

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

VARIABILIDADE TEMPORAL DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA EM RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DO SEMIÁRIDO

*Nayara Barreto da Costa¹; Marcela Miranda¹; Minella Martins¹;
Juliana Severiano²; José Etham Barbosa²; Jean Pierre Ometto¹*

Abstract: Water scarcity affecting water resources in Brazil's semi-arid region makes reservoirs essential for water supply and regulation in the area. This study evaluated the temporal variability of water quality in four semi-arid reservoirs — Poções, Camalaú, Boqueirão, and Acauã — between 2015 and 2024, also considering the São Francisco River transposition. Twelve physicochemical and biological parameters were analyzed based on data from different monitoring projects (REHISA, AESA, and PELD-RIPA). The results showed that the drought period between 2012 and 2017 was associated with increased nutrient concentrations and intensified water quality degradation. After the transposition began in 2017–2018, a general trend of improvement in water quality was observed, although with variations among reservoirs. To identify these trends, simple linear regression was applied, allowing for the assessment of the direction (increase or decrease) and statistical significance of changes in each parameter over time. Additionally, Levene's test was used to verify the homogeneity of variances among sampling points, ensuring the consistency of the statistical analyses. The transposition contributed to improved water quality in Acauã but led to a decline in the other reservoirs. These results highlight the importance of continuous monitoring as an essential tool for water resource management.

Resumo: A escassez hídrica que afeta os recursos hídricos do Semiárido brasileiro torna os reservatórios essenciais para o abastecimento e regulação da água na região. Neste estudo, foi avaliada a variabilidade temporal da qualidade da água em quatro reservatórios do Semiárido — Poções, Camalaú, Boqueirão e Acauã — entre 2015 e 2024, considerando também a transposição do rio São Francisco. Foram analisados 12 parâmetros físico-químicos e biológicos, com base em dados provenientes de diferentes projetos de monitoramento (REHISA, AESA e PELD-RIPA). Os resultados mostraram que o período de seca entre 2012 e 2017 esteve associado ao aumento da concentração de nutrientes e à intensificação da degradação da qualidade da água. Após a transposição, iniciada em 2017–2018, observou-se uma tendência geral de melhoria da qualidade, embora com variações entre os reservatórios. Para identificar essas tendências, utilizou-se a regressão linear simples, que permitiu avaliar a direção (aumento ou diminuição) e a significância estatística das mudanças em cada parâmetro em função do tempo. Além disso, o teste de Levene foi aplicado para verificar a homogeneidade das variâncias entre os pontos amostrados, garantindo a consistência das análises estatísticas. A transposição contribuiu para a melhoria da qualidade da água em Acauã, mas em uma diminuição nos demais reservatórios. Esses resultados destacam a importância do monitoramento contínuo como ferramenta essencial para a gestão dos recursos hídricos.

Palavras-Chave – Recursos Hídricos, Resolução CONAMA, Transposição Rio São Francisco.

1) Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Av. dos Astronautas, 1758, 12.227-010, São José dos Campos, São Paulo, nayara.costa@inpe.br; marcela.miranda@inpe.br; minella.martins@gmail.com; jean.ometto@inpe.br

2) Departamento de Biologia, Universidade Estadual da Paraíba, Rua Baraúnas, nº. 351, 58.429-500, Campina Grande, Paraíba, jsantosseveriano@gmail.com; ethambarbosa@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A escassez hídrica é uma característica marcante do Semiárido brasileiro, região onde predominam baixos índices pluviométricos, elevada taxa de evaporação e distribuição espacial e temporal irregular das chuvas. Esses fatores impõem desafios significativos à manutenção da regularidade no abastecimento de água para a população, especialmente nas áreas rurais e urbanas mais vulneráveis. Nesse contexto, os reservatórios assumem um papel estratégico, funcionando como principal mecanismo de acumulação e regulação da oferta hídrica essenciais para garantir o abastecimento humano, especialmente durante períodos de estiagem prolongada, que são mais recorrentes na região. Contudo, os desafios não se limitam à disponibilidade em volume: a qualidade da água armazenada nesses sistemas tem se mostrado cada vez mais comprometida. Durante eventos de seca severa, há uma maior concentração de nutrientes devido à redução do volume útil dos reservatórios, o que favorece a intensificação de processos como a eutrofização e a proliferação de cianobactérias, que podem comprometer a potabilidade e dificultar o tratamento da água (Attayde, *et al.*, 2011; Ramalho, 2013; Barbosa *et al.*, 2021; Mendes *et al.*, 2022; ASA, 2025).

A qualidade da água nesses tipos de ambientes é particularmente sensível às alterações hidrológicas e climáticas, o que torna os reservatórios do Semiárido mais vulneráveis à degradação ambiental (Francça *et al.*, 2022). Além das pressões naturais, há impactos antrópicos crescentes, como a intensificação do uso da terra, a urbanização desordenada no entorno desses ambientes e o lançamento de efluentes domésticos sem tratamento adequado. Esses fatores ampliam os riscos de descumprimento dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 (CONAMA, 2005), tornando o monitoramento contínuo desses parâmetros essencial para subsidiar políticas públicas, orientar estratégias e promover ações de mitigação diante da escassez e da crescente pressão sobre os recursos hídricos. Nesse contexto, a Transposição do rio São Francisco passou a representar uma das principais intervenções hidrológicas no Semiárido, com impactos diretos sobre a disponibilidade hídrica em reservatórios tropicais, como os da bacia do rio Paraíba, estado da Paraíba, que em condições naturais secam durante os períodos mais secos do ano (Barbosa *et al.*, 2012; Oliveira & Jesus, 2023). Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade temporal de parâmetros de qualidade da água em reservatórios de abastecimento público do Semiárido, no período de 2015 a 2024, considerando também a transposição do Rio São Francisco.

