacia hidrográfica *A*. Para criar os Polígonos de Thiessen, foi utilizado o software QGIS, versão 3.40.6.

Tendo como base os valores encontrados, foi aplicada a Equação 2, que representa a precipitação média de uma determinada área através do Método de Thiessen. Onde: *Pm* é a precipitação média na bacia (mm); *Pi* é a precipitação na estação (mm); *Ai* é a área de influência da estação; *A* é a área total da bacia.

2.2.2 Dados da série histórica de aporte dos reservatórios

A série histórica dos aportes diários dos reservatórios em estudo foram obtidos com a COGERH. Os aportes foram calculados com base na equação da continuidade que aplicada a um reservatório representa a variação da massa em relação ao tempo como uma diferença entre as saídas e entradas de massa no reservatório (Equação 3):

$$V_{af} = V_{fin} - (V_{ini} + V_{evap} + V_{cons} + V_{lib} + V_{vert} + V_{tr}) \quad (3)$$

Onde: V_{af} é volume de afluência; V_{fin} é o volume final no período analisado; V_{ini} é o volume inicial no período analisado; V_{evap} é o volume evaporado com base na estação evaporimétrica mais próxima do reservatório; V_{cons} é o volume de consumo da bacia hidráulica, ou consumo de montante; V_{lib} é o volume liberado para a perenização através da tomada d'água; V_{vert} é o volume extravasado pelo vertedouro; V_{tr} é o balanço de transferência de/para outras estruturas hídricas.

2.2.3 Cálculo da intensidade hidroclimática HY-INT (*Hydroclimatic Intensity*)

O índice de Intensidade Hidroclimática (Hydroclimatic Intensity - HY-INT, (Giorgi et al., 2011) é composto por duas métricas, a saber: a intensidade da precipitação e a da duração dos períodos

secos: HY-INT = INT × DSL, onde INT representa a intensidade da precipitação (total da precipitação acumulado num dado período dividido pelo número de dias com chuva) e DSL é a média da duração (em dias) dos períodos secos, sedo o valor do HY-INT um número positivo e adimensional. Para obtenção desse índice foram desenvolvidas as seguintes etapas:

a) **Definição do período de estudo**: na pesquisa em tela o período de análise foi de 1974 a 2024;
b) **Definição da escala**: na presente pesquisa a escala adotada foi semestral (janeiro a junho);
c) **Cálculo da intensidade INT_i**: soma-se o acumulado de chuva (janeiro a junho de cada ano) e divide-se esse valor pelo número de dias com chuva (igual ou superior a 1 mm), nessa etapa calcula-se a média climatológica $\overline{INT}$ de todo o período e utiliza-se esse valor para normalizar a intensidade de cada ano, dividindo o valor anual pela média climatológica;
d) **Cálculo da duração média dos períodos secos DSL_i**: identificam-se as sequências de dias secos consecutivos (chuva inferior a 1 mm) no período analisado, na referida pesquisa (janeiro a junho de cada ano) somam-se as durações de cada sequência e divide-se o total pelo número de períodos secos identificados em seguida calcula-se a média climatológica de todas as durações médias anuais $\overline{DSL}$ e normaliza-se o valor de cada ano dividindo-o por essa média.
e) **Obtenção anual do $HY - INT_i$**: O índice de intensidade hidroclimática para um determinado ano é obtido através da multiplicação dos componentes de intensidade da precipitação e duração de períodos secos (Equação 4):

$$HY - INT_i = \frac{INT_i}{\overline{INT}} \frac{DSL_i}{\overline{DSL}} \qquad (4)$$

2.2.4 Análise das tendências históricas da intensidade hidroclimática (*Teste de Mann-Kendall)*

A análise de tendência dos índices foi realizada por meio do teste de Mann-Kendall, um método não paramétrico amplamente utilizado em séries temporais. Sua principal vantagem é a capacidade de identificar tendências monotônicas (crescente ou decrescente) sem a necessidade de pressupor a distribuição normal dos dados (DONG et al., 2020). Desse modo, estatística Z do teste de tendência é estimada através das Equações 5, 6, 7 e 8.

