



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

AGDA SOARES DE CARVALHO

**EFEITO DA EUTROFIZAÇÃO NA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA EM
RESERVATÓRIO RECEPTOR DA TRANSFERÊNCIA DE ÁGUAS INTERBACIAS
DO RIO SÃO FRANCISCO**

CAMPINA GRANDE

2024

AGDA SOARES DE CARVALHO

**EFEITO DA EUTROFIZAÇÃO NA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA EM
RESERVATÓRIO RECEPTOR DA TRANSFERÊNCIA DE ÁGUAS INTERBACIAS
DO RIO SÃO FRANCISCO**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado à
Universidade Estadual da Paraíba, como parte
das exigências para a obtenção do título de
Licenciada em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Ecologia Aquática

Orientadora: Prof^ª. Dra. Juliana dos Santos Severiano

Coorientadora: Prof^ª. Me. Elizabeth Amorim da Silva

CAMPINA GRANDE

2024

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

C331e Carvalho, Agda Soares de.

Efeito da eutrofização na comunidade fitoplanctônica em reservatório receptor da transferência de águas interbacias do rio são francisco [manuscrito] / Agda Soares de Carvalho. - 2024.

22 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2024.

"Orientação : Prof. Dra. Juliana dos Santos Severiano, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação".

"Coorientação: Prof. Ma. Elizabeth Amorim da Silva, Ciências Biológicas".

1. Bioindicadores. 2. Biodiversidade Aquática. 3. Impacto Ambiental. 4. Qualidade da Água. 5. Semiárido. I. Título

21. ed. CDD 577.6

AGDA SOARES DE CARVALHO

EFEITO DA EUTROFIZAÇÃO NA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA EM RESERVATÓRIO RECEPTOR DA TRANSFERÊNCIA DE ÁGUAS INTERBACIAS DO RIO SÃO FRANCISCO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso
de Ciências Biológicas da Universidade
Estadual da Paraíba, como requisito
parcial à obtenção do título de
Licenciada em Ciências Biológicas

Aprovada em: 21/11/2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado eletronicamente por:

- **Emmanuelly da Silva Oliveira** (***.144.184-**), em **17/12/2024 14:25:37** com chave **ee3a2626bc9b11ef847e1a7cc27eb1f9**.
- **Juliana dos Santos Severiano** (***.038.914-**), em **06/12/2024 09:45:05** com chave **ead1bd70b3cf11efa01d2618257239a1**.
- **Jose Etham de Lucena Barbosa** (***.666.494-**), em **06/12/2024 13:35:31** com chave **1c25bca8b3f011ef9f601a1c3150b54b**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QrCode ao lado ou acesse https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Folha de Aprovação do Projeto Final

Data da Emissão: 17/12/2024

Código de Autenticação: 702ae6



A Deus, que me conduziu e me guiou com amor. Seu fôlego de vida em mim é meu sustento, e me inspira a seguir em frente e ser resiliência, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por cada sussurro de encorajamento que acendeu a luz em meu coração nos momentos em que duvidei. Sou eternamente grata a Ele, que semeou em mim a perseverança, fazendo-a florescer mesmo nas dificuldades.

Ao meu esposo Gabriel, que não deixa me faltar amor e carinho, que me apoia e me encoraja a seguir em frente, que compartilha comigo não apenas os sorrisos, mas também as lágrimas, obrigada por celebrar cada pequena vitória e por me consolar em cada desafio.

Aos meu pai, pelo amor e apoio incondicional. A minha mãe (*in memoriam*), embora não estando fisicamente aqui, sinto sua presença e amor em meu coração. Ela foi a maior incentivadora em minha vida acadêmica.

À minha querida amiga e coorientadora desse trabalho, Elizabeth. Obrigada pelo apoio, paciência, dedicação e cuidado comigo, sua ajuda foi essencial.

À professora Dra^a Juliana que aceitou ser a minha orientadora nessa etapa tão desafiadora. Obrigada pela oportunidade e apoio e por me acolher tão bem. Tenho grande admiração.

Ao professor Dr. Etham pelo empenho e dedicação ao laboratório e por compor a minha banca examinadora, contribuindo com seu conhecimento. Tenho grande admiração.

À professora Me. Emmanuely pela disponibilidade em compor a minha banca e agregar com seu conhecimento.

Sou grata aos professores que me apoiaram durante o curso e que, com dedicação, se entregam à nobre arte de ensinar.

À UEPB pela disponibilidade do curso, no qual adquiri um grande conhecimento que abriu caminhos para novas oportunidades.

Aos colegas de classe pelos momentos de amizade e boas risadas.