METODOLOGIA

Área de estudo

O presente estudo foi realizado em quatro reservatórios do Semiárido, pertencentes à bacia do rio Paraíba: Poções, Camalaú, Epitácio Pessoa (Boqueirão) e Argemiro de Figueiredo (Acauã) (Figura 1). Esses reservatórios são utilizados para o abastecimento público, dessedentação animal, e usos múltiplos como irrigação, pesca, lazer e turismo regional (AES, 2025). A referida bacia possui uma área de 19.088,5 km², abrangendo 34% do território da Paraíba, e abriga 1.828.178 habitantes, que corresponde a 52% da população total do estado. Abrange cidades como João Pessoa, capital do estado, e Campina Grande, seu segundo maior centro urbano (AES, 2025). De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima da região é BSh (semiárido seco), com temperaturas que variam de 27 a 31°C e precipitação anual inferior a 800 mm (AES, 2025; Monteiro *et al.*, 2021). O quadriênio 2012–2017 foi o mais crítico para a região em termos de precipitação total desde 1911 (Walter *et al.*, 2018), resultando em uma redução drástica do volume de água em vários reservatórios e culminando em colapso hídrico. A partir de 2017 (2018, no caso de Acauã) esses reservatórios passaram a receber água da transposição do rio São Francisco por meio do Eixo Leste, visando garantir o abastecimento e amenizar os efeitos da seca prolongada (dados de volume não inclusos neste trabalho). Mais informações referentes a cada reservatório são apresentadas na Tabela 1.

Figura 1 – Localização dos reservatórios estudados (B) Poções, (C) Camalaú, (D) Boqueirão e (E) Acauã, bacia do rio Paraíba, Semiárido. Adaptada de Dantas (2021).

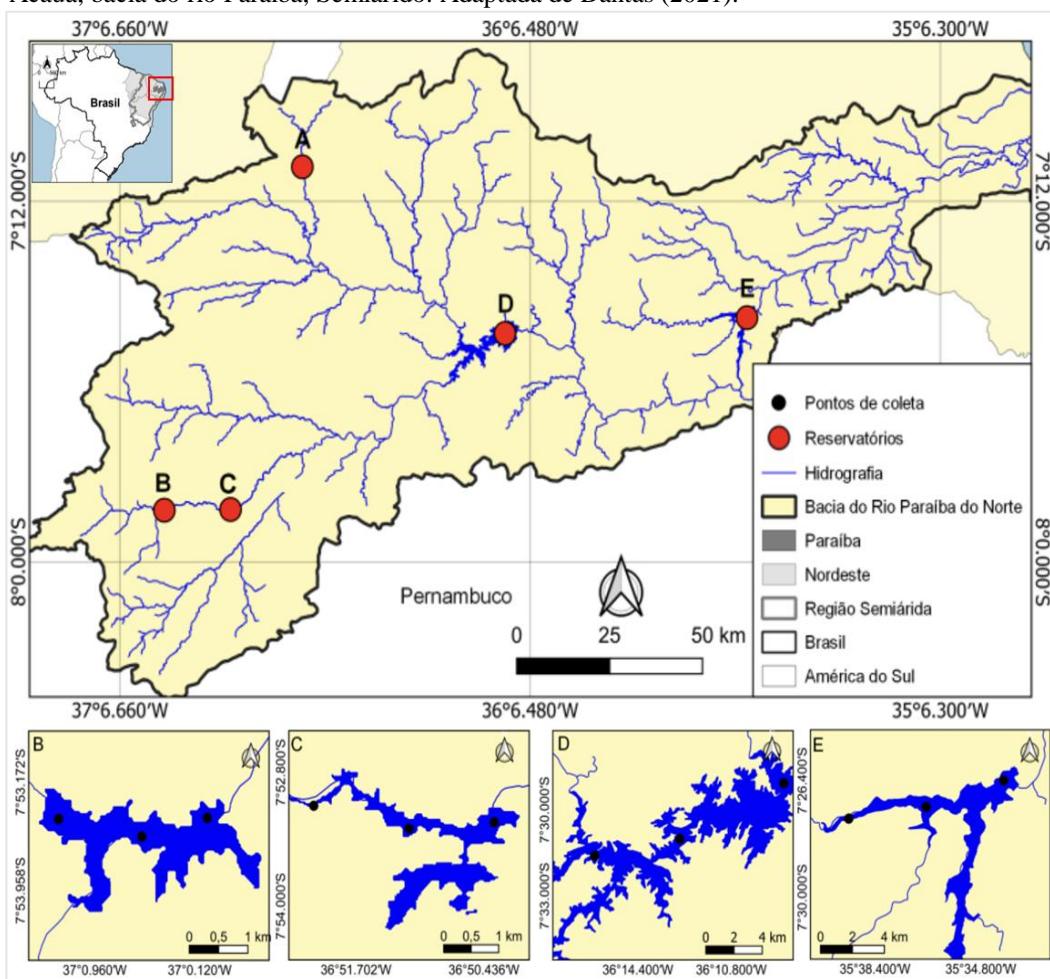


Tabela 1 - Informações técnicas e geográficas dos reservatórios. Fonte: Ana (2025).