Onde,

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & \text{se } S < 0 \end{cases} \qquad (5)$$

$$VAR(S) = \frac{1}{18}\left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^{q} t_p (t_p - 1)(2t_p + 5) \right] \qquad (6)$$

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} sgn(x_j - x_k) \qquad (7)$$

$$sinal = \begin{cases} +1 & se\ (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & se\ (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & se\ (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \qquad (8)$$

Onde, sgn é a função sinal e xj e xk são os valores dos índices nos anos da série histórica j e k, com $j > k$. O valor de S representa o número total de pares de dados com tendências de aumento menos o número total de pares com tendências de diminuição. A distribuição de probabilidade da estatística S tende à normalidade quando há grandes amostras de observações n, com média zero e variância. Onde: t_p é o número de dados com valores iguais em certo grupo; q é o número de grupos contendo valores iguais na série de dados em um grupo p.

A significância estatística da tendência é confirmada pelo p-valor associado a Z. O p-valor representa a probabilidade de se obter um resultado tão extremo quanto o observado, assumindo que a hipótese nula de ausência de tendência é verdadeira. Se o p-valor for menor que o nível de significância (α) < 0,05, a hipótese nula é rejeitada, e a tendência é considerada estatisticamente significativa com 95% de confiança. A análise estatística foi realizada com intermédio de um código em *Python* com base na biblioteca do Pandas.

2.2.5 Análise da correlação dos índices hidroclimáticos com os aportes dos reservatórios (*Pearson)*

Para investigar a existência de uma associação linear entre os índices hidroclimáticos (INT, DSL e HY-INT) e as séries históricas de aportes dos reservatórios objeto de estudo foi empregada a correlação de Pearson. O método é parametrizado e baseia-se na suposição de que os dados seguem uma distribuição normal. O coeficiente de correlação de Pearson r varia de -1 a +1 e quantifica a força e a direção da relação linear entre duas variáveis. O cálculo é realizado por (Equação 9):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}} \qquad (9)$$

Onde: r é o coeficiente de correlação de Pearson; xi e yi são os valores das duas variáveis para cada ano; $\bar{x}$ e $\bar{y}$ são as médias das variáveis x e y; n é o número de observações. A implementação metodológica foi realizada utilizando o software Microsoft Excel, para efetuar os cálculos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Tendências históricas da intensidade hidroclimática

Os resultados do teste de Mann-Kendall (Tabela 1) revelam que a estrutura temporal das precipitações já apresenta modificações sensíveis e uma tendência à redução da disponibilidade hídrica. Esse cenário sugere que as alterações no regime hidroclimático regional estão em curso, manifestando-se de forma detectável antes mesmo da plena consolidação das forças antropogênicas projetadas para o final do século.

Tabela 1 - Resultados do teste de Mann-Kendall para as tendências históricas da intensidade hidroclimática nas bacias incrementais (1974-2024).

Reservatório	Índice	Valor (Z)	*p*-valor	Tendência	Significância
Banabuiú	INT	-3,13	0,0017	Decrescente	Significativa
	DSL	-0,89	0,3710	Nenhuma	Não Significativa
	HY-INT	-2,38	0,0169	Decrescente	Significativa
Pedras Brancas	INT	-1,24	0,1077	Nenhuma	Não Significativa
	DSL	2,13	0,0167	Crescente	Significativa
	HY-INT	-0,21	0,4172	Nenhuma	Não Significativa
Fogareiro	INT	-0,89	0,1860	Nenhuma	Não Significativa
	DSL	2,13	0,0160	Crescente	Significativa
	HY-INT	0,55	0,2910	Nenhuma	Não Significativa
Patu	INT	-0,94	0,1739	Nenhuma	Não Significativa
	DSL	2,24	0,0125	Crescente	Significativa
	HY-INT	0,69	0,2452	Nenhuma	Não Significativa
Serafim Dias	INT	-2,20	0,0270	Decrescente	Significativa
	DSL	0,39	0,6910	Nenhuma	Não Significativa
	HY-INT	-0,84	0,3980	Nenhuma	Não Significativa

