

DINÂMICA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA NO RESERVATÓRIO EPITÁCIO PESSOA, PARAÍBA: IMPLICAÇÕES PARA QUALIDADE DA ÁGUA

Aluska Ramos de Souza⁸⁵
Maria Eduarda de Melo Santos Oliveira⁸⁶
Camila Ferreira Mendes⁸⁷
Daniely de Lucena Silva⁸⁸
José Etham de Lucena Barbosa⁸⁹

⁸⁵) Estudante de Graduação em Ciências Biológicas; Universidade Estadual da Paraíba; Campina Grande, PB; aluska.souza@aluno.uepb.edu.br

⁸⁶) Estudante de Graduação em Ciências Biológicas; Universidade Estadual da Paraíba; Campina Grande, PB; eduardaichh@gmail.com

⁸⁷) Pós-Doutoranda; Programa de Ecologia e Conservação; Universidade Estadual da Paraíba; Campina Grande, PB; camilafmendes@hotmail.com

⁸⁸) Pós-Doutoranda; Programa de Ecologia e Conservação; Universidade Estadual da Paraíba; Campina Grande, PB; danyquimicg@gmail.com

⁸⁹) Professor Adjunto; Universidade Estadual da Paraíba; Campina Grande, PB; ethambarbosa@hotmail.com

Introdução

No semiárido brasileiro, a baixa renovação da água e o balanço hídrico negativo tornam os reservatórios altamente vulneráveis à eutrofização, caracterizada pelo enriquecimento excessivo de nutrientes como fósforo (P) e nitrogênio (N). Esse fenômeno pode levar à proliferação descontrolada de algas e cianobactérias, algumas delas potencialmente tóxicas, comprometendo a qualidade da água, a saúde humana e a biodiversidade aquática (Springer, 2017; Le Moal et al., 2019; Andrade et al., 2020; Kohatsu, 2020). Dentre as principais alterações antrópicas, as mais comuns incluem a retirada da cobertura vegetal, alteração nas formas topográficas, aumento do escoamento superficial, acúmulo de resíduos sólidos e poluição hídrica, todas impactando diretamente a qualidade da água (Maranhão, 2011; Wroblewski et al., 2021).

Nos reservatórios do semiárido, observa-se que a comunidade fitoplânctônica é composta, em grande parte, por cianobactérias e clorofíceas (Cardoso et al., 2023). A proliferação dessas comunidades é particularmente relevante, uma vez que as cianobactérias podem incluir espécies tóxicas e, em altas densidades, comprometem a qualidade ambiental e a segurança hídrica. Assim, a análise da abundância de fitoplâncton em um corpo d'água é considerada uma abordagem robusta para avaliar a qualidade e a saúde dos ecossistemas aquáticos. Essa diretriz é reforçada pela resolução CONAMA 357/2005, que sugere, nos Artigos 8º e 3º, a utilização de bioindicadores como meio de avaliação da qualidade da água, considerando-se organismos e comunidades aquáticas (Souza et al., 2021).

Além disso, o acúmulo de resíduos sólidos, principalmente em áreas urbanas, e a ausência de tratamento adequado de efluentes são problemas recorrentes em muitas regiões do semiárido, contribuindo ainda mais para o aumento da carga orgânica e inorgânica nos reservatórios (Fernandes et al., 2021). Esse cenário intensifica o desenvolvimento de espécies oportunistas, que, em alguns casos, produzem toxinas prejudiciais à saúde humana e animal, além de dificultar o uso da água para consumo e outras atividades econômicas (Dias et al., 2022).

O Açude Epitácio Pessoa, popularmente conhecido como Açude Boqueirão, representa um dos mais importantes reservatórios da Paraíba, essencial para a sustentabilidade hídrica em uma região marcada pela variabilidade climática e longos períodos de estiagem. Situado no município de Boqueirão, o reservatório é administrado pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESPA) e desempenha um papel estratégico no abastecimento de água para um conjunto de municípios, incluindo Campina Grande, a segunda maior cidade do estado e um núcleo econômico vital da região semiárida (Silva et al., 2020; Pereira et al., 2018). Atualmente, o açude abastece cerca de 19 municípios, entre eles Campina Grande, Queimadas, Caturité, Boa Vista, Lagoa Seca e Pocinhos, alcançando aproximadamente 1 milhão de habitantes (Nascimento & Araújo, 2019). Essa abrangência torna o açude não apenas uma fonte crucial para o consumo humano, mas também para o desenvolvimento de atividades agrícolas e industriais que sus-

tentam a economia local.