	Reservatório Poções	Reservatório Camalaú	Reservatório Boqueirão	Reservatório Acauã
Município de localização	Monteiro	Camalaú	Boqueirão	Itatuba
Latitude (Sul)	07° 53' 20,47"	07° 53' 5,60"	07° 29' 52,39"	07° 26' 28,73"
Longitude (Oeste)	36° 59' 53,05"	36° 50' 20,50"	36° 08' 30,74"	35° 33' 36,68"
Área (km ²)	670	1.061,40	12.394,50	16.143,80
Conclusão da construção	1982	1985	1956	2002
Capacidade máxima (m ³)	29.861.562	46.440.000	411.69	253.142.247
Profundidade máxima (m)	16,70	27,40	43,90	40,00
Transposição Rio São Francisco	Março/2017	Março/2017	Abril/2017	X/2018

Amostragem

As campanhas de amostragem dos dados referentes aos parâmetros de qualidade utilizadas neste estudo foram realizadas no âmbito do projeto Rede de Hidrologia do Semiárido - REHISA (dados de 2015 a 2019), da Agência Executiva de Gestão de Águas - AESA (dados de 2020), e do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração – PELD/RIPA (dados de 2021 a 2024), totalizando 10 anos de dados (2015 a 2024). As coletas foram realizadas na superfície de cada reservatório, em três pontos estratégicos ao longo do gradiente longitudinal dos reservatórios, a saber:

(ponto 1) lótico (entrada do rio Paraíba nos reservatórios); (ponto 2) transição (entre a entrada do rio e a barragem); e (ponto 3) lêntico (localizado próximo da barragem). Para tanto, 23 períodos de amostragem foram realizados: julho, outubro e dezembro de 2015; março, junho e novembro de 2016, fevereiro, junho e novembro de 2017, julho e dezembro de 2018; abril e outubro de 2019, fevereiro, maio, agosto e novembro de 2020; dezembro de 2021; maio e novembro de 2022; junho e dezembro de 2023; e agosto de 2024. As amostragens nos diferentes pontos foram realizadas para representar possível heterogeneidade ambiental dos reservatórios e foram usadas como réplicas para cálculos estatísticos. Os dados foram tratados no Laboratório de Ecologia Aquática (LEAq) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Neste estudo, foram considerados 12 parâmetros de qualidade da água: transparência da água (m), temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), pH, turbidez (NTU), oxigênio dissolvido – OD ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), amônio ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), nitrito ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), nitrato ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), nitrogênio inorgânico dissolvido – DIN ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), ortofosfato ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), fósforo total – PT ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) e clorofila-a ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). As variáveis foram selecionadas seguindo as condições e padrões de qualidade da água estabelecidas no Brasil, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005), que classifica a qualidade da água doce em cinco graus. Assim, o valor padrão de cada variável se enquadra nas águas doces de classe II, conforme limiares são: pH (6 a 9), turbidez (até 100 NTU), OD (não inferior a $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), nitrito (até $1.000 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), nitrato (até $10.000 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), PT (até $30 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) e clorofila-a (até $30 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$).