RESUMO

Este trabalho investiga o impacto da Transferência de Águas Interbacias (TAIB) do Rio São Francisco para o reservatório no semiárido Epitácio Pessoa (Boqueirão), na Paraíba. O objetivo é utilizar a comunidade fitoplanctônica como bioindicador ao nível de eutrofização. Nossa hipótese previa um aumento nos níveis de eutrofização e uma homogeneização da biodiversidade local após a transferência de águas do Rio São Francisco. Os resultados confirmaram essa hipótese, revelando um aumento significativo na taxa de eutrofização, que atingiu um pico de mais de 900 espécies em maio de 2022. A metodologia envolveu amostragem dois meses por ano do fitoplâncton antes e depois da transferência. Utilizou-se o índice de eutrofização com dados de fósforo total (TP), clorofila-a, profundidade de Secchi e o índice de Bray-Curtis para analisar a similaridade da comunidade. Após a introdução de novas águas, ocorreram mudanças significativas no número de espécies, resultando em uma variação significativa na composição do fitoplâncton. Estas mudanças foram acompanhadas por uma diminuição na similaridade entre as amostras coletadas, indicando que essas mudanças não apenas intensificou o estado trófico, mas também alteraram a dinâmica das comunidades aquáticas. Esses resultados ressaltam o potencial para florações de cianobactérias tóxicas, que compromete a qualidade da água e afeta os recursos hídricos.

Palavra-Chave: bioindicadores; biodiversidade aquática; impacto ambiental; qualidade da água; semiárido.

ABSTRACT

This work investigates the impact of the Interbasin Water Transfer (IWT) from the São Francisco River to the Epitácio Pessoa (Boqueirão) reservoir in the semiarid region of Paraíba. The objective is to use the phytoplankton community as a bioindicator of the eutrophication level. Our hypothesis predicted an increase in eutrophication levels and a homogenization of local biodiversity after the transfer of waters from the São Francisco River. The results confirmed this hypothesis, revealing a significant increase in the eutrophication rate, which reached a peak of more than 900 species in May 2022. The methodology involved sampling phytoplankton two months per year before and after the transfer. The eutrophication index with data on total phosphorus (TP), chlorophyll-a, Secchi depth and the Bray-Curtis index were used to analyze community similarity. After the introduction of new waters, significant changes in the number of species occurred, resulting in a significant variation in phytoplankton composition. These changes were accompanied by a decrease in similarity between the collected samples, indicating that these changes not only intensified the trophic state, but also altered the dynamics of aquatic communities. These results highlight the potential for toxic cyanobacterial blooms, which compromise water quality and affect water resources.

Keywords: bioindicators; aquatic biodiversity; environmental impact; water quality; semiarid region.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Composição da comunidade Fitoplanctônica durante os meses antes e depois da transferência de águas do rio São Francisco.....	14
Figura 2 - Índice de eutrofização antes e depois da transferência de águas do rio São Francisco.	15
Figura 3 - Similaridade de Bray-Curtis em relação ao tempo.	17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média de Eutrofização.	16
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	METODOLOGIA	12
2.1	Área de Estudo	12
2.2	Amostra e análise da comunidade fitoplanctônica	12
2.3	Análise estatística	13
3	RESULTADOS	14
4	DISCUSSÃO	18
5	CONCLUSÃO	20
	REFERÊNCIAS	21

1 INTRODUÇÃO

Ao redor do mundo, a transferência de águas interbacias (TAIB) é uma prática adotada para solucionar problemas de distribuição e abastecimento, especialmente em regiões semiáridas e com escassez hídrica (Ma et al., 2015; Zhuang, 2016). Esse processo consiste em captar água de bacias com maior disponibilidade hídrica e direcioná-la para outras regiões, que tenha maior demanda ou déficit de água, garantindo assim o abastecimento para a população, a agricultura e outras atividades econômicas (Li et al., 2020; Sun et., 2021).

No entanto, no Brasil, a prática de TAIBs, como a do Rio São Francisco, ainda é considerada recente. Pouco se sabe sobre os impactos diretos que a introdução dessas águas pode ter nas bacias receptoras, especialmente no que diz respeito às suas características físicas, químicas e biológicas (Barbosa et al. 2021). Com base na realidade já consolidada em TAIBs de países como China e Estados Unidos, fica claro que esse tipo de intervenção antrópica pode afetar a biodiversidade aquática, a qualidade da água e o equilíbrio ecológico de sistemas receptores (He; Liu, 2020; Sun et al., 2021).

Portanto, embora tenha sido esperada uma melhora na qualidade da água devido ao aumento do volume hídrico, que resultaria na consequente diluição dos nutrientes já presentes nos sistemas receptores (RIMA, 2004), a entrada de água também pode contribuir com o aporte de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, intensificando o processo de eutrofização, e estimulando a crescimento descontrolado de algas, bloqueando a luz solar e, ao se decompor, reduzindo o oxigênio disponível na água, afetando gravemente a fauna aquática e podendo criar ambiente hostil em que poucos organismos conseguem sobreviver, prejudicando o equilíbrio do ecossistema (Esteves, 2011; Marques et al., 2019; Zang et al., 2022).

