



GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI – URCA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE – CCBS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIVERSIDADE BIOLÓGICA E RECURSOS
NATURAIS – PPGDR

NAARA VASQUES COSTA LANDIM

**ESTRUTURA ESPAÇO-TEMPORAL DA COMUNIDADE DE ALGAS PERIFÍTICAS
EM UM RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO CEARENSE**

CRATO-CEARÁ

2025

NAARA VASQUES COSTA LANDIM

**ESTRUTURA ESPAÇO-TEMPORAL DA COMUNIDADE DE ALGAS PERIFÍTICAS
EM UM RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO CEARENSE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Recursos Naturais da Universidade Regional do Cariri-URCA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Diversidade Biológica e Recursos Naturais.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Arlene Pessoa da Silva

Coorientadores: Profa. Dra. Sírleis Rodrigues Lacerda e Prof. Dr. Ubirajara Lima Fernandes

CRATO-CEARÁ

2025

Eu, Naara Vasques Costa Landim, autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha Catalográfica Serviço de Biblioteca e Documentação da URCA/Campus
Pimenta Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Recursos Naturais -
PPGDR Dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Landim, Naara Vasques Costa

L257e Estrutura espaço-temporal da comunidade de Algas Perifíticas em um reservatório do semiárido Cearense / Naara Vasques Costa Landim. Crato-CE, 2025.

81p. il.

Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Recursos Naturais da Universidade Regional do Cariri - URCA.

Orientador(a): Prof.^a Dr.^a Maria Arlene Pessoa da Silva

Coorientador(a): Prof.^a Dr.^a Sírléis Rodrigues Lacerda

1. Sazonalidade , 2. Uso do solo, 3. Turnover, 4. Diatomáceas; I. Título.

CDD: 577

NAARA VASQUES COSTA LANDIM

**ESTRUTURA ESPAÇO-TEMPORAL DA COMUNIDADE DE ALGAS PERIFÍTICAS
EM UM RESERVATÓRIO DO SEMIÁRIDO CEARENSE.**

Dissertação de Mestrado apresentada a Banca Examinadora

Aprovada em: 01/10/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dra. Maria Arlene Pessoa da Silva

Orientadora

Universidade Regional do Cariri – URCA



Prof. Dr. Renato Juciano Ferreira

Membro Interno da banca

Universidade Regional do Cariri – URCA



Prof. Dr. Paulo de Freitas Lima

Membro externo da banca

Instituto Federal do Ceará-IFCE

Dedico esse trabalho ao meu Deus, que é a razão da minha vida,
Ao meu amado esposo, que é tudo para mim e
Aos meus queridos pais, que sempre me proporcionam o melhor.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus e Pai, pela sua graça e infinita misericórdia, a Jesus pelo amor e força diária, e ao Espírito Santo pela ajuda e orientação ao longo dessa trajetória. Ao meu querido e amado esposo Hygor Paulino, por estar sempre ao meu lado, me apoiando incondicionalmente, me incentivando, encorajando, e estando sempre à disposição para ajudar em todos os momentos...amo-te. Aos meus amados pais João e Cleide, por serem os melhores pais para mim e me criarem no caminho em que devo andar. À minha família, meus sogros Rosi e Luiz Flávio, aos meus cunhados Yury, Yasckara, Anderson e Cássia, por me apoiarem e me incentivarem.

À minha orientadora Profa. Dra. Sírleis Rodrigues Lacerda, por me orientar na carreira acadêmica e ter me proporcionado a oportunidade de fazer parte da família do Laboratório de Botânica- LAB/URCA e por todo carinho e aprendizado de vida, no qual eu levarei para o resto da vida. À minha orientadora Profa. Dra. Maria Arlene Pessoa da Silva por ter me ajudado e apoiado na etapa final do mestrado e pela parceria com o LBA para realização das análises. Ao meu coorientador Prof. Dr. Ubirajara Lima Fernandes, por toda ajuda e aprendizado nesse processo, pela paciência e disponibilidade de ensinar e transmitir seus conhecimentos e por encorajar a dar o meu melhor.

Aos colegas/orientandos de laboratório, Alander, Victória, Guilherme, Helen e Melissa pela ajuda e suporte nas coletas e análises da pesquisa. Aos meus amigos e colegas de mestrado, Léo, Anderson, Fernanda, Wallas, Bruno, Felipe, Dayne, Natália, Girlene, Laura, Elenilda e os demais pelo carinho, amizade, companheirismo e ajuda em cada processo dessa trajetória.

Ao Prof. Renato Juciano pelo aprendizado e ensinamentos diários, ao Prof. Hênio Melo pelo auxílio nas análises, ao Prof. Kaoli Cavalcante pela oportunidade de estágio e auxílio na identificação das espécies e todos os demais professores pelos conhecimentos e aprendizados transmitidos que contribuíram para minha formação.

Ao PPGDR/URCA pelo apoio, suporte e recursos disponibilizados durante a realização do curso. À FUNCAP pela concessão de bolsa para permanência no programa e realização dessa pesquisa. À COGERH-Crato pelo apoio nas coletas, concedendo transporte e equipamentos necessários, em especial a Fábria Campina e Elídio. A todos que contribuíram diretamente e indiretamente para a minha formação e na realização dessa pesquisa.

Por fim posso dizer: Mas em todas essas coisas, somos mais do que vencedores por aquele que nos amou (Romanos 8:37)!

“E sabemos que todas as coisas contribuem para o bem daqueles que amam a Deus, daqueles que são chamados segundo o seu propósito.”

Romanos 8:28

RESUMO

Os reservatórios são essenciais para a manutenção da vida, pois desempenham papel fundamental no estabelecimento e manutenção de serviços indispensáveis aos ecossistemas. No entanto perturbações climáticas e antropogênicas como uso do solo, levam a mudanças na organização estrutural das comunidades. Desse modo, essa pesquisa foi estruturada em dois capítulos com os seguintes objetivos: (1) avaliar a estrutura temporal da comunidade de algas perifíticas em um reservatório do semiárido cearense em diferentes períodos sazonais (chuvoso e seco) onde foram testadas as seguintes hipóteses: (i) A estrutura da comunidade perifítica é modulada pela sazonalidade, com os maiores efeitos observados nos atributos da comunidade durante o período seco, e (ii) A sazonalidade exercerá influência sobre o aumento da diversidade- β entre os períodos chuvoso e seco, com o componente de substituição como principal responsável por essa variação; (2) Verificar a estrutura da comunidade perifítica sob gradiente de uso do solo no entorno do reservatório nos períodos seco e chuvoso e a distribuição espacial, assim como a influência dos fatores ambientais e limnológicos sobre a comunidade ao longo do espaço-tempo em que testamos as hipóteses. A pesquisa foi realizada no reservatório Thomaz Osterne de Alencar em Crato-CE em diferentes períodos sazonais (chuvoso e seco) e tipos de uso do solo. As algas perifíticas foram removidas por meio de raspagem com o auxílio de uma escova de *nylon* e jatos de água destilada. Foram analisados os seguintes descritores da comunidade: composição de espécies, riqueza, frequência de ocorrência, abundância relativa, densidade, diversidade de Shannon, equitabilidade de Pielou e diversidade- β . Os resultados evidenciam que a sazonalidade e o uso do solo não influenciaram a estrutura da comunidade perifítica, embora alguns atributos tenham apresentado variações sutis entre os períodos, com maior riqueza no período chuvoso e maior abundância relativa no seco. A riqueza de espécies foi semelhante entre os períodos e difentes usos do solo. As diatomáceas, clorofíceas e as cianobactérias foram as mais expressivas. A diversidade de Shannon (H') e a equitabilidade de Pielou (J) não apresentaram diferenças entre as áreas e períodos estudados. A diversidade- β foi elevada e predominante pelo turnover, enquanto variáveis ambientais não apresentaram diferenças relevantes, indicando que fatores antrópicos afetam principalmente a abundância relativa e a diversidade- β , sem alterar de forma significativa a composição de espécies.

Palavras-chaves: Sazonalidade; Uso do solo; Turnover; Diatomáceas.

ABSTRACT

Reservoirs are essential for sustaining life, as they play a fundamental role in providing indispensable ecosystem services. However, climatic and anthropogenic disturbances, such as land use, lead to changes in the structural organization of communities. Thus, this research was structured into two chapters with the following objectives: (1) to evaluate the temporal structure of the periphytic algal community in a semiarid reservoir in Ceará across different seasonal periods (rainy and dry), where the following hypotheses were tested: (i) the structure of the periphytic community is modulated by seasonality, with the greatest effects observed on community attributes during the dry period; (ii) seasonality influences the increase in β -diversity between rainy and dry periods, with the turnover component being the main driver of this variation; (2) to examine the structure of the periphytic community along a land-use gradient surrounding the reservoir during the dry and rainy periods, and its spatial distribution, as well as the influence of environmental and limnological factors on the community across space and time, in which the hypotheses were tested. The research was conducted in the Thomaz Osterne de Alencar reservoir in Crato, Ceará, during different seasonal periods (rainy and dry) and land-use types. Periphytic algae were removed through scraping using a nylon brush and distilled water jets. The following community descriptors were analyzed: species composition, richness, frequency of occurrence, relative abundance, density, Shannon diversity, Pielou's evenness, and β -diversity. The results show that seasonality and land use did not influence the structure of the periphytic community, although some attributes showed subtle variations between periods, with greater richness during the rainy period and higher relative abundance during the dry period. Species richness was similar between periods and different land-use types. Diatoms, chlorophytes, and cyanobacteria were the most representative groups. Shannon diversity (H') and Pielou's evenness (J) did not differ between the areas and periods studied. β -diversity was high and predominantly driven by turnover, while environmental variables showed no relevant differences, indicating that anthropogenic factors mainly affect relative abundance and β -diversity, without significantly altering species composition.

Keywords: Climatic seasonality; Land use; Turnover; Diatoms.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1: A estrutura da comunidade perifítica não é afetada pela sazonalidade em um reservatório do semiárido brasileiro

FIGURA 1: Localização do reservatório Thomaz Osterne de Alencar e do ponto de coleta, Crato, Ceará, Brasil.....29

FIGURA 2: Riqueza dos táxons por grupo entre os períodos sazonais chuvoso e seco associada à macrófita aquática *Egeria densa* Planch. no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil)31

FIGURA 3: Frequência de ocorrência dos táxons entre os períodos sazonais chuvoso e seco associada à macrófita aquática *Egeria densa* Planch. no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil)32

FIGURA 4: Abundância relativa dos grupos de algas perifíticas entre os períodos sazonais chuvoso e seco associada à macrófita aquática *Egeria densa* Planch. no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil)33

FIGURA 5: Diagrama de abundância de Whittaker das algas perifíticas nos períodos sazonais chuvoso e seco associada à macrófita aquática *Egeria densa* Planch. no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil)33

FIGURA 6: Diversidade de Shannon (H') e Equitabilidade de Pielou (J) entre períodos sazonais chuvoso e seco.....34

CAPÍTULO 2: Efeitos da sazonalidade e do uso do solo sobre a comunidade de algas perifítica em um reservatório do semiárido brasileiro

FIGURA 1: Localização do reservatório Thomaz Osterne de Alencar e dos pontos de coleta nos diferentes usos do solo, Crato, Ceará, Brasil.....53

FIGURA 2: Variação sazonal da precipitação pluviométrica (mm) em Crato-CE, durante o período de estudo.....56

FIGURA 3: Riqueza dos táxons por grupo nos diferentes usos do solo entre os períodos sazonais chuvoso e seco no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil)57

FIGURA 4: Frequência de ocorrência dos táxons nos diferentes usos do solo entre os períodos sazonais no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil)58

FIGURA 5: Abundância relativa dos grupos de algas perifíticas nos diferentes usos do solo entre os períodos sazonais no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil)	58
FIGURA 6: Diagrama de abundância de Whittaker das algas perifíticas nos diferentes usos do solo entre os períodos sazonais no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil)	59
FIGURA 7: Ordenamento NMDS baseado na dissimilaridade de Jaccard (presença/ausência) das comunidades de algas perifíticas nos diferentes usos do solo entre os períodos sazonais no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil). (MC)-Mata Ciliar; (OH)-Ocupação humana.....	61

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1: A estrutura da comunidade perifítica não é afetada pela sazonalidade em um reservatório do semiárido brasileiro

TABELA 1: Lista de espécies da comunidade de algas perifíticas nos períodos chuvoso e seco do reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil)	70
--	----

Capítulo 2: Efeitos da sazonalidade e do uso do solo sobre a comunidade de algas perifítica em um reservatório do semiárido brasileiro

TABELA 1: Lista de espécies da comunidade de algas perifíticas nos tipos de solo e períodos sazonais do reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil)	73
TABELA 2: Valores de diversidade beta total, turnover e nestedness da comunidade de algas perifíticas nos diferentes tipos de área (mata ciliar e ocupação humana) e períodos sazonais no reservatório Thomaz Osterne de Alencar, Crato-CE.....	60
TABELA 3: Valores médios e Desvio Padrão (+) das variáveis ambientais e limnológicas do reservatório Thomaz Osterne de Alencar, nos diferentes usos do solo durante o período de estudo 1.....	61

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
REFERÊNCIAS.....	16
CAPÍTULO 1: A estrutura da comunidade perifítica não é afetada pela sazonalidade em um reservatório do semiárido brasileiro.....	21
INTRODUÇÃO.....	24
MATERIAL E MÉTODOS.....	26
Área de estudo.....	26
Amostragem e análise.....	26
Análise dos dados.....	27
RESULTADOS.....	29
DISCUSSÃO.....	33
CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS.....	38
CAPÍTULO 2: Efeitos da sazonalidade e do uso do solo sobre a comunidade de algas perifítica em um reservatório do semiárido brasileiro.....	45
INTRODUÇÃO.....	48
MATERIAL E MÉTODOS.....	50
Área de estudo.....	50
Amostragem.....	50
Variáveis ambientais.....	51
Análise quantitativa.....	51
Análise qualitativa.....	51
Análise dos dados.....	52
RESULTADOS.....	53
DISCUSSÃO.....	59
CONCLUSÃO.....	62
REFERÊNCIAS.....	63
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
APÊNDICES.....	70

INTRODUÇÃO

Os reservatórios são essenciais para a manutenção da vida, pois desempenham papel fundamental no estabelecimento e manutenção de serviços ecossistemas, como regulação do ciclo da água, a ciclagem de nutrientes, suporte à biodiversidade e a regulação climática (SANTOS et al., 2018). Além disso, fornecem água para o abastecimento público, irrigação agrícola, aquicultura e lazer (TUNDISI, 2018). No entanto, esses sistemas são vulneráveis a perturbações antropogênicas e climáticas que resultam em alterações hidrológicas oriundas da variabilidade sazonal na precipitação, marcante em regiões tropicais semiáridas (MEERHOF et al., 2022; PRIYA et al., 2023).

A região semiárida brasileira é marcada por longos períodos de seca e curtos períodos de chuvas, bem como altas temperaturas e elevadas taxas de evaporação que interferem na redução do volume hídrico (MEDEIROS, 2017; LEITE; BECKER, 2019). Essas condições ocasionam alterações físicas e químicas no ambiente influenciam no desenvolvimento e estruturação das comunidades aquáticas e no funcionamento do ecossistema (ESPÍNDOLA et al., 2000; CUNHA-SANTINO; BIANCHINI-JUNIOR, 2011). Interferências antrópicas intensificam esses efeitos e resultam em progressiva desestabilização das relações ecológicas das comunidades aquáticas como predação, herbivoria, competição e na redução de habitats (ŻELAZNAWIECZOREK; NOWICKA-KRAWCZYK, 2015).

Dentre os organismos presentes nos ecossistemas aquáticos, o perifíton desempenha papel fundamental nos reservatórios, pois contribui para o aumento da produtividade primária, ciclagem de nutrientes e como fonte de alimento para vários herbívoros (VADEBONCOEUR; STEINMAN, 2002; DUNCK et al., 2018). O perifíton é formado por uma associação complexa de microrganismos (algas, bactérias, fungos e protozoários) com detritos orgânicos e inorgânicos, aderidos a substratos vivos ou mortos, sendo as algas os componentes mais abundantes da comunidade (WETZEL, 1983).

As algas perifíticas colonizam diversos substratos, entre eles, as macrófitas aquáticas exercem um papel fundamental na colonização da comunidade em virtude de suas diversas morfologias e formas de vida (ex: flutuantes, submersas e emergentes) (NASCIMENTO-FILHO et al., 2021). Essa diversidade estrutural cria micro-habitats que favorecem a colonização e permite maior disponibilidade de nichos, o que promove o aumento da abundância e diversidade de algas perifíticas (THOMAZ et al., 2008; NASCIMENTO-FILHO et al., 2024).

A comunidade perifítica é influenciada direta ou indiretamente por fatores bióticos e ambientais nas escalas espaciais e temporais (ADAME et al., 2018). Em ecossistemas aquáticos de regiões semiáridas, fatores como temperatura, disponibilidade de nutrientes, intensidade luminosa, tipo de substrato e regime hidrológico têm papéis cruciais na composição e diversidade de espécies da comunidade de algas perifíticas, (CORDEIRO et al., 2017). As mudanças ambientais podem modificar a estrutura da comunidade ao longo do tempo e resultar no aumento de espécies dominantes, homogeneização da comunidade e

consequentemente, redução da diversidade e perda de serviços ecossistêmicos (BOZELLI et al., 2015; PETSCH, 2017).

Em reservatórios do semiárido, a variabilidade hidrológica dos ciclos anuais de chuva e seca, causam grandes variações no fluxo de entrada e saída de água (e de nutrientes), no volume de água armazenado e no tempo de retenção hidráulica (BOUVY et al., 2003). Essas flutuações sazonais alteram as propriedades físicas, químicas e biológicas desses sistemas e afetam diretamente a composição da comunidade (NASELLI-FLORES; BARONE, 2005). Estudos em reservatórios do Nordeste brasileiro têm mostrado que as variações sazonais influenciam a estrutura, composição e os aspectos funcionais das comunidades aquáticas como o fitoplâncton, zooplâncton e o perifíton, principalmente em períodos de seca prolongada (interanual) (MEDEIROS et al., 2015; CARDOSO et al., 2022; COSTA et al. 2024; SANTOS et al., 2024). Para o perifíton, tem-se evidenciado que a sazonalidade em reservatório do semiárido influencia a composição de espécies (LANDIM et al., 2025, submetido).

Além dos efeitos da sazonalidade, as comunidades aquáticas podem ser diretamente afetadas pelo uso do solo no entorno (SHEN et al., 2024). Diferentes usos do solo como, ocupação urbana e as atividades agrícolas podem causar efeitos significativos nos ecossistemas de água doce e alteram os padrões de fluxo e as condições físicas e químicas da água (REIS; ALVES, 2017; PETSCH et al., 2021). Essas mudanças afetam diretamente a biodiversidade e geram simplificação biótica (CARDINALE et al., 2002; ALEXANDER et al., 2015).

Estudos mostraram que a intensidade do uso do solo afeta significativamente a biodiversidade de água doce (SHEN et al., 2024). Em áreas impactadas pela agricultura, a diversidade taxonômica e funcional da comunidade perifítica é reduzida e mais homogênea em comparação com áreas protegidas e favorece espécies oportunistas e tolerantes, ao passo que, ocasionam a perda de espécies sensíveis (por exemplo, MIKKOLA et al., 2018; MACHADO et al., 2024; TRINDADE; DUNCK, 2025). De maneira semelhante, o uso de solo interfere na composição e diversidade de espécies na comunidade fitoplanctônica, na qual reduz a heterogeneidade da comunidade (SCHUSTER et al., 2015). Esse padrão também se verifica entre os invertebrados bentônicos, onde áreas de agricultura intensiva afetam negativamente a composição e biomassa e resulta em uma comunidade menos diversa e mais homogênea (ROSA et al., 2024).

Nesse cenário, alterações na composição de espécies estão associadas a variações nas condições ambientais e nos padrões de uso do solo, que atuam como filtros e limitam o estabelecimento de espécies com características distintas ou favorecem a persistência de espécies tolerantes ao habitat (STEGEN et al., 2013; ASTORGA et al., 2014). Assim, uma análise mais ampla das interações entre esses fatores e a comunidade de algas torna-se fundamental para compreender os efeitos precisos das atividades antrópicas na biodiversidade dos reservatórios (SILVA et al., 2024).

A biodiversidade é comumente subdividida em três dimensões fundamentais: diversidade alfa (local), diversidade beta (variação entre locais) e diversidade gama (regional) (SOCOLAR et al., 2016). As diversidades alfa e gama compartilham as mesmas características e são diferenciadas apenas pela escala, enquanto a diversidade beta corresponde à variabilidade na composição de espécies entre habitats no espaço ou tempo (TUOMISTO, 2010a, b). A

diversidade beta é impulsionada pela substituição de espécies (*turnover*) ou aninhamento (*nestedness*) que por sua vez leva a ganho ou perda de espécies (BASELGA, 2010; LEGENDRE, 2014). A substituição de espécies (*turnover*) indica complementaridade de nicho, e permite que espécies sejam substituídas sem que haja a perda de funções ecossistêmicas. Por outro lado, o padrão de aninhamento (*nestedness*) está associado a um processo de simplificação, resulta na perda de indivíduos dentro da comunidade, nos quais, poderão refletir na redução de processos ecossistêmicos, principalmente na assimilação de carbono, no fluxo dos nutrientes e nas teias alimentares (BASELGA, 2010).