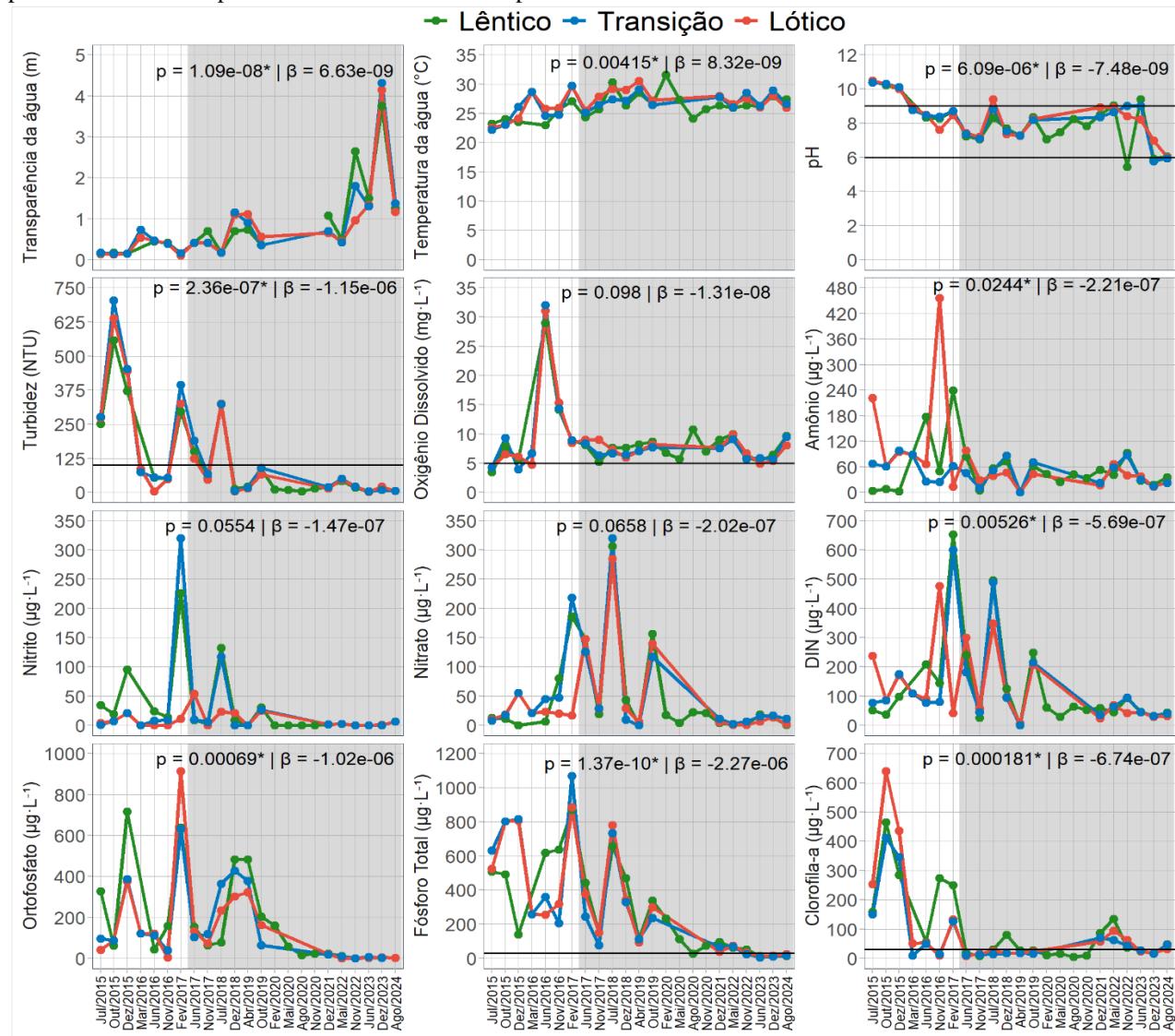
Análise estatística

Para visualizar a variabilidade temporal dos parâmetros de qualidade da água, foram elaborados gráficos facetados para cada reservatório em que cada painel representa um parâmetro específico (utilizando a função `'facet_wrap2'` do pacote “`ggh4x`”). É válido ressaltar que durante o tratamento dos dados, alguns valores ausentes (NA) foram identificados devido a limitações nas coletas, sendo introduzidos por coerção (utilizando a função ‘`as.numeric`’). A regressão linear simples foi realizada para cada parâmetro em função do tempo, visando investigar possíveis tendências temporais. A partir dos modelos ajustados, foram extraídos o coeficiente angular (β), que indica a direção e magnitude da tendência, e o p-valor associado para verificar a significância estatística dessas tendências, em que valores de $p < 0,05$ sugerem tendência temporal significativa (utilizando a função ‘`tidy`’ do pacote ‘`broom`’). Os resultados foram posteriormente incorporados nos gráficos. Além disso, para caracterizar a variabilidade temporal dos parâmetros analisados, foram calculados o desvio padrão (DP) e o coeficiente de variação (CV) com base no número de observações (n) disponíveis para cada variável. Adicionalmente, a homogeneidade das variâncias entre os três pontos amostrados para cada variável foi avaliada por meio do teste de Levene ($p < 0,05$ indica diferença significativa entre variâncias, ou seja, variâncias não homogêneas). Esse procedimento garantiu a verificação das premissas para estudos futuros. Os resultados serão apresentados em tabelas específicas para cada reservatório, oferecendo um panorama quantitativo da variabilidade e consistência dos parâmetros ao longo do período estudado. Todas as análises estatísticas foram realizadas no RStudio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 2, 3, 4 e 5 apresentam a variabilidade temporal dos parâmetros de qualidade da água para os reservatórios Poções, Camalaú, Boqueirão e Acauã, respectivamente, para o período de 2015 a 2024. O período após a transposição do rio São Francisco está destacado por faixa cinza e o limite estabelecido pela Resolução do CONAMA para os parâmetros pH, turbidez, oxigênio dissolvido (OD), nitrito, nitrato, fósforo total e clorofila-a está representado pela linha preta. Além disso, o coeficiente angular (β) e p-valor associado extraídos da regressão linear simples realizada para cada parâmetro específico, considerando os diferentes pontos são apresentados em cada painel.

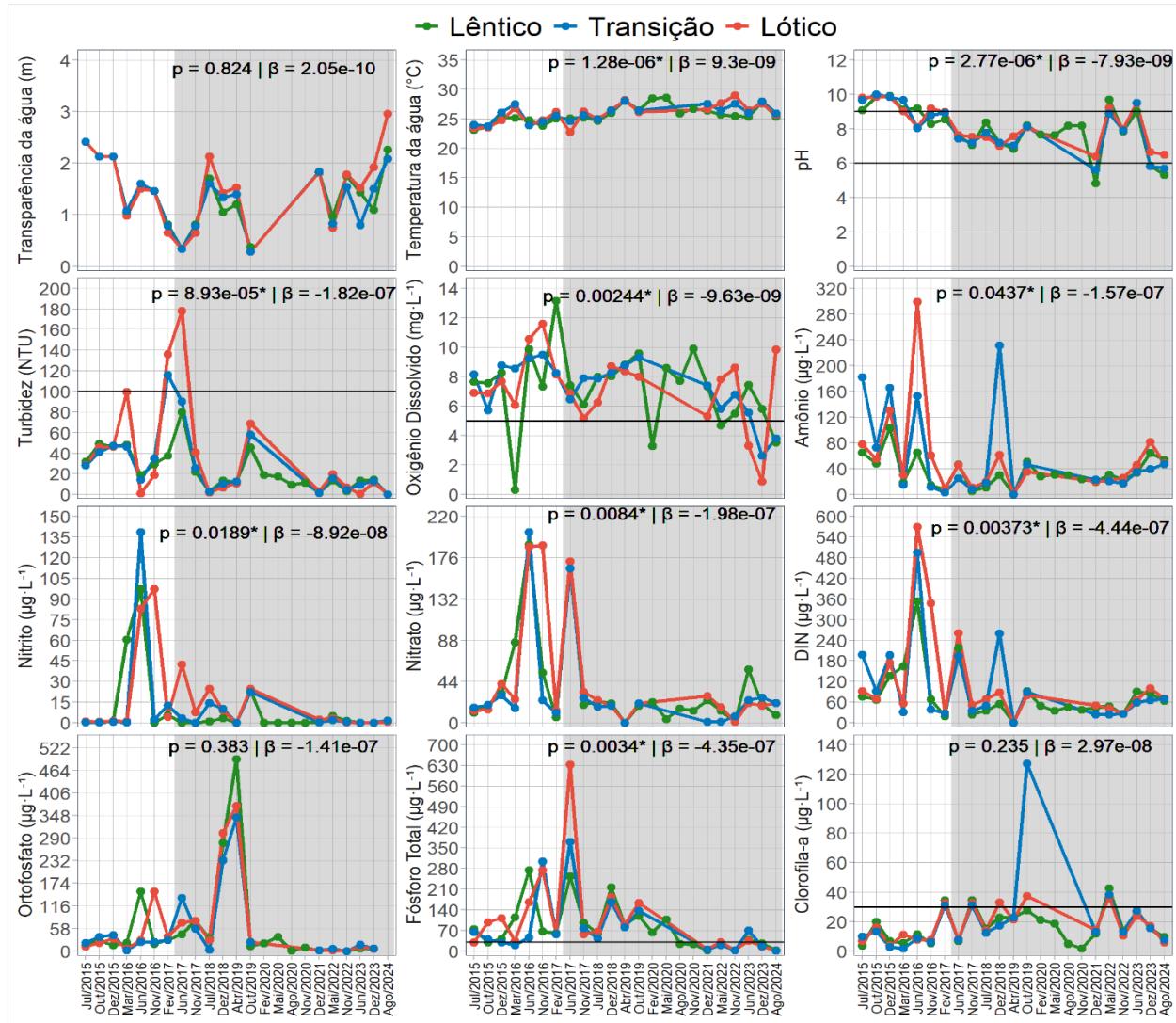
Figura 2 – Parâmetros de qualidade da água para a superfície do reservatório Poções (2015-2024). A faixa cinza indica o período após a transposição do rio São Francisco. O (*) indica significância estatística da regressão ($p < 0,05$). A linha preta na horizontal representa o limite estabelecido pelo CONAMA.



