



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ALTAMIRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE  
E CONSERVAÇÃO**

**LEYDIMARA DA ROCHA ALVES FERREIRA**

**COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA DE IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO  
XINGU (PARÁ, BRASIL)**

**ALTAMIRA**

**2025**

LEYDIMARA DA ROCHA ALVES FERREIRA

**COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA DE IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO  
XINGU (PARÁ, BRASIL)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Karina Dias-Silva

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Daniela Santana  
Nunes

ALTAMIRA

2025

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**  
**Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

D111c da Rocha Alves Ferreira, Leydimara.  
COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA DE IGARAPÉS DA  
VOLTA GRANDE DO XINGU (PARÁ, BRASIL) / Leydimara da  
Rocha Alves Ferreira. — 2025.  
xi, 82 f. : il. color.

Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dra. Karina Dias-silva  
Coorientação: Prof<sup>a</sup>. Dra. Daniela Santana Nunes  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
Campus Universitário de Altamira, Programa de Pós-Graduação  
em Biodiversidade e Conservação, Altamira, 2025.

1. Fitoplâncton. 2. Biodiversidade. 3. Amazônia. I. Título.

CDD 589.4

---

LEYDIMARA DA ROCHA ALVES FERREIRA

**COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA DE IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO  
XINGU (PARÁ, BRASIL)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Data da aprovação: 28/02/2025

**Banca examinadora:**

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Tatiana da Silva Pereira  
Examinador interno – UFPA

---

Dr<sup>ª</sup>. Uly Mattilde Pozzobom Costa  
Examinador externo – INPP

---

Dr<sup>ª</sup>. Vanessa Guimarães Lopes  
Examinador externo – ITV

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Danielle Katharine Petsch  
Examinador externo – Unesp

*Ao meu filho Heitor, que dá sentido à  
minha vida e enche meus dias de amor,  
alegria e propósito. Minha maior bênção  
e razão de todo o meu viver!*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por guiar meus passos durante toda a minha jornada acadêmica, concedendo-me força, sabedoria e discernimento para superar os desafios e alcançar meus objetivos.

Agradeço à Universidade Federal do Pará, Campus Altamira e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, por me oferecer a oportunidade de desenvolver este trabalho e por me proporcionar um ambiente de aprendizado e crescimento profissional.

Agradeço a minha orientadora Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Karina Dias-Silva, que me proporcionou conhecimento, orientação e suporte durante a minha trajetória no mestrado. Sou grata pela oportunidade de ter aprendido com uma profissional tão dedicada e competente! Obrigada por confiar em mim e me incentivar nos momentos mais difíceis. Agradeço por compartilhar seu tempo, seus conhecimentos e pela valiosa orientação.

Agradeço imensamente a minha coorientadora Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Daniela Santana Nunes por sua dedicada orientação ao longo destes anos. Sua amizade, confiança e conhecimentos me inspiraram a explorar o fascinante mundo das algas. Sou profundamente grata por sua paciência e por me incentivar a retornar à Universidade. Agradeço por compartilhar seu tempo, seus conhecimentos e pela valiosa orientação.

Agradeço à minha mãe Laurita, mãe solo de três meninas, que nos criou ensinando que a melhor ferramenta para mudar de vida é o estudo. Na verdade, ela falava que não tínhamos opção, era obrigação! Mãe, te agradeço por tudo. Muitos foram os momentos de dificuldades durante a nossa infância, mesmo assim conseguiu conciliar trabalho, nós e seus estudos. Te amo, minha rainha!