A influência antrópica sobre os ecossistemas aquáticos do semiárido brasileiro é um fator determinante para a dinâmica da comunidade fitoplanctônica nesses ambientes. Portanto, a compreensão da influência antrópica na dinâmica da comunidade fitoplanctônica é essencial para a implementação de estratégias de manejo e conservação dos reservatórios do semiárido. Estudos contínuos e focados nas mudanças da estrutura e abundância da comunidade fitoplanctônica em resposta às atividades humanas podem fornecer indicadores cruciais para a avaliação da saúde dos ecossistemas aquáticos e para o desenvolvimento de políticas públicas que visem à segurança hídrica e à preservação da biodiversidade na região (Souza et al., 2021; Cardoso et al., 2023).

Objetivo

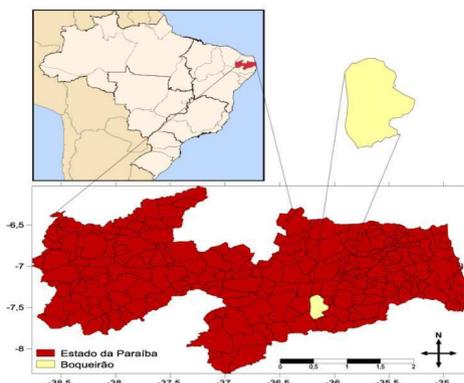
Avaliar a dinâmica da comunidade fitoplanctônica do reservatório Epitácio Pessoa, considerando as variações na composição e abundância das espécies.

Metodologia

Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado no reservatório Epitácio Pessoa, localizado na região do cariri. De acordo com a classificação de Köppen de Geiger (1928), a área de estudo possui clima Semiárido Quente (BSh). O reservatório estudado está distribuído na bacia hidrográfica do Rio Paraíba, (AESA, 2022). Este sistema aquático é de grande importância, uma vez que dentre seus usos múltiplos, estão o abastecimento público, irrigação, atividades agrícolas e pecuárias e recreação.

Figura 1: Localização geográfica do município de Boqueirão-PB.



Fonte: André Aires (2016)

Amostragens e variáveis ambientais

As amostragens foram realizadas trimestralmente durante o ano de 2021, compreendidas entre os meses de fevereiro, maio, agosto e novembro. Uma sonda multiparamétrica HORIBA® U-50 foi utilizada in situ para mensurar os seguintes parâmetros: temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (mg L⁻¹), pH, sólidos totais dissolvidos (g L⁻¹), turbidez (NTU) e a salinidade.

Para a análise das concentrações de nutrientes e clorofila-a, amostras de 500 mL de água foram coletadas e armazenadas em frascos plásticos, acondicionadas em caixas térmicas e conduzidas ao laboratório para mensurar as concentrações de ammonium (µg L⁻¹), nitrato (µg L⁻¹), nitrito (µg L⁻¹), fósforo reativo solúvel (SRP; µg L⁻¹) e fósforo total (µg L⁻¹), de acordo com as técnicas descritas em APHA (2012).

Coleta e análise da comunidade fitoplanctônica

O fitoplâncton para análise quantitativa foi coletado diretamente na superfície da água em garrafas de (100mL), em seguida o material foi fixado com lugol a 1%. As amostras foram analisadas através do método de contagem em câmara de sedimentação, conforme descrito por Uthermöhl (1958) com auxílio de microscópio invertido com o aumento de 400x (Zeiss Axiovert). O biovolume (mm³ L⁻¹) foi estimado multiplicando a densidade das espécies pela média do volume das células (~30 indivíduos) calculado a partir de modelos geométricos aproximados às formas das células, conforme descrito por Hillebrand et al. (1999). Por fim, cada mm³ L⁻¹ do biovolume da comunidade fitoplanctônica foi convertido em mg L⁻¹ de biomassa (Wetzel and Liguens, 2000).