A qualidade da água em Poções apresentou variações significativas no período analisado, com destaque para 2015 a 2017, que coincide com o período de seca que atingiu o Semiárido entre 2012 e 2017. Durante esse intervalo, observaram-se os menores valores de transparência da água (< 0,3m), associada a elevadas concentrações de nutrientes em alguns pontos, como o PT ($> 800 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), o ortofosfato (até $913 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) e DIN ($> 600 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), altos níveis de clorofila-a (até $639 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) e turbidez (superior a 370 NTU), como evidenciado em jul/2015, out/2015 e fev/2017. Essas condições apontam para processos de eutrofização, favorecidos pela escassez hídrica. A partir de 2017, observou-se um processo gradual de recuperação da qualidade da água, coincidente com o retorno das chuvas e transposição do rio São Francisco (RSF), cujos efeitos foram perceptíveis no aumento da transparência ($> 1\text{m}$ em 2022–2024), redução dos níveis de nutrientes (PT $< 100 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), turbidez $< 10 \text{ NTU}$ e clorofila-a $< 50 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. Esses resultados corroboram com Barbosa *et al.* (2021) e Mendes *et al.* (2022). Considerando os limites estabelecidos pelo CONAMA, o pH apresentou valores fora da faixa permitida em 2015, a turbidez e a clorofila-a permaneceram acima dos limites em quase todo o período de seca, e o PT em 99% do período analisado esteve acima do limite; já o OD esteve 99%

dentro do limite no período estudado. A regressão linear simples mostrou significância estatística para o pH, turbidez, OD, amônio, DIN, ortofosfato, PT e clorofila-a, com tendência de diminuição ($p < 0,05$ e β negativo); e de aumento para transparência e temperatura da água ($p < 0,05$ e β positivo).

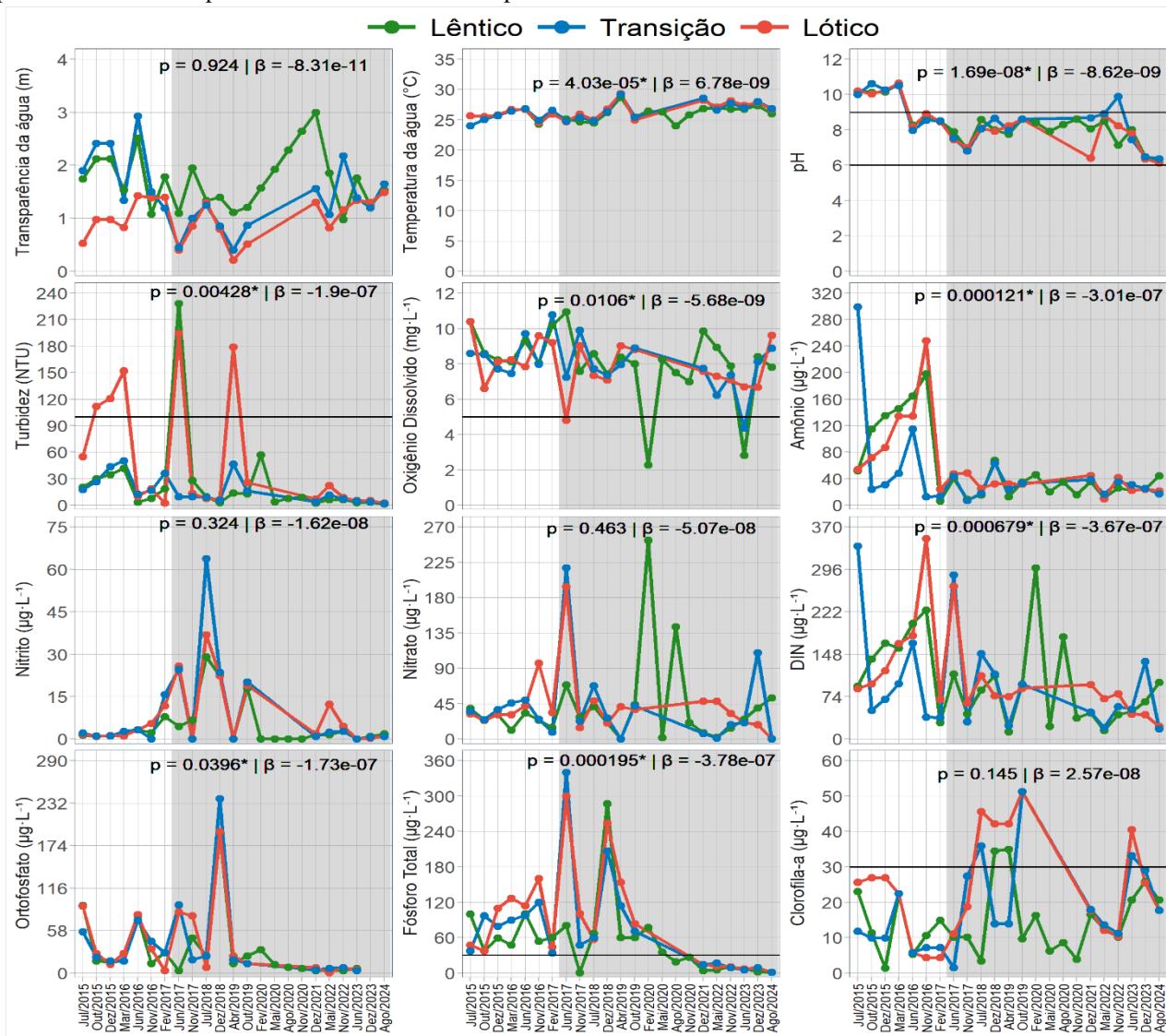
Figura 3 – Parâmetros de qualidade da água para a superfície do reservatório Camalaú (2015-2024). A faixa cinza indica o período após a transposição do rio São Francisco. O (*) indica significância estatística da regressão ($p < 0,05$). A linha preta na horizontal representa o limite estabelecido pelo CONAMA.