Além disso, a entrada de águas de outra bacia pode aumentar a vulnerabilidade dos ambientes receptores a invasões biológicas (Gallardo e Aldridge 2018), que pode causar a homogeneização de comunidades nativas, diminuindo a resistência do ecossistema a novas perturbações. Essas invasões podem ser ocasionadas por organismos microscópicos, cujo sua presença passa muitas vezes despercebidos devido ao seu tamanho reduzido (Silva et al. 2012; Padišák et al. 2016). Como resultado, os impactos ambientais causados por essas espécies podem ser subestimados (Silva et al. 2012; Padišák et al. 2016). Esse desequilíbrio pode afetar toda uma cadeia trófica do sistema podendo afetar atividades econômicas como a pesca e a qualidade das águas que abastecem a populações humanas (Havel et al., 2015; Corrales et al., 2020; Hassan; Nawchoo, 2020; Pegg et al., 2022).

Sendo assim, a comunidade fitoplanctônica é um excelente bioindicador para avaliar a qualidade da água antes e depois da transferência de águas interbacias do Rio São Francisco. Esses organismos microscópicos respondem rapidamente a mudanças ambientais, como variações nos níveis de nutrientes, luz e pH, tornando-se sensíveis às alterações provocadas pela entrada de água de outra bacia (Shekhar et al., 2008; Chandel et al., 2024). Esse fator é importante, pois a entrada de águas oriundas de outra bacia pode aumentar a concentração de nutrientes e intensificar a eutrofização, promovendo a proliferação de algas (Zeng et al., 2015). O monitoramento do fitoplâncton permite identificar precocemente tendências de eutrofização e possíveis explosões de algas nocivas, que são indicativas da deterioração da qualidade da água (Lan et al., 2024). Como base da cadeia alimentar aquática, as mudanças no fitoplâncton têm repercussões em todo o ecossistema, afetando desde o zooplâncton até os peixes (Reynolds, 2006; Esteves, 2011). Portanto, a análise da comunidade fitoplanctônica se torna essencial para entender os impactos ambientais das TAIBs e avaliar se esses projetos trazem benefícios ou desafios para os ecossistemas receptores.

O reservatório Epitácio Pessoa, conhecido como Boqueirão, foi o segundo reservatório do eixo leste a receber as águas da transferência interbacias do Rio São Francisco (Barbosa et al., 2020). Localizado na cidade de Boqueirão, Paraíba, ele é um ponto estratégico para avaliar as características físicas, químicas e biológicas após entrada de águas de outra bacia, pois, o mesmo é responsável pelo o abastecimento de várias cidades, em especial Campina Grande, segunda cidade mais importante do estado, tornando a qualidade da água essencial para a saúde pública (IBGE, 2024). Situado em uma região semiárida, Boqueirão possui características que o tornam particularmente vulnerável à eutrofização, como alta evaporação e, em períodos secos, baixos níveis de água (Barbosa et al., 2017, 2020). A entrada das águas do São Francisco, que podem trazer novos nutrientes, aumenta a relevância de avaliar como a qualidade da água e a biodiversidade local serão impactadas a longo prazo (Barbosa et al., 2012, 2020).

Logo, nosso trabalho tem como objetivo avaliar os níveis de eutrofização ao longo do tempo, antes e após a transferência de águas interbacias, utilizando a comunidade fitoplanctônica como indicador dos impactos na biodiversidade e no equilíbrio ecológico, a fim de analisar os efeitos causados pela transposição das águas do Rio São Francisco em um reservatório receptor. Assim, hipotetizamos que haverá um aumento dos níveis de eutrofização e homogeneização da biodiversidade local após as transferências de águas do Rio São Francisco.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no reservatório Epitácio Pessoa, mais conhecido como açude Boqueirão, localizado no estado da Paraíba, na região Nordeste do Brasil. Este reservatório pertence à bacia do rio Paraíba e é a principal fonte de abastecimento de água para Campina Grande, uma das cidades mais importantes do estado, e de municípios adjacentes. Em 18 de abril de 2017, o Boqueirão começou a receber águas da transposição do rio São Francisco, o que proporcionou um aumento gradual de seu volume. Antes dessa transferência, os municípios abastecidos pelo reservatório enfrentavam uma crise hídrica iminente, com o volume de água reduzido a apenas 2,9% de sua capacidade total.

O açude Boqueirão, situado na microrregião do Cariri, cobre uma área de 12.394,50 km² e possui capacidade máxima de 466.525.964 m³, sendo atualmente o segundo maior reservatório do estado, com um volume aproximado de 265.712.258 m³ (56,96% da capacidade total) (AESAs, 2024).

2.2 Amostra e análise da comunidade fitoplanctônica

A amostragem no reservatório foi realizada para capturar dados antes e após a chegada da água do rio São Francisco. Foram contemplados períodos anteriores à transferência de águas (julho, outubro e dezembro de 2015; março, junho e novembro de 2016; e fevereiro de 2017) e posteriores (junho e novembro de 2017; julho e dezembro de 2018; abril e outubro de 2019; dezembro de 2021; junho e novembro de 2022; e junho e novembro de 2023). Em cada mês, as coletas ocorreram em três locais do reservatório (zona de barramento, zona de transição e zona de entrada do rio Paraíba) e em três profundidades (0,5 m, limite da zona eufótica e fundo), utilizando uma garrafa de Van Dorn. A profundidade limite da zona eufótica foi estabelecida com base na transparência da água, medida pelo disco de Secchi, conforme metodologia descrita por Esteves (2011).

