



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

ANA CAROLINA MELLO PESSANHA

**COMUNIDADE DE MICROALGAS PERIFÍTICAS E A SUA RELAÇÃO COM O
ESTADO TRÓFICO EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

**CAMPINA GRANDE
2024**

ANA CAROLINA MELLO PESSANHA

COMUNIDADE DE MICROALGAS PERIFÍTICAS E A SUA RELAÇÃO COM O ESTADO TRÓFICO EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado a/ao Coordenação /Departamento do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Limnologia.

Orientador: Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa.

**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.

P475c Pessanha, Ana Carolina Mello.

Comunidade de microalgas perifíticas e a sua relação com o estado trófico em reservatórios do semiárido brasileiro [manuscrito] / Ana Carolina Mello Pessanha. - 2024.

38 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. Dr. Jose Etham de Lucena Barbosa, Departamento de Biologia - CCBS".

1. Perifíton. 2. Limnologia. 3. Bioindicadores. 4. Eutrofização. I. Título

21. ed. CDD 579.8

ANA CAROLINA MELLO PESSANHA

COMUNIDADE DE MICROALGAS PERIFÍTICAS E A SUA RELAÇÃO COM O
ESTADO TRÓFICO EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo)
apresentado a/ao Coordenação
/Departamento do Curso Ciências
Biológicas da Universidade Estadual da
Paraíba, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Ciências Biológicas.

Área de concentração: Limnologia.

Aprovada em: 18/11/2024.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Etham de Lucena Barbosa (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dra. Joseline Molozzi
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Profa. Dra. Ranielle Daiana dos Santos Silva
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	05
2	METODOLOGIA	09
2.1	Área de estudo e amostragem.....	09
2.2	Variáveis ambientais.....	11
2.3	Coleta da comunidade perifítica.....	11
2.4	Índice de Estado Trófico.....	12
2.5	Análise de dados.....	13
3	RESULTADO	13
3.1	Variáveis ambientais.....	13
3.2	IET.....	16
3.3	Estrutura da comunidade perifítica.....	17
3.4	RDA.....	19
3.5	Análise de Limiar de Táxons Indicadores (TITAN).....	21
4	DISCUSSÕES.....	23
5	CONCLUSÕES.....	26
	REFERÊNCIAS	27
	APÊNDICE A	33

COMUNIDADE DE MICROALGAS PERIFÍTICAS E A SUA RELAÇÃO COM O ESTADO TRÓFICO EM RESERVATÓRIOS DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Ana Carolina (Mello Pessanha)*
José Etham de(Lucena Barbosa)**

RESUMO

Os reservatórios do semiárido, ecossistemas vulneráveis à eutrofização devido as suas características próprias, a ação humana e fatores com a erosão e o clima da região, sofrem com o acúmulo de nutrientes, afetando a qualidade da água e a biodiversidade. O monitoramento da qualidade da água, utilizando bioindicadores como o perifíton, é essencial para avaliar e controlar a degradação ambiental. O perifíton, uma comunidade de micro-organismos sésil, é eficaz como indicador ecológico, respondendo rapidamente às mudanças ambientais. No Brasil, há uma lacuna de estudos sobre perifíton em reservatórios, especialmente fora da região Sul-Sudeste. Sabendo disso, o objetivo principal deste trabalho foi analisar a estrutura da comunidade perifítica (composição, abundância, diversidade e riqueza de espécies) e sua relação com o estado trófico dos reservatórios, considerando variáveis ambientais. A hipótese central do estudo sugere que o aumento do estado trófico dos reservatórios favorece o aumento espécies de microalgas tolerantes a altos níveis de nutrientes (como por exemplo as cianobactérias), com a sazonalidade desempenhando um papel crucial, pois modula as condições ambientais. Para alcançar esse objetivo, foram realizadas amostragens em diferentes períodos sazonais (seca e chuva). As variáveis ambientais, como pH, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez e concentrações de nutrientes (nitrogênio e fósforo), foram medidas para avaliar a qualidade da água e calcular o Índice de Estado Trófico (IET) de Lamparelli. Os resultados mostraram que o estado trófico dos reservatórios variou de mesotrófico a hipereutrófico, com Poções apresentando os níveis mais elevados de nutrientes. As análises revelaram que o período chuvoso favoreceu a maior riqueza e diversidade de espécies devido ao aumento no aporte de matéria orgânica e nutrientes, principalmente favorecendo o crescimento de cianobactérias, como *Planktothrix agardhii* e *Leptolyngbya sp.* Já nos períodos de seca, predominou o grupo das diatomáceas, como *Navicula sp.* e *Pinnularia sp.*, adaptadas a menores concentrações de nutrientes. A pesquisa concluiu que a estrutura da comunidade perifítica é fortemente influenciada pelas condições ambientais e pela sazonalidade, com uma resposta significativa ao aumento dos níveis de eutrofização, corroborando com a nossa hipótese. As microalgas perifíticas mostraram-se bioindicadores eficientes para o monitoramento ecológico dos reservatórios, evidenciando a necessidade de estratégias de manejo adaptadas às condições específicas do semiárido brasileiro para mitigar os impactos da eutrofização. Portanto, é essencial adotar estratégias de conservação e manejo mais eficazes, com a implementação de medidas conservacionistas que utilizem indicadores ecológicos de poluição

* Graduanda em Ciências Biológicas, bacharelado, pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), email: ana.pessanha@aluno.uepb.edu.br

** Prof. Dr. do departamento de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), email: ethambarbosa@servidor.uepb.edu.br

ambiental, como a comunidade perifítica, em reservatórios da região semiárida.

Palavras-Chave: perifíton; sazonalidade; bioindicadores; eutrofização.

ABSTRACT

The semi-arid reservoirs, ecosystems vulnerable to eutrophication due to their own characteristics, human activity, and factors such as erosion and the region's climate, suffer from nutrient accumulation, affecting water quality and biodiversity. Water quality monitoring, using bioindicators such as periphyton, is essential to assess and control environmental degradation. Periphyton, a community of sessile microorganisms, is an effective ecological indicator, responding quickly to environmental changes. In Brazil, there is a gap in studies on periphyton in reservoirs, especially outside the South-Southeast region. With this in mind, the main objective of this study was to analyze the structure of the periphytic community (composition, abundance, diversity, and species richness) and its relationship with the trophic state of the reservoirs, considering environmental variables. The central hypothesis of the study suggests that the increase in the trophic state of the reservoirs favors the increase of microalgae species tolerant to high nutrient levels (such as cyanobacteria), with seasonality playing a crucial role, as it modulates environmental conditions. To achieve this objective, sampling was carried out during different seasonal periods (dry and rainy). Environmental variables, such as pH, temperature, dissolved oxygen, turbidity, and nutrient concentrations (nitrogen and phosphorus), were measured to evaluate water quality and calculate the Trophic State Index (TSI) of Lamparelli. The results showed that the trophic state of the reservoirs ranged from mesotrophic to hypereutrophic, with Poções exhibiting the highest nutrient levels. The analyses revealed that the rainy season favored the highest species richness and diversity due to the increased input of organic matter and nutrients, primarily promoting the growth of cyanobacteria such as *Planktothrix agardhii* and *Leptolyngbya sp.* During the dry periods, diatom groups, such as *Navicula sp.* and *Pinnularia sp.*, predominated, adapted to lower nutrient concentrations. The study concluded that the structure of the periphytic community is strongly influenced by environmental conditions and seasonality, with a significant response to increased eutrophication levels, corroborating our hypothesis. Periphytic microalgae proved to be efficient bioindicators for the ecological monitoring of reservoirs, highlighting the need for management strategies adapted to the specific conditions of the Brazilian semi-arid region to mitigate eutrophication impacts. Therefore, it is essential to adopt more effective conservation and management strategies, along with the implementation of conservation measures using ecological pollution indicators, such as the periphytic community, in reservoirs in the semi-arid region.

Keywords: eeriphyton; seasonality; bioindicadores; eutrophication.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial à vida, motivo pelo qual grandes civilizações antigas, como as do Egito e da Mesopotâmia, se desenvolveram próximas a fontes de água (Casarin; Santos, 2011; Zango et al., 2022). Com o avanço das sociedades e o processo de urbanização, as fontes de água passaram a desempenhar novos papéis, resultando em maior pressão antrópica sobre os ecossistemas aquáticos (Altaweel; Zhuang, 2018; Santos et al., 2020). O crescimento da industrialização, a rápida urbanização e a insensibilidade ambiental da sociedade trouxeram diversos problemas ambientais (Aykut et al., 2021), muitos dos quais persistem até os dias atuais. O cenário global aponta para um crescimento populacional, aumento da escassez de água, expansão agrícola e poluição dos corpos d'água (Lecomte et al., 2022), ameaçando os ecossistemas aquáticos (Kakore et al., 2022). Além disso, as mudanças climáticas têm sido identificadas como um estressor adicional, afetando profundamente a biodiversidade e a distribuição dos organismos aquáticos (Wang et al., 2024).

As regiões áridas e semiáridas do mundo são mais suscetíveis as mudanças climáticas devido à irregularidade dos regimes de precipitação, à pobreza e ao subdesenvolvimento (IPCC, 2014). O clima do semiárido brasileiro é caracterizado por longos períodos de seca, altas temperaturas e curtas estações chuvosas (Barbosa et al., 2012; Mendonça et al., 2023). Para mitigar as consequências das secas frequentes, a construção de reservatórios tornou-se uma das principais políticas públicas (Dantas et al., 2020) que, além de garantir o abastecimento de água para a população, também atende à irrigação, abastecimento industrial, controle de cheias, lazer, geração de energia elétrica e piscicultura (Esteves, 2011; Tundisi, 2018). A criação dos reservatórios foi a principal prática de gestão de água e hoje em dia na região Nordeste do Brasil estão situados cerca de 70.000 reservatórios, com volume potencial de armazenamento em torno de 37 bilhões de m³ de água (Pinto-Coelho, 2016).

Os reservatórios são infraestruturas artificiais caracterizados como um ecossistema lacustre e lêntico, originado a partir do represamento de um curso de rio (Esteves, 2011; Rinke et al., 2013). Eles apresentam alta taxa de evapotranspiração e longos tempos de residência da água (Lacerda et al., 2017;

Mendonça et al., 2023), o que, somado à erosão e ao aporte de esgotos das áreas urbanas, os tornam mais vulneráveis à eutrofização (Barbosa et al., 2012).

A eutrofização é definida como o processo de acúmulo de nutrientes nos corpos aquáticos, principalmente nitrogênio (N) e fósforo (P) (Kapsalis; Kalavrouziotis, 2021). À medida que a concentração desses nutrientes aumenta, ocorre uma maior produção de biomassa, diminuindo a penetração de luz, a concentração de oxigênio dissolvido e mudanças no pH (Klein & Agne, 2012). Esse processo pode ocorrer de forma natural e gradual, ao longo de extensos períodos, resultante de processos naturais como a decomposição de matéria orgânica e sedimentação de nutrientes em corpos d'água (Akinnowo, 2023). Contudo, a eutrofização artificial ou cultural é causada por atividades humanas, como agricultura, despejo de esgoto não tratado e poluição industrial, acelerando esse processo, superando a capacidade de autorregulação dos ecossistemas aquáticos (Akinnowo, 2023). Resultando em problemas graves, como proliferação de algas tóxicas, redução da qualidade da água e morte de organismos aquáticos por falta de oxigênio (Akinnowo, 2023; Mendonça et al., 2023; Praxedes et al., 2023; Raulino et al., 2021). Essas mudanças afetam variáveis limnológicas, modificando o estado trófico e limitam as comunidades biológicas.