No reservatório Camalaú, os resultados também revelaram mudanças importantes na qualidade da água. No período da seca, os valores de transparência da água mantiveram-se baixos (de 0,3 a 1,5 m), refletindo elevada turbidez (máximo de 178,00 NTU). A partir de 2018, observou-se uma tendência de melhoria, com aumento da transparência (atingindo 2,96 m em ago/24) queda da turbidez a partir de 2019 (< 20 NTU). O pH apresentou valores mais elevados até 2017 (com média acima de 8,5). Entre os nutrientes, até junho de 2017 observou-se valores mais elevados em alguns pontos: amônio (até 298,97 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), nitrito (até 138,81 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), nitrato (até 203,48 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), DIN (569,54 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) e PT (633,67 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). O ortofosfato apresentou valor elevado em abr/19 (493,00 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). O OD variou de 0,32 a 13,14 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ no período estudado. Após a transposição do RSF, destaca-se a redução das concentrações dos nutrientes, associada à diluição promovida pelo aporte das águas da transposição. Quanto aos limites estabelecidos pelo CONAMA, o pH se apresentou dentro da faixa permitida a partir de jun/2017, a turbidez com valores acima do limite em fevereiro e junho de 2017,

a clorofila-a em out/2019, o PT em quase todo período analisado esteve acima do limite, e o OD fora do limite em alguns pontos. A regressão linear simples mostrou significância estatística para o pH, turbidez, OD, amônio, nitrito, nitrato, DIN e PT com tendência de diminuição ($p < 0,05$ e β negativo); e com tendência de aumento para a temperatura da água ($p < 0,05$ e β positivo).

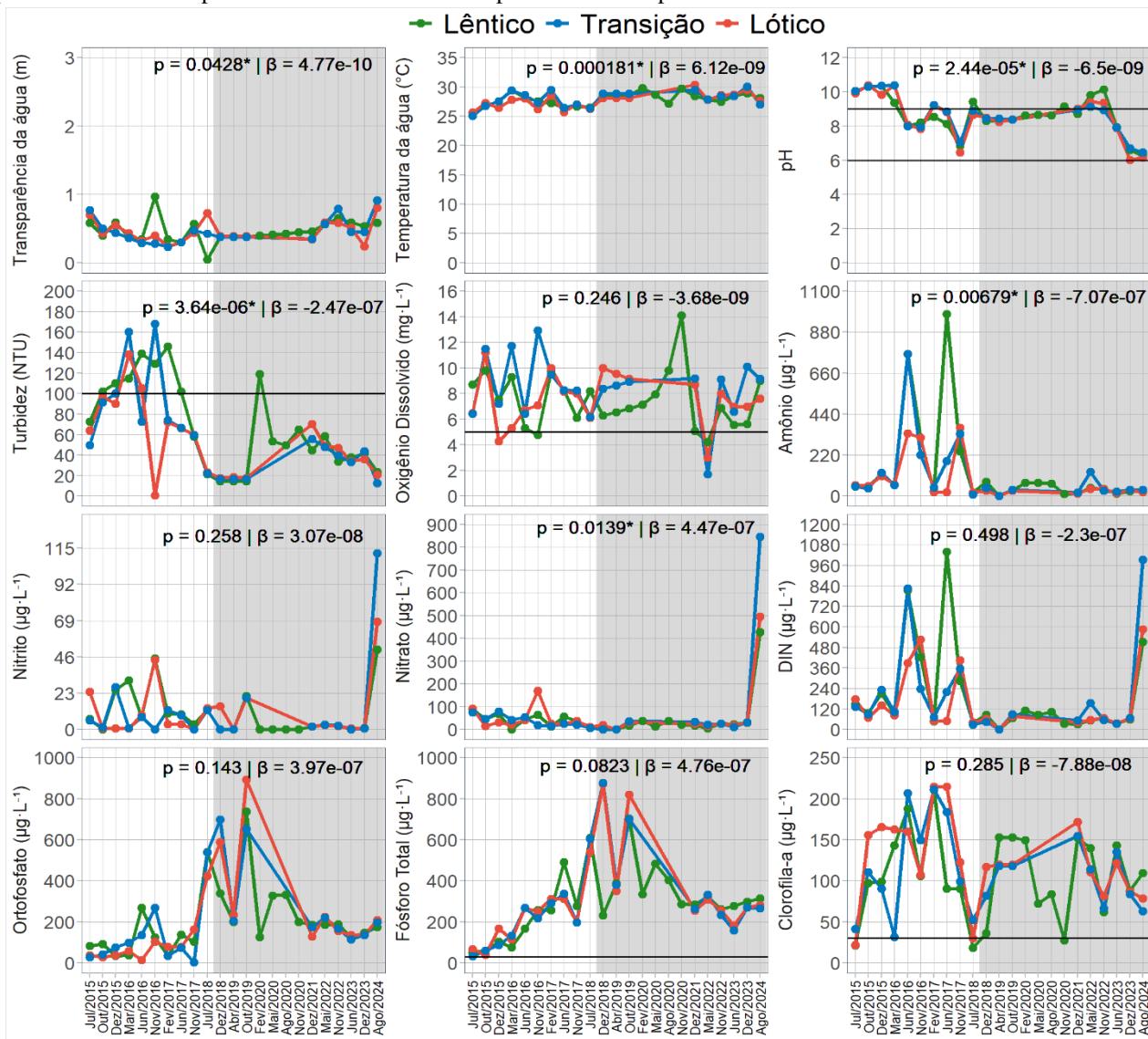
Figura 4 – Parâmetros de qualidade da água para a superfície do reservatório Boqueirão (2015-2024). A faixa cinza indica o período após a transposição do rio São Francisco. O (*) indica significância estatística da regressão ($p < 0,05$). A linha preta na horizontal representa o limite estabelecido pelo CONAMA.