Essas amostragens foram planejadas para capturar a heterogeneidade espacial do reservatório e permitir uma comparação média entre os períodos antes e depois da transferência, mês a mês.

As amostras para a análise da comunidade fitoplanctônica foram acondicionadas em frascos de vidro âmbar de 250 mL, fixadas com solução de Lugol a 1% e transportadas em

caixas térmicas protegidas da luz para o laboratório. A identificação das espécies foi feita em lâminas semipermanentes, observadas em microscópio óptico Zeiss Axioskop (Carl Zeiss, Jena, Alemanha), com o auxílio de literatura especializada. A densidade (indivíduos mL⁻¹) foi calculada conforme a fórmula de Ross (1979), e o biovolume (mm³ L⁻¹) foi estimado multiplicando a densidade pelo volume médio das células (~20 indivíduos). O volume celular foi estimado com modelos geométricos descritos por Hillebrand et al. (1999). A biomassa foi obtida convertendo o biovolume em massa fresca, considerando que 1 mm³ L⁻¹ equivale a 1 mg L⁻¹ (Wetzel; Likens, 2000).

2.3 Análise estatística

Para verificar o estado trófico do reservatório durante os períodos analisados em relação ao impacto da transferência de águas interbacias sobre a qualidade da água e a composição fitoplanctônica, utilizou-se um índice de eutrofização com dados de fósforo total (TP), clorofila-a e profundidade de Secchi. As coletas ocorreram em diferentes pontos e meses no reservatório de estudo. O índice foi calculado pela fórmula:

$$IET_{final} = (IET_p + IET_{Cl} + IET_{SD}) / 3$$

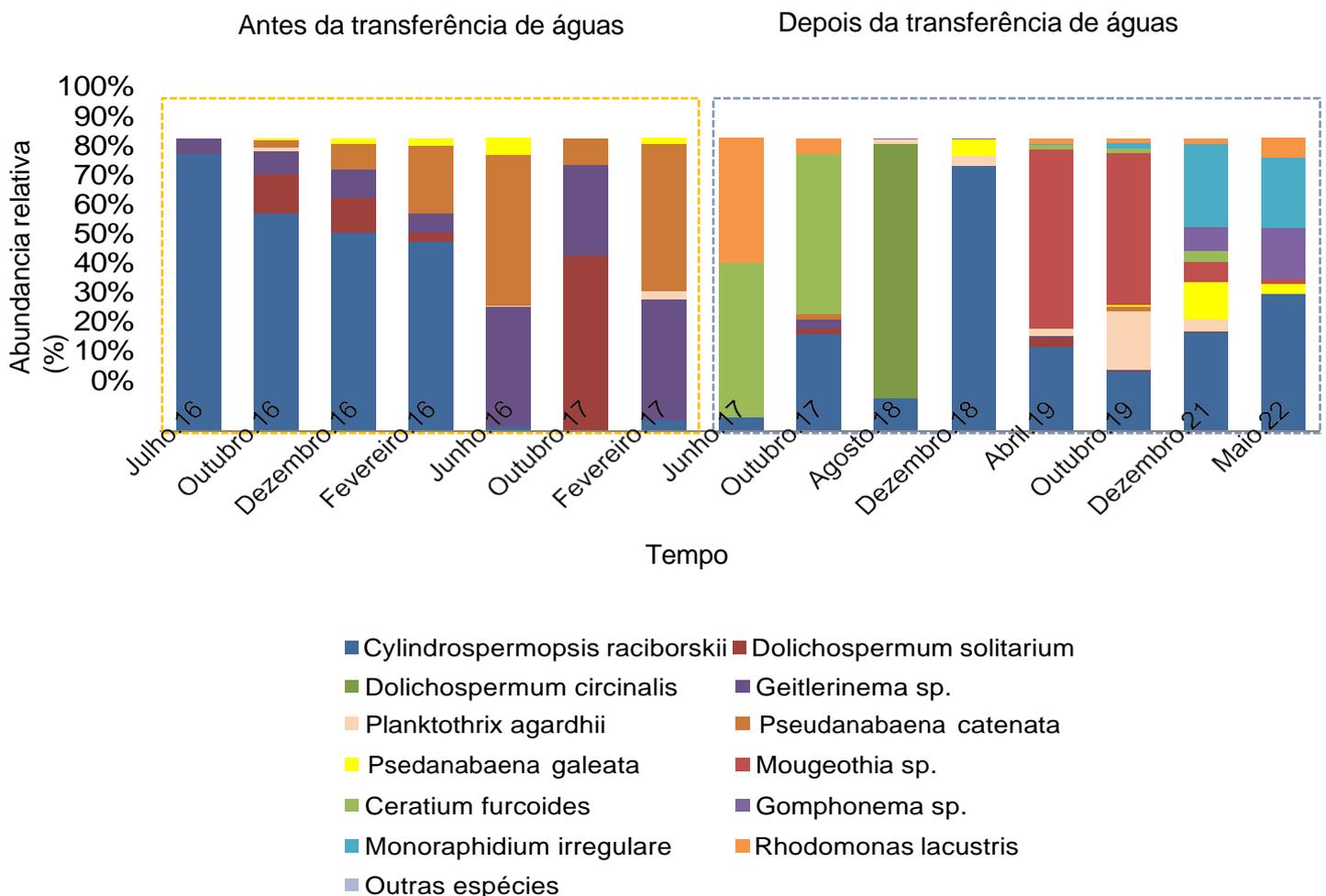
Com peso atribuído a cada variável para refletir sua influência sobre a eutrofização, e, posteriormente, aplicou-se uma análise de variância (ANOVA) para identificar variações sazonais.