A identificação e a classificação dos táxons foram baseadas em Komárek and Anagnostidis 1999, 2008; Sant'Anna et al. 2007; Silva 1999; Bicudo 2004; Biolo et al. 2009; Alves-da-Silva and Tamanaha 2008 e Germain 1981.

Análises dos dados

Os dados das variáveis físicas e químicas, bem como da comunidade fitoplanctônica foram plotados em tabelas no excel para análise iniciais exploratórias. Para avaliar a relação entre a biomassa da comunidade fitoplanctônica e as variáveis ambientais, realizamos uma Análise de Redundância (RDA) utilizando o pacote vegan. Os dados de biomassa e ambientais foram padronizados e foi verificado se havia colinearidade entre as variáveis através do VIF (Variance Inflation Factor). Os gráficos de ordenação foram gerados pelo pacote ggplot2. As análises foram calculadas no programa R, versão 4.2.2 (R Development Core Team, 2023). Os dados físicos e químicos foram relacionados aos padrões para águas de classe 2

de acordo com a Resolução CONAMA N 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005).

Resultados

Nossos resultados para as variáveis químicas demonstram que, especialmente para o fósforo total, a média durante o ano ultrapassou os limites exigidos pela Resolução CONAMA, para os sistemas de classe 2, sendo observada a maior concentração no mês de maio e agosto com valores de 0,039 mg/L, quando o permitido é de 0,030 mg/L. Esse fato merece atenção, pois o fósforo é um dos principais nutrientes responsáveis pela eutrofização (BALI; GUEDDARI, 2019). Os demais parâmetros analisados atenderam o recomendado. O pH, por exemplo, manteve-se estável ao longo do ano, variando dentro do intervalo permitido de 6 a 9, o que reflete um ambiente adequado para a maioria das espécies aquáticas. Da mesma forma, a concentração de sólidos totais dissolvidos esteve consistentemente abaixo do limite de 500 mg/L, O oxigênio dissolvido, registrou seu valor mínimo no mês de fevereiro, com uma concentração de 6,9 mg/L, bem acima do limite mínimo de 5,0 mg/L. No que diz respeito à turbidez, os valores medidos durante o ano também atenderam aos padrões, permanecendo abaixo do limite máximo de 100 UNT. Para o nitrato, outro nutriente chave para o crescimento de plantas e algas, os níveis permaneceram baixos, com um valor máximo registrado de 0,050 mg/L, muito abaixo do limite de 10 mg/L e a temperatura se manteve abaixo dos 30°C (Tabela 1).

Tabela 1: Parâmetros físico-químico no Açude Epitácio Pessoa no ano de 2021. Referentes aos meses de fevereiro, maio, agosto e novembro. Valores em negrito não atenderam os padrões para classe 2, resolução CONAMA.

	Fósforo Total (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Oxigênio dissolvido (mg/L)	pH	Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Temperatura água (°C)	Sólidos dissolvidos (mg/L)	Precipitação	Orto fosfato dissolvido (mg/L)	Turbidez (NTU)
FEV	0,027	0,038	6,930	8,73	0,059	27,61	216,400	22,7	0,004	17,190
MAIO	0,039	0,024	11,360	8,99	0,058	26,27	180,200	58,4	0,039	25,600
AGO	0,039	0,050	8,950	8,85	0,071	26,00	256,000	12,7	0,013	15,800
NOV	0,015	0,027	9,320	8,84	0,042	26,60	270,800	0,0	0,006	6,700