Com o propósito de avaliar a evolução da qualidade das águas e melhorar o estado trófico delas, o monitoramento da qualidade das águas é um instrumento de extrema importância para o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos (CETESB, 2017). A análise dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água é essencial para compreender as características limnológicas dos sistemas hídricos e identificar possíveis fontes de poluição (Alilou et al., 2019). Esse conhecimento é crucial para o gerenciamento adequado das águas, pois a má qualidade da água acumulada nos reservatórios limita seu uso, aumenta os custos de tratamento e agrava a já existente escassez de água potável.

Para controlar e prevenir a degradação das águas, é fundamental utilizar bioindicadores em conjunto com parâmetros físico-químicos. Os bioindicadores são organismos que refletem a magnitude dos impactos ambientais, oferecendo um retrato detalhado dos efeitos de diferentes formas de poluição (Arias et al., 2007). Assim, eles são essenciais para a análise quali-quantitativa dos efeitos das atividades antrópicas e naturais sobre outras espécies presentes no ecossistema (Morais et al., 2016; Prestes; Vincenci, 2019).

Nos ecossistemas aquáticos temos como um dos bioindicadores o perifíton: uma comunidade sésil de microorganismos, que inclui seres fotoautotróficos (como algas e cianobactérias) e heterotróficos (como fungos e microcrustáceos); ligado a algum substrato natural ou artificial, que são produtores primários e servem como fonte de alimento para a cadeia alimentar trófica (Allan et al., 2021; Carrell et al., 2021; Gogoi et al., 2021). Eles formam um biofilme sobre um substrato submerso, a partir da secreção de substâncias poliméricas extracelulares (EPS), e fornece um nicho adequado para organismos colonizarem e explorarem (John; Kumar, 2020; Matviichuk et al., 2023). Esse modo de vida fornece proteção física contra herbívoros e proteção química contra compostos tóxicos (Matviichuk et al., 2023). Além disso, algumas algas, como diatomáceas e cianobactérias, podem apresentar-se aderidas diretamente mediante pedúnculos (Campos et al., 2012).

O perifíton é amplamente reconhecido como um bioindicador eficaz, principalmente por sua natureza cosmopolita, alta diversidade de organismos e incapacidade de migrar em condições adversas (Borduqui, 2011; John e Kumar, 2021). Essas características, aliadas ao seu curto ciclo de vida, fazem com que o perifíton responda de forma previsível e rápida às mudanças ambientais (Borduqui, 2011; Lima, 2009; John & Kumar, 2020; Hao et al., 2020). Dessa forma, quando ocorrem alterações nas condições ambientais, as espécies mais adaptadas são selecionadas, levando à redefinição da comunidade (Zorzal-Almeida et al., 2021). Além disso, o desenvolvimento do perifíton em ecossistemas aquáticos é regulado por fatores físicos e químicos, como a concentração de nutrientes, condições de luz e oxigênio dissolvido, sendo a disponibilidade de nutrientes o fator mais influente (Allan et al., 2021; Beck et al., 2018; Borduqui, 2011).

Embora o perifíton tenha recebido mais atenção nos últimos anos, com aumento no número de trabalhos publicados desde 1991, a maioria das pesquisas ainda se concentra em riachos, enquanto estudos em reservatórios são escassos (Gubelit; Grossart, 2020; Schneck, 2013). Essa negligência é explicada, apesar de sua importância ecológica, devido à sua complexidade metodológica e à diversidade dos organismos e ambientes associados (Gubelit; Grossart, 2020). No Brasil, essa lacuna é ainda mais evidente, especialmente fora do eixo Sul-Sudeste, onde pesquisas sobre perifíton permanecem limitadas (Schneck, 2013). Estudos indicam a necessidade de um maior enfoque em taxonomia, pesquisas experimentais, uso do perifíton como bioindicador e investigação de impactos ambientais e

biotecnológicos (Fernandes et al., 2022). Essas lacunas precisam ser preenchidas para que o conhecimento sobre a biodiversidade e o papel ecológico do perifíton em diferentes ecossistemas possa ser ampliado.

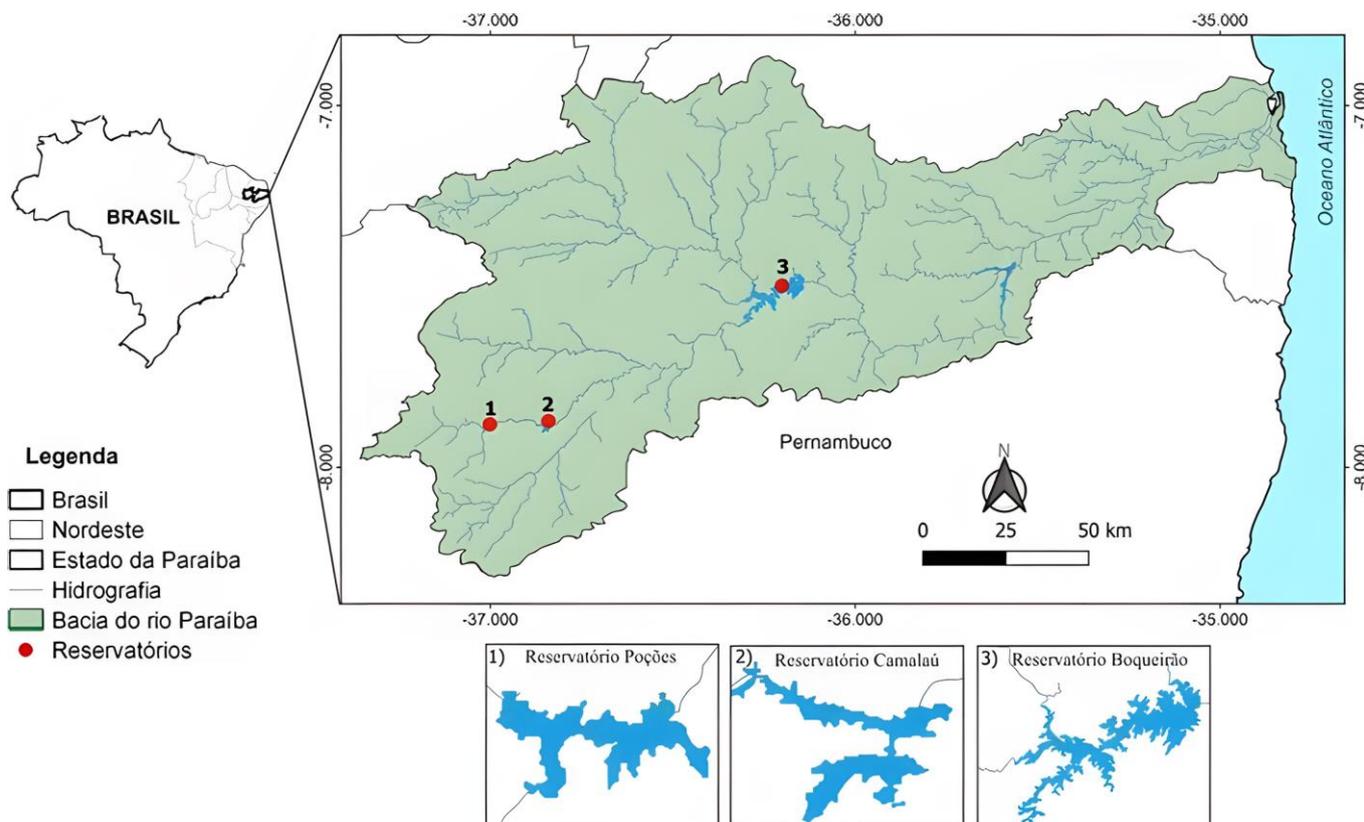
Portanto, este estudo objetiva avaliar os efeitos do estado trófico sobre a estrutura (composição, diversidade e riqueza) da comunidade perifítica em três reservatórios do semiárido brasileiro, considerando os períodos de chuva e seca para investigar a interferência da sazonalidade. Temos como hipótese que o aumento do estado trófico dos reservatórios favorece o aumento espécies de microalgas tolerantes a altos níveis de nutrientes (como por exemplo as cianobactérias), com a sazonalidade desempenhando um papel crucial, pois modula as condições ambientais

2. METODOLOGIA

2.1 Área de estudo e amostragem

A área de estudo compreende o reservatório Epitácio Pessoa (conhecido como açude de Boqueirão), Poções e Camalaú, que estão localizados na bacia hidrográfica do rio Paraíba, no estado da Paraíba, Brasil (Figura 1; Tabela 1), sendo usados principalmente para abastecimento público, recreação, irrigação, pesca, dessedentação de animais e em algumas iniciativas de lazer e turismo regional (AESA, 2024; Cardoso, 2022).

Figura 1 - Localização geográfica dos reservatórios Poções, Camalaú e Boqueirão, estado da Paraíba, Nordeste do Brasil.



Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

A bacia hidrográfica do rio Paraíba é a segunda maior do estado da Paraíba, com área de 20.071,83 Km², composta pela sub-bacia do Rio Taperoá e Regiões do Alto, Médio e Baixo Curso do Rio Paraíba, ocupando 38% do território, com 1.828.178 habitantes que correspondem a 52% da população total do estado (AESAs, 2024). Está inserida na região semiárida, no bioma caatinga e em áreas suscetíveis à desertificação (Silva et al., 2024).

O clima da região é classificado como semiárido quente (BSH), segundo a classificação de Köppen-Geiger, com duas estações bem definidas: a estação chuvosa, muito quente, de fevereiro a maio, e a estação seca, quente, de junho a janeiro (Oliveira et al., 2022). A precipitação média anual é de cerca de 550 mm, com alta variabilidade interanual (Silva et al., 2020), provocando estresse hídrico constante (Silva et al., 2017). Vale destacar que os reservatórios são receptores das águas da transposição do Rio São Francisco, operação iniciada em março de 2017 (Barbosa et al., 2021). O primeiro a receber essas águas é Poções, depois Camalaú e, por último, Boqueirão (Morais et al., 2020).

Para a realização do trabalho foram selecionados 15 locais aleatórios na região litorânea em cada reservatório, abrangendo todo o perímetro do reservatório

(Figura 1). As amostragens foram realizadas em dezembro de 2021, maio e novembro de 2022 e junho de 2023, sendo dezembro e novembro considerados os meses de seca e maio e junho os meses chuvosos.

Tabela 1. Caracterização dos reservatórios estudados no estado da Paraíba - Nordeste brasileiro, com ênfase na cidade, coordenadas geográficas e volume máximo.

Cidade	Município	Latitude	Longitude	Capacidade Máxima (m ³)
Boqueirão	Boqueirão	7°28'45.3"S	36°8'13.8"W	411.686.287
Camalaú	Camalaú	7°53'15.5"S	36°50'03.4"W	46.437.520
Poções	Monteiro	7°53'20.4"S	36°59'49.2"W	29.861.562

Fonte: AESA, 2024.

2.2 Variáveis ambientais

Em cada local de amostragem foram mensurados: pH, sólidos totais dissolvidos (TDS - g/L), turbidez (NTU), salinidade, temperatura da água (°C), potencial redox (ORP), condutividade elétrica (COND - mS/cm) e oxigênio dissolvido (OD - mg/L⁻¹), utilizando a sonda multiparamétrica (Horiba U-50). Adicionalmente, foi coletado 500ml de água na superfície de cada site e armazenada em frascos de polietileno transparentes, preservadas em isopor com gelo para serem conduzidas ao laboratório e mantidas em refrigeração. Em laboratório, foram estimados os parâmetros químicos da água, como: concentrações de amônia (NH₃ - µg/L-1), nitrito (NO₂ - µg/L-1), nitrato (NO₃ - µg/L-1), fósforo total (TP - µg/L-1) e fósforo reativo solúvel (SRP - µg/L-1), segundo a metodologia descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012). As concentrações de clorofila-a foram determinadas utilizando o equipamento PHYTO-PAM e seu software Phyto-Win (Heinz Walz GmbH, Effeltrich, Alemanha).