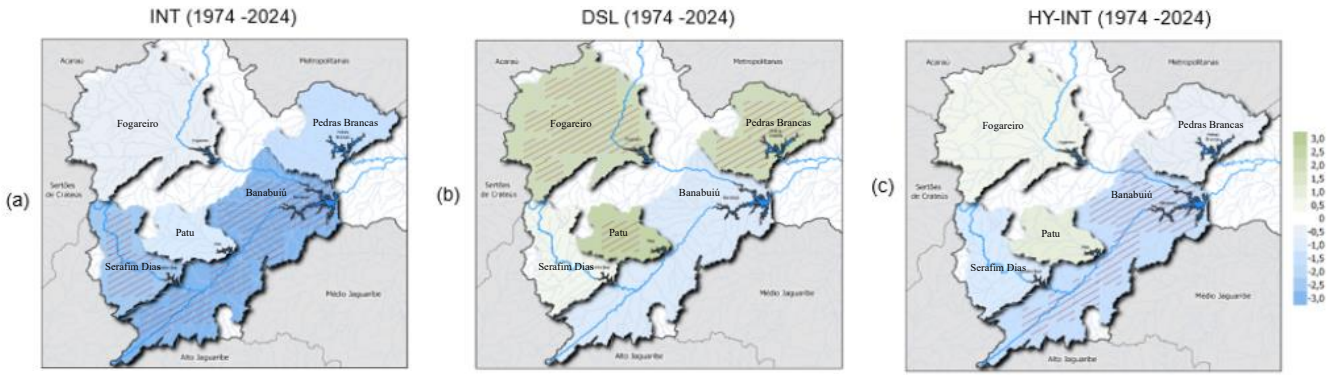
O aumento significativo do índice de Duração de Períodos Secos (DSL) nas bacias dos açudes Pedras Brancas, Fogareiro e Patu é um indicador de que a estação chuvosa no Ceará tem se tornado mais fragmentada.

No que tange à Intensidade da Precipitação (INT), a tendência decrescente observada nas bacias do Banabuiú e Serafim Dias destaca-se como um sinal de alerta para a gestão dos recursos hídricos. Enquanto a literatura internacional sugere que o aquecimento global pode intensificar chuvas extremas, autores como Oliveira et al. (2023) observam que, no interior do Nordeste, o enfraquecimento de sistemas como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) em anos específicos tem levado a chuvas menos vigorosas.

A singularidade do índice de Intensidade Hidroclimática (HY-INT), com tendência de queda significativa na bacia do Banabuiú, demonstra que, nesta região específica, o declínio da intensidade da precipitação foi o fator dominante sobre o regime hidroclimático histórico. De acordo com Norris et al. (2019), a redução simultânea da intensidade e do volume total é um sinal de transição climática para regimes mais secos, onde o ciclo hidrológico perde energia.

A distribuição espacial dessas tendências, ilustrada na Figura 2, reforça que a porção central da bacia tem sido a mais afetada pela mudança na dinâmica de secas, com as áreas hachuradas em vermelho delimitando as regiões onde as alterações apresentam significância estatística ao nível de confiança de 95%.

Figura 2 - Distribuição espacial das tendências para o período observado (1974- 2024) dos índices hidroclimáticos: (a) INT, (b) DSL, (c) HY-INT, na escala sazonal (JFMAMJ).