Agradeço ao meu esposo Ivan Ferreira pelo apoio incondicional na minha trajetória acadêmica e profissional, por ser meu porto seguro nos momentos difíceis e por sempre dizer 'vai dar tudo certo'. Muito obrigada, principalmente pelo seu amor e cuidado comigo nesse período! Agradeço a Bia e Gaby pelo carinho, cuidado e paciência, por serem minha rede de apoio durante todo o mestrado e as melhores irmãs para o Heitor, meu príncipe. Obrigada por tudo! Não poderia deixar de agradecer ao meu filho Heitor, que compreendeu os momentos em que estive ausente, pelo seu amor, cuidado e preocupação com a mamãe. Filho,

você é a razão do meu viver. Obrigada por ser tão amável e doce, mesmo nos momentos difíceis. Acredito que não há pessoa mais ansiosa pela conclusão do mestrado do que ele (rsrs). Agradeço às minhas irmãs Lilian e Laís Kelly por todo amor, carinho e apoio.

Agradeço imensamente ao Dilaílson pela sua incansável dedicação em compartilhar conhecimento e me guiar em minha jornada acadêmica. Sua paciência, profissionalismo e entusiasmo foram fundamentais para meu crescimento. Sou imensamente grata por tudo o que aprendi com você, por todas as suas contribuições e ensinamentos. Muito obrigada!

Agradeço a todos os professores do PPGBC e colegas da turma de mestrado de 2023. Agradeço a toda a equipe do Herbário Padre Maria José de Albuquerque e do Laboratório de Insetos Aquáticos do Xingu por me acolher e me fazer parte do grupo. Agradeço a Esiene, Bruna, Rosane, Marília Poliana, Tânia, Eduarda, Emily, Karla, Matheus, Rian pelos momentos de descontração e amizade. Agradeço ao Matheus pela edição das pranchas das espécies de fitoplâncton. Ao Kenned e à Iluany por me ajudar com a elaboração dos mapas. Ilu, você é especial, sempre me acolhendo e dizendo 'calma, vai dar certo!

Agradeço à Escola Florêncio Filho, em especial às diretoras Elizângela Gomes e Denise Patrícia pela flexibilização do meu horário de trabalho para poder assistir às aulas do programa. Quero agradecer profundamente aos meus alunos da Escola Florêncio Filho e Carlos Leocárpio Soares pela compreensão nos dias em que estive ausente. Agradeço também pelo incentivo constante, que me motiva a buscar sempre a dar o meu melhor. É um privilégio ser professora de vocês. Agradeço às minhas amigas e companheiras de docência Lillian e Luana, pela amizade, risadas e momentos de descontração vivenciados dentro e fora do trabalho.

Como dizia Steve Jobs: “Coisas incríveis nunca são feitas por uma única pessoa, e sim por um time!”. Sou imensamente grata a Deus por colocar em minha vida um time de pessoas incríveis que tornaram essa jornada mais leve. Não há palavras suficientes para expressar minha gratidão, e com o coração transbordando de alegria, agradeço a cada um que faz parte da minha trajetória de vida. Muito obrigada!!!!

*“... E aqui está o meu segredo. É bem simples: só se enxerga bem com o coração. O essencial é invisível aos olhos. É o tempo que você perdeu com sua rosa que a torna tão importante. Os homens se esqueceram dessa verdade, disse a raposa. Mas você não deve esquecer dela. Você se torna eternamente responsável pelo que você cativou. Você é responsável pela sua rosa...”*