Essa distinção contribui para descobrir quais os processos ecológicos que influenciam nos padrões de riqueza e composição de espécies da comunidade de algas perifíticas, sendo também uma ferramenta valiosa na previsão da perda de funções ecossistêmicas, principalmente em programas de conservação (WU et al., 2021). Estudos realizados em reservatórios do Nordeste apontaram que a diversidade beta em comunidades de algas fitoplanctônicas e perifíticas é impulsionada principalmente pela substituição de espécies (CARDOSO et al., 2022; SANTOS et al., 2024; FILHO; MOURA et al., 2024; SILVA; MOURA; AMORIM, 2025). Resultados semelhantes foram observados em reservatórios subtropicais, lagos e riachos brasileiros (SCHUSTER et al., 2015; OSÓRIO et al., 2019; ROSA et al., 2024). Por outro lado, o padrão de aninhamento é especialmente identificado como um fator influente na diversidade taxonômica e funcional, especialmente em reservatórios e trechos de rios próximos a áreas mais impactadas pelo uso do solo, pois contribuiu para a homogeneização das espécies (MACHADO et al., 2024; TRINDADE; DUNCK, 2025; TANG et al., 2025).

Apesar da importância desses componentes para a compreensão dos padrões de distribuição das espécies, estudos de diversidade beta e uso do solo em reservatórios do semiárido têm sido pouco explorados, especialmente no que se refere a comunidade perifítica (NASCIMENTO FILHO et al., 2024; SILVA; MOURA; AMORIM, 2025). De modo geral, estudos sobre biodiversidade e os impactos do uso do solo que envolvem comunidades algais são expressivamente menores quando comparados a outros grupos de organismos aquáticos como macroinvertebrados e peixes (SHEN et al., 2024). Desse modo, avaliar a estrutura da comunidade perifítica por meio dos atributos ecológicos, dentre eles, a diversidade beta possibilitará compreender os padrões estruturantes da comunidade perifítica e contribuirá com informações relevantes para novas pesquisas e conservação dos ecossistemas aquáticos.

Essa pesquisa está estruturada em dois capítulos com os seguintes objetivos: (1) avaliar a estrutura temporal da comunidade de algas perifíticas em um reservatório do semiárido cearense em diferentes períodos sazonais (chuvoso e seco); (2) Verificar a estrutura da comunidade perifítica e sua distribuição espacial sob gradiente de uso do solo no entorno do reservatório, assim como a influência dos fatores ambientais e limnológicos sobre a comunidade ao longo do espaço-tempo.

REFERÊNCIAS

ADAME, K. L.; DUNCK, B.; RODRIGUES, L. Periphytic algal community in lentic environments of the Upper Paraná River floodplain: seasonal and spatial variation. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 30, p. e205, 2018.

ALEXANDER, M. E.; KAISER, H.; WEYL, O. L. F.; DICK, J. T. A. Habitat simplification increases the impact of a freshwater invasive fish. **Environmental biology of fishes**, v. 98, p. 477-486, 2015.

ASTORGA, A.; DEATH, R.; DEATH, F.; PAAVOLA, R.; CHAKRABORTY, M.; MUOTKA, T. Habitat heterogeneity drives the geographical distribution of beta diversity: the case of New Zealand stream invertebrates. **Ecology and Evolution**, v. 4, n. 13, p. 2693–2702, 2014.

BASELGA, A. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. **Global Ecology and Biogeography**, v. 19, p. 134–143, 2010.

BOZELLI, R. L.; THOMAZ, S. M.; PADIAL, A. A.; LOPES, P. M.; BINI, L. M. Floods decrease zooplankton beta diversity and environmental heterogeneity in an Amazonian floodplain system. **Hydrobiologia**, v. 753, p. 233-241, 2015.

BOUVY, M.; NASCIMENTO, S. M.; MOLICA, R. J.; FERREIRA, A.; HUSZAR, V.; AZEVEDO, S. M. Limnological features in Tapacurá reservoir (northeast Brazil) during a severe drought. **Hydrobiologia**, v. 493, n. 1, p. 115–130, 2003.

CARDINALE, B.J.; PALMER, M.A.; SWAN, M.C.; BROOKS, S.; POFF, N.L. The influence of substrate heterogeneity on biofilm metabolism in a stream ecosystem. **Ecology**, v. 83, p.412-422, 2002.

CORDEIRO, R. S.; BARBOSA, J. E. L.; LIMA FILHO, G. Q.; BARBOSA, L. G. Periphytic algae dynamics in lentic ecosystems in the Brazilian semiarid. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 3, p. 495-505, 2017.

COSTA, M. R.; CARDOSO, M. M.; SELMECZY, G. B.; PADISÁK, J.; BECKER, V. Phytoplankton functional responses induced by extreme hydrological events in a tropical reservoir. **Hydrobiologia**, v. 851, n. 4, p. 849-867, 2024.

CUNHA-SANTINO, M. B.; BIANCHINI JR., L. **Colonização de macrófitas aquáticas em ambientes lênticos**. Associação Brasileira de Limnologia. São Carlos. 2011. Disponível em: [https://www.ablimno.org.br/boletins/pdf/bol_39\(1-2\).pdf](https://www.ablimno.org.br/boletins/pdf/bol_39(1-2).pdf). Acesso em: 02 de agosto de 2021.

DUNCK, B.; JUNQUEIRA, M. G.; BICHOFF, A.; SILVA, M. V. D.; PINEDA, A.; PAULA, A. C. M. D.; RODRIGUES, L. Periphytic and Planktonic alge records from the upper Paraná river floodplain. **Hoehnea**, v.4, p.560-590, 2018.

ESPÍNDOLA, E. L. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; RILETZLER, A. C.; TUNDISI, J. G. Spatial heterogeneity of the Tucuruí reservoir (State of Pará, Amazonia, Brazil) and the distribution of zooplanktonic species. **Revista Brasileira Biologia**, v. 60, n. 2, p. 179 -194, 2000.

LANDIM, N. V. C.; RICARTE, E. M. F.; RODRIGUES, J. L. G.; OLIVEIRA, N. M.; OLIVEIRA, E. C. C.; LACERDA, S. R.; FERNANDES, U. L. Species composition as the main predictor of the substrate type and seasonality for the periphytic community in Brazilian semi-arid reservoir. **Limnology**, 2025. Submetido.

LEITE, J. N. C.; BECKER, V. Impacts of drying and reflooding on water quality of a tropical semi-arid reservoir during an extended drought event. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 31, 2019.

LEGENDRE, P.; CÁCERES, M. Beta diversity as the variance of community data: dissimilarity coefficients and partitioning. **Ecology Letters**, v. 16, n. 8, p. 951–963, 2013.

MACHADO, K. B.; OLIVEIRA, P. H. F.; FERRAGUT, C.; TERESA, F. B.; NABOUT, J. C. Environmental gradients and anthropogenic landscape modification determine composition of functional traits of periphyton community in Brazilian Cerrado streams. **Hydrobiologia**, p. 1-15, 2024.

MEDEIROS, L. D. C.; MATTOS, A.; LÜRLING, M.; BECKER, V. Is the future blue-green or brown? The effects of extreme events on phytoplankton dynamics in a semi-arid man-made lake. **Aquatic Ecology**, v. 49, p. 293–307, 2015.

MEDEIROS, A. D. **Análise da gestão das águas de reservatórios no Seridó do Estado do Rio Grande do Norte**. 2017. 151 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

MEERHOFF, M.; AUDET, J.; DAVIDSON, T. A.; DE MEESTER, L.; HILT, S.; KOSTEN, S.; LIU, Z.; MAZZEO, N.; PAERL, H.; SCHEFFER, M.; JEPPESEN, E. Feedback between climate change and eutrophication: Revisiting the allied attack concept and how to strike back. **Inland Waters**, v. 12, p. 187–204, 2022.

NASELLI-FLORES, L.; BARONE, R. Water-level fluctuations in Mediterranean reservoirs: setting a dewatering threshold as a management tool to improve water quality. **Hydrobiologia**, v. 548, n. 1, p. 85–99, 2005.

NASCIMENTO FILHO, S. L.; GAMA, W. A.; NASCIMENTO MOURA, A. Effect of the structural complexity of aquatic macrophytes on epiphytic algal, macroinvertebrates, and their interspecific relationships. **Aquatic Sciences**, v. 83, p. 1-14, 2021.

NASCIMENTO FILHO, S.L.; DINIZ, A. S.; NASCIMENTO MOURA, A. The role of environmental factors on beta diversity of periphytic algae in a tropical reservoir. **Marine and Freshwater Research**, v. 75, n. 13, p. NULL-NULL, 2024. <https://doi.org/10.1071/MF24105>

OSÓRIO, N. C.; CUNHA, E. R.; TRAMONTE, R. P.; MORMUL, R. P.; RODRIGUES, L. Habitat complexity drives the turnover and nestedness patterns in a periphytic algae community. **Limnology**, v. 20, p. 297-307, 2019.

PETSCH, D. K.; BLOWES, S. A.; MELO, A. S.; CHASE, J. M. A synthesis of land use impacts on stream biodiversity across metrics and scales. **Ecology**, v. 102, n. 11, e03498, 2021.

PETSCH, D. K.; SCHNECK, F.; MELO, A. S. Substratum simplification reduces beta diversity of stream algal communities. **Freshwater Biology**, v. 62, p. 205–213, 2017.

PRIYA, A.K. M.; MURUGANANDAM, M., RAJAMANICKAM, S., SIVARETHINAMOHAN, S., GADDAM, M. K. R., VELUSAMY, P., GOMATHI, R., RAVINDIRAM, G.; GURUGUBELLI, T.R.; MUNIASAMY, S. K. Impact of climate change and anthropogenic activities on aquatic ecosystem—A review. **Environmental Research**, v. 238, 117233, 2023.

REIS, J. C.; ALVES, J. S. Impactos ambientais decorrentes do uso e ocupação do solo na Microbacia do Córrego Água Quente em Rio Quente, Goiás. **Revista Geoaraguaia**, v. 7, n. 1, 2017.

ROSA, J.; MUNIZ, C. M.; PETSCH, D. K.; MORETTO, Y.; MARTENS, K.; HIGUTI, J. Local factors drive the richness, biomass and composition of benthic invertebrate communities in Neotropical reservoirs. **Aquatic Sciences**, v. 86, n. 2, p. 61, 2024.

SANTOS, M. L. S.; ALVES, I. C. C; BORDALO, A. O; MELO, N. F. A. C; PALHETA, G. D.; SOUZA, R. A. L. Poluição Aquática: Importância Da Água. In: SOUZA, R. A. L (Org.). **Ecosistemas aquáticos: tópicos especiais**. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2018, p.83-106.

SANTOS, M. A.D.; FERRAGUT, C.; SILVA, D. M. L.; MOURA, C. W. D. N. Hydrologic cycle influence on desmid abundance in a shallow floodplain lagoon in the Brazilian semiarid region. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 36, e33, 2024

SCHUSTER, K. F.; TREMARIN, P. I.; SOUZA-FRANCO, G. M. Alpha and beta diversity of phytoplankton in two subtropical eutrophic streams in southern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 29, n. 4, p. 597-607, 2015.

SHEN, M.; VAN KLINK, R.; SAGOUIS, A.; PETSCH, D. K.; ABONG'O, D. A.; ALAHUHTA, J.; CHASE, J. M. FreshLanDiv: a global database of freshwater biodiversity across different land uses. **Global Ecology and Biogeography**, v. 33, n. 12, p. e13917, 2024.

SILVA, T.T.; BORTOLINI, J. C.; IATSKIU, P.; PILATTI, M. C.; MEDEIROS, G.; AMARAL, M. W. W.; BUENO, N. C. Local environmental factors are the main drivers of phytoplankton biovolume in subtropical streams of Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 926, 171663, 2024.

SILVA, F. S.; MOURA, A. N.; AMORIM, C. A. Eutrophication drives functional and beta diversity loss in epiphytic cyanobacteria. **Hydrobiologia**, p. 1–16, 2025.

SOCOLAR, J. B.; GILROY, J. J.; KUNIN, W. E.; EDWARDS, D. P. How should beta-diversity inform biodiversity conservation? **Trends in Ecology and Evolution**, v. 31, n. 1, p. 67–80, 2016.

STEGEN, J. C.; FREESTONE, A. L.; CRIST, T. O.; ANDERSON, M. J.; CHASE, J. M.; COMITA, L. S.; VELLEND, M. Stochastic and deterministic drivers of spatial and temporal turnover in breeding bird communities. **Global Ecology and Biogeography**, v. 22, n. 2, p. 202–212, 2013.

TANG, X.; HE, H.; QIN, Q.; XU, F.; LIU, F.; ZHANG, F. Seasonal Variation in the β -Diversity of Periphytic Algae and Its Response to Landscape Patterns in the Chishui River, a Naturally Flowing Tributary of the Upper Yangtze River. **Ecology and Evolution**, v. 15, n. 2, p. e70976, 2025.

THOMAZ, S. M.; DIBBLE, E. D.; EVANGELISTA, L. R.; HIGUTI, J.; BINI, L. M. Influence of aquatic macrophyte habitat complexity on invertebrate abundance and richness in tropical lagoons. **Freshwater Biology**, v. 53, n. 2, p. 358–367, 2008.

TRINDADE, E.G. A.; DUNCK, B. Environmental preservation leads to greater beta diversity of periphytic algae in Amazonian streams. **Limnologia**, v. 110, p. 126221, 2025.

TUOMISTO, H. A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. **Ecography**, v. 33, n. 1, p. 2–22, 2010a.

TUOMISTO, H. A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 2. Quantifying beta diversity and related phenomena. **Ecography**, v. 33, n. 1, p. 23–45, 2010b.

TUNDISI, JOSÉ GALIZIA. Reservoirs: new challenges for ecosystem studies and environmental management. **Water Security**, v. 4, p. 1-7, 2018.

VADEBONCOEUR, Y.; STEINMAN, A. D. Periphyton Function in Lake Ecosystems. **The Scientific World Journal**, v. 2, p. 1-20, 2002.

WETZEL, R. G. **Limnology: lake and river ecosystems**. Philadelphia: Academic Press, 1983. 1006p.

WU, N.; ZHOU, S.; ZHANG, M.; PENG, W.; QU, X.; ZHANG, Y.; DU, L. Spatial and local environmental factors outweigh geo-climatic gradients in structuring taxonomically and trait-based β -diversity of benthic algae. *Journal of Biogeography*, v. 48, n. 8, p. 1842–1857, 2021.

ŻELAZNA-WIECZOREK, J.; NOWICKA-KRAWCZYK, P. The cascade construction of artificial ponds as a tool for urban stream restoration—the use of benthic diatoms to assess the effects of restoration practices. **Science of the Total Environment**, v. 538, p. 591-599, 2015.

CAPÍTULO 1:**A estrutura da comunidade perifítica não é afetada pela sazonalidade em um reservatório do semiárido brasileiro**

Artigo submetido a Revista Limnetica (percentil 64%)

(Qualis B2 na área de Biodiversidade e fator de impacto 1.2)

Formatado conforme as normas da revista (<https://www.limnetica.com/en/limnetica>)

A estrutura da comunidade perifítica não é afetada pela sazonalidade em um reservatório no semiárido brasileiro

Naara Vasques Costa Landim¹ (0000-0002-4348-467X)

Alander Pablo da Silva Vieira¹ (0009-0003-6572-523X)

Maria Victória Landim Silva¹ (0009-0006-2137-5030)

Guilherme Anchieta da Silva¹ (0009-0002-3428-6556)

Gabriel Messias da Silva Nascimento¹ (0000-0002-6487-2890)

Maria Arlene Pessoa da Silva¹ (0000-0001-8148-5350)

Sírleis Rodrigues Lacerda¹ (0000-002-1358-2420)

Ubirajara Lima Fernandes^{2*} (0000-0001-9541-051X)

¹Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Recursos Naturais, Universidade Regional do Cariri, Crato, Ceará, Brasil.

²Universidade Estadual do Ceará, Limoeiro do Norte, CE, Brasil.

*Corresponding author: ubiralf@gmail.com

Resumo

A estrutura da comunidade perifítica não é afetada pela sazonalidade em um reservatório do semiárido brasileiro

Flutuações sazonais desencadeiam alterações nos sistemas aquáticos e levam a mudanças na organização estrutural das comunidades. O presente estudo teve como objetivo avaliar a estrutura da comunidade de algas perifíticas sobre *Egeria densa* Planch. em diferentes períodos sazonais (períodos chuvoso e seco) em um reservatório do semiárido brasileiro. As algas perifíticas foram removidas das folhas e caules da *E.densa* por meio de raspagem com o auxílio de uma escova de *nylon* e jatos de água destilada e fixadas com formaldeído a 4%. Foram analisados os seguintes descritores da comunidade: composição de espécies, riqueza, frequência de ocorrência, abundância relativa por espécie e por grupo diversidade de Shannon, equitabilidade de Pielou e diversidade- β . A riqueza em espécies esteve representada por 63 táxons de algas perifíticas distribuídos em oito grupos, onde a maior riqueza foi registrada no período chuvoso (49 espécies). Em termos de abundância relativa, as diatomáceas foram as algas mais representativas em ambos os períodos sazonais, com *Navicula* sp. mais abundante no período chuvoso e, *Eunotia* sp2 e *Gomphonema* sp. no período seco. Os índices de diversidade e equitabilidade mostraram-se estáveis, com pequenas variações entre os períodos. A diversidade- β demonstrou diferenças na composição das espécies entre os períodos, tendo a substituição (*turnover*) como componente dominante. No entanto, não foi estatisticamente significativo. Concluímos que a sazonalidade teve influência limitada na composição e estrutura da comunidade de algas perifíticas sobre *E.densa*, com alterações pontuais nos atributos entre os períodos. Esses resultados destacam o baixo papel da sazonalidade na estruturação da comunidade.

Palavras-chave: Açude; Algas; Sazonalidade.

INTRODUÇÃO

Regiões semiáridas são marcadas por condições climáticas e hidrológicas peculiares, com longos períodos de seca, curtos períodos de chuva e altas taxas de evaporação que podem causar grandes variações no nível da água dos reservatórios (Figueiredo & Becker, 2018). Essas flutuações desencadeiam alterações físicas, químicas e biológicas no ambiente e levam a mudanças na estabilidade da coluna d'água e na composição das espécies (Santos et al., 2021). Nesses ambientes, as comunidades aquáticas são compostas por uma ampla variedade de espécies (Rodrigues et al., 2013), com destaque para o perifíton, uma complexa comunidade de microrganismos (algas, bactérias, fungos e protozoários), detritos orgânicos e inorgânicos aderidos aos substratos vivos ou mortos (Wetzel, 1983). As microalgas são os componentes mais abundantes no perifíton, e são responsáveis pela produção primária, fluxo de energia na teia alimentar, mineralização e ciclagem de nutrientes (Rodrigues et al., 2013, Machado et al., 2024). Esses organismos possuem ciclos de vida curto, elevada riqueza em espécies e sensibilidade elevada às mudanças ambientais, de modo que, sendo considerados excelentes bioindicadores para avaliar a integridade dos ambientes aquáticos (Gulin et al., 2021; Zorzal-Almeida & Fernandes, 2021).

A composição e a diversidade da comunidade de algas perifíticas são moldadas por interações complexas entre fatores bióticos e abióticos (Oliveira et al., 2023). De forma complementar, as flutuações sazonais podem influenciar as condições ambientais locais da água como volume de água, bem como o aumento na concentração de nutrientes, temperatura da água e disponibilidade de luz (Liu et al., 2021), e levar à heterogeneidade espacial e temporal na composição das comunidades de algas perifíticas (Huang et al., 2024). Estudos realizados em reservatórios do semiárido brasileiro indicam que as variações sazonais influenciam positivamente a composição e os aspectos funcionais das comunidades fito e zooplancônica, principalmente em períodos de seca prolongada (Medeiros et al., 2015, Cardoso et al., 2022, Costa et al. 2024, Santos et al., 2024). Quanto ao perifíton, tem-se evidenciado que a

sazonalidade exerce forte influência na composição de espécies, que apresentam componentes distintos entre o período seco e chuvoso (Landim et al., 2025, submetido). No entanto, não há um entendimento se a variação sazonal influencia na perda ou substituição das espécies, mas ocorrência que pode ser evidenciada pela determinação da diversidade- β .

Em ecossistemas de água doce, a diversidade- β pode ser modificada pelas variáveis ambientais, e as espécies podem ser substituídas por outras (*turnover*) com nichos ecológicos similares ou ou podem ser um subconjunto reduzido de espécies (aninhamento - *nestedness*) que irão caracterizar a composição e a estrutura da comunidade (Hewitt et al., 2010, Baselga & Leprieur, 2015). Diversos estudos evidenciaram que a substituição de espécies entre os períodos chuvoso e seco influencia tanto o perifíton quanto o fitoplâncton (Cardoso et al., 2022; Santos et al., 2024; Nascimento Filho & Moura, 2024, Silva, Moura, Amorim, 2025). Esses padrões também são bem documentados em reservatórios, lagos e riachos brasileiros subtropicais (Schuster et al., 2015, Osório et al., 2019, Rosa et al., 2024), o que pode dar indícios de ser um padrão ecológico comum independente da latitude e suas características climáticas.

Considerar a dinâmica temporal das algas perifíticas também pode garantir uma compreensão das interações dentro da comunidade e, conseqüentemente, criar previsões em como as mudanças climáticas influenciam nos processos de montagem das comunidades (Silva et al., 2024). Nesse contexto, a análise dos descritores ecológicos se destaca como uma abordagem valiosa para entender como a sazonalidade influencia a biodiversidade dos ecossistemas aquáticos (Tang et al., 2025), pois contribui para elucidar processos e serviços ecossistêmicos e são úteis na aplicação em programas de manejo e conservação (Wu et al., 2021). Dessa forma, é fundamental ampliar o conhecimento sobre a dinâmica temporal da comunidade de algas perifíticas e dos fatores que a influenciam para compreender melhor o funcionamento dos ecossistemas aquáticos (Zhu et al., 2023, Ma et al., 2024).