O volume da água dos reservatórios e a precipitação dos municípios foram adquiridos através do site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA.

2.3 Coleta da comunidade perifítica

A comunidade perifítica foi coletada através da raspagem de um substrato rochoso submerso escolhido aleatoriamente em cada um dos 15 locais, com auxílio de escovas de cerdas finas e jato de água destilada. Para as análises qualitativas o

substrato rochoso era raspado aleatoriamente, de maneira a amostrar todo o seu perímetro e posteriormente armazenada em recipientes plásticos de 50ml e fixadas em Formol a 4%. Já para as análises qualitativas era raspada uma área de 16 cm² no substrato rochoso, armazenado em recipientes plásticos de 50ml e fixadas em Lugol a 1%.

A identificação das espécies foi realizada através da visualização em microscópio óptico com auxílio de chaves de identificação específicas (Franceschini et al., 2009; Tucci et al., 2012). A análise quantitativa foi realizada em microscópio invertido (Zeiss AxioVert.A1), conforme Utermöhl (1958), e com tempo de sedimentação de acordo com Lund et al., (1958). A contagem das amostras considerou os organismos presentes em um transepto com 30 campos contados. A partir desses dados, foi determinada a densidade celular (org/cm²), utilizando a metodologia descrita por Pompêu e Moschini-Carlos (2003).

2.4 Índice de Estado Trófico

Para saber o estado trófico dos reservatórios foi calculado o Índice de Estado Trófico (IET) utilizando a clorofila-a (chl_a) e o fósforo total (PT), com base na literatura (Lamparelli, 2004). Para o cálculo médio do IET, utilizou-se a seguinte equação para ambientes lênticos:

$$IET (chl_a) = 10 \left(6 - \frac{(0,92 - 0,34 \cdot (\ln(chl_a)))}{\ln^2} \right)$$

$$IET (PT) = 10 - \left(6 \frac{(1,77 - 0,42 \cdot (\ln PT))}{\ln^2} \right)$$

$$IET (global) = \frac{IET (PT) + IET (chl_a)}{2}$$

Onde:

IET (chl_a) - Índice de Estado Trófico da clorofila-a (µg.L⁻¹);

IET (PT) - Índice de Estado Trófico do fósforo total (µg.L⁻¹).

Para a interpretação do estado trófico dos corpos aquáticos foram utilizados os limites apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Índice de Estado Trófico e equivalência com as medidas de fósforo total (PT) e clorofila-a (chla) para os reservatórios do semiárido brasileiro.

Nível Trófico	Fósforo Total (mg.L ⁻¹)	Clorofila-a (µg.L ⁻¹)	IET global
Ultraoligotrófico	≤0,008	≤1,17	≤47
Oligotrófico	0,008 < PT ≤ 0,019	1,17 < chla ≤ 3,24	47 < IET ≤ 52
Mesotrófico	0,019 < PT ≤ 0,052	3,24 < chla ≤ 11,03	52 < IET ≤ 59
Eutrófico	0,052 < PT ≤ 0,120	11,03 < chla ≤ 30,55	59 < IET ≤ 63
Supereutrófico	0,120 < PT ≤ 0,233	30,55 < chla ≤ 69,05	63 < IET ≤ 67
Hipereutrófico	>0,233	>69,05	>67

Fonte: Lamparelli, 2004.

2.5 Análises dos dados

Foi realizada uma análise exploratória dos dados no Excel, a partir da montagem de planilhas, onde calculamos a densidade e frequência de ocorrência das espécies.

Analizamos a abundância, riqueza e diversidade de Shannon, que foram calculados pelo programa R, versão 4.2.2 (R Development Core Team, 2023), utilizando o pacote vegan. Verificamos se houve diferença entre os meses amostrados para cada índice, em cada reservatório, a partir do teste ANOVA e *posteriori test* Turkey.

Para avaliar a relação entre a densidade da comunidade perifítica e as variáveis ambientais, realizamos uma Análise de Redundância (RDA). Os dados de densidade e ambientais foram padronizados e verificamos se havia colinearidade entre as variáveis através do VIF (Variance Inflation Factor).

Também foi feita uma análise de limiar de táxons indicadores (TITAN) no programa R com o objetivo de detectar as espécies de microalgas perifíticas que podem responder ao gradiente de estado trófico de forma significativa.

3. RESULTADOS

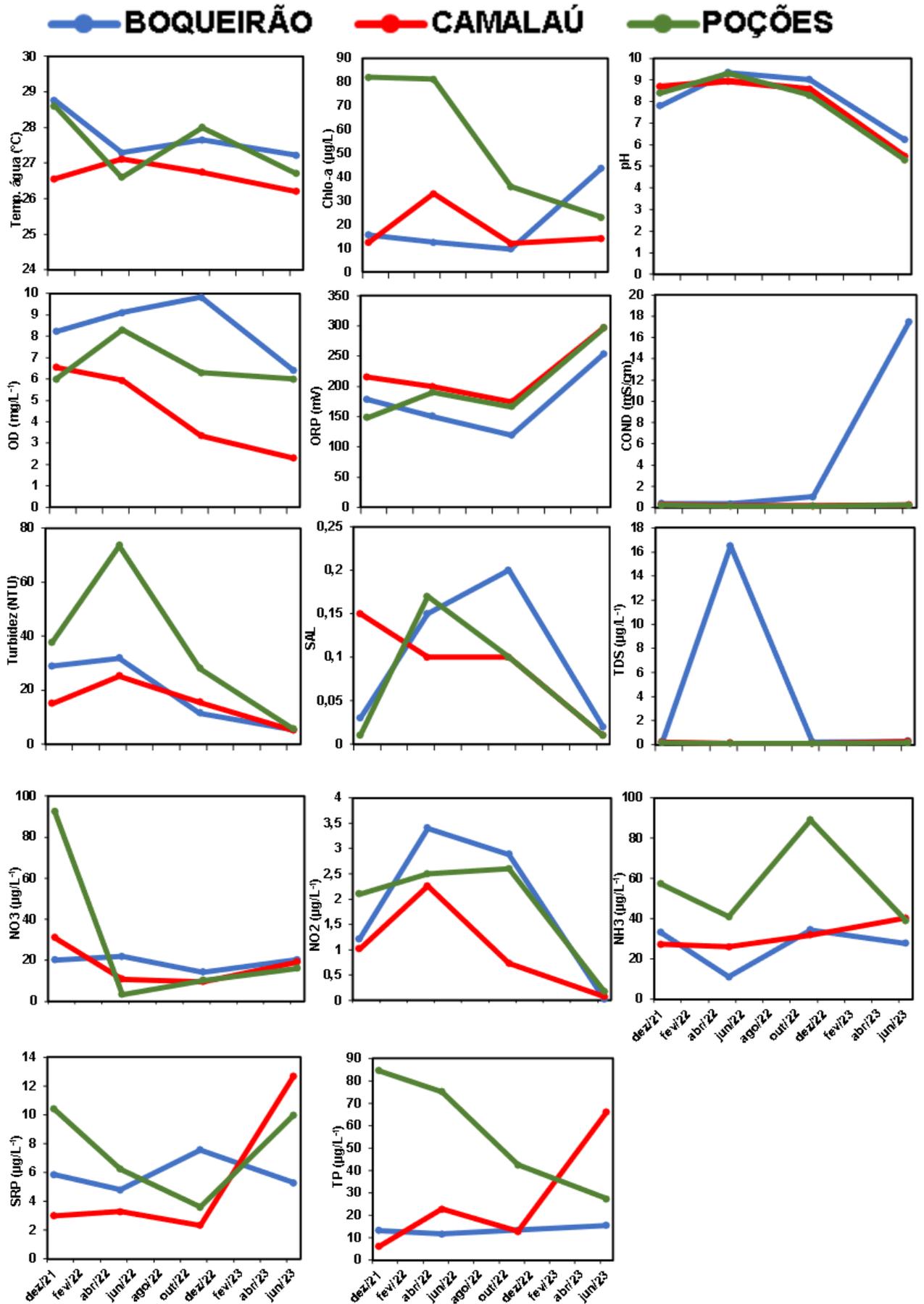
3.1 Variáveis ambientais

Durante o estudo, as variáveis ambientais apresentaram flutuações. A temperatura da água nos três reservatórios apresentou temperaturas médias variando em torno de 24°C a 29°C durante todo o período de estudo (Figura 2). Nos meses iniciais, foi verificado pH em torno de 8 e 9 para os três reservatórios, no

entanto foi verificado uma redução, chegando a 5 no último mês de amostragem (Figura 2).

O reservatório Boqueirão destaca-se apresentando as maiores concentrações de oxigênio dissolvido e sólidos totais dissolvidos, especialmente em maio de 2022, e aumento da condutividade elétrica em novembro e junho, salinidade em novembro e do nitrito em maio. No reservatório Camalaú, o oxigênio dissolvido apresentou as menores concentrações, assim como o fósforo solúvel reativo até novembro de 2022 (Figura 2). Já no reservatório Poções a clorofila-a apresentou as maiores concentrações especialmente nos três primeiros meses (Figura 2). O NTU foi o maior dentre os três reservatórios até novembro (Figura 2). Por fim, em novembro, destaca-se uma alta concentração de nitrito em Boqueirão e Poções (Figura 2).

Figura 2 - Variáveis ambientais nos reservatórios Boqueirão, Camalaú e Poções durante os meses amostrados: Temp. água (temperatura da água: °C), Chlo-a (clorofila-a), pH, OD (oxigênio dissolvido: mg L⁻¹), ORP (potencial redox: mV), COND (condutividade elétrica: mS/cm), NTU (turbidez), sal, TDS (sólidos totais dissolvidos: µg/L⁻¹), NO₃ (nitrato: µg/L⁻¹), NO₂ (nitrito: µg/L⁻¹), NH₃ (amônia: µg/L⁻¹), SRP (fósforo reativo solúvel: µg/L⁻¹) e TP (fósforo total: µg/L⁻¹).