Fonte: os autores 2024

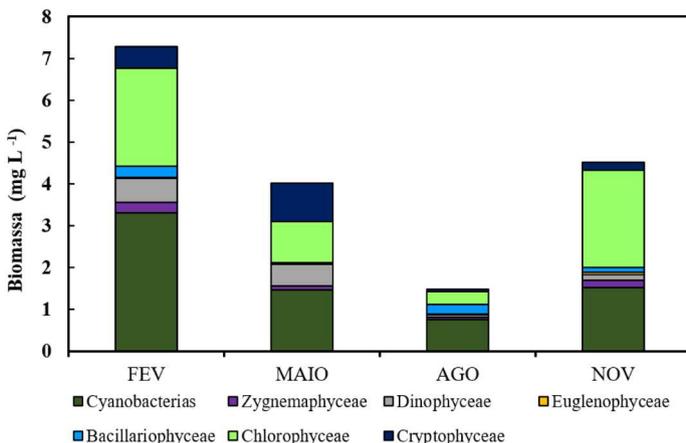
Para a comunidade fitoplanctônica, foram identificadas 48 espécies distribuídas em 6 classes e as cianobactérias. A classe mais representativa foi Chlorophyceae com 14 espécies, seguida das Cyanobacteria com 13 espécies, Bacillariophyceae com 6 espécies, Zygnemaphyceae com 3 espécies, Dinophyceae, Euglenophyceae e Cryptophyceae com 2 espécies. A composição florística foi semelhante a outros estudos desenvolvidos em outros reservatórios do semiárido.

(Medeiros et al., 2021 e Lima et al., 2021). Assim como no presente estudo, que também analisou ambientes lênticos as condições físico-químicas decorrentes da redução do volume de água podem estar relacionadas ao aumento de Cyanobacteria, organismos adaptáveis que prosperam em ambientes adversos, como águas eutrofizadas com alto teor de nutrientes, sendo indicadores de má qualidade da água. Em contraste, as Chlorophyceae, algas verdes cosmopolitas, são mais comuns em corpos d'água tropicais oligotróficos, com baixa concentração de nutrientes. São consideradas bioindicadores de ambientes menos impactados (CARDOSO et al., 2017).

Em relação a biomassa, as Cyanobactérias e Chlorophyceae dominaram no mês de fevereiro, que apresentou o valor mais alto de biomassa ao longo do ano. Percebe-se uma diminuição significativa da biomassa no mês de maio e agosto, atingindo o menor valor neste último. Em maio, as cyanobacterias foi o grupo com maior abundancia, embora com pouca diferença em relação as Chlorophyceae juntamente com as Zygnemaphyceae. Em agosto, as Cyanobacteria mantiveram sua presença dominante. No mês de novembro, a biomassa voltou a crescer, com as Chlorophyceae dominando (figura 2)

As Cyanobacteria representam uma preocupação para a qualidade da água, pois são conhecidas como potenciais produtoras de toxinas, como microcistinas e saxitoxinas. Essas toxinas podem contaminar fontes de água, causando problemas de saúde pública e afetando negativamente a biodiversidade aquática. Estudos de Paerl e Otten (2016) e Huisman et al. (2018) indicam que a alta biomassa de Cyanobactérias e a formação de blooms, especialmente em períodos com alta disponibilidade de nutrientes e luz, podem resultar em anóxia e depleção de oxigênio dissolvido, prejudicando a fauna aquática e reduzindo a qualidade da água para consumo humano.

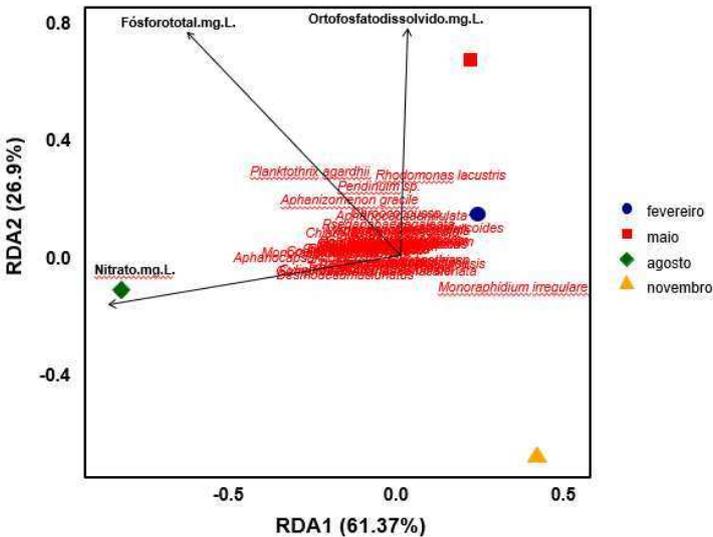
Figura 2: Abundância relativa de diferentes classes de fitoplâncton, para o ano de 2021.