O presente estudo teve como objetivo avaliar a composição e estrutura da comunidade de algas perifíticas sobre a macrófita aquática *Egeria densa* Planch. em diferentes períodos sazonais

(chuvoso e seco) em um reservatório situado no semiárido brasileiro. As seguintes hipóteses foram testadas: (i) A estrutura da comunidade perifítica é modulada pela sazonalidade, com os maiores efeitos observados nos atributos da comunidade durante o período seco; (ii) A sazonalidade exercerá influência sobre o aumento da diversidade- β entre os períodos chuvoso e seco, com o componente de substituição como principal responsável por essa variação.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A pesquisa foi realizada no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (açude Umari) (7°5'28''S e 7°6'43''W), Ceará, Brasil (Fig. 1) localizado na Sub-bacia hidrográfica do Salgado. O reservatório tem capacidade estimada de água de 28.780.000 m³ (COGERH, 2022). É utilizado principalmente para abastecimento público, pesca, irrigação e lazer. Situado na região semiárida, apresenta clima que varia entre tropical quente semiárido brando e tropical quente subúmido, com temperatura média anual entre 24 e 26°C e picos de temperatura de aproximadamente 36°C, que podem ser registrados no período seco (Oliveira-Júnior et al., 2019). A média pluviométrica anual é de 1.096,1 mm, com chuvas distribuídas de forma irregular durante a estação chuvosa, que vai de dezembro a maio, e chuvas esporádicas na estação seca, que vai de junho a novembro (Oliveira-Júnior et al., 2019).

Coleta e processamento das amostras

As coletas do perifíton foram realizadas de abril de 2022 a junho de 2022, período chuvoso e entre agosto e outubro de 2022, período seco (Fig.1). O material perifítico foi removido por meio de raspagem do caule e das folhas de *E. densa* com o auxílio de escova de *nylon* e jatos de água destilada e, em seguida, o material foi acondicionado em frascos de polietileno e fixados em uma solução de formaldeído a 4% (Bicudo & Menezes, 2017). Para a análise taxonômica, foram preparadas de duas a quatro lâminas temporárias por amostra, com uma

gota do material previamente homogeneizado, que, posteriormente, foram analisadas sob microscopia óptica (modelo Motic BA310) para identificação e contagem dos organismos. A identificação foi realizada em menor nível taxonômico possível com base em observações morfológicas das espécies e com o auxílio de bibliografia especializada como Prescott (1962), Sant'Anna (1984), Azevedo et al. (1996), Komárek & Anagnostidis (2007; 2008), Franceschini et al. (2010) Bicudo & Menezes (2017) e Tucci et al. (2019).

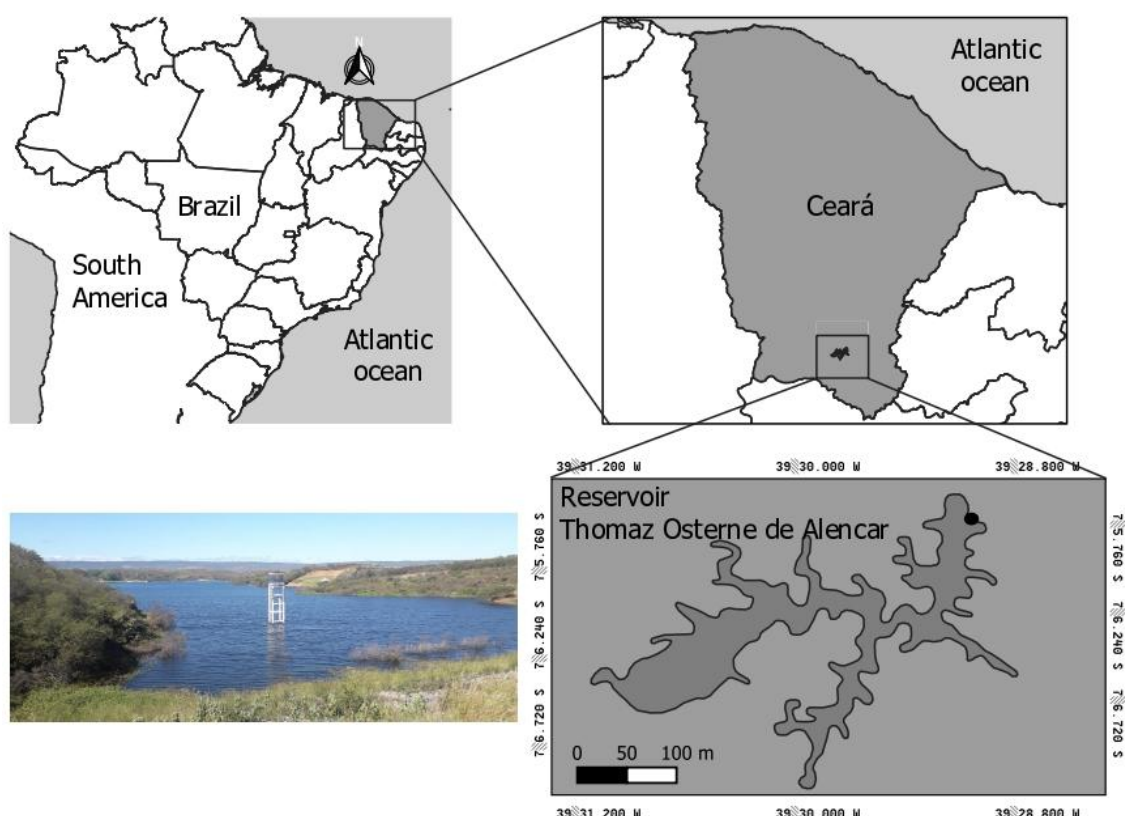


Figura1: Localização do reservatório Thomaz Osterne de Alencar e do ponto de coleta, Crato,Ceará, Brasil

Análise dos dados

A riqueza em espécies foi determinada tanto por grupos taxonômicos (cianobactérias, clorofíceas, carofíceas, diatomáceas, dinoflagelados, euglenofíceas e xantofíceas) quanto em riqueza total em espécies de acordo com a presença de cada táxon na amostra. A frequência de ocorrência foi expressa em termos de porcentagem de acordo com os critérios de Mateucci e

Colma (1982) com a utilização da fórmula: $F = a.100/A$, onde: a = número de amostras em que o táxon ocorreu; A = número total de amostras analisadas. De acordo com o valor de F , os táxons foram classificados em categorias de acordo com os percentuais de frequência: Muito Frequente ($>70\%$), Frequente ($40 \leq F \leq 70\%$), Pouco Frequente ($10 \leq F \leq 40\%$) e Esporádica ($\leq 10\%$).

A abundância relativa dos táxons seguiu as recomendações de Lobo e Leighton (1986), com base na fórmula: $Ar = N \times 100/n$, onde: N = número total de organismos de cada táxon na amostra; n = número total de organismos na amostra. Foi feita a contagem dos táxons considerando os 100 primeiros organismos da lâmina, e os demais avaliados qualitativamente. Os valores foram expressos em porcentagem. A partir dos valores percentuais obtidos, os táxons foram categorizado em: Dominante ($> 50\%$), Abundante ($> 30 \leq Ar \leq 50\%$), Pouco Abundante ($10 \leq Ar \leq 30$) e Rara ($\leq 10\%$). A distribuição de cada táxon foi representada pelo diagrama de Whittaker (1975).

A diversidade específica foi calculada pelo índice de Shannon (H') e a uniformidade pela equitabilidade de Pielou (J) com base nos dados de abundância. As análises foram realizadas no *software* R (R Core Team, 2023), com uso do pacote *vegan* (Oksanen et al., 2022). Para a análise da diversidade- β os dados de presença/ausência das espécies foram organizados em uma matriz de amostras (linhas) e espécies (colunas), onde cada célula indicou a presença (1) ou ausência (0) de uma espécie em uma amostra específica. O conjunto de dados foi analisado em dois períodos sazonais diferentes, com três amostras por período. A diversidade- β foi particionada em seus componentes de substituição (*turnover*) e aninhamento (*nestedness*), conforme metodologia proposta por Baselga (2010), com uso do pacote *betapart* (Baselga & Orme, 2012). A dissimilaridade foi calculada com o índice de Sorensen para dados de presença/ausência. A significância das diferenças sazonais foi testada por meio de PERMANOVA (Anderson, 2001), implementada via a função *adonis2* do pacote *vegan* (Oksanen et al., 2022).

RESULTADOS

A riqueza total de espécies esteve representada por 63 táxons de algas perifíticas (Tabela 1- Apêndice 1) distribuídos em sete grupos: diatomáceas (32 spp.), cianobactérias (14 spp.), carofíceas (10 spp.), clorofíceas (3 spp.), dinoflagelados (2 spp.), euglenofíceas (1 sp.) e xantofíceas (1 sp.). O grupo mais representativo foi as diatomáceas (51%) seguido das cianobactérias (22%) e carofíceas (14%). A maior riqueza de espécies foi registada no período chuvoso com um total de 49 táxons, nas quais, as diatomáceas (27), cianobactérias (11) e carofíceas (7) foram as mais expressivas. No período seco, a riqueza esteve representada por 35 táxons com as maiores riquezas para diatomáceas (20), cianobactérias (7) e carofíceas (5). As diatomáceas predominaram em ambos os períodos, ao passo que houve uma diminuição na riqueza em espécies de cianobactérias e carofíceas do período chuvoso para o período seco (Fig. 2).

A frequência de ocorrência dos táxons mostrou uma leve variação entre os períodos sazonais. No entanto, não demonstrou um padrão para determinado período sazonal: maior número de espécies ‘Muito Frequentes’ foram observadas no período seco; espécies ‘Frequentes’ foram mais comuns no período chuvoso e a predominância de espécies ‘Pouco Frequentes’ no período chuvoso (Fig. 3). As espécies classificadas como muito ‘Frequentes’ pertenciam ao grupo das diatomáceas, com destaque para *Cymbella* sp., *Epithemia* sp., *Gomphonema gracile* Ehrenberg, *Gomphonema* sp., *Navicula* sp1 e *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère no período chuvoso, e *Cocconeis* sp., *Epithemia* sp., *Eunotia* sp1, *Eunotia* sp2, *G. gracile*, *Gomphonema* sp., *Navicula* sp1, *U. ulna* e *Thalassiosira* sp. no período seco (Tabela 1).

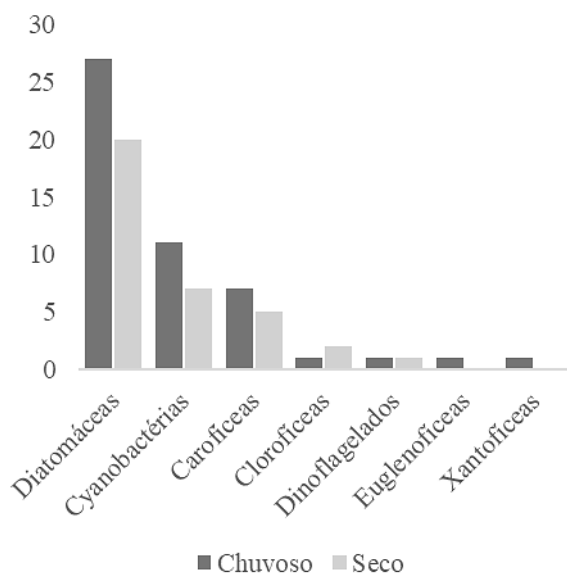


Figura 2: Riqueza em espécies por grupo entre os períodos sazonais chuvoso e seco associada à macrófita aquática *Egeria densa* Planch. no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil)

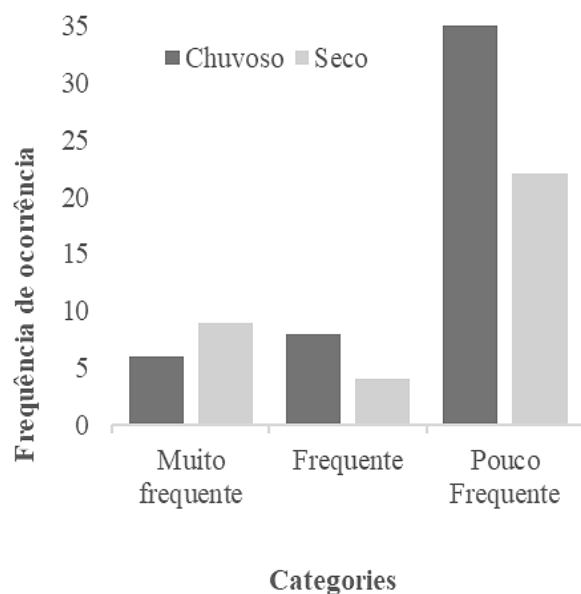


Figura 3: Frequência de ocorrência dos táxons entre os períodos sazonais chuvoso e seco associada à macrófita aquática *Egeria densa* Planch. no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil)

Quanto à abundância relativa, os maiores percentuais foram observados para as diatomáceas nos períodos chuvoso e seco, no qual variou de 82% para 94%, respectivamente. Por outro lado, observou-se uma redução na abundância relativa das cianobactérias e das carofíceas, de 11% no período chuvoso para 2% no seco e de 5% para 2%, respectivamente (Fig. 4). Esses

resultados indicam a ausência de um padrão ecológico claro entre os grupos de algas frente à sazonalidade.

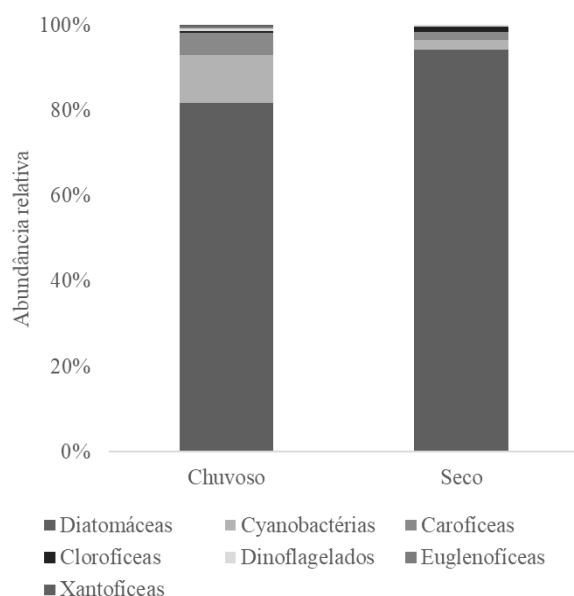


Figura 4: Abundância relativa dos grupos de algas perifíticas entre os períodos sazonais chuvoso e seco associada à macrófita aquática *Egeria densa* Planch. no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil)

Com base no diagrama de distribuição de abundância de Whittaker, as espécies mostraram poucas variações entre os períodos sazonais chuvoso e seco, com predominância de espécies raras em ambos os períodos sazonais e poucas espécies abundantes. No período chuvoso, a diatomácea *Navicula* sp. destacou-se como a mais abundante (70%), enquanto no período seco sua abundância diminuiu para 18%. Por outro lado, *Eunotia* sp2 (84%) e *Gomphonema* sp. (79%) foram mais abundantes no período seco, com pouca ou nenhuma ocorrência registrada no período chuvoso (Fig. 5).

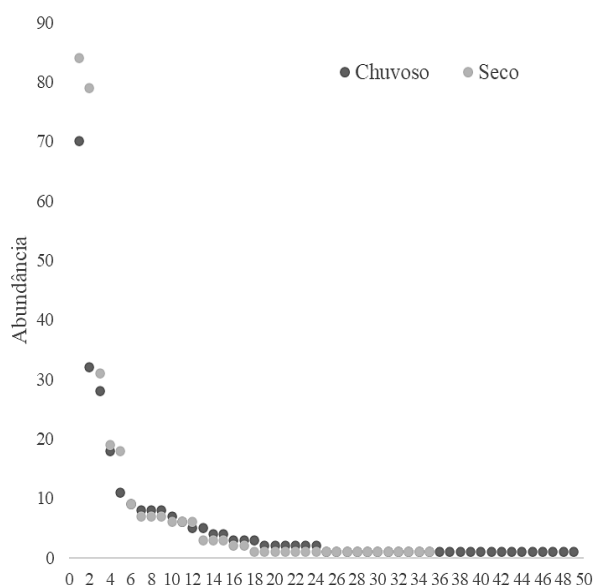


Figura 5: Diagrama de abundância de Whittaker das algas perifíticas nos períodos sazonais chuvoso e seco associada à macrófita aquática *Egeria densa* Planch. no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil).

O maior valor de diversidade de Shannon (H') esteve representada no período chuvoso e com uma leve redução para o período seco (Fig. 6). Os valores da equitabilidade de Pielou (J) mostraram pequenas variações entre os períodos, sendo o maior valor no período chuvoso (0,74), e o menor no seco (0,66) (Fig. 6).

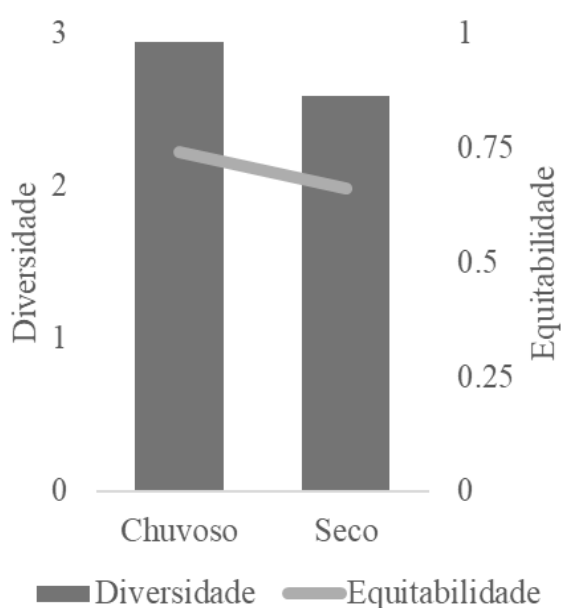


Figura 6: Diversidade de Shannon (H') e Equitabilidade de Pielou (J) entre períodos sazonais chuvoso e seco.

A análise da diversidade- β revelou uma diversidade total (Sorensen) de 0.7397 e indica que há diferença na composição de espécies entre as amostras nos dois períodos. A análise dos componentes da diversidade- β mostrou um valor de 0.6927 para a substituição de espécies, o que sugere que a maior parte da variação na diversidade entre as amostras está relacionada à substituição de espécies (*turnover*) entre os períodos. O componente de aninhamento (*nestedness*) foi de 0.0470 e indica uma contribuição menor das diferenças na ocorrência de espécies comuns. A análise PERMANOVA indicou que a composição das comunidades diferiu moderadamente entre os dois períodos, embora a diferença não tenha sido estatisticamente significativa ($F = 1,39$; $R^2 = 0,26$; $p = 0,20$).

DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que a sazonalidade exerceu influência limitada sobre a estrutura da comunidade de algas perifíticas, com alguns atributos apresentando variações discretas mais evidentes no período chuvoso e outros no período seco. No entanto, essas alterações não indicaram um padrão ecológico claro. Assim, os dados não forneceram evidências consistentes que sustentassem a hipótese I. Esses resultados contrastam com os observados por Landim et al. (2025, submetido), que identificaram a composição de espécies como o atributo ecológico que melhor respondeu à variação sazonal no reservatório estudado, onde evidenciou uma alternância na composição específica entre os períodos seco e chuvoso, porém sem diferenças significativas entre as comunidades associadas às diferentes macrófitas aquáticas, ressaltando, assim, a influência predominante da sazonalidade. De forma complementar, estudos realizados em outros reservatórios do semiárido demonstraram que a sazonalidade exerce influência considerável na estrutura (composição, riqueza específica e biomassa) e nos aspectos funcionais do fitoplâncton, pois resultaram no aumento da diversidade e substituição de espécies entre os períodos sazonais (Medeiros et al., 2015, Costa et al., 2024). Por outro lado, Cordeiro et al.

(2017), relataram estabilidade na composição da comunidade de algas perifíticas entre os períodos seco e chuvoso e, sugeriram que alguns atributos dessa comunidade podem ser suscetíveis às oscilações sazonais.

Neste estudo, a maior riqueza e diversidade de espécies no período chuvoso indicaram que as características desse período sazonal favoreceram a composição e o desenvolvimento de algas perifíticas, especialmente as diatomáceas. Em regiões semiáridas, as precipitações podem influenciar diretamente o nível da água e provocar mudanças nos padrões de estratificação, na dinâmica temporal dos nutrientes e na disponibilidade de luz (Li et al., 2018). Esses fatores, por sua vez, têm sido bem documentados como agente influenciador da composição e da estrutura das comunidades aquáticas, como o fitoplâncton e o zooplâncton (Cardoso et al., 2022, Meerhof et al., 2022). Em relação à comunidade perifítica, estudos como os de Silva, Moura e Amorim (2025) e Nascimento Filho & Moura (2024) evidenciaram que a estação chuvosa favorece o aumento da diversidade e a substituição de espécies.

No período seco, houve uma redução na riqueza de cianobactérias e carofíceas. Medeiros et al. (2017) apontaram que o baixo do nível da água em decorrência da seca, levou a diminuição de cianobactérias e favoreceu o crescimento de grupos mais resilientes a condições adversas como as diatomáceas (Medeiros et al., 2015). De modo semelhante, Cordeiro et al. (2017) registraram maiores densidades de diatomáceas na comunidade perifítica durante o período seco.

As diatomáceas predominaram em riqueza e abundância em ambos os períodos sazonais, apenas com pequenas reduções do período chuvoso para o seco, o que destaca sua importância como grupo dominante da comunidade de algas perifíticas. Comparadas a outros grupos, as diatomáceas demonstram maior tolerância às mudanças sazonais, e adaptam-se com maior eficiência a diferentes condições ambientais (Rodrigues & Bicudo, 2001b, Algarte et al., 2009). Essa adaptabilidade está relacionada a características morfológicas e funcionais como hastes de fixação e pedúnculos gelatinosos, que favorecem sua aderência e desenvolvimento nos substratos (Godoy et al., 2020). Por sua vez, Adame, Dunck e Rodrigues (2018), em planície

de inundação subtropical, relataram o predomínio de diatomáceas ao longo dos períodos, o que sugere que, as diatomáceas possuem elevada capacidade adaptativa frente às variações sazonais independente do regime climático.