Os resultados para o reservatório Boqueirão indicaram um aumento nos níveis de alguns parâmetros mesmo após a transposição do RSF, sugerindo que os nutrientes podem ter se acumulado gradualmente durante a passagem pelos reservatórios e trechos do rio a montante, com predominância dos processos de transporte sobre os processos de deposição nesses corpos d'água (Barbosa *et al.*, 2021). Dessa forma, observou-se níveis baixos de transparência da água (< 0,5 m), elevadas concentrações de nutrientes em alguns pontos, como TP (> 300 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), ortofosfato (> 200 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) e DIN (> 300 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). A turbidez (> 200 NTU), e o OD (< 5 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$). Por outro lado, o amônio apresentou redução em seus níveis a partir de 2017, saindo de valores > 200 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ para < 50 $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. No entanto, a partir de 2020, é possível observar considerável melhoria na qualidade da água, com

redução expressiva dos níveis de nutrientes: TP (1.17 a $27 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), ortofosfato (0.14 a $11 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), e turbidez ($< 11 \text{ NTU}$). Quanto aos limites do CONAMA: pH esteve dentro da faixa permitida a partir de jun/2016, a turbidez ficou acima do limite em mar/2016, jun/2017 e abr/2019, OD fora do limite em fev/2020 e jun/2023 no ponto lêntico, PT acima do limite em 99% do período analisado, e a clorofila-a com valores acima do limite entre jun/2018 e out/2019. A regressão linear simples indicou significância estatística com tendência de diminuição para pH, turbidez, OD, amônio, DIN, ortofosfato e PT ($p < 0,05$; β negativo), e de aumento para a temperatura da água ($p < 0,05$; β positivo).

Figura 5 – Parâmetros de qualidade da água para a superfície do reservatório Acauã (2015-2024). A faixa cinza indica o período após a transposição do rio São Francisco. O (*) indica significância estatística da regressão ($p < 0,05$). A linha preta na horizontal representa o limite estabelecido pelo CONAMA para cada variável.



Para o reservatório Acauã, que recebeu transferência de água do RSF em 2018 (mês não informado), observou-se um aumento logo após a transposição para alguns parâmetros, como ortofosfato e PT, com valores $> 600 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ para ambos. Durante o período de seca, o reservatório apresentou alta turbidez ($\geq 160 \text{ NTU}$), e concentrações elevadas de amônio (até $975.89 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) e DIN ($> 500 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). Esses fatores, aliados aos altos níveis de clorofila-a (até $214 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) e à diminuição do OD ($< 5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ em alguns períodos), evidenciam condições de eutrofização. Os dados de coletas

mais recentes indicaram aumento na transparência ($> 0,7$ m), redução nas concentrações de nutrientes ($DIN < 100 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; $PT < 300 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$; amônio $< 50 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), menor turbidez ($< 50 \text{ NTU}$) e declínio nos níveis de clorofila-a ($< 70 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). Quanto aos limites do CONAMA: PT e clorofila-a apresentaram valores acima do limite em quase todo o período analisado, turbidez com valores acima do limite no período seco, pH em 2015 e jun/2016. A regressão linear simples indicou significância estatística com tendência de diminuição para pH, turbidez, OD e amônio ($p < 0,05$; β negativo), e tendência de aumento para a transparência e temperatura da água e nitrato ($p < 0,05$; β positivo).

A Tabela 2 apresenta estatísticas descritivas dos parâmetros de qualidade da água com base no número de observações (n) e teste de Levene – (DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação).

Tabela 2 – Estatísticas descritivas e teste de Levene dos parâmetros de qualidade da água para os reservatórios.

Parâmetro	Reservatório Poções					Reservatório Camalaú				
	n	Média	DP	CV (%)	p-valor (Levene)	n	Média	DP	CV (%)	p-valor (Levene)
Transparência da água	56	0.81	0.93	115.20	0.94	57	1.41	0.64	45.57	0.78
Temperatura da água	60	26.57	2.10	7.90	0.90	61	25.86	1.49	5.77	0.69
pH	60	8.23	1.26	15.31	0.93	61	8.08	1.31	16.17	0.79
Turbidez	60	128.56	173.96	135.31	0.83	61	30.16	34.93	115.82	0.14
Oxigênio Dissolvido	60	8.72	5.60	64.17	0.98	61	7.24	2.33	32.18	0.73
Amônio	60	59.38	69.99	117.86	0.42	61	49.23	55.81	113.37	0.18
Nitrito	60	22.07	54.47	246.86	0.47	61	11.75	27.44	233.56	0.73
Nitrato	60	49.82	77.65	155.85	0.89	61	38.23	54.47	142.46	0.88
DIN	60	131.27	147.33	112.23	0.99	61	99.21	111.83	112.72	0.57
Ortofosfato	58	165.35	206.93	125.15	0.92	58	60.22	104.18	173.00	0.96
Fósforo Total	60	304.90	292.44	95.91	0.88	61	88.89	108.64	122.22	0.56
Clorofila-a	60	91.69	133.48	145.57	0.85	61	18.56	17.79	95.86	0.59
Reservatório Boqueirão						Reservatório Acauã				
Parâmetro	n	Média	DP	CV (%)	p-valor (Levene)	n	Média	DP	CV (%)	p-valor (Levene)
Transparência da água	57	1.42	0.62	43.61	0.24	54	0.46	0.18	38.49	0.91
Temperatura da água	61	26.27	1.25	4.76	0.42	61	27.87	1.22	4.39	0.74
pH	61	8.39	1.23	14.63	0.65	61	8.62	1.17	13.57	0.80
Turbidez	61	30.06	48.56	161.57	0.07	58	60.39	41.88	69.36	0.83
Oxigênio Dissolvido	61	8.00	1.61	20.15	0.83	61	7.81	2.25	28.82	0.94
Amônio	61	54.28	58.69	108.12	0.89	61	112.69	190.12	168.07	0.71
Nitrito	61	6.92	11.61	167.82	0.47	61	10.77	19.25	178.27	0.97
Nitrato	61	41.28	48.88	118.40	0.86	61	59.07	131.44	222.61	0.84
DIN	61	102.49	80.10	78.16	0.85	61	182.54	239.53	131.29	0.83
Ortofosfato	55	36.37	49.62	136.42	0.80	61	201.13	193.03	95.97	0.85
Fósforo Total	61	70.30	75.92	108.00	0.30	61	303.13	195.83	64.60	0.84
Clorofila-a	61	18.44	12.57	68.20	0.17	58	111.63	52.98	47.46	0.99