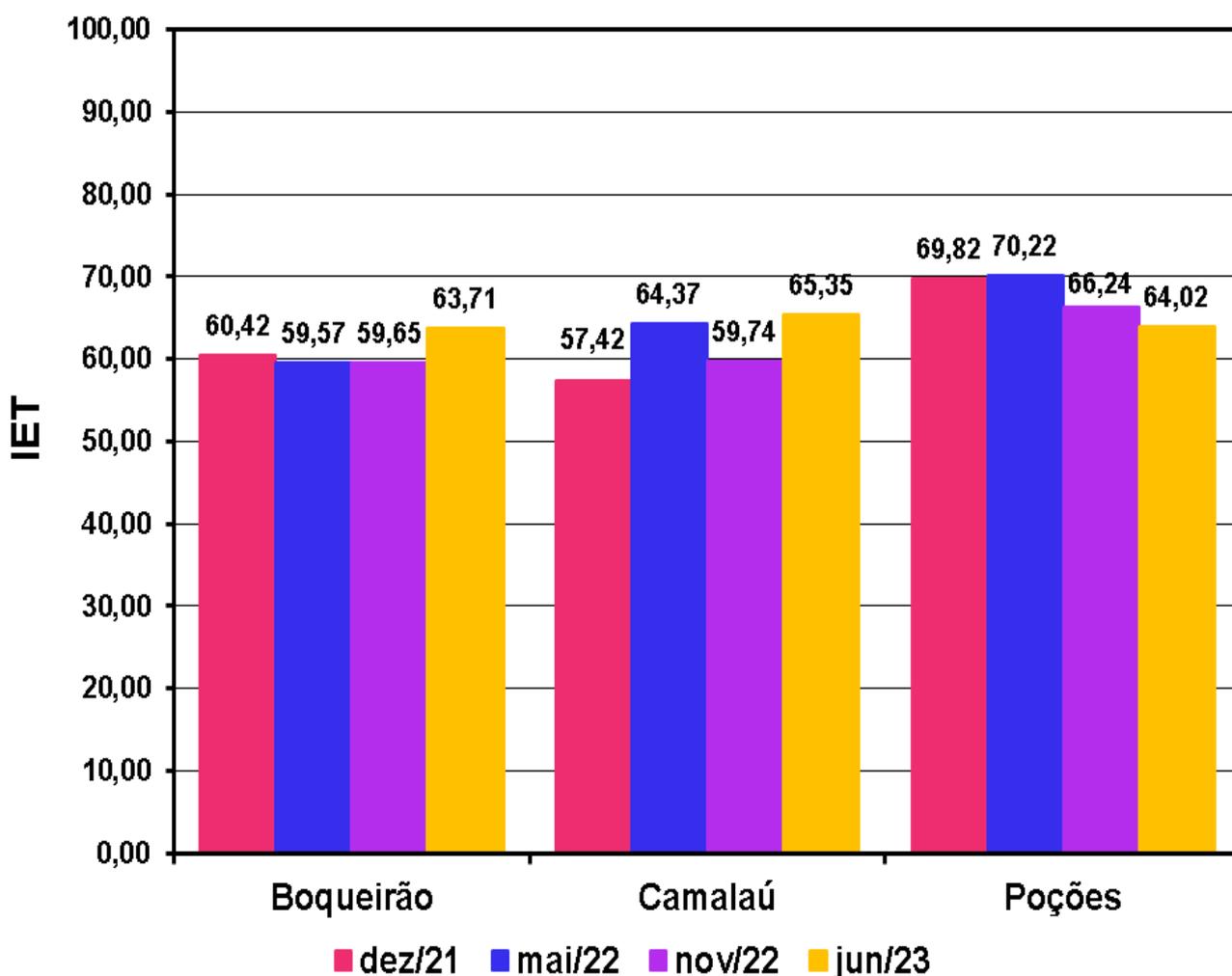


Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

3.2 Índice de Estado Trófico (IET)

O IET dos reservatórios revelou que apenas no reservatório Poções em dezembro de 2021 e maio de 2022 foi considerado hipereutrófico (> 67), os outros meses foram considerados supereutrótricos neste reservatório ($63 < \text{IET} \leq 67$) (Figura 3), de acordo com a classificação de Lamparelli. Em Boqueirão apenas junho foi considerado supereutrótrico e os outros meses foram classificados como eutrótricos ($59 < \text{IET} \leq 63$) (Figura 3). Em Camalaú, foram observadas mais variações no IET, onde dezembro foi considerado mesotrófico, novembro eutrótrico e maio e junho supereutrótricos (Figura 3).

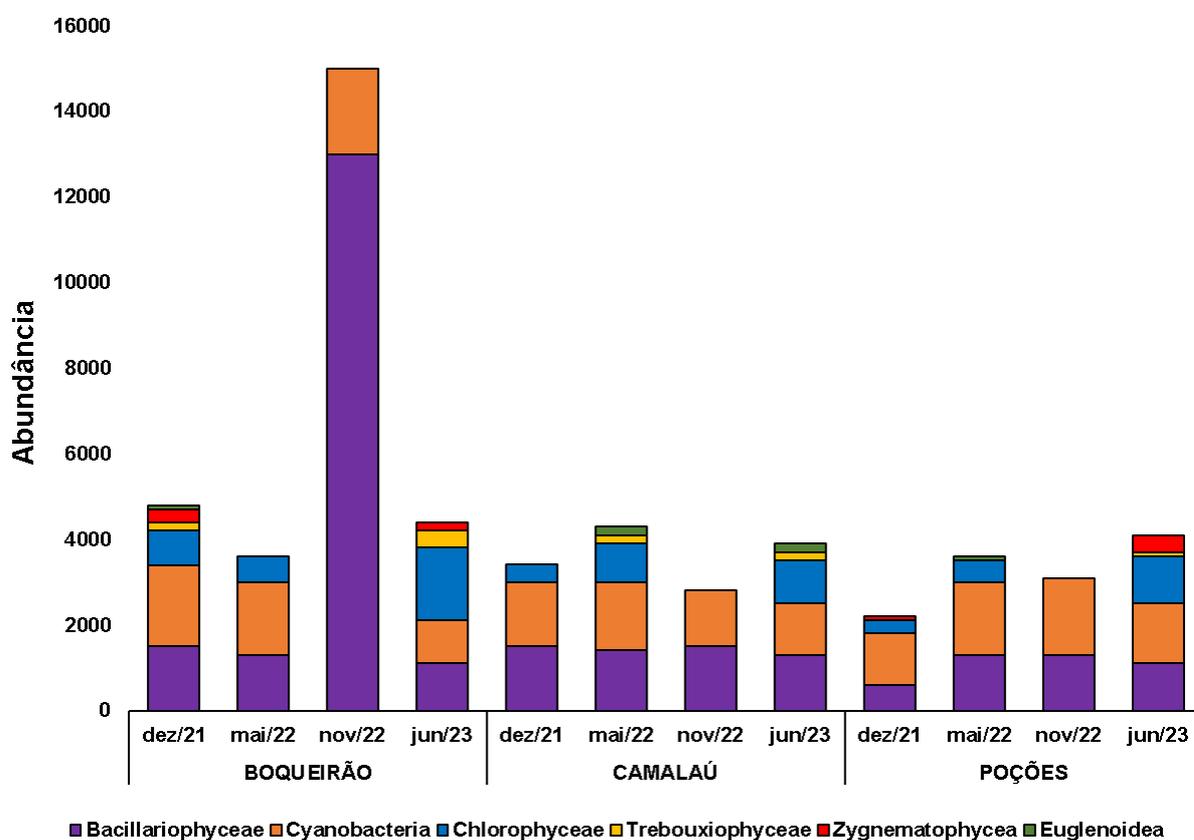
Figura 3 – Índice de Estado Trófico (IET) dos reservatórios de Boqueirão, Camalaú e Poções durante os meses de dezembro de 2021, maio e novembro de 2022 e junho de 2023.



3.3 Estrutura da comunidade perifítica

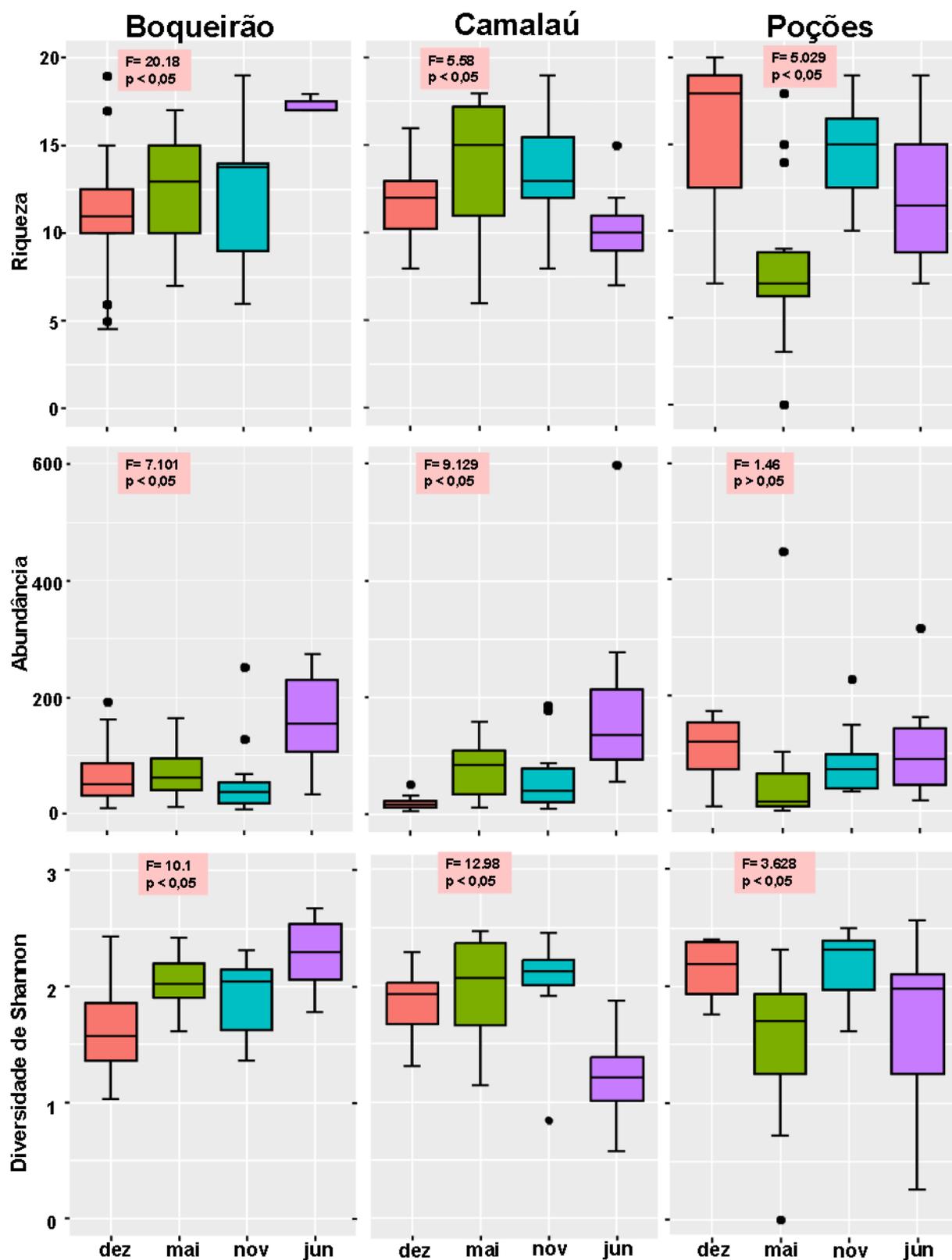
Foram identificadas 133 espécies perifíticas, sendo 99 espécies em Boqueirão; Camalaú com 86 e Poções com 90. A classe com maior representatividade foi Bacillariophyceae (42 espécies), seguida por Cyanobacteria (40) e Chlorophyceae (38) (Figura 4). De diatomáceas, as espécies que apresentaram maior densidade foram *Epithemia zebra* (596,29 org/cm²), *Navicula halophila* (1140,45 org/cm²) e *Nitzschia palea* (678,56 org/cm²), presentes em todos os meses e reservatórios (APÊNDICE A) e os gênero com a maior riqueza foram *Gomphonema* (8 espécies), seguido por *Navicula* (6) e *Nitzschia* (5). As cianobactérias *Planktothrix agardhii*, *Leptolyngbya sp.* e *Anabaena sp.* dominaram o período chuvoso. Entre as clorofíceas, *Desmodesmus sp.*, *Monoraphidium contortum* e *Scenedesmus sp.* foram as mais frequentes, especialmente durante as chuvas.

Figura 4 - Abundância das classes encontradas nos perifíton dos reservatórios de Boqueirão, Camalaú e Poções nos meses de dezembro de 2021, maio e novembro de 2022 e junho de 2023.



Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

Figura 5 – Riqueza, abundância e diversidade de Shannon das espécies do perífíton nos reservatórios de Boqueirão, Camalaú e Poções durante dezembro de 2021 (dez), maio de 2022 (mai), novembro de 2022 (nov) e junho de 2023 (jun).



Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

Conforme ilustrado na Figura 5, a riqueza de espécies nos reservatórios ao longo dos meses, revelando diferenças significativas na riqueza entre os meses. Em Boqueirão, a riqueza foi maior em novembro e junho. Em Camalaú, o mês de maio teve a maior riqueza. Em Poções, os valores de riqueza foram mais elevados em dezembro e novembro, períodos de seca. Essa oscilação pode estar associada às condições sazonais e à disponibilidade de nutrientes no reservatório.

A Figura 5 também apresenta que a abundância das espécies variou significativamente entre os reservatórios e ao longo dos meses, sendo junho o mês com maior abundância em Boqueirão e Camalaú. Em Poções não se observou variação significativa ($p > 0,05$).

A diversidade de Shannon das espécies perifíticas (Figura 5) indicando aumento contínuo na diversidade em Boqueirão ao longo dos meses. Em Camalaú e Poções, o mês de novembro apresentou a maior diversidade.

3.4 RDA

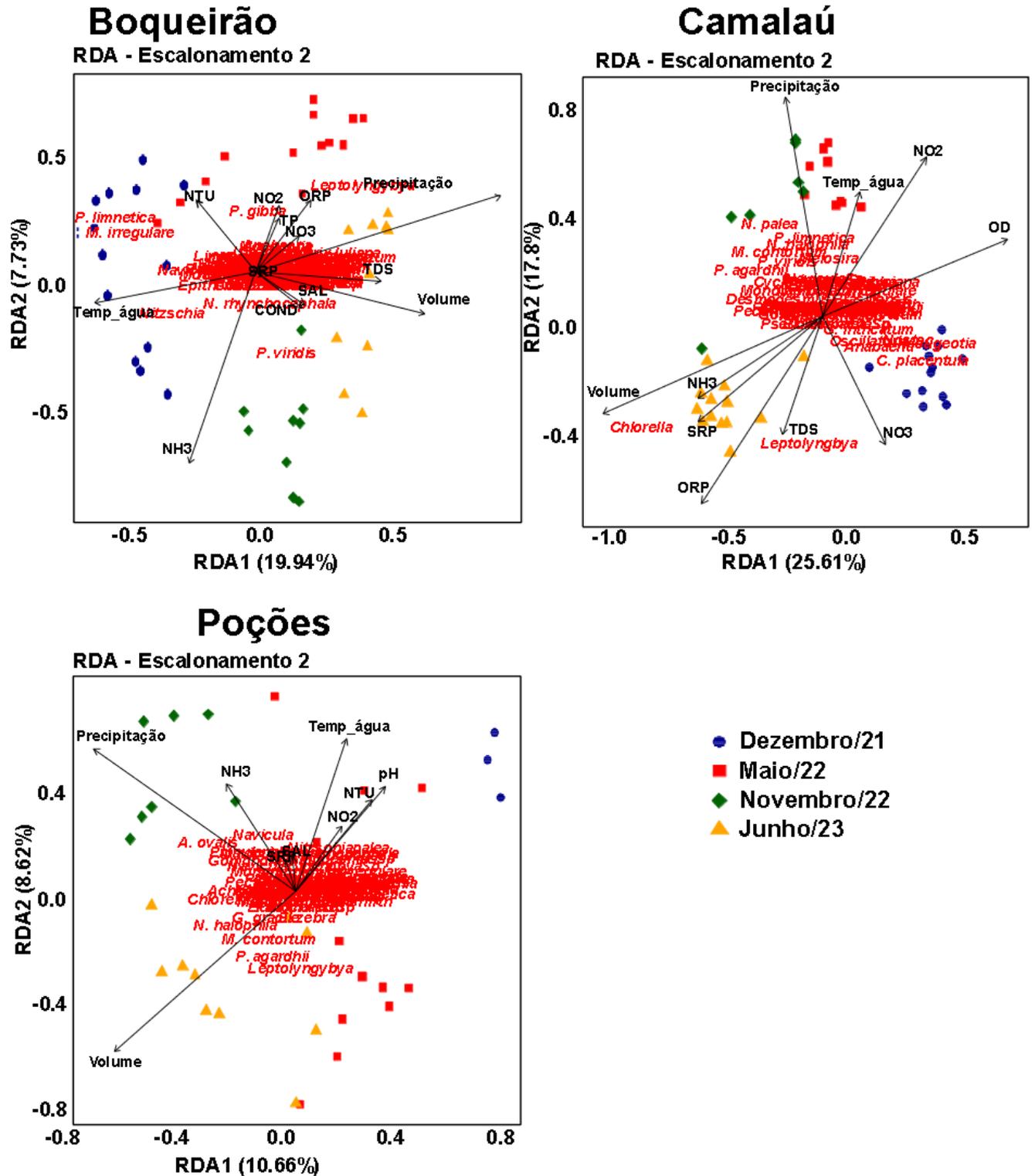
A RDA em Boqueirão explicou 27.67% da variabilidade e revelou que *Planktolyngbya limnetica*, *Monoraphidium irregulare* e *Nitzschia sp.* estiveram presentes no mês de dezembro, que foi direcionado pela temperatura da água e NTU (Figura 6). Em maio, *Pinnularia gibba* e *Leptolyngbya sp.*, que foi direcionada pelo ORP e pelos nutrientes NO_2 , NO_3 e TP (Figura 6).

Em Camalaú houve uma explicação total de 43.41%, destacando-se junho de 2023 pela influência do volume e de nutrientes como NH_3 , TDS, ORP e SRP, contando com a presença de *Chlorella sp.* e *Leptolyngbya sp.*; além disso, *N. palea*, *P. limnetica*, *Navicula halophila*, *M. contortum*, dentre outras, foram relacionadas com a precipitação e temperatura da água em maio e novembro de 2022 (Figura 6).

Em Poções tivemos uma explicação total de 19.28%, com o volume sendo a variável relacionada com a densidade de *Leptolyngbya sp.*, *Planktothrix agardhii*, *M. contortum*, *N. halophila*, *Epithemia zebra* e *Gomphonema gracile* nos meses chuvoso (Figura 6). A precipitação e o NH_3 estiveram relacionados com o mês de novembro, com a presença de *Navicula sp.* e *Amphora ovalis* (Figura 6).

Figura 6 – RDA (Análise de redundância) dos reservatórios Boqueirão, Camalaú e Poções durante dezembro de 2021, maio e novembro de 2022 e junho de 2023.

Temp. água (temperatura da água: °C), Volume, Precipitação pH, OD (oxigênio dissolvido: mg L⁻¹), ORP (potencial redox: mV), COND (condutividade elétrica: mS/cm), NTU (turbidez), sal, TDS (sólidos totais dissolvidos: µg/L⁻¹), NO₃ (nitrato: µg/L⁻¹), NO₂ (nitrito: µg/L⁻¹), NH₃ (amônia: µg/L⁻¹), SRP (fósforo reativo solúvel: µg/L⁻¹) e TP (fósforo total: µg/L⁻¹).



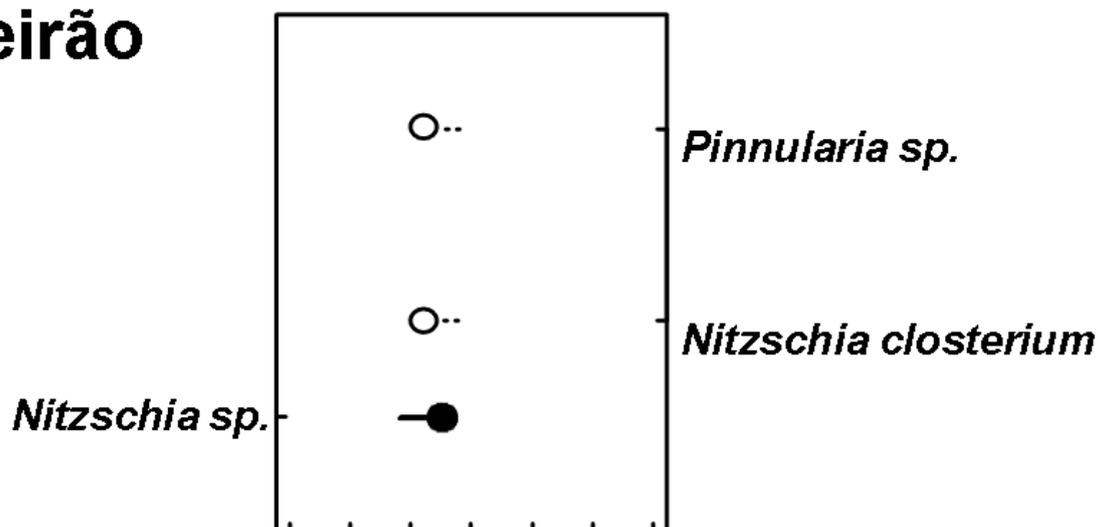
Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

3.5 Análise de Limiar de Táxons Indicadores (TITAN)

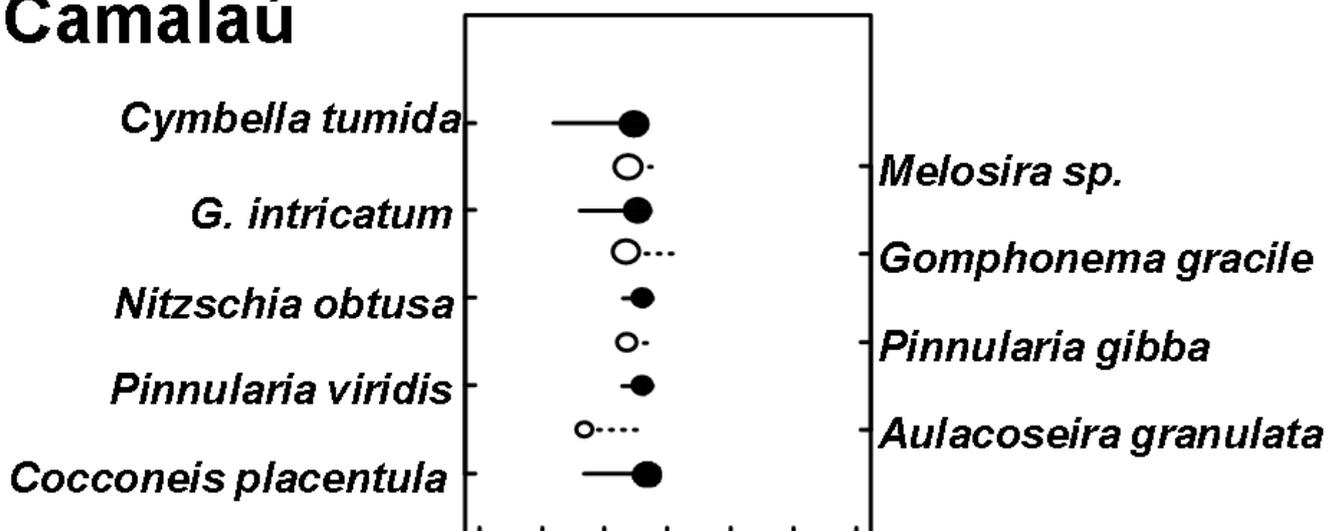
A análise de limiar de táxons indicadores (TITAN), distinguiu os táxons com respostas positivas (Z^+) e negativas (Z^-) em relação ao IET. Respostas positivas (Z^+) indicam que as espécies aumentam em frequência de ocorrência e abundância com o aumento do IET, como ocorreu com *Nitzschia sp.* em Boqueirão; com *Cymbela túmida*, *Gomphonema intricatum*, *Nitzschia obtusa*, *Pinnularia viridis* e *Cocconeis placentula* em Camalaú; e com *Achnanthes sp.* e *Amphora ovalis* em Poções. Já as respostas negativas (Z^-) indica que as espécies diminuíram em frequência de ocorrência e abundância com o aumento do IETA, como ocorreu com *Pinnularia sp.* e *Nitzschia closterium* em Boqueirão; com *Melosira sp.*, *Gomphonema gracile*, *Pinnularia gibba* e *Aulacoseira granulata* em Camalaú; e com *Nitzschia sp.* em Poções. Os círculos representam o ponto de mudança e o diâmetro é proporcional à magnitude de resposta de cada espécie ao IET.