Embora tenham sido observadas variações na frequência de ocorrência das espécies entre os períodos sazonais, não foi identificado um padrão ecológico consistente de resposta por parte das algas perifíticas. Isso sugere que esse atributo pode não estar diretamente relacionado às flutuações sazonais, e que, possivelmente, outros fatores físicos-químicos ou biológicos podem ter influenciado. Resultados semelhantes foram observados por Cordeiro et al. (2017), que destacaram que, em ecossistema lântico as características físicas e químicas exerceram maior influência na dinâmica da comunidade do que os períodos hidrológicos. Entretanto, a maior ocorrência de espécies pouco frequentes no período chuvoso indica uma maior diversidade nesse período com o aparecimento de espécies raras e oportunistas como cianobactérias e carofíceas. Esse padrão pode estar associado às condições típicas do período chuvoso como maior volume de água e nutrientes, que favoreceram o estabelecimento dessas espécies. Resultados semelhantes foram encontrados por Costa et al. (2024), que relataram maior ocorrência de cianobactérias durante a estação chuvosa, e por Santos et al. (2024), que observaram o mesmo para as carofíceas.

Por outro lado, no período seco, o aumento de espécies muito frequentes aponta para uma comunidade menos diversa, composta predominantemente por espécies mais resistentes e tolerantes às condições de ambientais adversas, como as diatomáceas. Esse padrão foi igualmente relatado por Medeiros et al. (2015), Cordeiro et al. (2017) e por Nascimento Filho & Moura (2024). De forma geral, estudos realizados em outras regiões do Brasil como Norte e Sul, também evidenciaram que as flutuações sazonais alteram a composição de espécies e modificam a estrutura da comunidade ao longo do tempo, e resultaram em espécies dominantes, homogeneização da comunidade e consequentemente, redução na diversidade, na qual pode

levar à perda de serviços ecossistêmicos essenciais como produção primária e ciclagem de nutriente (Bozzelli et al., 2015, Petsch, 2017).

A sazonalidade demonstrou que espécies raras predominaram ao longo das duas estações, enquanto as diatomáceas foram as espécies mais abundantes que sobressaíram no período seco. Os maiores valores de abundância registrados no período seco podem estar relacionados ao menor volume hídrico para diluir a alta carga de matéria orgânica e de nutrientes na água, como também, maior tempo de retenção, evaporação, ressuspensão de sedimentos e retenção de nutrientes, que criam condições ambientais favoráveis (Özen et al., 2010, Brasil et al., 2016).

A ausência de variações expressivas nos índices de diversidade (Shannon) e equitabilidade (Pielou) ao longo dos períodos sazonais sugere que esses atributos da comunidade perifítica se mantêm relativamente estáveis frente às flutuações sazonais. Medeiros et al. (2015), evidenciaram que a diversidade do fitoplâncton foi baixa em ambos os períodos analisados, o que indica uma estabilidade nos padrões de diversidade ao longo do tempo, em contraste, Cordeiro et al. (2017) relataram que a sazonalidade não exerceu influência sobre os padrões de diversidade da comunidade perifítica.

A análise da diversidade- β revelou um padrão expressivo de variação entre os períodos chuvoso e seco, marcado predominantemente pelo componente de substituição. Embora os resultados não tenham sido estatisticamente significativos, eles apontam uma tendência ecológica relevante, que vai de encontro com a nossa segunda hipótese II, ainda que sem permitir sua confirmação ou refutação. Essa tendência sugere que a comunidade perifítica responde às variações sazonais com uma reconfiguração na sua composição sem que haja perda de espécies e sim uma substituição por táxons distintos entre os períodos.

A substituição é caracterizada pela troca de algumas espécies por outras sem que haja perda de funções ecossistêmicas o que reflete complementaridade de nicho, e está fortemente associada à heterogeneidade ambiental e à variação de condições entre habitats (Leibold et al., 2004, Baselga, 2010). A predominância desse padrão indica a existência de micro-habitats diversos,

capazes de sustentar espécies com diferentes exigências ecológicas, o que contribui para o funcionamento e manutenção do ecossistema (Cardinale et al., 2012, Nascimento Filho & Moura, 2024).

Estudos realizados em reservatórios do semiárido, como os de Medeiros et al., 2015, Nascimento Filho & Moura, 2024, Cardoso et al., 2022, Silva, Moura & Amorim, 2025, demonstraram que as flutuações sazonais influenciam significativamente a composição de espécies e a diversidade- β das comunidades fitoplancônicas e perifíticas, e resultam em maior substituição entre os períodos chuvoso e seco. Isso está associado a melhor qualidade ambiental e à estabilidade dos serviços ecossistêmicos, ao contrário do aninhamento, que reflete perda da biodiversidade e homogeneização biótica (Silva, Moura & Amorim, 2025).

Embora nosso estudo tenha revelado leves variações na composição da comunidade perifítica entre os períodos sazonais, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas, possivelmente devido às limitações metodológicas como baixa resolução temporal, esforço amostral reduzido, análise restrita em um único tipo de substrato e ausência de dados limnológicos. Desse modo, recomendamos que pesquisas futuras integrem variáveis ambientais, ampliem o número de amostras, explorem diferentes tipos de substratos e incluam análise funcional bem como maior detalhamento espacial e temporal a fim de aprofundar a compreensão dos padrões e processos ecológicos que estruturam a comunidade perifítica nos ecossistemas aquáticos do semiárido.

CONCLUSÃO

A sazonalidade influenciou de maneira limitada a composição e a estrutura da comunidade de algas perifíticas, apenas alterações pontuais ocorreram entre os períodos, com maior riqueza em espécies no período chuvoso, e maior abundância relativa no período seco. A diversidade- β demonstrou a substituição (*turnover*) como componente dominante, embora sem significância estatística. Esses resultados destacam que embora a sazonalidade tenha contribuído para a

variação observada, sua influência sobre a comunidade foi limitada, ressaltando a importância de englobar outros fatores bióticos e abióticos para melhor compreender a estrutura e dinâmica da comunidade em reservatórios do semiárido.

REFERÊNCIAS

- Adame, KL, Dunck, B., & Rodrigues, L. (2018). Periphytic algal community in lentic environments of the Upper Paraná River floodplain: seasonal and spatial variation. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 30, e205. DOI:10.1590/S2179-975X5017
- Anderson, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, 26(1), 32–46. DOI: 10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.x
- Algarte, VM, Siqueira, NS, Murakami, EA., & Rodrigues, L. (2009). Effects of hydrological regime and connectivity on the interannual variation in taxonomic similarity of periphytic algae. *Brazilian Journal of Biology*, 69(2), 609–616. DOI: 10.1590/S1519-69842009000300015
- Azevedo, MTP, Nogueira, NMC, & Sant’Anna, CL. (1996). Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas, 8: Cyanophyceae. *Hoehnea*, 23, 1–38. DOI: 10.1590/S2236-89062010000300005
- Baselga, A. (2010). Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 19, 134–143. DOI:10.1111/j.1466-8238.2009.00490.x
- Baselga, A., & Orme, C. D. L. (2012). betapart: an R package for the study of beta diversity. *Methods in Ecology and Evolution*, 3(5), 808–812. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2012.00224.x>
- Baselga, A., & Leprieux, F. (2015). Comparing methods to separate components of beta diversity. *Methods in Ecology and Evolution*, 6(9), 1069–1079. DOI: 10.1111/j.2041-210X.2012.00224.x
- Bray, J. R., & Curtis, J. T. (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27(4), 325–349. <https://doi.org/10.2307/1942268>

- Bicudo, CEM, & Menezes, M. (2017). *Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: Chave para identificação e descrições* (3^a ed.). Rima.
- Bozelli, RL, Thomaz, SM, Padial, AA, Lopes, PM, & Bini, L M. (2015). Floods decrease zooplankton beta diversity and environmental heterogeneity in an Amazonian floodplain system. *Hydrobiologia*, 753, 233–241.
- Brasil, J., Attayde, JL, Vasconcelos, FR, Dantas, DD, & Huszar, VL. (2016). Drought-induced water-level reduction favors cyanobacteria blooms in tropical shallow lakes. *Hydrobiologia*, 770, 145–164. DOI: 10.1007/s10750-015-2578-5
- Cardinale, BJ, Duffy, JE, Gonzalez, A., Hooper, DU, Perrings, C., Venail, P., ... & Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486(7401), 59–67. DOI:10.1038/nature11148.
- Cardoso, MML., Sousa, W., Brasil, J., Costa, MRA, Becker, V., Attayde, JL, & Menezes, RF. (2022). Prolonged drought increases environmental heterogeneity and plankton dissimilarity between and within two semiarid shallow lakes over time. *Hydrobiologia*, 849(17–18), 3995–4014. DOI: 10.1007/s10750-022-048820
- COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. (2022). *Diagnóstico da Região Hidrográfica do Rio Salgado*. Fortaleza: COGERH.
- Cordeiro, RS, Barbosa, JEL, Lima, GQ, & Barbosa, LG. (2017). Periphytic algae dynamics in lentic ecosystems in the Brazilian semiarid. *Brazilian Journal of Biology*, 77, 495–505. DOI: 10.1590/1519-6984.15115
- Costa, MR, Cardoso, MM, Selmecky, GB, Padisák, J., & Becker, V. (2024). Phytoplankton functional responses induced by extreme hydrological events in a tropical reservoir. *Hydrobiologia*, 851(4), 849–867.
- Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing* (Version 4.3.1, ucrt) [Software]. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org>

- Dunck, B., Algarte, VM, Cianciaruso, MV, & Rodrigues, L. (2016). Functional diversity and trait–environment relationships of periphytic algae in subtropical floodplain lakes. *Ecological Indicators*, 67, 257–266. DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.02.060
- Franceschini, IM, Burliga, AL, Reviers, B., Prado, JF, & Rézig, SH. (2010). *Algas: Uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica*. Artmed. DOI: 10.4025/actascibiolsoci.v27i1.1346
- Figueiredo, A., & Becker, V. (2018). Influence of extreme hydrological events in the quality of water reservoirs in the semi-arid tropical region. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 23, e53. DOI: 10.1590/2318-0331.231820180088
- Godoy, RFB, Trevisan, E., Crisiogiovanni, EL, Nudi, M H, Porto, CE, Rodrigues, LAP, ... & Nascimento, G. S. (2020). Comparison of temporal and spatial variation of periphytic algal community in two urban lakes in Umuarama-PR (Brazil). *Ciência e Natura*, 42, e94-e94. DOI: 10.5902/2179460X42938
- Gulin, V., Kepčija, R. M., Perić, MS, Felja, I., Fajković, H., & Križnjak, K. (2021). Environmental and periphyton response to stream revitalization—A pilot study from a tufa barrier. *Ecological Indicators*, 126, 107629. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.107629
- Hewitt, J., Thrush, S., Lohrer, A., & Townsend, M. (2010). A latent threat to biodiversity: consequences of small-scale heterogeneity loss. *Biodiversity and Conservation*, 19(5), 1315-1323. DOI: 10.1007/s10531-009-9763-7
- Huang, M., Gong, D., Zhang, L., Lin, H., Chen, Y., Zhu, D., & Altan, O. (2024). Spatiotemporal dynamics and forecasting of ecological security pattern under the consideration of protecting habitat: A case study of the Poyang Lake ecoregion. *International Journal of Digital Earth*, 17(1), 2376277. DOI: 10.1080/17538947.2023.2376277
- Komárek, J., & Anagnostidis, K. (2007). Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd. 19/2: Cyanoprokaryota: Bd. 2/Part 2: Oscillatoriales. Elsevier GmbH.

- Komárek, J., & Anagnostidis, K. (2008). *Cyanoprokaryota*. Teil 1/Part 1: Chroococcales. In H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig, & D. Mollenhauer (Eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (pp. 1–556).
- Landim, NVC, Ricarte, EMF, Rodrigues, JLG, Oliveira, NM, Oliveira, ECC, Lacerda, SR, & Fernandes, UL. (2025). Species composition as the main predictor of the substrate type and seasonality for the periphytic community in Brazilian semi-arid reservoir. *Limnology*. (Submetido).
- Liu, Y., Zhang, M., Peng, W., Qu, X., Zhang, Y., Du, L., & Wu, N. (2021). Phylogenetic and functional diversity could be better indicators of macroinvertebrate community stability. *Ecological Indicators*, 129, 107892. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.107892
- Li, Q., Xiao, J., Ou, T., Han, M., Wang, J., Chen, J., Li, Y., & Salmaso, N. (2018). Impact of water level fluctuations on the development of phytoplankton in a large subtropical reservoir: Implications for the management of cyanobacteria. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 1306–1318. DOI: 10.1007/s11356-017-0502-4
- Lobo, E., & Leighton, G. (1986). Estructuras comunitárias delfitocenosis planctônicas del sistemas de desembocaduras de rios y esteros de el zona central de Chile. *Revista Biología Marina*, 22, 1–29.
- Ma, B., Zhou, R., Zhang, F., Ru, H., Li, Y., Xu, B., & Lin, P. (2024). Relative influence of local habitat and land use/cover on the taxonomic and functional organizations of fish assemblages in the Anning River, Southwest China. *Ecological Indicators*, 159, 111673. DOI: 10.1016/j.ecolind.2024.111673
- Machado, KB, Oliveira, PHF., Ferragut, C., Teresa, FB, & Nabout, JC. (2024). Environmental gradients and anthropogenic landscape modification determine composition of functional traits of periphyton community in Brazilian Cerrado streams. *Hydrobiologia*, 1–15. DOI: 10.1007/s10750-024-05366-8

- Mateucci, SD, & Colma, A. (1982). *La Metodologia para el Estudio de La Vegetacion*. Collection de Monografias Científicas.
- Medeiros, LDC, Mattos, A., LüRling, M., & Becker, V. (2015). Is the future blue-green or brown? The effects of extreme events on phytoplankton dynamics in a semi-arid man-made lake. *Aquatic Ecology*, 49, 293–307. DOI: 0.1007/s10452-015-9525-4
- Meerhoff, M., Audet, J., Davidson, TA, De Meester, L., Hilt, S., Kosten, S., ... Jeppesen, E. (2022). Feedback between climate change and eutrophication: Revisiting the allied attack concept and how to strike back. *Inland Waters*, 12, 187–204. DOI: 10.1080/20442041.2022.2029317
- Miretzky, P., Maidana, NI, & Fernandez Cirelli, A. (2002). Stability of diatom composition in a variable lake environment: Lake Chascomús, Argentina. *Limnology*, 3, 77–85. DOI: 10.1007/s102010200011
- Nascimento Filho, SL, Diniz, AS, & Nascimento Moura, A. (2024). The role of environmental factors on beta diversity of periphytic algae in a tropical reservoir. *Marine and Freshwater Research*, 75(13), NULL–NULL.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., ... & Wagner, H. (2022). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.6-4. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Oliveira Júnior, AI, Martins, ES, Costa, CTF, & Caldas, HFM. (2019). Análise da precipitação e determinação de equações de chuvas intensas para o município de Crato-CE situado no semiárido do Brasil. *Revista Geama*, 5(3), 56–65.
- Oliveira, PHF, Machado, KB, Teresa, FB, De Carvalho, RA, Ferreira, ME, Tejerina-Garro, FL, & Nabout, JC. (2023). Spatial distance explains the periphyton metacommunity structure of a neotropical stream network. *Hydrobiologia*, 850(8), 1869–1884. DOI: 10.1007/s10750-023-05183-3

- Osório, NC, Cunha, ER, Tramonte, RP, Mormul, RP, & Rodrigues, L. (2019). Habitat complexity drives the turnover and nestedness patterns in a periphytic algae community. *Limnology*, 20(3), 297-307. DOI: 10.1007/s10201-019-00578-y
- Özen, A., Karapinar, B., Kucuk, I., Jeppesen, E., & Beklioglu, M. (2010). Drought-induced changes in nutrient concentrations and retention in two shallow Mediterranean lakes subjected to different degrees of management. *Hydrobiologia*, 646, 61–72. DOI: 10.1007/s10750-010-0163-0
- Petsch, DK., Schneck, F., & Melo, AS. (2017). Substratum simplification reduces beta diversity of stream algal communities. *Freshwater Biology*, 62, 205–213. DOI: 10.1111/fwb.12863
- Prescott, GW. (1962). *Algae of the Western Great Lakes area: With an illustrated key to the genera of desmids and freshwater diatoms* (2^a ed.). Wm. C. Brown Company Publishers.
- Rodrigues, L., Algarte, VM, Siqueira, NS, & Neiff, EM. (2013). *Fatores envolvidos na distribuição e abundância do perifiton e principais padrões encontrados em ambientes da planície de inundação*. In A. Schwarzbald, A. L. Burliga, & L. C. Torgan (Orgs.), *Ecologia do Perifiton* (pp. 131–145). RiMa.
- Rosa, J., Muniz, CM, Petsch, DK, Moretto, Y., Martens, K., & Higuti, J. (2024). Local factors drive the richness, biomass and composition of benthic invertebrate communities in Neotropical reservoirs. *Aquatic Sciences*, 86(2), 61. DOI: 10.1007/s00027-024-01064z
- Sant’Anna, CL. (1984). Chlorococcales (Chlorophyceae) do Estado de São Paulo, Brasil. *Bibliotheca Phycologica*, 67, 1–348.
- Santos, DF, Silva, JM, & Becker, V. (2021). Increasing eutrophication symptoms during a prolonged drought event in tropical semi-arid reservoirs, Brazil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 26, e39. DOI: 10.1590/2318-0331.262120210097
- Santos, MAD., Ferragut, C., Silva, DMLD., & Moura, C. W. D. N. (2024). Hydrologic cycle influence on desmid abundance in a shallow floodplain lagoon in the Brazilian semiarid region. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 36, e33.

- Schuster, K F, Tremarin, PI, & Souza-Franco, GM. (2015). Alpha and beta diversity of phytoplankton in two subtropical eutrophic streams in southern Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 29(4), 597–607. DOI: 10.1590/0102-33062015abb0060
- Silva, TT, Bortolini, JC, Iatskiu, P., Pilatti, MC, Medeiros, G., Amaral, MWW, & Bueno, NC. (2024). Local environmental factors are the main drivers of phytoplankton biovolume in subtropical streams of Brazil. *Science of the Total Environment*, 926, 171663. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.171663
- Silva, FS, Moura, AN, & Amorim, CA. (2025). Eutrophication drives functional and beta diversity loss in epiphytic cyanobacteria. *Hydrobiologia*, 1–16. DOI: 10.1007/s10750-025-05870-w
- Tucci, A., Sant’Anna, CL, Azevedo, MTP, Malone, CFS, Werner, VR, Rosini, EF,... Santos, KRS. (2019). *Atlas de cianobactérias e microalgas de águas continentais brasileiras*. Instituto de Botânica, Núcleo de Pesquisa em Ficologia.
- Wetzel, RG. (1983). *Limnology: Lake and river ecosystems*. Academic Press.
- Whittaker, RH. (1975). *Communities and ecosystems*. Macmillan.EUA.
- Wu, N., Zhou, S., Zhang, M., Peng, W., Qu, X., Zhang, Y., & Du, L. (2021). Spatial and local environmental factors outweigh geo-climatic gradients in structuring taxonomically and trait-based β -diversity of benthic algae. *Journal of Biogeography*, 48(8), 1842–1857.
- Zhu, Y., Qi, Q., Lu, X., Fan, Y., Liu, Y., & Tan, X. (2023). Local environmental variables outperform spatial and land use pattern in the maintenance and assembly of phytoplankton communities in the wetland cluster. *Journal of Cleaner Production*, 419, 138275. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.138275
- Zorzal-Almeida, S., & Fernandes, VO. (2021). Ecological thresholds of periphytic communities and ecosystem integrity in Lower *atic Sciences*, 86(2), Article 61.

CAPÍTULO 2

Efeitos da sazonalidade e do uso do solo sobre a comunidade de algas perifítica em um reservatório do semiárido brasileiro

Manuscrito a ser submetido à Revista Limnologica (Qualis A3 na área de Biodiversidade e Fator de Impacto 2.0)

Efeitos da sazonalidade e do uso do solo sobre a comunidade de algas perifítica em um reservatório do semiárido brasileiro

Naara Vasques Costa Landim¹ (0000-0002-4348-467X)

Leonardo Vitor Alves da Silva¹ (0000-0003-3762-8072)

Hênio do Nascimento Melo Júnior¹ (0000-0001-6824-6275)

Kaoli Pereira Cavalcante³ (0000-0001-7843-4114)

Renato Juciano Ferreira¹ (0000-0002-9786-2226)

Maria Arlene Pessoa da Silva¹ (0000-0001-8148-5350)

Sírléis Rodrigues Lacerda¹ (0000-002-1358-2420)

Ubirajara Lima Fernandes^{2*} (0000-0001-9541-051X)

¹Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Recursos Naturais, Universidade Regional do Cariri, Crato, Ceará, Brasil.

²Universidade Estadual do Ceará, Limoeiro do Norte, Ceará, Brasil.

³Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, Ceará, Brasil

*Autor correspondente: ubiralf@gmail.com

RESUMO

As perturbações climáticas e antropogênicas, como uso e ocupação do solo, podem reduzir a biodiversidade de água doce e modificar a composição das espécies em reservatórios. O presente estudo teve como objetivo verificar a estrutura da comunidade perifítica sob gradiente de uso do solo no entorno do reservatório nos períodos seco e chuvoso, assim como a influência dos fatores ambientais sobre a comunidade ao longo do espaço-tempo. A pesquisa foi realizada no reservatório Thomaz Osterne de Alencar em seis pontos de amostragem, distribuídos de acordo com o uso e ocupação do solo, entre janeiro e agosto de 2024. O material perifítico foi obtido por meio de raspagens das partes vegetativas de macrófitas aquáticas com o auxílio de escova de nylon e jatos de água destilada. Em seguida, as amostras foram fixadas de acordo com os protocolos padrões para análise quantitativa e qualitativa. Foram analisados os seguintes descritores da comunidade: composição de espécies, riqueza, frequência de ocorrência, abundância relativa, densidade, diversidade de Shannon, equitabilidade de Pielou e diversidade- β . A riqueza total de espécies esteve representada por 139 táxons distribuídos em sete grupos: diatomáceas (39), cianobactérias (35), clorofíceas (34), carofíceas (20), euglenofíceas (7), dinoflagelados (2) e xantofíceas (1). Em relação a sazonalidade e os diferentes usos do solo, a riqueza de espécies foi semelhante entre os períodos e as áreas de mata ciliar e habitação, onde a maior riqueza foi registrada no período chuvoso em área de habitação. As diatomáceas, clorofíceas e as cianobactérias foram os grupos de espécies mais expressivos em ambas as áreas, onde as diatomáceas foram predominantes em todas as áreas e períodos sazonais, com maior densidade registrada para *Ulnaria ulna*. A diversidade de Shannon (H') e a equitabilidade de Pielou (J) não apresentaram diferenças entre as áreas e períodos estudados. O uso do solo e a sazonalidade não influenciaram a estrutura da comunidade perifítica, embora alguns atributos tenham apresentado variações sutis. A diversidade- β foi elevada e predominante pelo turnover, enquanto variáveis ambientais, exceto o oxigênio dissolvido, não apresentaram diferenças relevantes, indicando que fatores antrópicos afetam principalmente a abundância relativa e a diversidade- β , sem alterar de forma significativa a composição de espécies.

Palavras-chaves: Mata ciliar; Diatomáceas; Turnover.

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas de água doce desempenham um papel fundamental na manutenção da biodiversidade, que por sua vez, fornece funções e serviços ecossistêmicos valiosos (CARDINALE et al. 2012). No entanto, perturbações climáticas e antropogênicas como uso e ocupação do solo, podem reduzir a biodiversidade de água doce e modificar a composição das espécies em reservatórios, e gerar consequências para o seu funcionamento e estabilidade (FEIO et al., 2023, MCKEON et al., 2023).

Em regiões semiáridas onde as condições climáticas e hidrológicas são peculiares, os reservatórios estão expostos a variações drásticas no volume de água devido à escassez de precipitação (BOUVY et al., 2003; CHELLAPPA et al., 2009). Essas variações levam a mudanças na estabilidade da coluna d'água e na composição das espécies (DANTAS et al., 2012). Atividades humanas intensificam esses efeitos e levam à desestabilização progressiva das interações ecológicas como herbivoria, competição e redução de habitats (ZELAZNAWIECZOREK; NOWICKA-KRAWCZYK, 2015).

No perifíton, uma complexa comunidade de microrganismos (algas, bactérias, fungos e animais) detritos orgânicos e inorgânicos, aderidos a substratos vivos ou mortos (WETZEL, 1983), as algas são os mais abundantes e desempenham um papel fundamental na produtividade primária, no fluxo de matéria e energia (LANGE et al., 2015). Além disso, são boas indiciadoras da integridade ambiental dos ecossistemas de água doce, pois dependem de condições ambientais favoráveis para colonização, como maior disponibilidade de luz e nutrientes, possibilitando alta de densidade e diversidade de espécies (DUCK et al., 2016; ZHAO et al., 2018).

As algas afetam substancialmente a estrutura e a estabilidade desses ambientes por meio de variações na composição de suas comunidades (VÁRBÍRÓ et al., 2020). No entanto, a composição e a diversidade da comunidade de algas são moldadas por interações complexas entre fatores bióticos e fatores ambientais (OLIVEIRA et al., 2023). Da mesma forma, tipos e intensidades distintos de uso do solo podem exercer influências específicas sobre organismos aquáticos em várias escalas temporais e espaciais (MELLO et al., 2023).

Atividades como agricultura, expansão urbana, exploração madeireira e mineração (ALLAN et al., 2015; FOLEY et al., 2005) podem ter efeitos importantes nos ecossistemas de água doce, ao alterar padrões de fluxo, temperatura da água, além da morfologia do rio e química da água, o que por sua vez pode alterar a biodiversidade de água doce (DALA-CORTE et al., 2020; PETSCH et al. 2021). Estudos em pequena escala mostraram que diferentes práticas de uso da terra têm efeitos consideráveis na biodiversidade de água doce (SHEN et al., 2024).

Em áreas impactadas pela agricultura e urbanização, a diversidade taxonômica e funcional da comunidade perifítica é reduzida e mais homogênea em comparação com áreas protegidas, bem como favorece espécies oportunistas e tolerantes, e restringem a sobrevivência de espécies sensíveis (MIKKOLA et al., 2018; MACHADO et al., 2024; TRINDADE; DUNCK, 2025). De maneira semelhante, o uso de solo interfere na composição e diversidade

de espécies na comunidade fitoplancônica, na qual reduz a heterogeneidade da comunidade (SCHUSTER et al., 2015).

Esse padrão também se verifica entre os invertebrados bentônicos, onde áreas de agricultura intensiva afetam negativamente a composição e biomassa e resulta em uma comunidade menos diversa e mais homogênea (ROSA et al., 2024). Outros grupos biológicos como peixes e anfíbios também podem ser afetadas por mudanças na qualidade da água e outras perturbações de habitat causadas pela urbanização, escoamento agrícola e atividades de mineração (JANUCHOWSKI-HARTLEY et al., 2016; GIAM; OLDEN; SIMBERLOFF, 2018).

Analisar como os fatores ambientais locais e os padrões de uso do solo moldam a estrutura da comunidade, é crucial para compreender os efeitos precisos das atividades induzidas pelo homem na biodiversidade dos ecossistemas aquáticos (SILVA et al., 2024). Para isso, várias métricas podem ser usadas para avaliar a biodiversidade, incluindo a avaliação da diversidade- α (número de espécies que ocupam um determinado local) e diversidade- β (variações ou dissimilaridade na composição de espécies entre as comunidades). Esta pode ser diferenciada em componentes de substituição (troca de espécies entre diferentes locais-*turnover*) e de aninhamento (variação considerável entre as comunidades resultantes da perda ou ganho de espécies - *nestedness*) (BASELGA 2010; SIMÕES et al. 2020, SCHNECK et al., 2022).

A diversidade- β é uma medida efetiva para compreender como as mudanças ambientais alteram a variação entre as comunidades aquáticas, como também, permite compreender por que algumas comunidades locais e determinadas espécies exercem maior influência sobre a diversidade- β (PETSCH et al., 2017). Além disso, serve como um indicador crítico para a identificação de áreas prioritárias que demandam esforços de conservação direcionados fundamentais para a proteção da biodiversidade (HEINO; MELO; BINI, 2015; TANG et al., 2025).

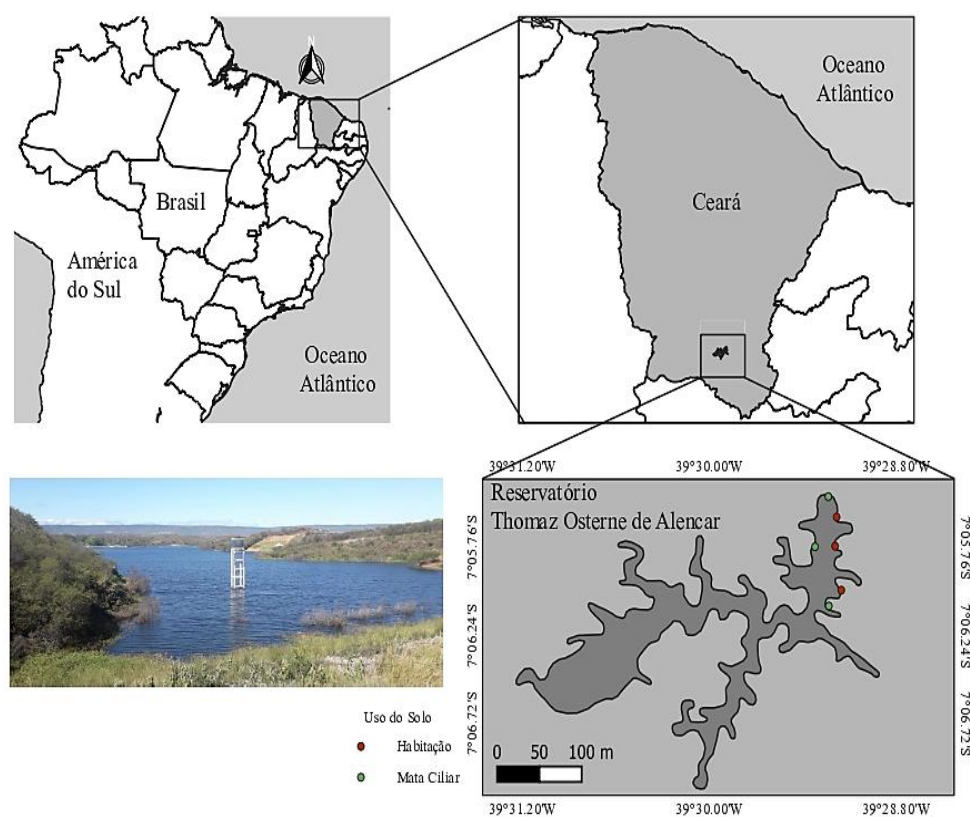
Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo verificar a estrutura da comunidade perifítica sob gradiente de uso do solo no entorno do reservatório nos períodos seco e chuvoso e sua distribuição espacial, assim como a influência dos fatores ambientais sobre a comunidade ao longo do espaço-tempo. As seguintes hipóteses foram testadas: (i) a estrutura da comunidade perifítica é modulada pela sazonalidade e pela variáveis ambientais, com os maiores efeitos observados nos atributos da comunidade durante o período seco; (ii) a composição da comunidade perifítica difere entre as áreas do reservatório associadas a distintos tipos de usos do solo; (iii) áreas sob maior influência antrópica apresentam menor diversidade taxonômica e maior homogeneidade da comunidade perifítica em decorrência da dominância de espécies oportunistas e tolerantes; (iv) O gradiente de uso do solo nas margens do reservatório influenciará positivamente a diversidade- β , a qual será maior nas áreas de mata ciliar quando comparadas a áreas de ocupação humana.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

A pesquisa foi realizada no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (açude Umari) ($7^{\circ}5'28''\text{S}$ e $7^{\circ}6'43''\text{W}$), localizado na Sub-bacia Hidrográfica do Salgado, Ceará, Brasil (Fig. 1). O reservatório tem capacidade estimada de armazenamento de água de $28.780.000 \text{ m}^3$ (COGERH, 2022). É utilizado principalmente para abastecimento público, pesca, irrigação e lazer. Situado na região semiárida, apresenta clima que varia entre tropical quente semiárido brando e tropical quente subúmido, com temperatura média anual entre 24 e 26°C e picos de temperatura de aproximadamente 36°C que podem ser registrados no período seco (Oliveira-Júnior et al., 2019). A média pluviométrica anual é de $1.096,1 \text{ mm}$, com chuvas distribuídas de forma irregular durante a estação chuvosa, que vai de dezembro a maio, e chuvas esporádicas na estação seca, que vai de junho a novembro (Oliveira-Júnior et al., 2019).

Figura1: Localização do reservatório Thomaz Osterne de Alencar e dos pontos de coleta nos diferentes usos do solo, Crato, Ceará, Brasil



Amostragem

As coletas foram realizadas em seis pontos do reservatório, distribuídos de acordo com o uso e ocupação do solo: três pontos em áreas de mata ciliar e três em áreas de habitação (Figura 1). As amostragens ocorreram entre os meses de janeiro a agosto de 2024,

contemplando o período chuvoso (janeiro a março) e o período seco (junho a agosto). O material perifítico foi obtido por meio de raspagens das partes vegetativas de macrófitas aquáticas presentes em cada ponto do reservatório com o auxílio de escova de nylon e jatos de água destilada. Como padrão amostral, a raspagem foi feita na porção mediana de indivíduos com 30cm de comprimento (entre 10 cm e 20 cm), onde a comunidade está mais estabelecida (madura) em comparação a parte basal e apical. Foram coletados dois indivíduos em cada ponto para a análise qualitativa e dois para a quantitativa. Em seguida, as amostras foram fixadas de acordo com os protocolos padrões: para análise quantitativa as duas amostras foram fixadas com solução de lugol acético 1% (WETZEL; LINKENS, 2000), para a análise qualitativa, outras duas amostras foram fixadas com solução aquosa de formalina a 5% conforme recomendada por Bicudo e Menezes (2006).

Variáveis Ambientais

A precipitação pluviométrica mensal foi obtida a partir do banco de dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos- FUNCEME. Os dados das variáveis físicas-químicas do reservatório, foram obtidos em campo, na subsuperfície da coluna da água nos seis pontos amostrais, utilizando a sonda multiparamétrica YSI EXO N°1. As seguintes variáveis foram analisadas: temperatura da água potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, sólidos totais (STD). Posteriormente, foram calculados a média e o desvio padrão dos valores obtidos. Nos meses de fevereiro os dados de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e temperatura da água não foram obtidos (ou seja, só foram obtidos em janeiro e março), bem como, os dados de oxigênio dissolvido não foram registrados para os meses de junho e agosto devido a problemas técnicos na sonda (ou seja, dados de oxigênio apenas para julho).

Análise quantitativa

As amostras de algas perifíticas fixadas com lugol acético, foram utilizadas para análise da densidade das algas perifíticas de acordo com método de Utermöhl (1958), com adaptação para contagem de algas perifíticas proposto por Bicudo (1990), em que, as amostras foram homogeneizadas e colocadas em câmaras de sedimentação de 10 mL, durante 24 horas. Posteriormente, foi feita contagem de indivíduos em microscópio invertido modelo Zeiss Axiovert 40 CFL com aumento de 400×. A contagem foi conduzida até atingir, no mínimo, 100 indivíduos do táxon mais dominante, juntamente com a estabilização da curva de espécies (BICUDO, 1990). A densidade foi estimada de acordo com Ros (1979), adaptada para a área do substrato e os resultados expressos por unidade de área (indivíduos $\times$ cm²).

Análise qualitativa

Para a análise taxonômica, foram preparadas de duas a quatro lâminas temporárias por amostra, com uma gota do material previamente homogeneizado, posteriormente, analisadas

sob microscopia óptica (modelo Motic BA310) para identificação e contagem dos organismos. A identificação foi realizada em menor nível taxonômico possível com base em observações morfológicas e com o auxílio de bibliografia especializada: Prescott (1962), Sant'Anna (1984), Azevedo et al. (1996), Komárek & Anagnostidis (2007; 2008), Franceschini et al. (2010) Bicudo & Menezes (2017), Tucci et al. (2019).

Análise dos dados

A riqueza de espécies foi determinada tanto por grupos taxonômicos (cianobactérias, clorofíceas, carofíceas, diatomáceas, dinoflagelados, euglenofíceas e xantofíceas) quanto em riqueza total de espécies de acordo com a presença de cada táxon na amostra. Esses dados foram calculados para distinguir os grupos entre os tipos de solo e períodos sazonais. A frequência de ocorrência foi expressa em termos de porcentagem de acordo com os critérios de Mateucci e Colma (1982) com a utilização da fórmula: $F.100/A$, onde: a = número de amostras em que o táxon ocorreu; A = número total de amostras analisadas. De acordo com o valor de F , os táxons foram classificados nas seguintes categorias de acordo com os percentuais de frequência: Muito Frequente ($>70\%$); Frequente ($>40 \leq 70\%$); Pouco Frequente ($>10 \leq 40\%$); Esporádica ($\leq 10\%$).

A abundância relativa dos táxons seguiu as recomendações de Lobo e Leighton (1986), com base na fórmula: $Ar = N \times 100/n$, onde: N = número total de organismos de cada táxon na amostra; n = número total de organismos na amostra. Foi feita a contagem dos táxons considerando os 100 primeiros organismos da lâmina. Os demais táxons foram avaliados qualitativamente. Os valores foram expressos em porcentagem. A partir dos valores percentuais obtidos, os táxons foram categorizado em: Dominante ($> 50\%$); Abundante ($> 30 \leq 50\%$); Pouco Abundante ($>10 \leq 30$); Rara ($\leq 10\%$). A distribuição de cada táxon foi representada pelo diagrama de Whittaker (1975).

A diversidade específica foi calculada pelo índice de Shannon (H') e a uniformidade pela equitabilidade de Pielou (J) com base nos dados de abundância. As análises foram realizadas no *software* R (R Core Team, 2023), com uso do pacote *vegan* (Oksanen et al., 2022).

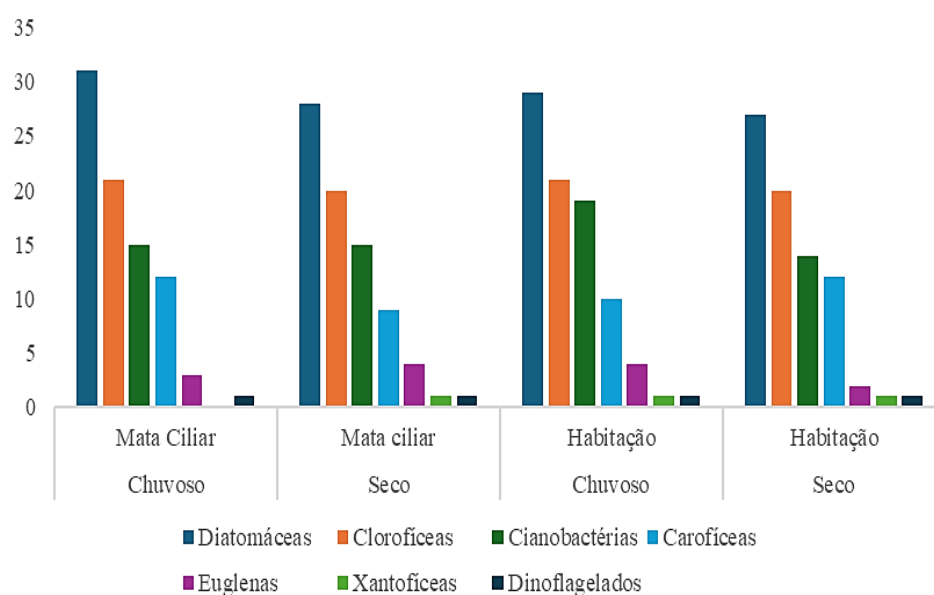
Para a análise da diversidade- β , os dados de uso do solo (mata ciliar e ocupação humana) foram separados por períodos chuvoso e seco. A diversidade- β foi decomposta em seus componentes: beta total de Sørensen (beta.SOR), turnover (beta.SIM) e nestedness (beta.SNE). A variabilidade composicional entre grupos foi avaliada por análise de dispersão multivariada (betadisper) baseada na distância de Jaccard binária, com significância testada via ANOVA e permutest. A estrutura da comunidade foi investigada por NMDS (metaMDS) e as diferenças na composição entre período, tipo de área e sua interação foram testadas com PERMANOVA. Todo o processamento e análise dos dados foram realizados no RStudio (RStudio Team, 2023) utilizando R (R Core Team, 2023), com os pacotes *readxl* (importação de dados), *dplyr* (manipulação de dados), *betapart* (diversidade β), *vegan* (análises multivariadas, PERMANOVA, betadisper e NMDS), *ggplot2* e *patchwork* (visualização gráfica) e *corrplot* (análises de correlação).

RESULTADOS

Comunidade da comunidade de algas perifíticas

A riqueza total de espécies esteve representada por 139 táxons de algas perifíticas distribuídos em sete grupos: diatomáceas (39), cianobactérias (35), clorofíceas (34), carofíceas (20), euglenofíceas (7), dinoflagelados (2) e xantofíceas (1) (Tabela 1-Apêndice). O grupo mais representativo foi as diatomáceas (28%), seguido das cianobactérias (25%) e carofíceas (24%). Em relação à sazonalidade e aos diferentes usos do solo, a riqueza de espécies foi semelhante entre os períodos e as áreas de mata ciliar e habitação, sendo a maior no período chuvoso e em área de habitação (85 táxons). As diatomáceas (29 táxons), clorofíceas (21) e as cianobactérias (19) foram as mais expressivas no período chuvoso. No período seco, a riqueza foi semelhante em ambas as áreas (Figura 3).

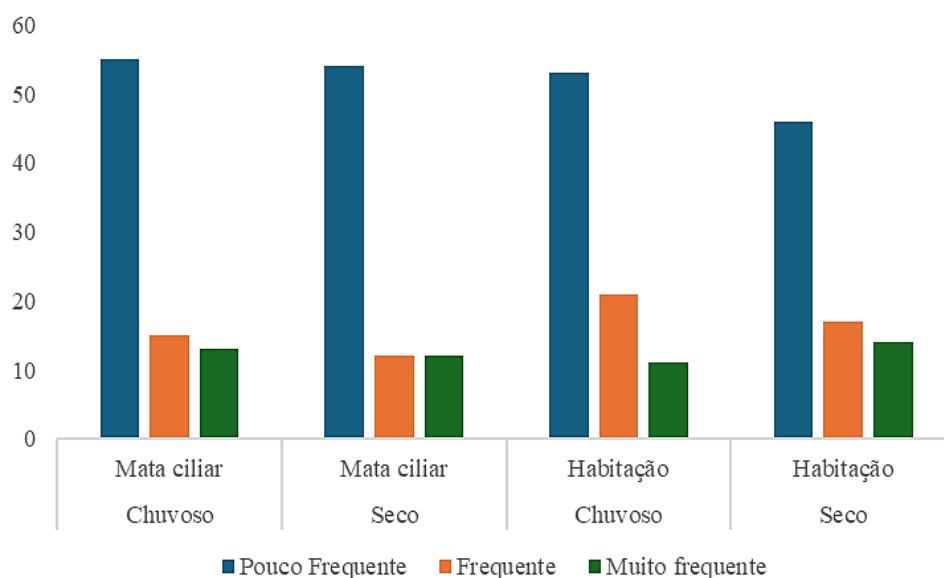
Figura 2: Riqueza dos táxons por grupo nos diferentes usos do solo entre os períodos sazonais chuvoso e seco no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil).