O pequeno príncipe - Antoine de Saint-Exupéry

## RESUMO GERAL

Os igarapés de floresta amazônica desempenham um papel crucial na diversidade dos ecossistemas aquáticos, proporcionando equilíbrio ecológico às microbacias hidrográficas. O fitoplâncton, base da cadeia trófica e bioindicador ambiental, responde a fatores físico-químicos e à estrutura do habitat. Diante disso, este estudo teve por objetivo realizar um Check list da comunidade fitoplanctônica e analisar a influência de variáveis ambientais (físico-químicas da água e Índice de Integridade do Habitat - IIH) sobre a riqueza e o biovolume do fitoplâncton em igarapés da Volta Grande do Xingu, Pará, Brasil. Foram identificados 295 táxons, com destaque para Zygnematomyxaceae, Bacillariophyceae e Cyanophyceae. Entre as diatomáceas (Bacillariophyceae), registramos a ocorrência de *Terpsinoë musica* Ehrenberg espécie predominante em águas salobras, embora também presente em águas doces. A identificação dos gêneros *Microcystis* Lemmermann e *Dolichospermum* P. Wacklin, cianobactérias produtoras de cianotoxinas, reforça a importância do monitoramento ambiental. A análise quantitativa revelou 79 táxons, com Bacillariophyceae sendo a mais rica e Zygnematomyxaceae contribuindo mais para o biovolume. A profundidade, largura e pH demonstraram influenciar significativamente a comunidade fitoplanctônica. Observamos que maiores profundidades dos igarapés estão associadas a um maior biovolume de fitoplâncton, enquanto a largura apresentou um efeito inverso. Adicionalmente, o pH exerceu um efeito significativo sobre o biovolume das espécies, corroborando a hipótese de que este parâmetro é um fator determinante para o fitoplâncton. As espécies *Desmidiium quadratum* Nordstedt e *Mougeotia* sp. apresentaram maior biovolume em igarapés com águas mais ácidas, enquanto *Hariotina reticulata* P. A. Dangeard mostraram preferência por ambientes menos ácidos. Portanto, o monitoramento das variáveis físico-químicas da água e da estrutura dos habitats é essencial para entender a dinâmica do fitoplâncton, fornecendo informações para auxiliar na manutenção da biodiversidade e da funcionalidade desses ecossistemas aquáticos.

**Palavras-chave:** Fitoplâncton, Biodiversidade, Amazônia.

## ABSTRACT

The Amazon rainforest streams play a crucial role in the diversity of aquatic ecosystems, providing ecological balance to hydrographic microbasins. Phytoplankton, the base of the food web and an environmental bioindicator, responds to physicochemical factors and habitat structure. Considering this, this study aimed to conduct a checklist of the phytoplankton community and analyze the influence of environmental variables (water physicochemical parameters and the Habitat Integrity Index - HII) on the richness and biovolume of phytoplankton in streams of the Volta Grande do Xingu, Pará, Brazil. A total of 295 taxa were identified, with emphasis on Zygnematophyceae, Bacillariophyceae, and Cyanophyceae. Among the diatoms (Bacillariophyceae), we recorded the occurrence of *Terpsinoë musica* Ehrenberg, a species predominantly found in brackish waters, although also present in freshwater. The identification of the genera *Microcystis* Lemmermann and *Dolichospermum* P. Wacklin, cyanobacteria that produce cyanotoxins, reinforces the importance of environmental monitoring. Quantitative analysis revealed 79 taxa, with Bacillariophyceae being the richest and Zygnematophyceae contributing the most to biovolume. Depth, width, and pH significantly influenced the phytoplankton community. We observed that greater stream depths are associated with a larger phytoplankton biovolume, while stream width showed an inverse effect. Additionally, pH exerted a significant effect on the biovolume of the species, corroborating the hypothesis that this parameter is a determining factor for phytoplankton. The species *Desmidium quadratum* Nordstedt and *Mougeotia* sp. showed higher biovolume in streams with more acidic waters, while *Hariotina reticulata* P. A. Dangeard showed a preference for less acidic environments. Therefore, the monitoring of water physicochemical variables and habitat structure is essential to understand the dynamics of phytoplankton, providing information to help maintain the biodiversity and functionality of these aquatic ecosystems.

**Keywords:** Phytoplankton, Biodiversity, Amazon.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	12
<b>2 OBJETIVO GERAL</b> .....	14
<b>2.1 Objetivos específicos</b> .....	14
<b>3 REFERÊNCIAS</b> .....	15
<b>CAPÍTULO I – CHECK LIST DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA DE IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO XINGU (PARÁ, BRASIL)</b> .....	17
<b>CAPÍTULO II – DETERMINANTES DA RIQUEZA E BIOVOLUME DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA DE IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO XINGU (PARÁ, BRASIL)</b> .....	53
<b>CONCLUSÃO GERAL</b> .....	81