3.2 Correlação dos índices de intensidade hidroclimática com os aportes observados nos reservatórios

A análise da correlação entre a estrutura da precipitação e a resposta hidrológica é fundamental para compreender a vulnerabilidade dos sistemas hídricos no semiárido (KOSTER et al., 2017). Os resultados da correlação (Tabela 2) mostram um cenário diversificado de relações e significâncias.

Tabela 2 - Valores do coeficiente de Pearson para as correlações dos índices hidroclimáticos com os aportes dos reservatórios.

Reservatório	Índice	Coeficiente (*r*)	*p*-valor	Correlação	Significância
Banabuiú	INT	0,59	0,0001	Moderada	Significativa
	DSL	-0,28	0,0903	Moderada	Não Significativa
	HY-INT	0,01	0,9702	Fraca	Não Significativa
Pedras Brancas	INT	0,29	0,1143	Fraca	Não Significativa
	DSL	-0,44	0,0132	Moderada	Significativa
	HY-INT	-0,34	0,0652	Moderada	Não Significativa
Fogareiro	INT	0,64	0,0003	Moderada	Significativa
	DSL	-0,34	0,0733	Moderada	Não Significativa
	HY-INT	-0,01	0,9528	Fraca	Não Significativa
Patu	INT	0,37	0,0376	Moderada	Significativa
	DSL	-0,30	0,0975	Moderada	Não Significativa
	HY-INT	-0,16	0,3914	Fraca	Não Significativa
Serafim Dias	INT	0,57	0,0017	Moderada	Significativa
	DSL	-0,32	0,0989	Moderada	Não Significativa
	HY-INT	0,05	0,7980	Fraca	Não Significativa

A Intensidade da Precipitação (INT) apresentou uma correlação positiva e significativa para a maioria dos reservatórios estudados, a saber: Banabuiú, Fogareiro, Patu e Serafim Dias, indicando que, a intensidade da precipitação está relacionada com aportes mais altos nesses reservatórios.

Por outro lado, a Duração de Períodos Secos (DSL) teve uma correlação negativa em todos os reservatórios, mas foi estatisticamente significativa apenas para o açude Pedras Brancas. Isso sugere

que, nesse caso específico, o aumento na duração de períodos secos está relacionado à diminuição do aporte. Essa tendência inversa reforça que o prolongamento dos intervalos de estiagem intra-sazonais atua como um mecanismo de supressão de aportes.

Um ponto de destaque na análise foi o comportamento do índice HY-INT. Embora este índice combine a agressividade da chuva com a persistência da seca, ele apresentou as correlações mais fracas de todo o cenário, carecendo de significância estatística em todos os reservatórios. Esse resultado sugere que a complexidade da resposta hidrológica em escala de bacia incremental pode não ser totalmente capturada por métricas combinadas simplificadas.

4. CONCLUSÃO

A presente pesquisa revelou um cenário de intensificação hidroclimática, com tendências significativas de aumento ao longo do tempo. Em um panorama histórico, entre 1974 e 2024, apresentou uma tendência de aumento na Duração de Períodos Secos (DSL) nas bacias dos açudes Pedras Brancas, Fogareiro e Patu. Em contrapartida, a Intensidade da Precipitação (INT) e o Índice de Intensidade Hidroclimática (HY-INT) apresentaram uma tendência decrescente com significância estatística nas bacias do Banabuiú e Serafim Dias. A correlação com os aportes dos reservatórios mostrou que a Intensidade da Precipitação (INT) tem uma relação positiva e significativa com a disponibilidade de água na maioria dos reservatórios, enquanto a Duração de Períodos Secos (DSL) apresentou uma correlação negativa, sendo estatisticamente significativa apenas no açude Pedras Brancas. Um ponto de destaque na análise foi o comportamento do índice HY-INT. Embora este índice combine a agressividade da chuva com a persistência da seca, ele apresentou as correlações mais fracas de todo o cenário, carecendo de significância estatística em todos os reservatórios.