A frequência de ocorrência dos táxons não apresentou variações expressivas entre as duas áreas estudadas ao longo dos períodos sazonais, mas evidenciou a predominância de espécies classificadas como “Pouco Frequentes” durante todo o estudo. Observou-se, contudo, um aumento das espécies “Frequentes” em áreas de habitação nos dois períodos, acompanhado por uma redução das “Pouco Frequentes” no período seco (Fig. 3). As espécies classificadas como “Muito Frequentes”, em ambas as áreas, foram, em sua maioria, diatomáceas, com destaque para *Gomphonema gracile* Ehrenberg, registrada em 100% das amostras nos dois ambientes e períodos. A *Gomphonema parvulum* (Kützinger) Kützinger para o período chuvoso, também foi muito frequente em ambas as áreas, enquanto a *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère ocorreu em áreas de habitação nos dois períodos sazonais, e em áreas de mata ciliar no período

seco. No período seco, destacaram-se ainda, a *Craticula* sp. em área de mata ciliar e *Gomphonema* sp4 e *Thalassiosira* sp., em áreas de habitação.

Figura 3: Frequência de ocorrência dos táxons nos diferentes usos do solo entre os períodos sazonais no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil).



Em relação à abundância relativa, as diatomáceas foram predominantes em todas as áreas e períodos sazonais. Em áreas de mata ciliar, essa predominância foi mais acentuada, especialmente no período seco (96%) (Figura 4). Por outro lado, as clorofíceas (10%) e as cianobactérias (11%) tiveram maior contribuição relativa nas áreas de ocupação humana, principalmente durante o período chuvoso. A partir desses resultados, sugere-se que, embora a sazonalidade exerça um efeito moderado sobre a comunidade, os fatores antrópicos parecem influenciar de forma mais pronunciada a abundância relativa dos grupos algais.

Com base no diagrama de distribuição de abundância de Whittaker, observou-se pouca variação entre as áreas e períodos sazonais, com predominância de espécies raras e apenas algumas espécies abundantes. A diatomácea *Ulnaria ulna* destacou-se como a mais abundante em todas as áreas e períodos. No período chuvoso, a *Epithemia adnata* (Kützinger) Brébisson e *Eunotia* sp. apresentaram maior abundância em áreas de habitação, enquanto, no período seco, a espécie *Gomphonema* sp4 foi abundante nas duas áreas estudadas (Figura 5).

Figura 4: Abundância relativa dos grupos de algas perifíticas nos diferentes usos do solo entre os períodos sazonais no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil)

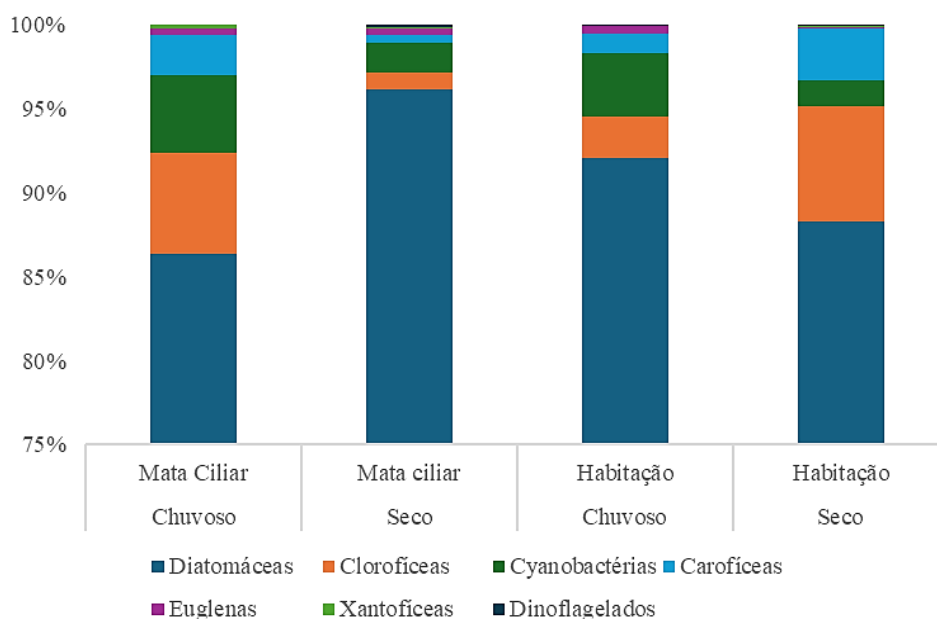
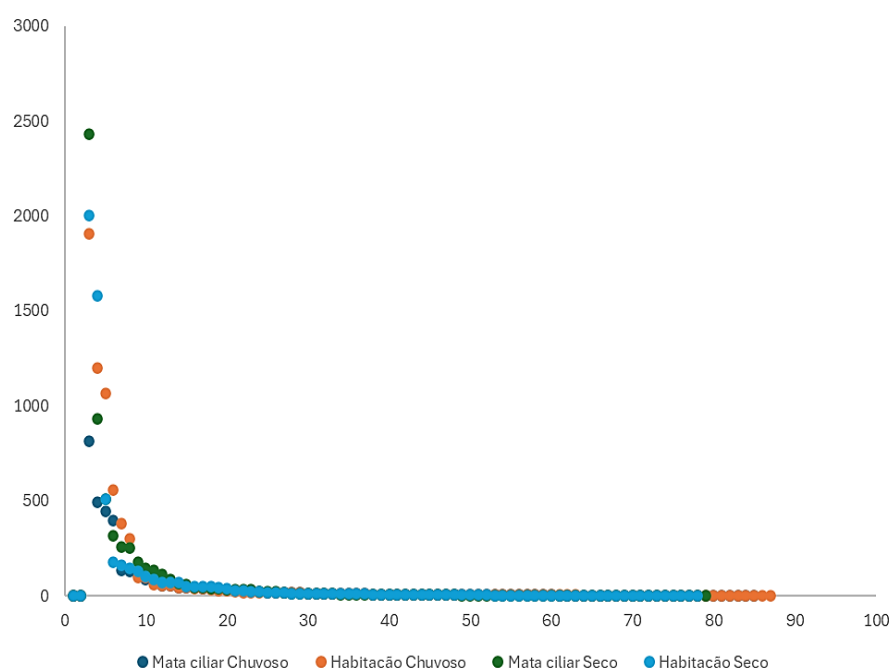
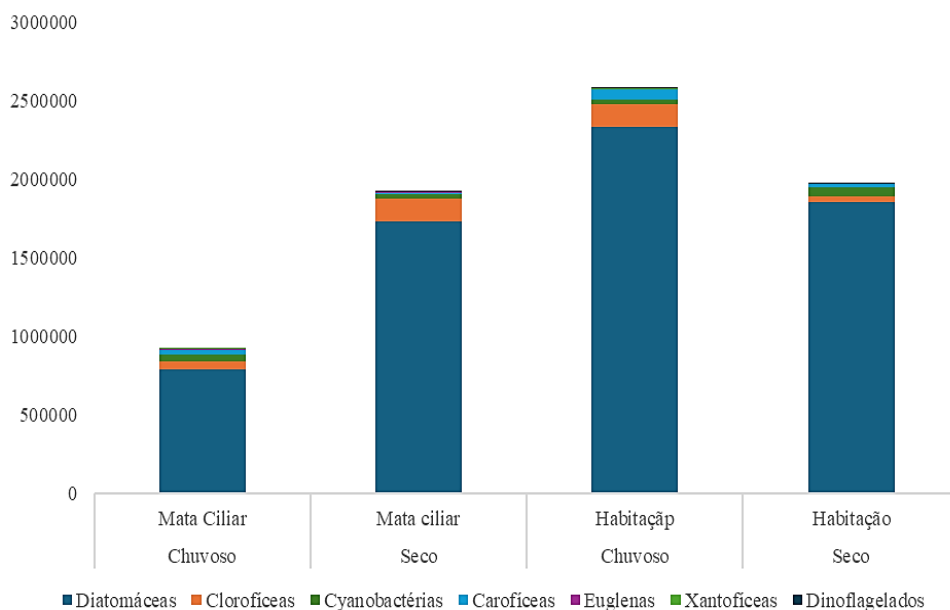


Figura 5: Diagrama de abundância de Whittaker das algas perifíticas nos diferentes usos do solo entre os períodos sazonais no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil).



A densidade total de algas variou de 94,314 a 2.076.495,036 ind/cm², sendo o valor máximo registrado para *Ulnaria ulna*. De modo geral, as diatomáceas apresentaram predominância em todas as áreas e períodos amostrados, seguida de clorofíceas e cianobactérias (Figura 6). A espécie com maior densidade foi *U. ulna*, com 410.744,2641 ind/cm² em área de habitação no período chuvoso e 852.888,8414 ind/cm² em área de mata ciliar no período seco. Em seguida, destacou-se *Gomphonema* sp4, com 1.182.856,209 ind/cm² em área de ocupação humana no período seco.

Figura 6: Densidade das algas perifíticas nos diferentes usos do solo entre os períodos sazonais no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil)



A diversidade de Shannon (H') e a equitabilidade de Pielou (J) não apresentaram diferenças entre as áreas e períodos estudados. A diversidade foi de 2,94 em áreas de mata ciliar e 2,59 em áreas de habitação, enquanto a equitabilidade apresentou valores de 0,74 e 0,66, respectivamente.

A análise da diversidade- β revelou valores muito elevados de beta total, que variou entre 0,965 e 0,968. Esses resultados demonstram que as parcelas diferem substancialmente na composição de espécies. A decomposição da diversidade beta mostrou que a substituição de espécies (turnover) foi o principal componente em área de mata ciliar e habitação, com valores entre 0,87 em área de ocupação humana e 0,90 em área de mata ciliar, enquanto a nestedness contribuiu de forma marginal (0,06–0,09) (Tabela 2).

Tabela 2. Valores de diversidade beta total, turnover e nestedness da comunidade de algas perifíticas nos diferentes tipos de área (mata ciliar e ocupação humana) e períodos sazonais no reservatório Thomaz Osterne de Alencar, Crato-CE.

Tipo de Área	Período	Beta total	Turnover	Nestedness
Mata ciliar	Chuvoso	0.9684567	0.9047994	0.06365736
	Seco	0.9681897	0.9028547	0.06533504
Ocupação humana	Chuvoso	0.9658543	0.8707352	0.09511905
	Seco	0.9652455	0.8708709	0.09437463

A análise de dispersão multivariada (Betadisper) indicou diferenças significativas na variabilidade da composição de espécies entre os grupos definidos pela interação período $\times$ tipo de área ($F = 3,65$; $p = 0,013$). Isso sugere que a heterogeneidade florística não é uniforme

entre áreas de mata ciliar e áreas habitação, pois variam de acordo com a sazonalidade (chuvoso vs. seco).

A partir da análise de correlação de Pearson evidenciou-se associação positiva e forte entre a diversidade beta total e o turnover ($r = 0,99$; $p < 0,05$), e associação negativa igualmente forte entre turnover e nestedness ($r = -1,00$; $p < 0,001$). Esses resultados indicam que a substituição de espécies (turnover) é o principal componente estruturador da diversidade beta.

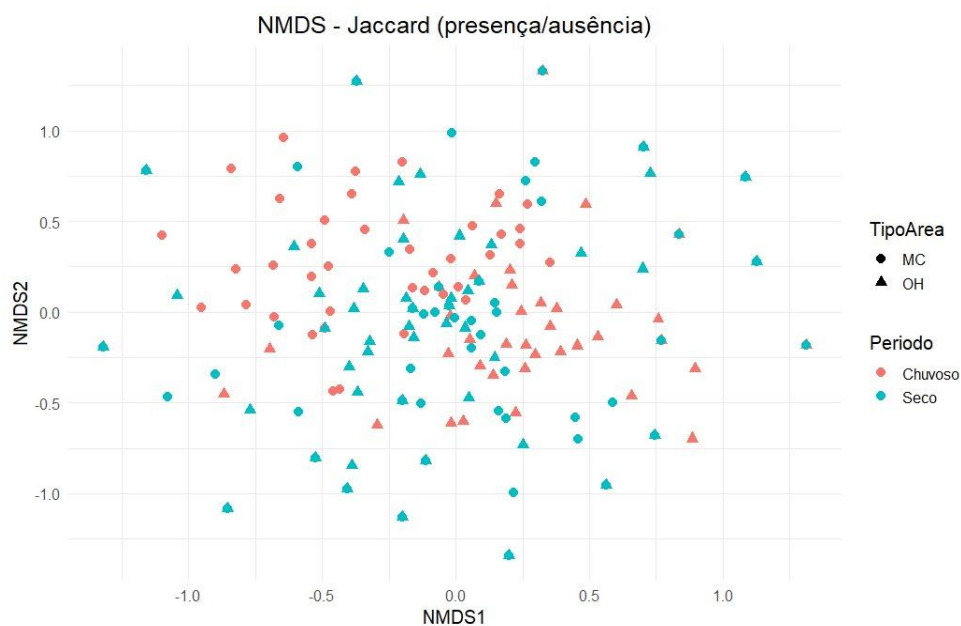
O ordenamento por NMDS apresentou valor de stress de 0,15, considerado aceitável ($<0,2$), o que indica boa representação bidimensional da dissimilaridade de Jaccard entre comunidades. O gráfico revelou separação parcial entre períodos sazonais (chuvoso vs. seco), refletindo a forte influência da sazonalidade na estrutura das comunidades (Figura 7). Adicionalmente, observa-se distinção entre as áreas de mata ciliar e habitação dentro de cada período, sugerindo que o tipo de área também exerce efeito consistente sobre a composição de espécies. Esse padrão reforça a interação detectada pela Betadisper.

Variáveis Ambientais

Considerando os diferentes usos do solo, a condutividade elétrica não apresentou valores diferentes entre as áreas de mata ciliar e de habitação durante os períodos sazonais, com média de $198 \mu\text{S.cm}^{-1}$, no período chuvoso, e $188 \mu\text{S.cm}^{-1}$, no período seco, em ambas as áreas (Figura 3). O oxigênio dissolvido apresentou valor médio de $5,98 \text{ mg/L}^{-1}$, em área de mata ciliar e de $4,49 \text{ mg/L}^{-1}$, em área de habitação no período chuvoso, com desvio padrão entre 1,23 e 1,01, respectivamente. No período seco, o valor médio em área de mata ciliar foi de $0,49 \text{ mg/L}^{-1}$ com desvio padrão de 1,17 e em área de habitação foi de $3,32 \text{ mg/L}^{-1}$ desvio padrão de 1,71 (Tabela 2).

O pH não variou entre os diferentes usos do solo e os períodos sazonais, com média 7 em ambos. No período chuvoso, os sólidos totais dissolvidos apresentaram valor médio de 126 mg/L , em área de mata ciliar, e de $115,5 \text{ mg/L}$ em área de habitação com desvio padrão entre 17,71 e 17,81, respectivamente.

Figura 7: Ordenamento NMDS baseado na dissimilaridade de Jaccard (presença/ausência) das comunidades de algas perifíticas nos diferentes usos do solo entre os períodos sazonais no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil). (MC)-Mata Ciliar; (OH)-Ocupação humana.



No período seco os valores dos sólidos totais foram semelhantes entre as áreas, com média de 119 mg/L e desvio padrão entre 65,75 em área de mata ciliar, e 66,08 em área habitação. A temperatura da água foi semelhante entre as áreas de mata ciliar e habitação, em ambos os períodos, com média de 27 °C, e apenas no período seco, em área de habitação, a média foi de 26,9°C (Tabela 3).

Tabela 3: Valores médios e Desvio Padrão ($\pm$) das variáveis ambientais e limnológicas do reservatório Thomaz Osterne de Alencar, nos diferentes usos do solo durante o período de estudo.

Variáveis ambientais	Período chuvoso		Período seco	
	Média $\pm$ Desvio Padrão			
	Mata ciliar	Ocupação humana	Mata ciliar	Ocupação humana
Condutividade elétrica (mS/cm ⁻¹)	198,75 $\pm$ 22,13	198,8 $\pm$ 6,40	188,4 $\pm$ 98,08	188,4 $\pm$ 99,12
Oxigênio dissolvido (mg/L ⁻¹)	5,98 $\pm$ 1,23	4,49 $\pm$ 1,01	0,49 $\pm$ 1,17	3,32 $\pm$ 1,71
pH	7 $\pm$ 0,09	7 $\pm$ 0,064	7,59 $\pm$ 0,42	7,55 $\pm$ 0,28
Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	126 $\pm$ 17,71	115,5 $\pm$ 17,81	119,3 $\pm$ 65,75	119,7 $\pm$ 66,08
Temperatura da Água (°C)	27,32 $\pm$ 4,25	27,52 $\pm$ 4,36	27,6 $\pm$ 0,50	26,9 $\pm$ 0,66

DISCUSSÃO

Nossas hipóteses iniciais, de que a estrutura da comunidade perifítica seria influenciada pela sazonalidade e pelas variáveis ambientais com maior efeito no período seco, e de que a composição diferiria entre áreas do reservatório com distintos usos do solo, não foram sustentadas pelos dados obtidos. A composição da comunidade não apresentou diferenças expressivas entre áreas e períodos sazonais, indicando que a sazonalidade e o uso do solo não exerceram influência marcante sobre as espécies. Em contraste, estudos realizados em riachos brasileiros relataram resultados distintos: Trindade e Dunck (2025) e Schuster et al. (2015) observaram diferenças na composição da comunidade perifítica e fitoplanctônica, respectivamente, entre ambientes preservados e impactados, enquanto Dunck et al. (2019) verificaram que alterações na comunidade perifítica não foram evidentes em relação ao uso do solo. De forma semelhante, Rosa et al. (2024) relataram pouca influência do uso do solo sobre invertebrados bentônicos, sugerindo que a resposta das comunidades pode estar relacionada ao nível de intensidade do impacto antrópico. No entanto, alguns atributos como abundância relativa e densidade, mostraram leve variação associada ao uso do solo no período seco.

A riqueza em espécies a diversidade mantiveram-se relativamente estáveis entre os períodos sazonais e áreas avaliadas, com apenas um discreto aumento em áreas de habitação durante o período chuvoso. Esse resultado refuta nossa terceira hipótese, que previa menor diversidade taxonômica em locais sob maior influência antrópica. Padrão semelhante foi reportado por Trindade e Dunck (2025), que observaram ausência de efeito da integridade ambiental sobre riqueza e diversidade de espécies.

No entanto, em estudo com invertebrados bentônicos tem-se evidenciado uma relação positiva entre riqueza e área do reservatório (SANTOS et al., 2016). Em termos de composição e riqueza, as diatomáceas se destacaram como o grupo mais rico em todos os contextos estudados, confirmando seu papel central na estruturação da comunidade perifítica. Esse predomínio já foi amplamente descrito em reservatórios (CORDEIRO et al., 2017; NASCIMENTO FILHO; MOURA, 2024; LANDIM et al., 2025-submetido) e riachos tropicais do Brasil (SCHUSTER et al., 2015; MACHADO et al., 2024; TRINDADE; DUNCK, 2025).

A frequência de ocorrência das algas perifíticas evidenciaram que a maioria dos táxons foi classificada como pouco frequente, revelando uma comunidade composta por muitas espécies raras e poucas dominantes. Contudo, em áreas de habitação houve aumento de espécies frequentes e redução das pouco frequentes, indicando que ambientes sujeitos a pressões antrópicas tendem favorecer espécies mais tolerantes como *Gomphonema gracile*, *Gomphonema parvulum* e *Ulnaria ulna*, reconhecidas por sua ampla distribuição em ecossistemas de água doce e ambientes eutrofizados (SALOMONI et al., 2006; FARIA et al., 2013; DUNCK et al., 2013). Resultados semelhantes foram relatados por Trindade e Dunck (2025), que também observaram predominância de espécies raras poucas espécies constantes entre as áreas.

A abundância relativa atestou uma comunidade composta por muitas espécies raras e poucas dominantes, com predominância das diatomáceas em todas as áreas e períodos, especialmente no período seco em áreas de habitação. Clorofíceas e cianobactérias foram mais

representativas no período chuvoso, em áreas de ocupação humana, indicando que esses grupos possuem preferências a ambientes com elevados aportes de nutrientes e matéria orgânica, característicos de áreas com influência antrópica. Segundo Peres e Senna (2000) e Fonseca e Rodrigues (2005) clorofíceas e cianobactérias sobrevivem em ambientes variados, desde águas levemente poluídas a altamente eutrofizadas com grandes concentrações de nutrientes que são oriundos da entrada de água provinda das chuvas, matéria orgânica e material alóctone provenientes do entorno do reservatório.

A elevada densidade de *U. ulna* e *Gomphonema* sp4 sugere que essas espécies exploram o habitat independentemente das condições ambientais, enfatizando a alta tolerância e ampla distribuição das diatomáceas. Embora a sazonalidade exerça efeito moderado na densidade, as pressões antrópicas não influenciaram de forma relevante a estrutura da comunidade perifítica. Esses fatos foram observados por Tang et al. (2025) que relataram maior densidade de diatomáceas em ambos os períodos, com aumento acentuado no período seco e por Trindade e Dunck (2025), que demonstraram que o uso do solo não interferiu na densidade do perifiton.

A diversidade (H') e a equitabilidade (J) da comunidade de algas perifíticas não variaram entre os períodos sazonais, bem como entre os diferentes usos do solo, sugerindo estabilidade da comunidade frente às flutuações ambientais e às influências antrópicas, resultado semelhante ao reportado por Trindade e Dunck (2025) e Mikkola et al. (2018).