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Os ecossistemas de água doce estão entre os mais vulneráveis às alterações ambientais em todo o mundo, pois são extremamente dependentes das condições do seu entorno. Modificações na paisagem podem gerar impactos significativos nesses ambientes (Daruich, 2013, Trindade; Dunck, 2025). Na Amazônia, os igarapés são cursos d'água que geralmente se caracterizam por serem pequenos e estreitos, bem delimitados, com elevada biodiversidade e extremamente vulneráveis às perturbações causadas por atividades humanas, como o desmatamento extensivo para expansão agrícola e pecuária (Pimentel *et al.*, 2021; Sousa *et al.*, 2021). Essas atividades resultam em impactos significativos nas comunidades (Zhu *et al.*, 2023).

A remoção da vegetação ripária exerce forte influência sobre os igarapés, causando fragmentação do habitat, principalmente pela redução do sombreamento nos corpos d'água, o que acarreta o aumento da temperatura da água. Adicionalmente, essa prática eleva o aporte de sedimentos no leito dos igarapés e modifica a quantidade de luz que atinge esses ambientes (Pringle, 2003; Medeiros *et al.*, 2019). Tais alterações podem gerar impactos significativos na dinâmica e na biodiversidade dos organismos aquáticos. Enquanto certas espécies demonstram capacidade de adaptação a essas mudanças, outras podem apresentar variações em sua riqueza, influenciando os serviços ecossistêmicos (Souza *et al.*, 2022). Diante desse cenário, pesquisas sobre a integridade de habitats, variáveis ambientais, composição e distribuição de espécies da comunidade fitoplanctônica em ecossistemas aquáticos tornam-se cruciais para compreender a dinâmica de seleção de espécies (Rego *et al.*, 2020; Souza *et al.*, 2018), o que é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de conservação e manejo adequadas desses ambientes.

Nesse contexto, o Índice de Integridade do Habitat (IIH) é um indicador importante para avaliar as mudanças na qualidade do habitat, permitindo tanto avaliar a eficácia de medidas de conservação quanto identificar tendências de degradação (Giehl *et al.*, 2019; Brasil *et al.*, 2020). Um habitat íntegro oferece uma maior variedade de nichos ecológicos, suportando uma maior biodiversidade (Monteiro-Júnior *et al.*, 2014; Trindade; Dunck, 2025). Além disso, o IIH também se mostra um preditor da integridade de diversas comunidades

aquáticas, incluindo fitoplâncton, macrófitas e insetos (Dias-Silva *et al.*, 2010; Martins *et al.*, 2017; Trindade; Dunck, 2025).

Dentre as comunidades aquáticas, o fitoplâncton é considerado o principal produtor primário, base do fluxo de energia e matéria em toda a rede trófica, contribuindo para sustentar diretamente os níveis tróficos superiores (Naselli-Flores; Padisák, 2023). A comunidade fitoplanctônica é composta por um grupo diversificado de organismos microscópicos, em sua maioria fotossintetizantes, com ampla variação em termos taxonômicos, morfológicos e fisiológicos. Possuem diferentes requisitos e respostas às condições ambientais, como luz, temperatura, concentração de nutrientes, pH e níveis de oxigênio (Bicudo; Menezes, 2017; Yusuf, 2020; Souza *et al.*, 2022), sendo, portanto, utilizados como bioindicadores da qualidade ambiental (Zanco *et al.*, 2017).

A região da Volta Grande do Xingu (Pará) tem sido intensamente degradada devido às políticas de integração adotadas na região e, mais recentemente, em decorrência da construção da Usina Hidrelétrica Belo Monte (Zuanon *et al.*, 2019), somada aos diversos tipos de uso da terra adotados nessa região, como a conversão de florestas para agricultura e pecuária, e a exploração madeireira. Diante desse contexto, torna-se relevante compreender os impactos sobre a comunidade fitoplanctônica, dada a sua importância para a produção primária e nos ciclos biogeoquímicos de ambientes aquáticos (Reynolds, 2006), e considerando a escassez de estudos sobre esse grupo em igarapés amazônicos. Nesse sentido, o objetivo do nosso trabalho foi realizar um Check list das espécies de fitoplâncton, buscando preencher uma lacuna no conhecimento sobre essa comunidade para a região do Xingu. Adicionalmente, avaliamos a influência das variáveis ambientais na riqueza e no biovolume, fornecendo informações para a compreensão da dinâmica dos igarapés da Volta Grande do Xingu, Pará.