Para comparar a similaridade entre as comunidades ao longo dos meses, o índice de Bray-Curtis foi calculado a partir das abundâncias de espécies em uma matriz de similaridade, usando o pacote *vegan* no R. Realizou-se um teste de Kruskal-Wallis e um teste de Dunn para comparar a similaridade entre os meses, visualizada por meio de um boxplot que destacou as variações mensais na composição das comunidades aquáticas, evidenciando os efeitos da transposição sobre a biodiversidade do sistema receptor.

3 RESULTADOS

Foram identificadas 117 espécies fitoplanctônicas no reservatório Boqueirão, distribuídas em Cyanobacteria (25 espécies), Chlorophyceae (44 espécies), Bacillariophyceae (30 espécies), Euglenophyceae (10 espécies), Dinophyceae (3 espécies) e Chrysophyceae (5 espécies). Entre julho de 2016 e fevereiro de 2017, *Raphidiopsis raciborskii* dominou, alcançando até 89,9% da biomassa. Após a transferência de águas (junho de 2017 a maio de 2022), houve mudanças na composição: *Ceratium furcoides* predominou em 2017, *Dolichospermum circinalis* em 2018, e *Mougeothia sp.* em 2019. Entretanto, *C. raciborskii* voltou a dominar, especialmente em dezembro de 2021 e maio de 2022 (Figura 1).

Figura 1- Composição da comunidade Fitoplanctônica durante os meses antes e depois da transferência de águas do rio São Francisco.

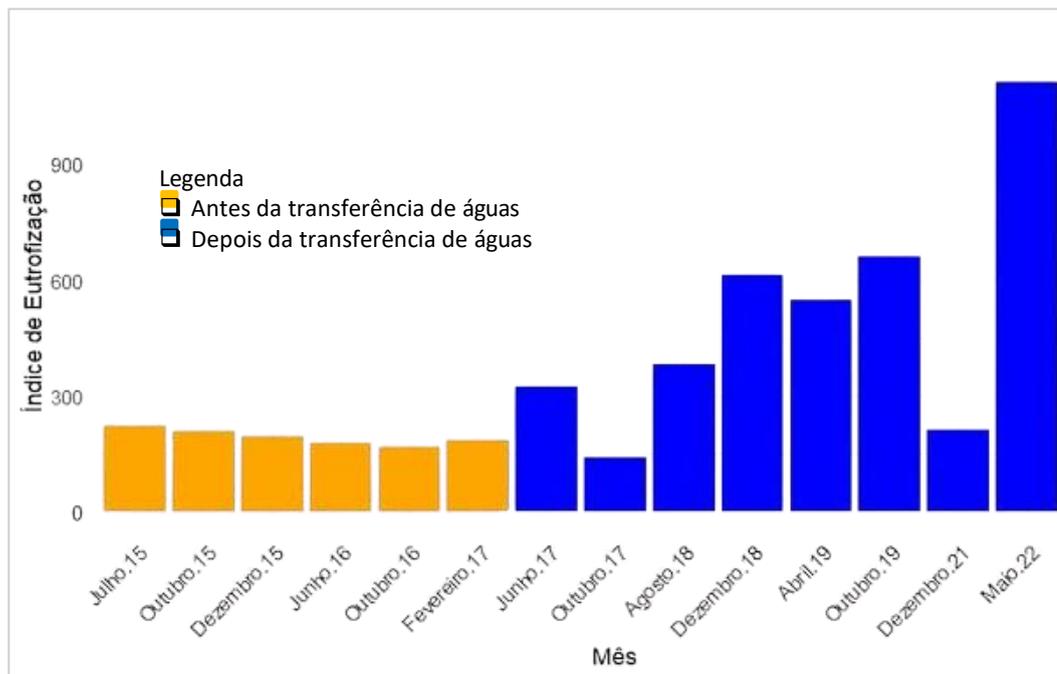


Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Os dados mostram uma mudança significativa no índice de eutrofização antes e depois da transferência de águas (Figura 2). No período entre junho de 2015 e fevereiro de 2017, antes da transferência, o índice de eutrofização manteve-se estável, com valores entre 200 e 300, indicando baixa variação na concentração de nutrientes.

Após a transferência, a partir de junho de 2017, observou-se um aumento gradual no índice, com um crescimento mais acentuado a partir de agosto de 2018. Desde abril de 2019, os valores se estabilizaram em níveis altos, entre 600 e 800. O maior pico foi registrado em maio de 2022, quando o índice ultrapassou 900, um valor muito superior ao período antes da transferência.