Fonte: os autores 2024

Os resultados da RDA 1 explicaram 61,37% da variabilidade total dos dados, evidenciando uma clara separação entre os meses ao longo do período analisado. O mês de agosto destacou-se significativamente, como o mais diferenciado em relação aos outros meses e apresentando uma forte correlação com a concentração de nitrato, um nutriente frequentemente associado ao crescimento acelerado de algumas espécies fitoplanctônicas em ambientes aquáticos (Cunha et al., 2022). Em contraste, o mês de maio mostrou-se mais relacionado com a presença de ortofosfato dissolvido, um elemento crucial no processo de fotossíntese e crescimento de organismos aquáticos. Já o mês de fevereiro destacou-se por apresentar a maior diversidade de espécies relacionadas e, conseqüentemente, foi o período de maior biomassa, indicando condições ambientais que favorecem a proliferação de diversas comunidades algais. Esses resultados sugerem uma dinâmica sazonal significativa na composição e biomassa da comunidade, com diferentes nutrientes influenciando o perfil fitoplanctônico ao longo dos meses analisados. (figura 3)

Figura 3: Análise de Escalonamento Redundante (RDA)



Referências

- Andrade, V. R., et al. (2020). Eutrofização e seus impactos na qualidade da água e saúde pública. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 25(1), 1-15.
- BALI, M., GUEDDARI, M (2019). “Remoção de fósforo de efluentes secundários usando processo de infiltração-percolação”. *Appl Water Sci* v. 9, pp. 54
- CUNHA, V. V. et al. (2022). “Nitrite regeneration in the oligotrophic Atlantic Ocean.” *Biogeosciences Discussions*, 19(5), 1527-1554. DOI: 10.5194/bg-2021-184.
- Kohatsu, T. (2020). O impacto das cianobactérias em sistemas aquáticos eutrofizados. *Revista Ambiental*, 8(2), 56-65.
- Lima, A. R., & Santos, A. C. (2022). Phytoplankton dynamics in a Brazilian semi-arid reservoir: responses to environmental changes. *Brazilian Journal of Biology*, 82, e250731. DOI: 10.1590/1519-6984.250731.
- Medeiros, M. R., & Calijuri, M. C. (2021). Phytoplankton structure in a tropical reservoir: seasonal and spatial variations. *Journal of Limnology*, 80(1), 118-132. DOI: 10.4081/jlimnol.2021.2043.
- Nascimento, R. M., & Araújo, E. T. (2019). O impacto da gestão hídrica do açude Epitácio Pessoa sobre a economia local. *Revista de Estudos Regionais e Urbanos*, 15(3), 227-244.
- Pereira, S. D., Silva, M. F., & Santos, A. C. (2018). Abastecimento de água em Campina Grande e o papel estratégico do Açude Epitácio Pessoa no semiárido paraibano. *Ciência e Saneamento Ambiental*, 9(2), 90-102.
- Silva, J. R., Lima, G. C., & Oliveira, L. A. (2020). Gestão dos recursos hídricos no semiárido: estudo de caso do Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão-PB). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 25(1), 53-62. DOI: 10.1590/2318-0331.2520202018.
- SOUZA, J. S., et al. (2021). “Phytoplankton dynamics and ecological indices as tools for assessing water quality in a semi-arid reservoir in Brazil.” *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(9), 1-14.
- Springer, M. (2017). *Ecologia aplicada: teoria e prática na conservação de ecossistemas aquáticos*. São Paulo: Interciência.
- FARIAS, André Aires de; SOUSA et al. (2017). Secas e seus impactos no município de Boqueirão, PB, Brasil. *Ambiente & Água*, v. 12, n. 1, p. 51-65, 2017. DOI: 10.4136/ambi - água.2004.