## **2 OBJETIVO GERAL**

Compreender a estrutura da comunidade fitoplanctônica (composição de espécies, riqueza e biovolume) em igarapés da Volta Grande do Xingu, Pará, e sua relação com as variáveis ambientais.

### **2.1 Objetivos específicos**

- Realizar um Check list de espécies de fitoplâncton em igarapés da Volta Grande do Xingu.
- Registrar as espécies mais frequentes nos igarapés da Volta Grande do Xingu.
- Identificar quais variáveis ambientais influenciam na riqueza e no biovolume de espécies de fitoplâncton nos igarapés da Volta Grande do Xingu.

### 3 REFERÊNCIAS

BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. **Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil**. 2. ed. São Carlos: Rima, 2017. 542 p.

BRASIL, L. S. *et al.* The habitat integrity index and aquatic insect communities in tropical streams: A meta-analysis. **Ecological Indicators**, v. 116, p. 106495, 2020.

DARUICH, J. *et al.* Algal and Cyanobacterial communities in two rivers of the province of San Luis (Argentina) subjected to anthropogenic influence. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 25, n. 1, p. 79-90, 2013. DOI 10.1590/S2179-975X2013000100009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S2179-975X2013000100009>. Acesso em: 08 fev. 2023.

DIAS-SILVA, K.; CABETTE, H.S.; JUEN, L. The influence of habitat integrity and physical-chemical water variables on the structure of aquatic and semi-aquatic Heteroptera. **Zoologia**, Curitiba, 27, 918-930. 2010.

GIEHL, N. F. S. *et al.* Environmental Thresholds of Nepomorpha in Cerrado Streams, Brazilian Savannah. **Neotropical Entomol**, 48 (2), 186-196. 2019.

MARTINS, R.T. *et al.* Effects of urbanization on stream benthic invertebrate communities in Central Amazon. **Ecological Indicators**, 73, 480-491. 2017.

MEDEIROS, Í. L. *et al.* A mata ripária influencia a composição e estrutura da comunidade zooplânctônica de poças temporárias? **Iheringia**. Série Zoologia, 109, e2019037. 2019.

MONTEIRO-JÚNIOR, C. S.; JUEN, L.; HAMADA, N. Effects of urbanization on stream habitats and associated adult dragonfly and damselfly communities in central Brazilian Amazonia. **Landscape Urban Plann.** 127, 28-40. 2014.

NASELLI-FLORES, L.; PADISÁK, J. Serviços ecossistêmicos fornecidos pelo fitoplâncton marinho e de água doce. **Hydrobiologia**, 850 (12), 2691-2706. 2023.

PIMENTEL, D. R. *et al.* Diagnóstico ambiental da vegetação ripária e da microbacia de um riacho urbano amazônico. **Revista Saúde e Meio Ambiente**, v. 12, n. 02, p. 166-180, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/sameamb/article/view/13132>. Acesso em: 12 fev. 2023.

PRINGLE, R. M.; WEBB, J. K.; SHINE, R. Canopy structure, microclimate, and habitat selection by a nocturnal snake, *Hoplocephalus bungaroides*. **Ecological Society of America**, 84, p. 2668-2679. 2003.

REGO, A. H. G.; RANGEL-JUNIOR, A.; COSTA, I. A. S. Phytoplankton scenario and microcystin in water during extreme drought in semiarid tropical water supplies, Northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 80, n. 1, p. 1-11. 2020.

REYNOLDS, C. **The ecology of phytoplankton**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. 552p.

SOUSA, L. R. *et al.* The influence of land use and occupation on the environmental quality of the Urumarí stream, Santarém (PA). **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], 7(11), 105186-105208. 2021.