Figura 2- índice de eutrofização antes e depois da transferência de águas do rio São Francisco.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

A análise dos dados de eutrofização entre 2015 e 2022 mostrou uma tendência de aumento nos níveis de nutrientes nos corpos d'água estudados. Nos anos iniciais (2015-2017), as médias de eutrofização foram majoritariamente classificadas como mesotróficas, indicando níveis intermediários de nutrientes. Entretanto, a partir de 2018, as classificações eutróficas passaram a predominar, com picos expressivos, como em maio de 2022, que atingiu 123,58, sugerindo uma elevação considerável nos nutrientes. (Tabela 1)

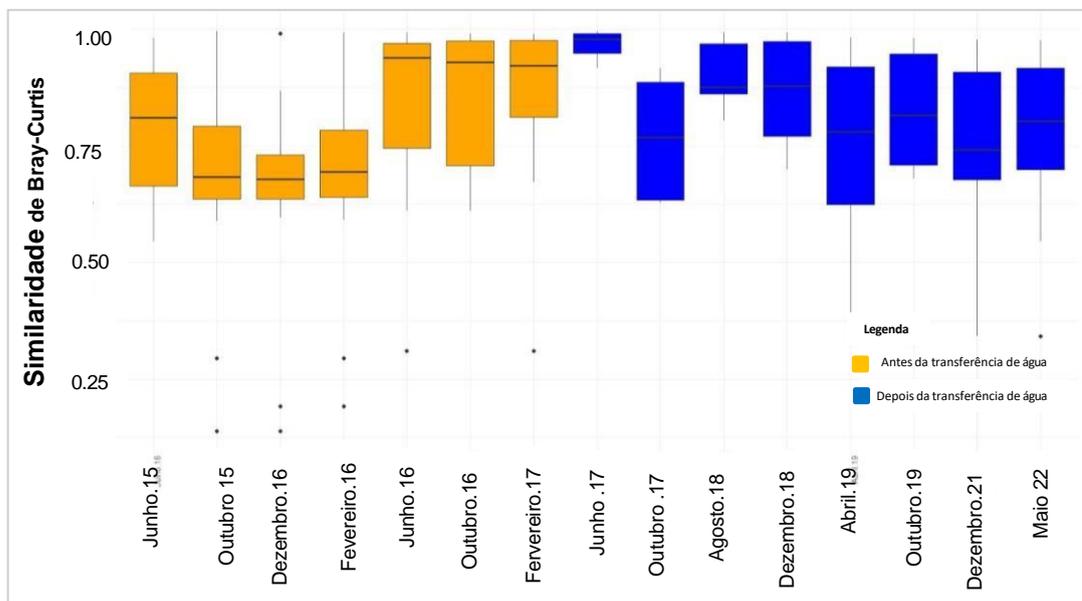
Tabela 1- Média de Eutrofização

	Tempo	Média de Eutrofização	Classificação
Antes da transferência	jul/15	24,65	Mesotrófico
	out/15	22,85	Mesotrófico
	dez/15	21,33	Mesotrófico
	jun/16	19,74	Oligotrófico
	out/16	18,33	Oligotrófico
	fev/17	22,66	Mesotrófico
Depois da transferência	jun/17	40,41	Eutrófico
	out/17	15,57	Oligotrófico
	ago/18	42,15	Eutrófico
	dez/18	67,82	Eutrófico
	abr/19	60,66	Eutrófico
	out/19	73,22	Eutrófico
	dez/21	23,18	Mesotrófico
	mai/22	123,57	Eutrófico

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Ao analisar a similaridade de Bray-Curtis entre amostras coletadas em diferentes períodos do reservatório Boqueirão, observamos que, antes da transferência, a semelhança é mais variada, com valores medianos mais próximos de 0,75. Enquanto, após a transferência, há uma tendência de queda na similaridade no qual houve uma significância na análise onde $p < 0,05$.

Figura 3- Similaridade de Bray-Curtis em relação ao tempo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

4 DISCUSSÃO

Os resultados do nosso estudo confirmaram a hipótese inicial de que ocorreria um aumento nos níveis de eutrofização e homogeneização da biodiversidade local após a chegada das novas águas, mostrando assim impactos da transferência interbacias do Rio São Francisco para o reservatório receptor, Boqueirão. De acordo com os nossos resultados, as análises demonstram uma correlação direta entre a transferência de águas sob o reservatório Boqueirão e as mudanças na qualidade da água, composição fitoplanctônica e estabilidade do ecossistema.

Inicialmente, a **figura 1** mostra que a comunidade fitoplanctônica era dominada pela espécie *Raphidiopsis raciborskii* antes da transferência, com esta cianobactéria representando até 89,9% da biomassa total em 2016. Esse cenário de dominância estável indica que as condições ambientais, incluindo a disponibilidade de nutrientes e temperatura, favoreciam essa espécie adaptada a ambientes eutrofizados (Reynolds, 2006; Mu et al., 2020). Pois, a temperatura da água, pode influenciar diretamente o crescimento e a reprodução das cianobactérias. As temperaturas mais elevadas favorecem o desenvolvimento de espécies adaptadas a ambientes eutrofizados, (Brito, 2024). Outro fator que favorece as florações de cianobactérias é que podem ser influenciadas pela predação de categorias tróficas superiores. Dessa forma, se os predadores em níveis superiores forem mais resilientes, a população de cianobactérias poderá ser mantida sob controle. (Berg e Sutula, 2015).