A diversidade- β foi influenciada pelo uso do solo, com áreas de mata ciliar apresentando maior turnover e menor nestedness em comparação às áreas de ocupação humana, corroborando nossa quarta hipótese. Esse padrão sugere que, em áreas conservadas, a composição de espécies é mais dinâmica e menos afetada pela perda de táxons, enquanto em áreas antropizadas há um discreto aumento do efeito de aninhamento, possivelmente associado à degradação ambiental e à predominância de espécies tolerantes a distúrbios. Resultados semelhantes foram reportados por Trindade e Dunck (2025), que observaram maiores valores de diversidade- β em riachos mais preservados, e por Schuster et al. (2015), que destacaram diferenças no fitoplâncton entre áreas totalmente protegidas por florestas e trechos mais impactados. Além disso, estudos sobre uso agrícola do solo reforçam que alterações na paisagem podem reduzir a disponibilidade de recursos e promover mudanças nas comunidades perifíticas, resultando em baixos níveis de diversidade- β nesses ambientes (TROMBONI et al., 2019).

A análise de dispersão multivariada revelou que a heterogeneidade florística é modulada pela interação entre sazonalidade e uso do solo, com diferenças significativas entre áreas de mata ciliar e de ocupação humana ao longo dos períodos chuvoso e seco. Esse padrão corrobora os resultados de Tang et al. (2025), que registraram maior diversidade- β na estação chuvosa e declínio subsequente na seca, evidenciando respostas sazonais distintas da comunidade perifítica. Do ponto de vista ecológico, áreas sob maior pressão antrópica tendem a apresentar maior variabilidade composicional, reflexo de distúrbios ambientais e da predominância de espécies oportunistas. Essa influência do uso do solo sobre a diversidade- β também foi destacada por Tang et al. (2025), que identificaram as áreas de pastagem e agrícolas como as mais determinantes para a variação na composição das comunidades.

A análise de correlação de Pearson indicou que a substituição de espécies (turnover) foi o principal componente da diversidade- β , enquanto o aninhamento (nestedness) apresentou efeito praticamente nulo ou até inverso. Isso demonstra que as diferenças entre comunidades não decorrem da perda ou inclusão hierárquica de espécies, mas sim da substituição efetiva de táxons entre períodos e áreas, como também relatado por Mikkola et al. (2018) e Tang et al. (2025). Em ecossistemas do semiárido, esse padrão é esperado, uma vez que a variação na disponibilidade hídrica ao longo do ano promove substituições marcantes de espécies entre as estações, em vez de simples reduções aninhadas de riqueza, conforme documentado por Silva, Moura e Amorim (2025).

O NMDS apresentou boa representação da dissimilaridade entre comunidades, evidenciando separação parcial entre os períodos sazonais e distinções entre áreas de mata ciliar e de ocupação humana. Esse padrão, corroborado pela análise Betadisper, indica que tanto a sazonalidade quanto o uso do solo influenciam a estrutura da comunidade perifítica. Embora a variação entre áreas seja modulada pela sazonalidade, áreas antropizadas se diferenciam consistentemente das conservadas, provavelmente pela predominância de espécies tolerantes a perturbações e pela redução de espécies sensíveis (TANG et al., 2025; TRINDADE; DUNCK, 2025). Em contraste, Schuster et al. (2015) observaram que, para a comunidade fitoplancônica, a diversidade- β não diferiu significativamente entre locais protegidos e não protegidos.

No entanto os efeitos negativos do uso do solo na biodiversidade de água doce são bem conhecidos (PETSCH et al., 2021), de modo que investigar a relação entre os índices de padrões da paisagem e a diversidade- β pode melhorar nossa compreensão dos mecanismos pelos quais as mudanças no uso da terra impactam os ecossistemas aquáticos (BOMFIM et al., 2023).

Nossos resultados também demonstram que as variáveis ambientais como condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, pH e temperatura permaneceram relativamente estáveis, frente à sazonalidade ou à ocupação humana. Já o oxigênio dissolvido apresentou maiores concentrações durante o período chuvoso, especialmente em áreas de mata ciliar, e queda acentuada no período seco, possivelmente associada à ausência de dados nos meses de junho e agosto.

Esses resultados são consistentes com os registrados por Cordeiro et al. (2017), que também observaram concentrações mais elevadas de oxigênio no período de chuva. Contudo, é importante destacar que as variáveis ambientais dos reservatórios podem mudar entre os períodos de chuva e seca (MORETTO et al., 2010) e, quando associadas às atividades antrópicas relacionadas ao uso do solo, podem provocar mudanças nos aspectos físicos e químicos da água, refletindo em modificações na composição das espécies (MCDOWELL et al., 2020).

Os resultados obtidos no nosso estudo demonstraram como as espécies responderam aos diferentes tipos de uso do solo frente às variações sazonais, evidenciando padrões de substituição e resiliência da comunidade perifítica. No entanto, estudos que investigam a diversidade- β em relação ao uso do solo em ecossistemas lênticos ainda são escassos, representando apenas cerca de 7% da literatura, em contraste com 93% voltados para sistemas

lóticos (SHEN et al., 2024), especialmente em regiões semiáridas. Essa lacuna evidencia a necessidade de ampliar pesquisas para entender como a biodiversidade de água doce em reservatórios responde às alterações antropogênicas e ambientais, conhecimento este fundamental e inestimável para a restauração e conservação dos ecossistemas aquáticos (BAROUILLET et al., 2023).

CONCLUSÃO

O uso do solo e a sazonalidade não influenciaram a estrutura da comunidade perifítica, embora alguns atributos tenham apresentado variações sutis. A riqueza em espécies e a diversidade permaneceram estáveis entre períodos sazonais e tipos de uso do solo, com leve aumento da riqueza em áreas de ocupação humana durante o período chuvoso. As diatomáceas dominaram em todas as áreas. A diversidade- β foi elevada e predominante pelo turnover, enquanto variáveis ambientais, exceto o oxigênio dissolvido, não apresentaram diferenças relevantes, indicando que fatores antrópicos afetam principalmente a abundância relativa e a diversidade- β , sem alterar de forma significativa a composição de espécies.

REFERÊNCIAS

- ALLAN, D.; ERICKSON, D.; FAY, J. The influence of catchment land use on stream integrity across multiple spatial scales. **Freshwater Biology**, v. 37, n. 1, p. 149–161, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1997.d01-546.x>.
- AZEVEDO, M. T. P.; NOGUEIRA, N. M. C.; SANT'ANNA, C. L. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas, 8: Cyanophyceae. **Hoehnea**, v. 23, p. 1–38, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2236-89062010000300005>.
- BAROUILLET, C.; GONZÁLEZ-TRUJILLO, J. D.; GEIST, J.; et al. Freshwater Conservation: Lost in Limnology? **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 34, n. 1, e4049, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/aqc.4049>
- BASELGA, A. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. **Global Ecology and Biogeography**, v. 19, p. 134–143, 2010.
- BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. **Gênero de algas de águas continentais do Brasil – chave para identificação e descrição**. 2. ed. São Carlos: RiMa, 2006. 508 p.
- BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições**. 3. ed. São Carlos: RiMa, 2017.
- BOMFIM, F. F.; FARES, A. L. B.; MELO, D. G. L.; VIEIRA, E.; MICHELAN, T. S. Landuse Increases Macrophytes Beta Diversity in Amazon Streams by Favoring Amphibious Life Forms Species. **Community Ecology**, v. 24, n. 2, p. 159–170, 2023.
- BOUVY, M.; NASCIMENTO, S. M.; MOLICA, R. J.; FERREIRA, A.; HUSZAR, V.; AZEVEDO, S. M. Limnological features in Tapacurá reservoir (northeast Brazil) during a severe drought. **Hydrobiologia**, v. 493, n. 1, p. 115–130, 2003.
- CARDINALE, B. J.; DUFFY, J. E.; GONZALEZ, A. et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. **Nature**, v. 486, n. 7401, p. 59–67, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature11148>.
- CHELLAPPA, N. T.; BORBA, J. M.; ROCHA, O. Phytoplankton community and physico-chemical characteristics of water in the public reservoir of Cruzeta, RN, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, p. 477–494, 2008.
- COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Diagnóstico da Região Hidrográfica do Rio Salgado**. Fortaleza: COGERH, 2022.

CORDEIRO, R. S.; BARBOSA, J. E. L.; LIMA, G. Q.; BARBOSA, L. G. Periphytic algae dynamics in lentic ecosystems in the Brazilian semiarid. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, p. 495–505, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.15115>.

DALA-CORTE, R. B.; MELO, A. S.; SIQUEIRA, T. et al. Thresholds of freshwater biodiversity in response to riparian vegetation loss in the Neotropical region. **Journal of Applied Ecology**, v. 57, n. 7, p. 1391–1402, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13657>.

DANTAS, E. W.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOURA, A. N. Dynamics of phytoplankton associations in three reservoirs in northeastern Brazil assessed using Reynolds' theory. **Limnologia**, v. 42, p. 72–80, 2012.

DUNCK, B.; NOGUEIRA, I. S.; FELISBERTO, S. Composição e diversidade de algas perifíticas em veredas sob diferentes impactos antrópicos (Goiás, Brasil). **Iheringia Série Botânica**, v. 68, p. 237–248, 2013.

DUNCK, B.; LIMA-FERNANDES, E.; CÁSSIO, F.; CUNHA, A.; RODRIGUES, L.; PASCOAL, C. Responses of primary production, leaf litter decomposition and associated communities to stream eutrophication. **Environmental Pollution**, v. 202, p. 32–40, 2016.

DUNCK, B.; FELISBERTO, S.; NOGUEIRA, I. Effects of freshwater eutrophication on species and functional beta diversity of periphytic algae. **Hydrobiologia**, v. 837, p. 195–204, 2019.

FARIA, M.; GUIMARÃES, A. T. B.; LUDWIG, T. A. V. Responses of periphytic diatoms to mechanical removal of *Pistia stratiotes* L. in a hypereutrophic subtropical reservoir: dynamics and tolerance. **Brazilian Journal of Biology**, v. 73, n. 4, p. 681–689, 2013.

FEIO, M. J.; HUGHES, R. M.; SERRA, S. R. Q. et al. Fish and macroinvertebrate assemblages reveal extensive degradation of the world's rivers. **Global Change Biology**, v. 29, n. 2, p. 355–374, 2023. <https://doi.org/10.1111/gcb.16439>.

FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P. et al. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570–574, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1111772>.

FONSECA, I. A.; RODRIGUES, L. Comunidade de algas perifíticas em distintos ambientes da planície de inundação do Alto Rio Paraná. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 27, n. 1, p. 21–28, 2005. <http://dx.doi.org/10.4025/actascibiolsci.v27i1.1354>.

FRANCESCHINI, I. M.; BURLIGA, A. L.; REVIERS, B.; PRADO, J. F.; RÉZIG, S. H. **Algas: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica**. Porto Alegre: Artmed, 2010. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsoci.v27i1.1346>.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS – FUNCEME. **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos**. Disponível em: <https://www.funceme.br/>. Acesso em: 20 jul. 2025.

GIAM, X.; OLDEN, J. D.; SIMBERLOFF, D. Impact of coal mining on stream biodiversity in the US and its regulatory implications. **Nature Sustainability**, v. 1, n. 4, p. 176–183, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0048-6>.

HEINO, J.; MELO, A. S.; BINI, L. M. Reconceptualising the beta diversity–environmental heterogeneity relationship in running water systems. **Freshwater Biology**, v. 60, p. 223–235, 2015a.

HEINO, J.; MELO, A. S.; BINI, L. M. et al. A comparative analysis reveals weak relationships between ecological factors and beta diversity of stream insect metacommunities at two spatial levels. **Ecology and Evolution**, v. 5, p. 1235–1248, 2015b.

JANUCHOWSKI-HARTLEY, S. R.; HOLTZ, L. A.; MARTINUZZI, S. et al. Future land use threats to range-restricted fish species in the United States. **Diversity and Distributions**, v. 22, n. 6, p. 663–671, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/ddi.12431>

JYRKÄNKALLIO-MIKKOLA, J.; SILJANDER, M.; HEIKINHEIMO, V.; PELLIKKA, P.; SOININEN, J. Tropical stream diatom communities – the importance of headwater streams for regional diversity. **Ecological Indicators**, v. 95, p. 183–193, 2018. DOI:10.1016/j.ecolind.2018.07.030.

KOMÁREK, J.; ANAGNOSTIDIS, K. *Cyanoprokaryota. Teil 1/Part 1: Chroococcales*. In: ETTL, H.; GERLOFF, J.; HEYNIG, H.; MOLLENHAUER, D. (Eds.). *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. **München: Elsevier**, 2008. p. 1–556.

LANDIM, N. V. C.; RICARTE, E. M. F.; RODRIGUES, J. L. G. et al. Species composition as the main predictor of the substrate type and seasonality for the periphytic community in Brazilian semi-arid reservoir. **Limnology**, 2025. Submetido.
 LANGE, K.; TOWNSEND, C. R.; MATTHAEI, C. D. A trait-based framework for stream algal communities. **Ecology and Evolution**, v. 6, p. 23–36, 2015. <https://doi.org/10.1002/ece3.1822>

LOBO, E.; LEIGHTON, G. Estructuras comunitárias del fitocenosis planctónicas del sistemas de desembocaduras de rios y esteros de el zona central de Chile. **Revista Biología Marina**, v. 22, p. 1–29, 1986.

MACHADO, K. B.; OLIVEIRA, P. H. F.; FERRAGUT, C.; TERESA, F. B.; NABOUT, J. C. Environmental gradients and anthropogenic landscape modification determine composition of functional traits of periphyton community in Brazilian Cerrado streams. **Hydrobiologia**, p. 1–15, 2024.

MATEUCCI, S. D.; COLMA, A. **La metodología para el estudio de la vegetacion**. Buenos Aires: Collection de Monografias Científicas, 1982.

McDOWELL, R. W.; NOBLE, A.; PLETNYAKOV, P.; HAGGARD, B. E.; MOSLEY, L. M. Global mapping of freshwater nutrient enrichment and periphyton growth potential. **Scientific Reports**, v. 10, p. 1–13, 2020.

MCKEON, C. M.; KELLY, R.; BÖRGER, L.; DE PALMA, A.; BUCKLEY, Y. M. Human land use is comparable to climate as a driver of global plant occurrence and abundance across life forms. **Global Ecology and Biogeography**, v. 32, p. 1618–1631, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/geb.13713>.

MELLO, K.; TANIWAKI, R. H.; MACEDO, D. R.; LEAL, C. G.; RANDHIR, T. O. Biomonitoring for watershed protection from a multiscale land-use perspective. **Diversity**, v. 15, n. 5, p. 636, 2023.

MORETTO, Y. B.; BENEDITO, E.; HIGUTI, J. Effect of the environmental factors on the caloric content of benthic and phytophilous invertebrates in neotropical reservoirs in the Paraná State, Brazil. **International Review of Hydrobiology**, v. 95, p. 246–259, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1002/iroh.200911206>.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; McGLINN, D. et al. vegan: community ecology package. R package version 2.6-4, 2022. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. I.; MARTINS, E. S.; COSTA, C. T. F.; CALDAS, H. F. M. Análise da precipitação e determinação de equações de chuvas intensas para o município de Crato-CE situado no semiárido do Brasil. **Revista Geama**, v. 5, n. 3, p. 56–65, 2019.

OLIVEIRA, P. H. F.; MACHADO, K. B.; TERESA, F. B.; DE CARVALHO, R. A.; FERREIRA, M. E.; TEJERINA-GARRO, F. L.; NABOUT, J. C. Spatial distance explains the periphyton metacommunity structure of a neotropical stream network.

Hydrobiologia, v. 850, n. 8, p. 1869–1884, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10750-023-05183-3>.

PERES, A. C.; SENNA, P. A. C. Clorófitas da Lagoa do Diogo. In: SANTOS, J. E.; PIRES, J. S. R. (eds.). **Estudos Integrados em Ecossistemas: Estação Ecológica de Jataí**. São Carlos: RiMa, 2000. p. 469–481.

PETSCH, D. K.; BLOWES, S. A.; MELO, A. S.; CHASE, J. M. A synthesis of land use impacts on stream biodiversity across metrics and scales. **Ecology**, v. 102, e03498, 2021. <https://doi.org/10.1002/ecy.3498>

PETSCH, D. K.; SCHNECK, F.; MELO, A. S. Substratum simplification reduces beta diversity of stream algal communities. **Freshwater Biology**, v. 62, p. 205–213, 2017.
PRESCOTT, G. W. **Algae of the Western Great Lakes area: with an illustrated key to the genera of desmids and freshwater diatoms**. 2. ed. Dubuque: Wm. C. Brown Company Publishers, 1962.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

ROSA, J.; MUNIZ, C. M.; PETSCH, D. K.; MORETTO, Y.; MARTENS, K.; HIGUTI, J. Local factors drive the richness, biomass and composition of benthic invertebrate communities in Neotropical reservoirs. **Aquatic Sciences**, v. 86, n. 2, p. 61, 2024.

SALOMONI, S. E.; ROCHA, O.; CALLEGARO, V. L.; LOBO, E. A. Epilithic diatoms as indicators of water quality in the Gravataí river, Rio Grande do Sul, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 559, p. 233–246, 2006.

SANT'ANNA, C. L. **Chlorococcales (Chlorophyceae) do Estado de São Paulo, Brasil**. **Bibliotheca Phycologica**, v. 67, p. 1–348, 1984.

SCHNECK, F.; BINI, L. M.; MELO, A. S.; PETSCH, D. K.; SAITO, V. S.; WENGRAT, S.; SIQUEIRA, T. Catchment scale deforestation increases the uniqueness of subtropical stream communities. **Oecologia**, v. 199, p. 671–683, 2022.

SCHUSTER, K. F.; TREMARIN, P. I.; SOUZA-FRANCO, G. M. Alpha and beta diversity of phytoplankton in two subtropical eutrophic streams in southern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 29, n. 4, p. 597–607, 2015.

SHEN, M.; VAN KLINK, R.; SAGOUIS, A.; PETSCH, D. K.; ABONG'O, D. A.; ALAHUHTA, J.; CHASE, J. M. FreshLanDiv: a global database of freshwater

biodiversity across different land uses. **Global Ecology and Biogeography**, v. 33, n. 12, e13917, 2024.

SILVA, F. S.; MOURA, A. N.; AMORIM, C. A. Eutrophication drives functional and beta diversity loss in epiphytic cyanobacteria. **Hydrobiologia**, p. 1–16, 2025.

SILVA, T. T.; BORTOLINI, J. C.; IATSKIU, P.; PILATTI, M. C.; MEDEIROS, G.; AMARAL, M. W. W.; BUENO, N. C. Local environmental factors are the main drivers of phytoplankton biovolume in subtropical streams of Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 926, 171663, 2024.

SIMÕES, N. R.; BRAGHIN, L. S. M.; DURÉ, G. A. V.; SANTOS, J. S.; SONODA, S. L.; BONECKER, C. C. Changing taxonomic and functional β -diversity of cladoceran communities in Northeastern and South Brazil. **Hydrobiologia**, v. 847, p. 3845–3856, 2020.

TANG, X.; HE, H.; QIN, Q.; XU, F.; LIU, F.; ZHANG, F. Seasonal variation in the β -diversity of periphytic algae and its response to landscape patterns in the Chishui River, a naturally flowing tributary of the Upper Yangtze River. **Ecology and Evolution**, v. 15, n. 2, e70976, 2025.

TRINDADE, E. G. A.; DUNCK, B. Environmental preservation leads to greater beta diversity of periphytic algae in Amazonian streams. **Limnologia**, v. 110, p. 126221, 2025.

TUCCI, A.; SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. P.; MALONE, C. F. S.; WERNER, V. R.; ROSINI, E. F. et al. **Atlas de cianobactérias e microalgas de águas continentais brasileiras**. São Paulo: Instituto de Botânica, Núcleo de Pesquisa em Ficologia, 2019.

VÁRBÍRÓ, G.; BORICS, G.; NOVAIS, M. H. et al. Environmental filtering and limiting similarity as main forces driving diatom community structure in Mediterranean and continental temporary and perennial streams. **Science of the Total Environment**, v. 741, 140459, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140459>.

WETZEL, R. G. **Limnology: lake and river ecosystems**. Philadelphia: Academic Press, 1983. 1006 p.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. **Limnological analyses**. 3. ed. New York: Springer, 2000.

WHITTAKER, R. H. **Communities and ecosystems**. New York: Macmillan, 1975.

ŻELAZNA-WIECZOREK, J.; NOWICKA-KRAWCZYK, P. The cascade construction of artificial ponds as a tool for urban stream restoration—the use of benthic diatoms to assess the effects of restoration practices. **Science of the Total Environment**, v. 538, p. 591–599, 2015.

ZHAO, Y.; XIONG, X.; WU, C.; XIA, Y.; LI, J.; WU, Y. Influence of light and temperature on the development and denitrification potential of periphytic biofilms. **Science of the Total Environment**, v. 613–614, p. 1430–1437, 2018.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo indicaram que a sazonalidade e o uso do solo exerceram influência limitada sobre a estrutura da comunidade de algas perifíticas no reservatório Thomaz Osterne de Alencar. A riqueza e a diversidade permaneceram estáveis entre os períodos e áreas analisadas, apenas com variações pontuais, como o leve aumento da riqueza em áreas de ocupação humana no período chuvoso e a maior abundância no período seco. As diatomáceas se confirmaram como o grupo dominante em todos os contextos, evidenciando sua ampla tolerância a diferentes condições ambientais. A diversidade- β , por sua vez, mostrou-se elevada e predominantemente estruturada pelo turnover, refletindo a substituição de espécies em resposta às variações ambientais e pressões antrópicas.

Esses dados destacam que, embora o regime hidrológico do semiárido e as alterações no uso do solo não modifiquem de forma expressiva a composição de espécies, eles influenciam aspectos específicos como abundância relativa e heterogeneidade florística. Assim, a pesquisa contribui para a compreensão dos mecanismos que estruturam a comunidade perifítica em reservatórios do semiárido, reforçando a importância de considerar tanto fatores bióticos quanto abióticos em avaliações ecológicas. Além disso, os resultados reforçam o papel da comunidade perifítica como bioindicadores sensíveis, podendo subsidiar estratégias de monitoramento e manejo sustentável da qualidade da água em ambientes sujeitos a pressões antrópicas e variações climáticas sazonais.