Os maiores DPs foram observados na turbidez, ortofosfato, PT, nitrito, nitrato, amônio e DIN. O CV% reforça essa instabilidade, com destaque para os valores: nitrito (246,86% em Poções, 233,56% em Camalaú, 167,82% em Boqueirão e 178,27% em Acauã), nitrato (222,61% em Acauã), ortofosfato (173,00% em Camalaú), turbidez (161,57% em Boqueirão) e amônio (168,07% em Acauã), sugerindo flutuações acentuadas nos processos de entrada e retenção desses nutrientes nos reservatórios. Por outro lado, pH, temperatura e transparência da água apresentaram menores variações ($CV < 50\%$). Além disso, para todos os quatro reservatórios, o p-valor associado ao teste de Levene para cada parâmetro analisado foi $p > 0,05$, indicando homogeneidade entre os pontos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da variabilidade temporal dos parâmetros de qualidade da água nos reservatórios estudados, evidenciou os efeitos que eventos extremos como secas e intervenções estruturais, como a transposição do rio São Francisco, exercem sobre os ecossistemas aquáticos do Semiárido brasileiro. Entre 2012 e 2017, observou-se um agravamento da degradação da qualidade da água, refletindo impactos sobre a potabilidade e os múltiplos usos dos reservatórios. Com o início da transposição, os dados de 2017 a 2024 indicaram sinais de recuperação, sobretudo no reservatório de Poções, o primeiro a receber o aporte hídrico, com tendência estatística significativa de redução nos níveis de nutrientes e aumento da transparência. Contudo, nos reservatórios mais a jusante, como Boqueirão e Acauã, os efeitos positivos foram menos evidentes ou até inversos em alguns parâmetros, indicando que a melhora inicial da qualidade da água não foi mantida ao longo do sistema. As análises de regressão revelaram tendências temporais semelhantes entre os reservatórios. Esses resultados representam efeitos de curto e médio prazo, e reforçam a necessidade de monitoramento contínuo.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e à Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ), pelo projeto nº 2022/08775-0 do edital Fapesp/Fapesq 2022, à Rede de Hidrologia do Semiárido (REHISA), à Pesquisa Ecológica de Longa Duração, Rio Paraíba Integrado (PELD-RIPA), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pelo suporte à pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AESA – “Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba”, 2025.
- ANA – “Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico”, 2025.
- ASA (2024). ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. “Semiárido”.
- ATTAYDE, J. L. et al. (2011). “Impacts of introducing Nile tilapia on the fisheries of a tropical reservoir in North-eastern Brazil”. *Fisheries Management and Ecology*, 18(6), 437-443.
- BARBOSA, J. E. L. et al. (2012). “Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management”. *Acta Limnologica Brasiliensis* 24: 103–118.
- BARBOSA, J. E. L. et al. (2021). “Impacts of inter-basin water transfer on the water quality of receiving reservoirs in a tropical semi-arid region”. *Hydrobiologia*, 848, pp. 651–673.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. “Resolução CONAMA nº 357, de 15 de junho de 2005”.
- DANTAS, K. J. S. (2021). *Diversidade beta de peixes em reservatórios semiáridos em um período de seca prolongada*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2021.
- FRANÇA, J. M. B. et al. (2022). “Qualidade da água em um sistema de reservatórios em cascata – um estudo de caso no semiárido brasileiro”. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 27(1), 131–141.
- MENDES, C. F. et al. (2022). “The reduction in water volume favors filamentous cyanobacteria and heterocyst production in semiarid tropical reservoirs without the influence of the N:P ratio”. *Science of the Total Environment* (816) 151584, pp. 1 – 14.
- MONTEIRO, F. M. et al. (2021). “Submerged macrophytes support cyanobacteria and microcystin production in a drawdown tropical semiarid reservoir”. *Aquatic Ecology*, 55, pp. 875 – 890.
- OLIVEIRA, A., & JESUS, G. (2023). “O acesso à água no Semiárido: Uma análise da transposição do Rio São Francisco”. *Cadernos de Geociências*, 18(Edição Especial).
- RAMALHO, M. F. de J. L. (2013). “A fragilidade ambiental do Nordeste brasileiro: o clima semiárido e as imprevisões das grandes estiagens”. *Sociedade e Território* 25(2), pp. 104-115.
- WALTER, J. M. et al. (2018). “Occurrence of harmful cyanobacteria in drinking water from a severely drought-impacted semi-arid region”. *Frontiers in Microbiology* 9: 176.