A estabilidade da composição da comunidade e o predomínio de cianobactéria sugerem que, antes da transferência, os nutrientes estavam em níveis que mantinham uma flora fitoplanctônica menos variável e previsível.

Enquanto a **figura 2** e a **Tabela 1** revelam como a transferência de águas influenciou o aumento do índice de eutrofização, evidenciado pelo crescimento significativo desse índice após 2017. Os valores estabilizados entre 600 e 800, com picos superiores a 900 em 2022, sugerem que a introdução de águas trouxe uma carga elevada de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, favorecendo o ambiente para o crescimento de cianobactérias e outras algas (Haakonsson et al., 2017; Pu et al., 2020). Em outros estudos já se tem indícios de que os corpos d'água da bacia do São Francisco sofrem com níveis consideráveis de poluição, o que aumenta o risco de eutrofização nas áreas receptoras. Selge et al. (2016) destacam que o reservatório de Itaparica, que desvia água para o rio Paraíba, possui uma carga de fósforo que ultrapassa a capacidade de suporte devido a fontes como esgoto e práticas de aquicultura, contribuindo significativamente para o acúmulo de nutrientes na bacia receptora. Isso é corroborado por Marques et al. (2019), que também apontam o histórico de eutrofização nos

corpos d'água da região, indicando a necessidade de monitoramento e controle dos insumos de nutrientes transferidos para mitigar os impactos ambientais

Esse aumento de nutrientes levou a uma reconfiguração da comunidade fitoplanctônica: espécies como *Ceratium furcoides* passaram a predominar logo após a transferência, seguidas por *Dolichospermum circinalis* e *Mougeothia sp.* nos anos subsequentes, conforme detalhado na figura 1. Essa mudança nas espécies dominantes sugere que as novas condições do reservatório, com maior variabilidade nutricional, permitiram o surgimento de espécies oportunistas que se adaptam a diferentes regimes de nutrientes (Sutherland et al., 2020; Mercado et al., 2022).

A queda na similaridade entre as amostras ao longo do tempo, conforme mostrado na figura 3 (similaridade de Bray-Curtis), reforça a hipótese de instabilidade ambiental pós-transferência. Antes da transferência, a similaridade era alta (média de 0,75), indicando uma comunidade fitoplanctônica relativamente constante. Após a transferência, a menor similaridade aponta uma maior variação entre as amostras, sugerindo que as condições físico-químicas mais dinâmicas do ambiente favoreceram a diversificação temporal das espécies dominantes (Silva et al., 2021). Isso contribui para uma maior flutuação da comunidade e reflete a tentativa de adaptação do ecossistema ao aumento dos nutrientes e mudanças nas condições ambientais (Rocha-Júnior et al., 2018).

Com isso, nossos resultados indicam um impacto ambiental prolongado e alerta para o potencial de florações tóxicas de cianobactérias, com implicações diretas para a qualidade da água e o abastecimento (Silva et al., 2021). A queda na similaridade e a persistência de níveis elevados de eutrofização (Tabela 1 e figura 2) evidenciam que o reservatório ainda se encontra em processo de ajuste às novas condições introduzidas pela transferência de águas. Portanto, estratégias de controle de nutrientes, zonas de amortecimento e monitoramento contínuo são essenciais para reduzir o avanço da eutrofização e preservar o equilíbrio ecológico no Boqueirão.

5 CONCLUSÃO

O estudo indica que a troca de águas interbacias pode resultar em impactos consideráveis para os ecossistemas receptores. Apesar de ter aumentado o volume de água vital para o consumo humano, os efeitos na qualidade da água e na biodiversidade são alarmantes. A utilização da comunidade fitoplanctônica como indicador ambiental demonstrou ser eficiente no acompanhamento dessas alterações, ressaltando a importância de uma administração meticulosa das práticas de transferência de água para atenuar os impactos negativos nos ecossistemas aquáticos. É crucial a manutenção do monitoramento para compreender melhor as dinâmicas ecológicas em jogo e assegurar que as ações humanas não prejudiquem ainda mais os recursos hídricos vitais para as comunidades locais.