APÊNDICES

Capítulo 1:

TABELA 1: Lista de espécies da comunidade de algas perifíticas nos períodos chuvoso e seco no reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil). (VF)-Very Frequent; (LF)- Low Frequent; (F)-Frequent.

Cyanobacteria	Rainy period				Dry period			
	Apr	May	Jun	F.O	Aug	Sep	Oct	F.O
<i>Calothrix</i> sp.	—	—	x	LF	—	x	x	LF
<i>Coelomorom</i> sp.	—	—	x	LF	x	—	—	LF
<i>Geitlerinema amphibium</i> (Gomont) Anagnostidis	—	—	x	LF	—	—	—	—
<i>Gleiterinema splendidum</i> (Gomont) Anagnostidis	—	—	x	LF	x	—	—	LF
<i>Gleiterinema</i> sp.	—	—	x	LF	—	—	—	—
<i>Johanseninema constrictum</i> (Szafer) Hasler et al.	—	—	x	LF	—	—	—	—
<i>Komvophoron schmidlei</i> (Jaag) Anagnostidos & Komárek	—	—	x	LF	—	x	—	LF
<i>Leptolyngybia</i> sp.	x	—	—	LF	—	—	—	—
<i>Merismopedia glauca</i> (Ehrenberg) Kützing	—	—	x	LF	—	—	—	—
<i>Phormidium tergestinum</i> (Rabenhorst ex Gomont) Anagnostidis & Komárek	—	—	x	LF	—	—	—	—
<i>Pseudanabaena catenata</i> Lauterborn	—	—	x	LF	—	x	—	LF
<i>Pseudanabaena galeata</i> Böcher	—	—	x	LF	—	—	—	—
<i>Spirulina princeps</i> West & G.S.West	—	—	—	—	—	—	x	LF
<i>Synechocystis</i> sp.	—	—	—	—	—	—	x	LF
Xanthophytes								
<i>Tetraplektron torsum</i> (W.B.Turner) Dedusenko	x	—	—	LF	—	—	—	—
Diatoms								
<i>Achnanthes coarctata</i> (Brébisson ex Smith)	—	x	—	LF	—	x	—	LF
<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	—	—	—	—	—	x	—	LF
<i>Amphora</i> sp1	—	x	—	LF	x	—	—	LF
<i>Amphora</i> sp2	—	x	x	F	—	—	—	—
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	x	x	—	F	x	x	x	VF

<i>Cymbella</i> sp.	x	x	x	VF	x	—	—	LF
<i>Encyonema elginense</i> (Krammer) Mann	—	x	—	LF	—	—	—	—
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D.G.Mann	—	—	x	LF	x	—	—	LF
<i>Encyonema</i> sp.	x	x	—	F	—	—	—	—
<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson	x	x	x	VF	x	x	x	VF
<i>Epithemia</i> sp2	—	—	—	—	x	—	—	LF
<i>Eunotia monodon</i> Ehenberg	—	x	—	LF	—	x	—	LF
<i>Eunotia paludosa</i> Grunow	—	—	—	—	x	—	—	LF
<i>Eunotia</i> sp1	x	—	—	LF	x	x	x	VF
<i>Eunotia</i> sp2	—	—	—	—	x	x	x	VF
<i>Eunotia</i> sp3	—	—	—	—	—	—	x	LF
<i>Fragilaria</i> sp.	—	—	—	—	x	—	x	F
<i>Fragilaria</i> sp2	—	x	—	LF	—	x	x	F
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni	—	—	x	LF	—	—	—	—
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	x	x	x	VF	x	x	x	VF
<i>Gomphonema shaerophorum</i> Ehrenberg		x	—	LF	—	—	—	—
<i>Gomphonema</i> sp.	x	x	x	VF	x	x	—	F
<i>Navicula crucifera</i> Grunow	—	—	x	LF	—	—	x	LF
<i>Navicula</i> sp.	x	x	x	VF	x	x	x	VF
<i>Navicula</i> sp2	—	—	x	LF	—	—	—	—
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) Smith	—	—	x	LF	—	—	—	—
<i>Nitzschia</i> sp.	x		x	F				
<i>Pinnularia</i> sp.	—	—	x	LF	—	—	—	—
<i>Surrilella</i> sp.		x		LF	—	—	—	—
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) Müller	x	—	x	—	—	—	—	—
<i>Thalassiosira</i> sp.		x	x	F	x	x	x	VF
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	x	x	x	VF	x	x	x	VF
Dinoflagellates								
<i>Dinococcus</i> sp.	—	—	—	—	—	—	x	LF
<i>Peridinium gatunense</i> Nygaard	—	—	x	LF	—	—	—	—

Euglenas								
<i>Trachelomonas armata</i> (Ehrenberg) Stein	—	x	—	LF	—	—	—	—
Chlorophytes								
<i>Bulbochaete</i> sp.	x	—	—	LF	—	—	—	—
<i>Oocystis lacustres</i> Chodat	—	—	—	—	—	x	—	LF
<i>Radiococcus</i> sp.	—	—	—	—	—	x	—	LF
Desmicias								
<i>Closterium parvulum</i> Nägeli	—	—	x	LF	—	—	x	LF
<i>Cosmarium pachydermum</i> Lundell	—	x	—	LF	—	—	—	—
<i>Cosmarium punctatum</i> Nordstedt	—	—	x	LF	—	—	—	—
<i>Cosmarium</i> sp.	x	—	—	LF	—	—	—	—
<i>Cosmarium</i> sp2	—	—	—	—	x	—	—	LF
<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korshikov) Hindák	—	x	x	F	—	—	—	—
<i>Oedogonium</i> sp.	x	x	—	F	—	x	x	F
<i>Spirogyra</i> sp.	—	—	—	—	x	—	—	LF
<i>Staurostrum leptocladum</i> Nordstedt	x	—	—	LF	—	—	—	—
Charophytes								
<i>Coleochaete</i> sp.	—	—	—	—	—	x	—	LF

Categorias de frequência:

Very Frequent (>70%)

Frequent (>40 < 70%)

Low Frequent (>10 < 40%)

Sporadic (< 10%)

Capítulo 2:

TABELA 1: Lista de espécies da comunidade de algas perifíticas nos tipos de solo e períodos sazonais do reservatório Thomaz Osterne de Alencar (Crato, Ceará, Brasil). (F.O) - Frequência de ocorrência; (A.R) - Abundância relativa; (DEN.) – Densidade; (MF)- Muito Frequente; (F)- Frequente; (PF)-Pouco Frequente.

Cianobactérias	Mata ciliar						Habitação					
	Chuvoso			Seco			Chuvoso			Seco		
	F. O	A. R	DEN.	F. O	A. R	DEN.	F. O	A. R	DEN.	F. O	A. R	DEN.
<i>Anabaena</i> sp.	PF	R	691	-	-	-	PF	R	4980	PF	R	2641
<i>Anagnostidinema amphibium</i> (Gomont) Strunický, Bohunická, J.R.Johansen & Komárek	-			-	-	-	-	-	-	PF	R	94
<i>Calothrix</i> sp.	PF	R	628	-	-	-	PF	R	830	-	-	-
<i>Chroococcus</i> sp.	-			-	-	-	PF	R	377	-	-	-
<i>Coelomoron</i> sp.	PF	R	1006	-	-	-	PF	R	490	-	-	-
Cyanophyceae NI1	PF	A	9808	PF	R	126	F	PA	5596	-	-	-
Cyanophyceae NI2	-	-	-	-	-	-	PF	R	755	-	-	-
Cynophyceae NI3	-	-	-	PF	R	1509	-	-	-	PF	R	94
Cynophyceae NI4	-	-	-	PF	R	472	-	-	-	PF	PA	4150
Cynophyceae NI5	-	-	-	PF	R	252	-	-	-	-	-	-
Cynophyceae NI6	-	-	-	PF	R	755	-	-	-	PF	R	1509
<i>Dolicospermum</i> sp.	-	-	-	-	-	-	PF	R	189	-	-	-
<i>Eucapsis densa</i> Azevedo, Sant'Anna, Senna, Komárek & Komárková	PF	R	754	-	-	-	PF	R	377	-	-	-
<i>Geitlerinema amphibium</i> (Gomont) Anagnostidis	-			-	-	-	PF	R	3207	-	-	-

<i>Geitlerinema splendidum</i> (Gomont)	PF	R	471	PF	R	2767	PF	PA	755	F	PA	4527
Anagnostidis												
<i>Kovomphoron schmidlei</i> (Jaag)	MF	PA	3772	-	-	-	F	A	6501	-	-	-
Anagnostidos & Komárek												
<i>Leptolyngbya</i> sp.	-	-	-	-	-	-	PF	R	1622	-	-	-
<i>Leptolyngbya</i> sp2	-	-	-	PF	R	1660	-	-	-	PF	R	377
<i>Merismopedia</i> sp.	PF	R	2389	MF	A	12204	PF	R	1169	F	PA	8425
<i>Merismopedia</i> sp2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PF	R	2264
<i>Oscillatoria curviceps</i> C.Agardh ex Gomont	-	-	-	PF	R	377	-	-		-	-	-
<i>Oscillatoria</i> sp.	-	-	-	-	-	-	PF	R	1471	-	-	-
<i>Phormidium</i> sp.	-	-	-	PF	R	1258	-	-		-	-	-
<i>Phormidium tergestinum</i> (Rabenhorst ex Gomont) Anagnostidis & Komárek	MF	D	16913	MF	PA	3263	MF	D	23164	F	PA	4244
<i>Planktothrix agardhii</i> (Gomont)	-	-	-	PF	R	189	-	-	-	-	-	-
Anagnostidis & Komárek												
<i>Planktothrix isothrix</i> (Skuja) Komárek & Komárková	PF	R	251	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Potamolinea</i> sp.	PF	R	251	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudanabaena catenata</i> Lauterborn	F	PA	2735	F	PA	3867	F	PA	2528	F	R	1603
<i>Pseudanabaena galeata</i> Böcher	PF	R	754	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pseudanabaena</i> sp.	PF	R	2640	-	-	-	PF	R	2452	-	-	-
<i>Scytonema</i> sp.	-	-	-	-	-	-	PF	R	340	-	-	-
<i>Snowella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PF	R	755
<i>Spirulina princeps</i> West & G. S. West	PF	R	1257	PF	R	1886	-			PF	R	755
<i>Spirulina subsalsa</i> Oersted ex Gomont	-	-	-	PF	R	377	-	-	-	-	-	-

<i>Synechococcus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	PF	R	189	-	-	-
Xantoficeas												
<i>Tetraplektron torsum</i> (W.B.Turner) Dedusenko	-	-	-	PF	R	3395	PF	R	151	PF	R	1226
<i>Centrtractus belenophorus</i> var. <i>skujae</i> Kiriakov	PF	R	1132	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diatomáceas												
<i>Achnanthes coarctata</i> (Brébisson ex Smith)	MF	A	13833	PF	A	21126	F	D	11418	F	A	4779
<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	F	A	11286	F	D	39926	F	A	18486	F	D	18863
<i>Amphora</i> sp.	MF	PA	7357	F	A	13003	PF	R	1346	MF	D	16694
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	F	D	16725	-	-	-	MF	D	95999	PF	R	377
<i>Craticula</i> sp.	MF	D	19680	MF	D	105751	MF	A	10865	MF	D	82839
Diatomácea NI1	-	-	-	-	-	-	PF	R	377	-	-	-
Diatomácea NI2	-	-	-	-	-	-	PF	R	1132	-	-	-
Diatomácea NI3	-	-	-	-	-	-	PF	R	943	-	-	-
Diatomácea NI4	PF	R	377	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diatomácea NI5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PF	R	1509
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D.G.Mann	MF	A	8866	F	PA	6539	F	PA	2414	F	PA	8205
<i>Encyonopsis subminuta</i> Krammer & E.Reichardt	PF	A	16096	PF	R	126	F	PA	2477	-	-	-
<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson	MF	D	70453	PF	R	94	MF	D	483504	PF	R	755
<i>Eunotia incisa</i> W.Smith ex W.Gregory	PF	PA	2169	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eunotia monodon</i> Ehenberg	F	PA	4370	-	-	-	F	D	18171	PF	R	3773

<i>Eunotia paludosa</i> Grunow	PF	R	1509	F	A	10639	PF	R	377	PF	PA	1446
<i>Eunotia</i> sp.	MF	D	79570	MF	A	13650	MF	D	350949	MF	D	17511
<i>Fragilaria</i> sp.	MF	PA	5439	PF	R	1509	MF	PA	17077	F	PA	10689
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	MF	D	43039	MF	D	120131	MF	D	96464	MF	D	215602
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	MF	D	175361	PF	A	8048	MF	D	195029	PF	PA	1509
<i>Gomphonema pseudosphaerophorum</i> H.Kobayasi	-	-	-	PF	R	377	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema</i> sp.	F	PA	3175	PF	D	18435	PF	PA	5055	F	A	22447
<i>Gomphonema</i> sp2	PF	R	503	PF	D	95823	PF	PA	85323	PF	PA	18486
<i>Gomphonema</i> sp3	PF	R	755	PF	R	755	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema</i> sp4	-	-	-	MF	D	234408	-	-	-	MF	D	1182856
<i>Gomphonema</i> sp5	-	-	-	F	PA	8319	-	-	-	PF	R	943
<i>Gomphonema sphaerophorum</i> Ehrenberg	F	PA	3081	PF	R	252	F	PA	5168	PF	R	3773
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	PF	R	252	PF	R	755	-	-	-	-	-	-
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	PF	R	377	-	-	-	PF	R	340	-	-	-
<i>Navicula</i> sp.	MF	D	31690	MF	D	106638	MF	D	16914	MF	D	57249
<i>Navicula</i> sp2	F	PA	5030	F	R	3647	MF	PA	5118	F	R	3395
<i>Neidium</i> sp.	-	-	-	PF	R	126	-	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia intermedia</i> Hantzsch ex Cleve & Grunow	PF	R	4401	MF	D	30746	PF	R	1383	MF	D	41781
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) Smith	PF	PA	2389	PF	R	377	PF	R	1584	PF	R	2264
<i>Pinnularia acrosphaeria</i> W.Smith	PF	R	1258	-	-	-	PF	R	905	PF	R	975
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) Müller	PF	R	943	-	-	-	PF	R	1056	-	-	-
<i>Surirella</i> sp.	PF	R	503	PF	R	302	-	-	-	PF	R	943

<i>Thalassiosira</i> sp.	F	D	19743	MF	D	33425	F	D	16386	MF	D	35053
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	MF	D	236603	MF	D	855289	MF	D	410744	MF	D	576259
Dinoflagelados												
Dinoflagelado NI	-	-	-	-	-	-	PF	R	817	-	-	-
<i>Peridinium gatunense</i> Nygaard	-	-	-	PF	R	1886	-	-	-	PF	R	1509
Euglenas												
<i>Euglena gracilis</i> G.A.Klebs	-	-	-	PF	R	252	-	-	-	-	-	-
<i>Euglena</i> sp.	-	-	-	-	-	-	PF	R	189	-	-	-
<i>Euglena</i> sp2	PF	R	252	-	-	-	PF	R	1207	-	-	-
<i>Euglena</i> sp3	-	-	-	PF	R	252	PF	R	302	-	-	-
<i>Euglena</i> sp4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PF	R	377
<i>Lepocincles</i> sp.	PF	PA	3521	PF	R	2012	PF	PA	2754	PF	R	534
<i>Phacus</i> sp.	PF	R	151	F	R	1559	-	-	-	-	-	-
Clorofíceas												
<i>Bulbochaete</i> sp.	-	-	-	-	-	-	PF	R	1245	-	-	-
Chlorophyceae NI	PF	R	755	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Epibolium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	PF	R	780	-	-	-
<i>Coenochloris</i> sp.	PF	D	7168	PF	A	4527	F	PA	5131	PF	PA	3395
<i>Coenocystis</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PF	R	755
<i>Comasiella arcuata</i> var. platydisca (G.M.Smith) E.Hegewald & M.Wolf	-	-	-	PF	R	503	-	-	-	-	-	-
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	-	-	-	PF	R	1258	PF	R	943	PF	R	1132
<i>Coelastrum</i> sp.	PF	R	1509	-	-	-	F	R	2062	-	-	-
<i>Ankistrodesmus arcuatus</i> Korshikov	F	A	10940	MF	D	34770	F	PA	6589	MF	D	17542
<i>Ankistrodesmus densus</i> Korshikov	PF	R	503	PF	R	1886	PF	R	755	PF	R	1886

<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs	PF	R	2358	PF	R	1006	PF	R	905	PF	R	1383
<i>Ankistrodesmus fusiformes</i> Corda	PF	R	1258	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ankistrodesmus spiralis</i> (W.B.Turner) Lemmermann	-	-	-	PF	R	2389	PF	R	377	MF	PA	5753
<i>Aphanochaete repens</i> A.Braun	PF	R	4653	-	-	-	F	PA	2113	-	-	-
<i>Cosmarium dispersum</i> L.N.Johnson	PF	R	1509	MF	R	7118	PF	R	490	MF	PA	8017
<i>Cosmarium margaritatum</i> (P.Lundell) J.Roy & Bisset	PF	R	1006	PF	R	377	PF	R	340	-	-	-
<i>Cosmarium norimbergense</i> var. <i>depressum</i> (West & G.S.West) Willi Krieger & Gerloff	-	-	-	-	-	-	PF	R	151	-	-	-
<i>Cosmarium rectangulare</i> Grunow	F	R	2389	PF	R	1207	F	PA	2414	MF	PA	4873
<i>Cosmarium</i> sp.	PF	R	94	-	-	-	PF	R	755	-	-	-
<i>Cosmarium</i> sp2	-	-	-	-	-	-	PF	R	377	PF	R	755
<i>Cosmarium</i> sp3	-			F	PA	4276	-	-	-	PF	PA	5470
<i>Cosmarium subspeciosum</i> Nordstedt	PF	R	251	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hariotina</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PF	R	377
<i>Kirchneriella brasiliiana</i> D.Silva, Sant'Anna, Tucci & Comas	-	-	-	PF	R	252	-	-	-	PF	R	377
<i>Lemmermannia tetrapedia</i> (Kirchner) Lemmermann	PF	R	1855	F	PA	6476	-	-	-	PF	D	18769
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	PF	R	252	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oedogonium</i> sp.	PF	A	3175	PF	R	1031	PF	R	943	PF	R	1132
<i>Oocytis lacustris</i> Chodat	F	PA	6633	F	A	14713	F	PA	2716	MF	A	13676

<i>Radiococcus fottii</i> (F.Hindák) I.Kostikov, T.Darjenko, A.Lukesová, & L.Hoffmann	-	-	-	PF	R	2389	-	-	-	F	R	3018
<i>Radiococcus</i> sp.	PF	R	3238	-	-	-	-	-	-	-		
<i>Scenedesmus</i> sp.	PF	R	597	F	D	34324	-	-	-	F	D	47912
<i>Scenedesmus</i> sp2	-	-	-	PF	D	28294	-	-	-	PF	R	1509
<i>Sphaerocystis planctonica</i> (Korshikov) Bourrelly	PF	R	2232	PF	R	377	-	-	-	PF	R	6791
<i>Willea</i> sp.	PF	R	252	-	-	-	PF	R	189	-	-	-
Caroficeas												
<i>Closterium moniliferum</i> Ehrenberg ex Ralfs	F	R	2106	-	-	-	PF	R	377	-	-	-
<i>Coleochaete</i> sp.	PF	R	755	-	-	-	PF	R	1258	-	-	-
<i>Elakatothrix gelatinosa</i> Wille	PF	R	3773	-	-	-	F	A	8388	-	-	-
<i>Euastrum bidentatum</i> Nägeli	-	-	-	PF	R	377	-	-	-	PF	R	755
<i>Euastrum denticulatum</i> F.Gay	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PF	R	377
<i>Micrasterias truncata</i> Brébisson ex Ralfs	PF	R	252	-	-	-	PF	R	252	-	-	-
<i>Mougeotia</i> sp.	F	PA	3175	-	-	-	F	R	1924	-	-	-
<i>Spirogyra</i> sp.	F	PA	5993	PF	R	453	F	PA	3131	F	R	2358
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt	F	R	1352	-	-	-	PF	R	641	PF	R	849
<i>Staurastrum manfeldtii</i> Delponte	PF	R	1886	PF	R	1383	PF	R	151	F	R	2264
<i>Staurastrum manfeldtii</i> var. <i>productum</i> (West & G.S.West) Coesel & Meesters	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PF	R	377
<i>Staurastrum</i> sp.	PF	R	189	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Staurastrum</i> sp2	PF	R	252	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Staurastrum</i> sp3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Staurastrum tetracerum</i> Ralfs ex Ralfs	PF	R	2012	PF	R	1006	PF	R	302	F	R	4621

<i>Stauridium tetras</i> (Ehrenberg) E.Hegewald	-	-	-	PF	R	2515	-	-	-	PF	R	377
<i>Staurodesmus cuspidatus</i> (Brébisson) Teiling	-	-	-	PF	R	377	-	-	-	PF	R	94
<i>Staurodesmus dejectus</i> (Brébisson) Teiling	-	-	-	PF	R	755	-	-	-	PF	R	472
Zygnematophyceae NI	-	-	-	PF	R	855	F	R	3244	PF	R	53948
<i>Xanthidium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	PF	R	1132

Categorias de abundância relativa

Dominante (> 50%)

Abundante (> 30 ≤ 50%)

Pouco Abundante (>10 ≤ 30)

Rara (≤ 10%)

Categorias de frequência:

Very Frequent (>70%)

Frequent (>40 < 70%)

Low Frequent (>10 < 40%)

Sporadic (< 10%)