Figura 7 - Análise de limiar de táxons indicadores (TITAN) para os reservatórios Boqueirão, Camalaú e Poções.

Boqueirão



Camalaú



Poções



4. DISCUSSÕES

A hipótese de que diferentes gradientes de eutrofização nos reservatórios favorecem a presença de espécies adaptadas a altos níveis de nutrientes foi corroborada pelas análises realizadas no estudo, com destaque para a influência das condições sazonais e ambientais.

No reservatório Boqueirão, os resultados mostraram que a riqueza e diversidade das microalgas perifíticas foram aumentando durante os períodos estudados. A abundância apresentou uma resposta parecida, tendo um declínio apenas em novembro. Com o passar dos meses, tivemos um aumento de alguns nutrientes também. Essas condições permitiram o desenvolvimento de espécies mais adaptadas a ambientes eutróficos, como as cianobactérias, que são favorecidas pela alta concentração de nutrientes, principalmente no período de seca (Fernandes et al., 2009; Fonseca; Rodrigues, 2005).

No reservatório de Camalaú, os dados mostraram um aumento no IET nos períodos de chuva, refletindo a sazonalidade desta região e as flutuações nos níveis de nutrientes e no volume de água. O aporte de nutrientes e matéria orgânica decorrente das chuvas elevou a riqueza de espécies perifíticas. Durante o período chuvoso, observou-se um aumento nas concentrações de fósforo reativo solúvel (SRP) e amônia, o que favoreceu o crescimento de cianobactérias, como *Leptolyngbya sp.* e *Planktolyngbya limnetica*. Essas espécies são algas filamentosas, favorecidas pelo crescimento vertical, que permite acesso mais fácil a nutrientes e luz em um tapete de perifíton (Margalef, 1983; Trbojevič et al., 2017) e devem aumentar nas comunidades de perifíton ao longo do gradiente de fósforo (Denicola et al., 2006). A presença de espécies associadas a altos níveis de nutrientes sugere uma resposta direta ao aumento de fósforo nas águas, reforçando a relação entre disponibilidade de nutrientes e composição do perifíton (Oliveira et al., 2010; Cabral et al., 2012). Esses achados estão alinhados com a literatura, que indica que o período chuvoso em ambientes tropicais costuma favorecer a predominância de espécies adaptadas a altas concentrações de nutrientes (Liboriussen; Jeppesen, 2006).

No reservatório de Poções, os dois primeiros períodos foram caracterizados por um estado hipereutrófico, conforme indicado pelo IET, com altos níveis de fósforo e nitrogênio. Esse ambiente rico em nutrientes favoreceram a presença de

cianobactérias, que são boas competidoras em condições de eutrofização devido à sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico (Paerl, 1988; Oliver; Ganf, 2000). Segundo a RDA, *P. agardhii* e *Leptolyngbya sp.* foram as principais no período chuvoso.

O comportamento sazonal em Poções evidenciou uma resposta adaptativa das espécies perifíticas às mudanças de temperatura e composição química da água. Esse padrão apoia a hipótese de que as comunidades perifíticas respondem a variações sazonais em ambientes com diferentes concentrações de nutrientes e profundidades, com as diatomáceas sendo favorecidas em períodos de menor eutrofização. Nessas condições, a baixa disponibilidade de nutrientes e a menor turbidez permitem maior penetração de luz, beneficiando o crescimento dessas algas (Winter; Duthie, 2000; Dunck et al., 2013). Durante os períodos de seca, quando as concentrações de fósforo eram mais baixas, as diatomáceas dominaram, corroborando as observações de Winter e Duthie (2000), que relataram uma maior ocorrência dessas espécies em condições de estiagem.

Podemos observar no gráfico do TITAN (Figura 7), que em Camalaú *C. tumida* e *P. viridis* foram negativamente relacionadas ao aumento do IET. Um trabalho anterior, feito por Amaral et al. (2020), observou que a diluição da água eutrófica resultou em uma redução na disponibilidade de nutrientes, o que favoreceu o crescimento de algas perifíticas, incluindo *C. tumida* e *P. viridis*. Observa-se que *C. tumida* apresenta o maior intervalo de confiança, tendo maior certeza sobre o valor do IET em que a espécie começa a responder significativamente. Outro estudo feito por Van Dam et al. (1994), concluiu que *Cocconeis sp.* é um gênero de diatomáceas que apresenta valores indicadores relativamente altos para variáveis ambientais, incluindo pH, nitrogênio, oxigênio e estado trófico, sendo adaptadas a ambientes com altos níveis de eutrofização.

Em Boqueirão, indo contra estudos anteriores, que demonstraram que *Pinnularia sp.* é um táxon considerado acidófilas e oligotróficas (Carballeira; Xabier Pontevedra-Pombal, 2020; Silva-Lehmkuhl et al., 2019), foi associada positivamente ao aumento do IET e a condições mais básicas. Ainda em Boqueirão, *Nitzschia sp.* foi considerada negativamente relacionada ao IET, indo também contra estudos indicam ser um gênero frequentemente encontrado em condições de estresse ambiental, especialmente em áreas com altos níveis de nutrientes e poluição (Mohanty et al., 2022). Esse resultado, porém, corrobora com o resultado

encontrado em Poções, onde *Nitzschia sp.* foi associada positivamente ao IET (Figura 7). Pode-se observar que entre os valores de IET entre 60 e 65, *Nitzschia sp.* teve relação negativa com o IET em Boqueirão, porém em Poções, quando passou de 65, teve relação positiva, sendo essa resposta mais significativa da espécie ao gradiente. A variação nas respostas entre Boqueirão e Poções evidencia as diferenças ecológicas entre os reservatórios, refletindo a influência de condições ambientais específicas sobre a composição e abundância das comunidades de diatomáceas.

Em Poções, *Achnanthes sp.*, uma diatomácea fracamente aderida à matriz perifítica, apresenta uma ampla gama de preferências tróficas (de ambientes oligo a eutróficos) segundo a literatura (Zorzal-Almeida et al., 2017), porém neste estudo foi associada negativamente ao aumento do IET.

Os resultados indicaram que as cianobactérias dominaram o perifíton em períodos de maior disponibilidade de nutrientes, com maiores concentrações de nitrato e fosfato registradas durante as chuvas. Em contraste, as diatomáceas prevaleceram nos períodos secos, demonstrando como diferentes condições ambientais determinam a composição da comunidade. A capacidade das cianobactérias de fixar nitrogênio e acumular fósforo confere-lhes uma vantagem competitiva sob condições de alta eutrofização (Paerl, 1988), enquanto a dominância das diatomáceas em períodos secos sugere uma resiliência a baixos níveis de nutrientes, reforçando a utilidade das microalgas como bioindicadores de condições tróficas e sazonais (Borduqui, 2011).

Diante desses achados, o estudo evidencia que as condições ambientais e a sazonalidade impactam profundamente a comunidade perifítica, com diferentes grupos de microalgas prosperando conforme as variações sazonais e as concentrações de nutrientes. Assim, o monitoramento contínuo desses bioindicadores pode fornecer uma visão precisa sobre o estado de eutrofização e as mudanças ambientais nos reservatórios, sendo crucial para a implementação de estratégias de manejo e conservação desses ecossistemas aquáticos no semiárido brasileiro.

4. CONCLUSÃO

Nossos resultados indicam que as variáveis físico-químicas e nutrientes disponíveis moldam significativamente a composição da comunidade perifítica nos reservatórios, com influências sazonais refletindo a adaptabilidade das espécies às condições específicas de cada ambiente. Reforçamos a importância deste tema, visto a importância das algas perifíticas como bioindicadores, e a falta de estudos.

Ao longo do estudo, as diatomáceas mostraram-se especialmente adaptadas às condições de substrato, enquanto as cianobactérias indicaram maior tolerância a condições de poluição e estabilidade térmica e, por último, as clorofíceas apresentaram adaptações a ambientes com maior disponibilidade de nutrientes, como fósforo.

Durante os períodos chuvosos, os reservatórios apresentaram maior riqueza de espécies, provavelmente devido ao aumento na matéria orgânica dissolvida e à suspensão de sedimentos, que proporcionaram condições favoráveis ao crescimento das microalgas perifíticas, principalmente as cianobactérias. Em contrapartida, os períodos de seca apresentaram uma redução nas concentrações de nutrientes e clorofila-a, impactando a produtividade e a diversidade do perifíton e favorecendo as diatomáceas.

Projetos futuros devem se concentrar em analisar a comunidade perifítica como uma medida mitigadora do processo de eutrofização, visto que os três reservatórios foram considerados hipereutróficos. Diante desse cenário, é fundamental a utilização de estratégias de conservação e manejos mais robustos, além da implementação de medidas conservacionistas que utilizem indicadores ecológicos de poluição ambiental, como a comunidade perifítica, em reservatórios da região semiárida.

Portanto, este estudo é importante pois contribui para o entendimento das dinâmicas das comunidades perifíticas mediante o estado trófico e a mudança das variáveis ambientais, fornecendo informações relevantes para o monitoramento ecológico dos reservatórios, evidenciando a necessidade de estratégias de manejo adaptadas às particularidades regionais e ao cenário de mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

- AESA. Comitê de bacias: rio Paraíba.** AESA, 2024. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website>>. Acesso em: 86 out. 2024.
- AKINNAWO, S. O. Eutrophication: Causes, consequences, physical, chemical and biological techniques for mitigation strategies. **Environmental Challenges**, v. 12, n. 100733, p. 100733, 2023.
- ALLAN, J. D.; CASTILLO, M. M.; CAPPS, K. A. Stream ecology: structure and function of running waters. **Springer Nature**, 2021.
- ALILOU, H. et al. A novel approach for selecting sampling points locations to river water quality monitoring in data-scarce regions. **Journal of hydrology**, v. 573, p. 109–122, 2019.
- ALTAWHEEL, M.; ZHUANG, Y. **Water societies and technologies from the past and present.** UCL Press, 2018.
- AMARAL, L. M., CASTILHO, M. C. A., HENRY, R., & FERRAGUT, C. Epipelon, phytoplankton and zooplankton responses to the experimental oligotrophication in a eutrophic shallow reservoir. **Environmental Pollution**, 114, 603. 2020.
- American Public Health Association - APHA. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21ª ed. American Public Health Association, 2012, 1200 p.
- ARIAS, A. R. L. et al. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciencia & saúde coletiva**, v. 12, n. 1, p. 61–72, 2007.
- AYKUT, T. et al. Evaluation of the relationship between epiphytic diatoms and water quality parameters in the büyükçekmece reservoir. **European Journal of Biology**, v. 80, n. 1, p. 54–68, 2021.
- BARBOSA, J. E. L. et al. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n. 1, p. 103–118, 2012.
- BARBOSA, J.E.L. et al. Impacts of inter-basin water transfer on the water quality of receiving reservoirs in a tropical semi-arid region. **Hydrobiologia**, v. 848, p. 651-673, 2021.
- BECK, W. S.; HALL, E. K. Confounding factors in algal phosphorus limitation experiments. **PLoS One**, v. 13, n. 10, p. e0205684, 2018.
- BORDUQUI, M. **Avaliação sucessional da estrutura e estado nutricional da comunidade periférica e sua inter-relação com o fitoplâncton, em pontos de entrada de água de nascente e efluente doméstico, em reservatório hipereutrófico.** Dissertação de Mestrado. São Paulo: Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2011.