SOUZA, D. A. *et al.* Understanding the effects of environmental heterogeneity on the morphofunctional structure of the phytoplankton community during the hydrological year in an Amazon floodplain lake, Brazil. **Limnology**, p. 1-12, 2022.

SOUZA, M. C.; CROSSETTI, L. O.; BECKER, V. Effects of temperature increase and nutrient enrichment on phytoplankton functional groups in a Brazilian semi-arid reservoir. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 30, p. e215, 2018.

TRINDADE, E. G. A.; DUNCK, B. O. Environmental preservation leads to greater beta diversity of periphytic algae in Amazonian streams. **Limnologia**, p. 126-221, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.limno.2024.126221>. Acesso em 01 jan. 2025.

YUSUF, Z. H. Phytoplankton as bioindicators of water quality in Nasarawa reservoir, Katsina State Nigeria. **Acta Limnologica**. Brasil, 2020.

ZANCO, B. F. *et al.* Phytoplankton functional groups indicators of environmental conditions in floodplain rivers and lakes of the Paraná Basin. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 29, n. 0, 2017.

ZHU, Y. *et al.* 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**, v. 419, p. 138275, 2023.

ZUANON, J. *et al.* Condições para a manutenção da dinâmica sazonal de inundação, a conservação do ecossistema aquático e manutenção dos modos de vida dos povos da volta grande do Xingu. **Papers do NAEA**, 28(2), p. 20-62. 2019.

Este capítulo está formatado nas normas da revista Hoehnea, disponível em:  
<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/hoehnea/>

Artigo 1

**CAPÍTULO I – CHECK LIST DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA DE  
IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO XINGU (PARÁ, BRASIL)**

## **Check List da comunidade fitoplanctônica de igarapés da Volta Grande do Xingu – Pará, Brasil<sup>1</sup>**

Leydimara da Rocha Alves Ferreira<sup>1</sup>; Dilaílson Araújo de Souza<sup>2</sup>; Daniela Santana Nunes<sup>3</sup>; Karina Dias-Silva<sup>4</sup>

- 
1. Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação (PPGBC), Rua Coronel José Porfírio, 2515, CEP 68372-040, Altamira-PA, Brasil. ORCID: 0009-0000-7302-3957
  2. Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Ecologia (PPGECO); Laboratório de Ecologia. Rua Coronel José Porfírio, 2515, CEP 68372-040, Altamira-PA, Brasil. ORCID: 0000-0002-0541-4881
  3. Universidade Federal do Pará, Herbário Padre José Maria de Albuquerque, Rua Coronel José Porfírio, 2515, CEP 68372-040, Altamira-PA, Brasil. ORCID 0000-0003-1268-4000
  4. Universidade Federal do Pará, Laboratório de Ecologia UFPA, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação (PPGBC). Rua Coronel José Porfírio, 2515, CEP 68372-040, Altamira-PA, Brasil. ORCID: 37097071100
- Parte da Dissertação de Mestrado da primeira Autora  
Autor para correspondência: leydimara.alves@gmail.com

1 ABSTRACT – (Checklist of the Phytoplankton Community of Streams in the Volta Grande do Xingu –  
2 Pará, Brazil). Phytoplankton is a taxonomically diverse group of autotrophic and photosynthetic  
3 organisms that live suspended in the water column. They can present unicellular, colonial, or  
4 filamentous forms. Ecologically, they play a crucial role, being considered the main primary producers  
5 of aquatic ecosystems and the base of energy flow throughout the food web. The present study,  
6 conducted in the streams of the Volta Grande do Xingu, is pioneering for this region and aimed to list  
7 the composition of the phytoplankton community of ten 1st to 3rd order streams, tributaries of the  
8 middle Xingu River. A total of 295 taxa were recorded, distributed across seven divisions: Charophyta,  
9 Bacillariophyta, Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Heterokontophyta, and Dinophyta; and  
10 twelve classes: Cyanophyceae, Chlorophyceae, Trebouxiophyceae, Ulvophyceae, Zygnematophyceae,  
11 Euglenophyceae, Dinophyceae, Mediophyceae, Chrysophyceae, Xanthophyceae, Bacillariophyceae,  
12 and Coscinodiscophyceae. The classes with the highest number of taxa were Zygnematophyceae (104),  
13 Bacillariophyceae (87), and Cyanophyceae (44). The present study highlights the diversity and  
14 complexity of the local phytoplankton community, reinforcing the ecological importance of these  
15 microorganisms as primary producers. These findings provide an overview of the phytoplankton  
16 composition of Amazonian streams, serving as a basis for future ecological and conservation  
17 investigations. Our discoveries provide valuable information on the distribution of phytoplankton  
18 species both in the Xingu region and for the state of Pará.