REFERÊNCIAS

- AESA. Volume dos açudes. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/ultimos-volumes/>. Acesso em: 12/10/2024.
- BARBOSA, José Etham de Lucena et al. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, p. 103-118, 2012.
- Berg M e Sutula M. (2015). “Factors affecting the growth of cyanobacteria with special emphasis on the Sacramento-San Joaquin Delta”. Southern California Coastal Water Research Project, Technical Report 869.
- BRITO, S. S. (2024). Cianobactérias em efluente de lagoas de estabilização de alta taxa e a problemática associada ao corpo receptor: Estudo de caso da ETE PARANOÁ – Distrito Federal. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PPGTARH.DM – 265/2024, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 105p.
- CORRALES et al., 2020; HAVEL et al., 2015; HASSAN; NAWCHOO, 2020; PEGG et al., 2022
- CORRALES, Xavier et al. Advances and challenges in modelling the impacts of invasive alien species on aquatic ecosystems. **Biological Invasions**, v. 22, n. 3, p. 907-934, 2020.
- GALLARDO, Belinda; ALDRIDGE, David C. Inter-basin water transfers and the expansion of aquatic invasive species. **Water Research**, v. 143, p. 282-291, 2018.
- HASSAN, Afrozah; NAWCHOO, Irshad A. Impacto de plantas invasoras em ecossistemas aquáticos. **Biorremediação e biotecnologia: abordagens sustentáveis para a degradação da poluição**, p. 55-73, 2020.
- HAVEL, John E. et al. Aquatic invasive species: challenges for the future. **Hydrobiologia**, v. 750, p. 147-170, 2015.
- HE, Chansheng; LIU, Yanxu. Comparação da gestão de recursos hídricos entre a China e os Estados Unidos. **Geografia e Sustentabilidade**, v. 1, n. 2, p. 98-108, 2020.
- IBGE. Campina Grande (PB) - Panorama. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama>. Acesso em: 13 nov. 2024.
- LAN, Jiaxin et al. Harmful Algal Blooms in Eutrophic Marine Environments: Causes, Monitoring, and Treatment. **Water**, v. 16, n. 17, p. 2525, 2024.
- LI, Yuan et al. Spatio-temporal variation and risk assessment of hydrochemical indices in a large diversion project of the Yellow River, northern China, from 2008 to 2017. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, p. 28438-28448, 2020.
- MARQUES, Érika Tavares; GUNKEL, Günter; SOBRAL, Maria Carmo. Management of tropical river basins and reservoirs under water stress: experiences from Northeast Brazil. **Environments**, v. 6, n. 6, p. 62, 2019.

MERCADO, Jesús M. et al. Analisando fatores ambientais que favorecem o crescimento da macroalga marrom invasora *Rugulopteryx okamuræ* (Ochrophyta): O provável papel do excesso de nutrientes. **Marine Pollution Bulletin** , v. 174, p. 113315, 2022.

PADISÁK, Judit; VASAS, Gábor; BORICS, Gábor. Phycogeography of freshwater phytoplankton: traditional knowledge and new molecular tools. **Hydrobiologia**, v. 764, p. 3-27, 2016.

PEGG, Josephine et al. Impacts of alien invasive species on large wetlands. In: **Fundamentals of tropical freshwater wetlands**. Elsevier, 2022. p. 487-516.

PYŠEK, Petr et al. Scientists' warning on invasive alien species. **Biological Reviews**, v. 95, n. 6, p. 1511-1534, 2020.

RIMA - Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente do Projeto de integração do rio São Francisco com bacias hidrográficas do nordeste setentrional, Brasília, Ministério da Integração Nacional, 136p. Jun. 2004. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/saofrancisco/integracao/rima.asp>>. Acesso em: 13 novembro. 2024.

Rocha Júnior, C. A. N., Costa, M. R. A., Menezes, R. F., Attayde, J. L. & Becker, V. Water volume reduction increases eutrophication risk in tropical semi-arid reservoirs. *Acta Limnologica Brasiliensia* 30: e106, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2117>

SILVA, Lidiane Cristina da et al. Invasion of the dinoflagellate *Ceratium furcoides* (Levander) Langhans 1925 at tropical reservoir and its relation to environmental variables. **Biota Neotropica**, v. 12, p. 93-100, 2012.

SILVA, Ranielle Daina dos Santos et al. Cianobactérias em reservatórios do semiárido paraibano. In: BARBOSA, José Etham de Lucena; SEVERIANO, Juliana dos Santos (Org.). *Rede de Hidrologia do semiárido: biodiversidade, ecologia e desafios para sustentabilidade*. São Paulo: Amavisse, 2021. p. 71.

SUN, Siao et al. Desvendando o efeito da transferência de água entre bacias na redução da escassez de água e sua desigualdade na China. **Water Research** , v. 194, p. 116931, 2021.

SUTHERLAND, Donna L.; BURKE, Joel; RALPH, Peter J. Flow-way water depth affects algal productivity and nutrient uptake in a filamentous algae nutrient scrubber. **Journal of Applied Phycology**, v. 32, n. 6, p. 4321-4332, 2020.

ZANG, Nan et al. Avaliação de risco de eutrofização considerando efeitos conjuntos da qualidade da água e quantidade de água para um reservatório receptor no Projeto de Transferência de Água do Sul para o Norte, China. **Journal of Cleaner Production** , v. 331, p. 129966, 2022.

ZENG, Qinghui; QIN, Lihuan; LI, Xuyong. The potential impact of an inter-basin water transfer project on nutrients (nitrogen and phosphorous) and chlorophyll a of the receiving water system. **Science of the Total Environment**, v. 536, p. 675-686, 2015.