- CABRAL, R. S.; OLIVEIRA, R. C.; TEIXEIRA, R. L. A influência da drenagem pluvial urbana na qualidade da água de um reservatório tropical. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n. 3, p. 69-75, 2012.
- CAMPOS, T. F. et al. Microalgas Perifíticas Do Rio Da Batateira (Sítio Fundação–Crato–Ce). **Cadernos de Cultura e Ciência**, v. 10, n. 1, p. 19-27, 2012.
- CARBALLEIRA, R.; PONTEVEDRA-POMBAL, X. Diatoms in paleoenvironmental studies of peatlands. **Quaternary**, v. 3, n. 2, p. 10, 2020.
- CARDOSO, A. S. Modelagem quali-quantitativa da água no eixo leste do projeto de integração do Rio São Francisco: o caso do Alto Curso do Rio Paraíba. 2022.
- CARRELL, A. A. et al. Nutrient exposure alters microbial composition, structure, and mercury methylating activity in periphyton in a contaminated watershed. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, p. 647861, 2021.
- CASARIN, F.; DOS SANTOS, M. Desde o princípio, a água. **Água: o ouro azul, usos e abusos dos recursos hídricos**. 2011.
- CETESB**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2017. Relatório Anual de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo. São Paulo.
- DANTAS, S. P. Dimensionamento e Gestão de Reservatórios: breve discussão acerca da experiência do estado do Ceará/Brasil. **Revista Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 2, n. 01, p. 25-36, 2020.
- DENICOLA, D. M.; KELLY, M. G.; GESSNER, M. O. Growth form responses of periphytic algae to phosphorus and nitrogen enrichment in mesotrophic lakes. **Aquatic Ecology**, v. 40, p. 75-87, 2006.
- DUNCK, B.; NOGUEIRA, I. S.; FELISBERTO, S. A. Distribution of periphytic algae in wetlands (Palm swamps, Cerrado), Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, n. 2, p. 331–346, 2013.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 3a ed. Rio de Janeiro: Interciência Ltda. 790 p. 2011.
- FERNANDES, V. O; CAMARGO-SANTOS, D.; ZORZAL-ALMEIDA, S. Microalgas e Cianobactérias Continentais No Estado Do Espírito Santo: Passado, Presente e Futuro. **Oecologia Australis**, v. 26, n. 2, p. 213-226, 2022.
- FERNANDES, V. O. et al. Lagoa Mãe-Bá (Guarapari-Anchieta, ES): um ecossistema com potencial de floração de cianobactérias? **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 2, p. 366-385, 2009.
- FERRAGUT, C.; BICUDO, D. C. Limiting nutrients and the structure of periphyton community in Brazilian tropical reservoirs. **Limnology Journal**, v. 12, p. 227-234, 2012.

FONSECA, A.; RODRIGUES, L. Algas perifíticas em função da estrutura morfológica em reservatórios tropicais. **Revista Brasileira de Limnologia**, v. 7, n. 1, p. 17-24, 2005.

FRANCESCHINI, I.M. et al. Algas: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica. **Artmed Editora**, 2009.

GOGOI, P. et al. Unravelling the structural changes of periphyton in relation to environmental variables in a semilotic environment in the Sundarban eco-region, India. **Arabian journal of geosciences**, v. 14, n. 19, 2021.

GUBELIT, Y. I.; GROSSART, H. New methods, new concepts: what can be applied to freshwater periphyton? **Frontiers in Microbiology**, v. 11, p. 1275, 2020.

HAO, B. et al. Warming effects on periphyton community and abundance in different seasons are influenced by nutrient state and plant type: a shallow lake mesocosm study. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 404, 2020.

IPCC - The Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014. Central and South America. In: Barros, V.R., Field, C.B., Dokken, D.J., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R., & White, L.L., eds. Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: regional aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. **New York: Cambridge University Press**, 1499-1566.

JOHN, B.; KUMAR, R. S. An overview of periphytic organisms; species composition, substrate specificity and seasonal preference along different stretches of River Periyar, Kerala, India. **Environment and Ecology**. v. 39 , n. 2, p. 299, 2021.

KAKORE, B. G. et al. Land-use pattern as a key factor determining the water quality, fish guilds, and ecological health in lotic ecosystems of the Asian monsoon region. **Water**, v. 14, n. 17, p. 2765, 2022.

KAPSALIS, V. C.; KALAVROUZITIS, I. K. Eutrophication—A worldwide water quality issue. **Chemical Lake Restoration: Technologies, Innovations and Economic Perspectives**, p. 1, 2021.

KLEIN, C.; AGNE, S. A. A. Fósforo: de nutriente à poluente. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 8, n. 8, p. 1713, 2012.

LACERDA, L.; SANTOS, J.; MARINS, R. Hydrochemistry and trophic state change in a large reservoir in the Brazilian northeast region under intense drought conditions. **Journal of Limnology**. 2017.

LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LECOMTE, K. L. et al. Surface hydrochemical dynamic in an artificial lake with anthropic impact: La Purísima reservoir, Central Mexico. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 194, n. 2, p. 128, 2022.

LIBORIUSSEN, L.; JEPPESEN, E. Eutrophication of lakes: factors affecting the periphytic response. **Freshwater Biology**, v. 51, p. 95-107, 2006.

LIMA, A. T. S. **COLONIZAÇÃO FICOPERIFÍTICA EM SUBSTRATO ARTIFICIAL EM RIACHO DO SEMI-ÁRIDO PARAIBANO**. Dissertação (Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba/ Universidade Estadual da Paraíba, 2009.

LUND, J. W. G.; KIPLING, C.; LE CREN, E. D. The invert microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. **Hydrobiology**, v. 11, p. 143-170, 1958.

MARGALEF, R. Ecological dynamics in tropical reservoirs. **Limnology Today**, v. 5, p. 89-97, 1983.

MATVIICHUK, O. et al. Life in an unsuspected antibiotics world: River biofilms. **Water Research**, v. 231, p. 119611, 2023.

MENDONÇA, J. C. et al. Qualitative vulnerability of the waters of a surface reservoir subjected to drought in a tropical semi-arid region. **Revista Ciência Agronômica**, v. 54, p. e20207803, 2023.

MOHANTY, T. R. et al. Plankton diversity and Ecology of River Ganga. **Science and Culture**, v. 88, n. 11-12, p. 379, 2022.

MORAIS, C. R. et al. Assessment of water quality and genotoxic impact by toxic metals in *Geophagus brasiliensis*. **Chemosphere**, v. 152, p. 328, 2016.

MORAIS, E. A. et al. Conflitos de acesso e uso da água na bacia do rio Paraíba após operação do projeto de integração do rio São Francisco. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.1, p. 5098, 2020.

MURAKAMI, E. A.; LOPES, M. R.; PINTO, C. C. Estruturas de fixação e crescimento de diatomáceas em ecossistemas eutróficos. **Ecology and Evolution**, v. 24, n. 3, p. 123-138, 2009.

OLIVEIRA, N. M. et al. Padrões espaço-temporais de secas agrícolas e meteorológicas usando estimativas baseadas em SPI e MODIS sobre uma região semiárida brasileira: estudo de caso da bacia do Alto Rio Paraíba. **Geocarto Internacional**, 2022.

OLIVEIRA, R. S.; CARVALHO, J. D.; TEIXEIRA, L. A. Aspectos da drenagem pluvial urbana e suas influências na qualidade da água de reservatórios. **Revista Brasileira de Engenharia Ambiental**, v. 8, p. 203-212, 2010.

OLIVER, R. L.; GANF, G. G. Storage and mobilization of phosphorus by Cyanobacteria in aquatic environments. *Environmental Science Journal*, v. 25, n. 4, p. 44-53, 2000.

PAERL, H. W. N₂ fixation and competition for phosphorus in cyanobacterial blooms. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 35, p. 471-480, 1988.

PINTO-COELHO, R. M.; HAVENS, K. **Gestão de recursos hídricos em tempos de crise**. Artmed Editora, 2016.

POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V. **Macrófitas aquáticas e perifíton: aspectos ecológicos e metodológicos**. São Carlos: RiMa, 2003. 130 p.

PRAXEDES, C. F. et al. Evaluation of nitrogen and phosphorus in surface reservoirs of the semi-arid region of Brazil using mass balance. **Revista Ciência Agronômica**, v. 54, p. e20228421, 2023.

PRESTES, R. M.; VINCENCI, K. L. Bioindicadores como avaliação de impacto ambiental. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 2, n. 4, p. 1473, 2019.

RAULINO, J. B. S.; SILVEIRA, C. S.; LIMA NETO, I. E. Assessment of climate change impacts on hydrology and water quality of large semi-arid reservoirs in Brazil. **Hydrological Sciences Journal**, 2021.

RINKE, K. et al. Reservoirs as sentinels of catchments: The Rappbode reservoir observatory (Harz Mountains, Germany). **Environmental earth sciences**, v. 69, p. 523, 2013.

SANTOS, J. P. O. et al. Influência da urbanização no índice de estado trófico de um ecossistema lêntico na bacia do Rio Mamanguape, Paraíba, Brasil. **Acta Biológica Catarinense**, v. 7, n. 1, p. 113, 2020.

SCHNECK, F. 2013. Tendências e Lacunas dos Estudos sobre Perifíton de Ambientes Aquáticos Continentais no Brasil: Análise Cienciométrica. In: A. Schwarzbald, A. L. Burliga & L. C. Torgan (Eds.). pp. 7–22. **Ecologia do Perifíton**, São Carlos: RiMa.

SILVA, I. C. **Reestruturação do ficoperifíton em um reservatório do semiárido**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, 2017.

SILVA, M. M. et al. A Antropização Na Bacia Hidrográfica Do Rio Paraíba Do Norte, Região Do Alto Paraíba E Sub-Bacia Do Rio Taperoá, É Só Pela Agropecuária? **Revista Foco**, v. 17, n. 9, p. e5829-e5829, 2024.

SILVA, R.M. et al. Spatial distribution and estimation of rainfall trends and erosivity in the Epitácio Pessoa reservoir catchment, Paraíba, Brazil. **Natural hazards**, 2020.

SILVA-LEHMKUHL, A. E.; MEDEIROS, P. R.; NASERY, R. Responses of periphytic diatoms to nutrient enrichment and pollution in rivers of northeastern Brazil. **Journal of Environmental Studies**, v. 4, p. 99-104, 2019.

TRBOJEVIĆ, I.; NIKOLOSKA, D.; KUZMANOVSKA, D. Vertical distribution and nutrient dynamics in periphytic communities. **Aquatic Science Review**, v. 15, p. 44-52, 2017.

TUCCI, A. et al. Atlas de cianobactérias e microalgas de águas continentais brasileiras. **Instituto de Botânica: São Paulo, Brasil**, 2012.

TUNDISI, J. G. Reservoirs: New challenges for ecosystem studies and environmental management. **Water Security**, v. 4, p. 1, 2018.

UTERMÖHL, Ha. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodik: Mit 1 Tabelle und 15 abbildungen im Text und auf 1 Tafel. **Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Mitteilungen**, v. 9, n. 1, p. 1-38, 1958.