Essa análise evidencia um descompasso crítico para a segurança hídrica da região, as bacias estão registrando tendências de queda na intensidade (INT) e aumento nos períodos secos (DSL) justamente nos parâmetros onde os aportes apresentam maior sensibilidade. Essa convergência entre a redução da força das chuvas no Banabuiú e Serafim Dias, somada à maior fragmentação da quadra chuvosa no Pedras Brancas, Fogareiro e Patu, indica que o regime hidrológico está se tornando menos eficiente para garantir a disponibilidade hídrica desses sistemas.

Os resultados fornecem uma base para o desenvolvimento de estratégias de adaptação frente à intensificação da intensidade hidroclimática, permitindo que os gestores e tomadores de decisão considerem os impactos na disponibilidade hídrica durante o processo decisório. Como, por exemplo, a otimização das regras de operação dos reservatórios; a atualização dos Planos de Gestão Proativa de Seca para incluir esses índices como gatilhos de alerta precoce. Isso garante que as decisões de uso da água estejam alinhadas com a nova realidade de uma quadra chuvosa cada vez mais

fragmentada e com eventos de chuva de menor intensidade, possibilitando a implementação de medidas de mitigação de riscos futuros e contribuindo para um manejo mais resiliente desses hidrossistemas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a COGERH e FUNCEME, pela disponibilização dos dados necessários para a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Agência Nacional de Águas. Mudanças climáticas e recursos hídricos: avaliações e diretrizes para adaptação. Brasília: ANA, 2016.

CEARÁ. Assembleia Legislativa. Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos. Caderno Regional da Sub-bacia do Banabuiú. Fortaleza: INESP, 2009.

CEARÁ. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. Inventário ambiental 2011: Açude Banabuiú. Fortaleza: COGERH, 2011.

DONG, Z.; JIA, W.; SARUKKALIGE, R.; FU, G.; MENG, Q.; WANG, Q. (2020). *"Innovative Trend Analysis of Air Temperature and Precipitation in the Jinsha River Basin, China"*. Water, [S.L.], v. 12, n. 11, p. 3293. MDPI AG.

GIORGI, F.; IM, E.-S.; COPPOLA, E. et al. Higher Hydroclimatic Intensity with Global Warming. Journal of Climate, v. 24, n. 20, p. 5309-5324, 2011.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Mudança do clima 2023: relatório de síntese. Genebra, Suíça: IPCC, 2023. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/. Acesso em: 16 abr. 2026.

KOSTER, Randal D. et al. Hydroclimatic variability and predictability: A survey of recent research. Hydrology and Earth System Sciences, Göttingen, v. 21, n. 7, p. 3777–3798, jul. 2017.

KOUYATÉ, Fousseini et al. Spatial and Temporal Variability of Extreme Hydroclimatic Events in the Bani River Basin. Hydrology, Basel, v. 12, n. 1, p. 5, jan. 2025.

MARRAFON, V. H.; REBOITA, M. S. Características da Precipitação na América do Sul Reveladas Através de Índices Climáticos. Revista Brasileira de Climatologia, v. 16, n. 26, p. 663-676, 2020.

NORRIS, Jesse; CHEN, Gang; NEELIN, J. David. Thermodynamic versus Dynamic Controls on Extreme Precipitation in a Warming Climate from the Community Earth System Model Large Ensemble. Journal of Climate, [s. l.], v. 32, n. 4, p. 1025-1045, 15 fev. 2019.

OLIVEIRA, Débora Martins de; CARVALHO, Vanessa Silveira Barreto; SILVA, Benedito Cláudio da; REBOITA, Michelle Simões; CAMPOS, Bruno de. Hydrological and Precipitation Extremes and Trends over the Paraiba do Sul River Basin, Brazil. Climate, [s. l.], v. 11, n. 7, p. 138, 27 jun. 2023.

TUCCI, C. E. M.; BRAGA, B. (org.). Clima e Recursos Hídricos no Brasil. Porto Alegre: ABRH, 2003.