VAN DAM, H.; MERTENS, A.; SINKELDAM, J. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. **Netherland Journal of Aquatic Ecology**, v. 28, p. 117-133, 1994.

WANG, H. et al. Multiple stressors determine the process of the benthic diatom community assembly and network stability in urban water bodies in Harbin. **Science of The Total Environment**, v. 913, p. 169536, 2024.

WINTER, J. G.; DUTHIE, H. C. Periphytic diatoms in lakes with different trophic status. **Journal of Phycology**, v. 36, p. 139-152, 2000.

ZANGO, B. et al. Impacts of urbanization and climate change on water quantity and quality in the Carp River watershed. **Journal of Water and Climate Change**, v. 13, n. 2, p. 786, 2022.

ZORZAL-ALMEIDA, S.; DE OLIVEIRA FERNANDES, V. Ecological thresholds of periphytic communities and ecosystems integrity in lower Doce River basin. **Science of the Total Environment**, v. 796, p. 148965, 2021.

ZORZAL-ALMEIDA, S.; SOININEN, J.; BINI, L. M.; BICUDO, D. C. Local environment and connectivity are the main drivers of diatom species composition and trait variation in a set of tropical reservoirs. *Freshwater Biology*, 62(9), 1551-1563. 2017.

**APÊNDICE A – PRESENÇA (OU NÃO) DOS TÁXONS NOS RESERVATÓRIOS
DURANTE PERÍODOS DE SECA E CHUVA**

Táxons	Boqueirão		Camalaú		Poções	
	seca	chuva	seca	chuva	seca	chuva
BACILLARIOPHYTA						
<i>Achnanthes sp.</i>		X		X	X	X
<i>Amphora ovalis</i>					X	X
<i>Amphora sp</i>	X	X	X		X	X
<i>Aulacoseira granulata</i>	X	X	X	X	XX	X
<i>Coconeis placentula</i>	X	X	X	XX	X	X
<i>Cocconeis pediculus</i>		X	X			
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	X	XX	X	X	XX	XX
<i>Cymbela graciles</i>		XX		XX		X
<i>Cymbella tumida</i>			X			X
<i>Epithemia zebra</i>	XX	XX	XX	XX	XX	XX
<i>Gomphonema gibba</i>				X	X	X
<i>Gomphonema gracile</i>	X	XX	X	XX		XX
<i>Gomphonema intricatum</i>			X	X	X	X
<i>Gomphonema parvulum</i>		X		X	X	
<i>Gomphonema sp</i>	XX	X	X	X	X	XX
<i>Melosira sp</i>		X	X	X	X	X
<i>Navicula cincta</i>	X	XX	X	XX	X	XX
<i>Navicula cryptocephala</i>				X		X
<i>Navicula halophila</i>	XX	XX	X	X	X	XX
<i>Navicula rhychocephala</i>	X	X	X		XX	X
<i>Navicula sp</i>	XX	XX	XX	XX	XX	XX
<i>Nitzschia closterium</i>	X	X	X	X		X
<i>Nitzschia obtusa</i>	X	XX			X	
<i>Nitzschia palea</i>	XX	XX	XX	XX	XX	XX
<i>Nitzschia sp</i>	XX	XX	XX	X	X	X
<i>Pinnularia gibba</i>		X		X	X	X
<i>Pinnularia sp</i>		X	XX	X	X	XX
<i>Pinnularia viridis</i>	X	X	X		X	
<i>Rhopalogia gibba</i>	XX	X	X	XX	XX	XX
<i>Surirella sp</i>		X	X	X	X	
<i>Ulnaria ulna</i>	X	XX	X	XX		X
CYANOBACTERIA						
<i>Anabaena sp</i>	X	XX	X	XX	XX	XX
<i>Aphanocapsa sp</i>		X	X	X	X	XX
<i>Aphanocapsa incerta</i>		X				
<i>Chroococcus sp</i>		X				X
<i>Chroococcus dispersus</i>		X	XX			
<i>Chroococcus turgidus</i>				X		X
<i>Coelomoron sp</i>		X		XX		XX

<i>Coelomoron delicatissima</i>		X		X		
<i>Dolichospermum</i>		X				X
<i>Geitlerinema</i>		X				X
<i>Gloeocapsa sp</i>		X				
<i>Homoeothrix sp</i>	XX	XX	X	XX	X	XX
<i>Leptolyngbya sp</i>	XX	XX	XX	XX		XX
<i>Limnococcus limneticos</i>	XX	X		X	X	
<i>Lyngbya sp</i>	X				X	
<i>Merismopedia elegans</i>	X	X	X		X	X
<i>Microcystis</i>		XX		X		
<i>Nostoc sp</i>	X		XX		X	
<i>Oedogonium sp</i>	X		X	X		
<i>Oscillatoria formosa</i>		X				
<i>Oscillatoria limosa</i>	X			X	X	X
<i>Oscillatoria sp</i>	X	X	X	X		X
<i>Phormidium sp</i>	X	XX	X		X	X
<i>Planktolyngbya contorta</i>	X		X		X	
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Planktothrix agardhii</i>	XX	XX	XX	XX	XX	XX
<i>Planktothrix limnetica</i>		X		X		
<i>Pseudanabaena sp</i>	XX	XX	X	XX	XX	XX
<i>Raphidiopsis raciborskii</i>	XX	XX	XX	X	X	XX
<i>Spirogyra sp</i>	XX	X	X	X	XX	X
<i>Spirulina sp</i>		X	X	XX	XX	X
<i>Synechococcus nidulans</i>		X				X
<i>Ulothrix sp</i>	X		X			
CHLOROPHYTA						
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>		X				X
<i>Asterococcus sp</i>		XX			X	
<i>Actinastrum aciculare</i>			X	X		
<i>Bulbochaete sp</i>		X	X	X		X
<i>Chaetophora sp</i>			X	X		
<i>Cladophora sp</i>			X			
<i>Coelastrum reticulatum</i>	X	XX		X		X
<i>Desmodesmus sp</i>		XX	X	X	X	
<i>Eudorina</i>		X				
<i>Gloeocystis sp</i>		X		X		
<i>Kirchneriella lunares</i>		X				X
<i>Microspora</i>		X			X	
<i>Monactinus simplex</i>					X	
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	X	X	X	XX	X	
<i>Monoraphidium contortum</i>	X	XX		XX	X	XX
<i>Monoraphidium griffth</i>	X	X		XX		XX
<i>Monoraphidium irregulare</i>	X	X		XX	X	
<i>Mougeotia sp</i>	X	XX	X	XX	XX	XX
<i>Mougeotia transeau</i>	XX	X		X		X
<i>Pectinodesmus pectinatus</i>					X	

<i>Pediastrum biwae</i>	X				X
<i>Pediastrum tetras</i>	X	X			X
<i>Scenedesmus arcuatus</i>				X	X
<i>Scenedesmus bijugatus</i>		X			X
<i>Scenedesmus obtusus</i>	X		X		X
<i>Scenedesmus sp</i>	X	XX		X	XX
<i>Selenastrum sp</i>		X			
<i>Stauridium tetras</i>					X
<i>Tetraedron sp</i>		X	X		X
<i>Tetraedron minimum</i>	XX	X	X		XX
<i>Tetraedron trigonum</i>	XX	X			X
<i>Tetraplektron sp</i>	X		X		X
EUGLENOIDEA					
<i>Trachelomonas curta</i>	X			XX	X
<i>Phacus sp</i>				X	
<i>Euglena oblonga</i>				X	
DINOPHYCEAE					
<i>Ceratium furcoides</i>		XX			X
TREBOUXIOPHYCEAE					
<i>Chlorella sp</i>			X	X	X
<i>Crucigenia quadrata</i>		X		XX	
<i>Crucigenia sp</i>		X		XX	
<i>Dictyosphaerium sp</i>	X	X			
ZYHNEMATOPHYCEA					
<i>Closterium diana</i>	X			X	X
<i>Cosmarium sp</i>	X	X		X	XX
<i>Euastrum bidentatum</i>					X
<i>Staurastrum gracile</i>	X				X
<i>Staurastrum leptocladum</i>		X			X

Fonte: Elaborada pela autora, 2024.

AGRADECIMENTOS

Neste momento de conclusão de uma etapa tão importante, gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Primeiramente, agradeço imensamente à minha família, especialmente aos meus pais, André e Renata, que sempre estiveram ao meu lado, oferecendo apoio incondicional e motivação. Com a paciência e o carinho deles, pude encontrar forças e incentivo para continuar mesmo diante dos momentos mais difíceis. Vocês são meu porto seguro e fonte de inspiração, amo vocês demais. E meu irmão João Renato, que apesar de me encher o saco as vezes, é muito importante para mim.

A minha avó Marlene e meu avó João da quitanda, grande admiração por vocês e tudo que vocês conquistaram até hoje e pelos filhos e família incrível. Minha tia Livia e Mateus, grandes exemplos de pessoas e trabalhadores. Além, da minha tia Leia e minhas primas Natalia e Thaynara.

Minha bisavó (chamada carinhosamente de vó) Madalena e tia Julia, que não estão mais entre nós, mas que foram de grande ajuda para a minha evolução como pessoa durante o tempo que passamos juntas, amo vocês e sinto saudades absurdas. A minha vó Ruth, que apesar de não muito presente e de fazer algumas escolhas erradas, é uma grande mulher. E ao meu tio Cristione e tia Mônica, meu grande agradecimento pelos momentos vividos, pela presença na minha vida, por terem cuidado de pretinha quando a gente não podia.

Amo todos vocês demais e sinto saudade a todo momento. Não espero a hora de poder revê-los e dar um abraço gigante.

Aos meus amigos de escola/vida - Clara, Lilian, Naara, André, Vivi, Vivian e Ingrid - que estão ao meu lado há anos e tornaram a caminhada mais leve e divertida, meus sinceros agradecimentos. Cada conversa, cada risada, cada call durante a pandemia e cada joguinho fizeram a diferença na minha vida. Vocês me lembraram que essa jornada é muito mais especial quando compartilhada com pessoas tão queridas.

Aos meus colegas de curso também – Katarina, Karyme, Leydson, Maisley, Italo, Guilherme, Bruno, Mell, Paloma, Thayza, Marília, Joamma e Rayssinha – obrigada por me acompanharem nesta jornada, com vários surtos e noites viradas

fazendo trabalhos, mas que sempre foram leves e engraçadas (e carregados de muita fofoca).

Agradeço especialmente ao meu namorado, Vitin, pelo amor, paciência e compreensão ao longo deste percurso. Seu apoio constante, tanto nos momentos de dificuldade quanto nas conquistas, foi fundamental para que eu chegasse até aqui. Obrigada por acreditar em mim e por estar ao meu lado em cada passo dessa jornada, sem você não sei se teria conseguido.

Ao meu laboratório, o LEAq, meu muito obrigado por toda a ajuda e conhecimento compartilhados, especialmente a Camila e Dayany, que não está mais presente no laboratório, mas que foi de extrema importante para eu me encontrar. Vocês foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Serei eternamente grata por ter tido a oportunidade de contar com pessoas tão competentes e dispostas a colaborar.

A academia bluefit e ao meu psiquiatra porque sem eles eu teria surtado durante esse processo e não sei se seria capaz de completa-lo.

Por fim, deixo aqui um agradecimento geral a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste projeto. Aos professores, colegas, amigos e familiares que sempre me incentivaram e acreditaram no meu potencial. A cada um de vocês, meu muito obrigado. Este trabalho é resultado de uma jornada coletiva, e sou muito grata por ter tido o apoio de tantas pessoas especiais.

Com carinho e gratidão,

Carol.