19 Keywords: phytoplankton, biodiversity, floristic survey, amazonian streams

20  
21 RESUMO – (Check List da comunidade fitoplanctônica de igarapés da Volta Grande do Xingu – Pará,  
22 Brasil). O fitoplâncton é um grupo taxonomicamente diverso, autotróficos e fotossintetizantes, que  
23 vivem suspensos na coluna d'água. Pode apresentar formas unicelulares, coloniais ou filamentosas.  
24 Ecologicamente, desempenha uma função crucial, sendo considerado o principal produtor primário dos

25 ecossistemas aquáticos e a base do fluxo de energia em toda a rede trófica. O presente estudo, realizado  
26 nos igarapés da Volta Grande do Xingu é pioneiro para essa região, e teve como objetivo listar a  
27 composição da comunidade fitoplanctônica de dez igarapés de 1ª a 3ª ordem, tributários do médio rio  
28 Xingu. Foram registrados 295 táxons, distribuídos em sete divisões: Charophyta, Bacillariophyta,  
29 Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Heterokontophyta e Dinophyta; e doze classes:  
30 Cyanophyceae, Chlorophyceae, Trebouxiophyceae, Ulvophyceae, Zygnematophyceae,  
31 Euglenophyceae, Dinophyceae, Mediophyceae, Chrysophyceae, Xanthophyceae, Bacillariophyceae e  
32 Coscinodiscophyceae. As classes com maior número de táxons foram Zygnematophyceae (104),  
33 Bacillariophyceae (87) e Cyanophyceae (44). O presente estudo destaca a diversidade e a complexidade  
34 da comunidade fitoplanctônica local, reforçando a importância ecológica desses microrganismos como  
35 produtores primários. Nossos achados fornecem um panorama da composição fitoplanctônica de  
36 igarapés amazônicos, servindo como base para futuras investigações ecológicas e de conservação.  
37 Nossas descobertas fornecem informações valiosas sobre a distribuição de espécies de fitoplâncton  
38 tanto na região do Xingu quanto para o estado do Pará.

39 Palavras-chave: fitoplâncton, biodiversidade, levantamento florístico, igarapés amazônicos

40

### **Introdução**

41 O fitoplâncton é um grupo taxonomicamente diverso de organismos autotróficos e  
42 fotossintetizantes que vivem suspensos na coluna d'água, podendo apresentar formas unicelulares,  
43 coloniais ou filamentosas (Bicudo & Menezes 2006, Esteves 2011). Essa comunidade microscópica  
44 exhibe ampla variação morfológica e fisiológica, apresentando diferentes requisitos e respostas a  
45 condições ambientais como luz, temperatura, pH e níveis de oxigênio (Yusuf 2020, Souza *et al.* 2022).

46 Dentre as comunidades aquáticas, o fitoplâncton é considerado o principal produtor primário,  
47 constituindo a base do fluxo de energia e matéria em toda a rede trófica, sustentando diretamente os  
48 níveis tróficos superiores (Ferreira *et al.* 2022). Diversos grupos de fitoplâncton podem ser encontrados

49 em águas continentais (Esteves 2011), destacando-se, entre os principais, as classes Bacillariophyceae,  
50 Chlorophyceae, Zygnematophyceae, Cyanophyceae e Euglenophyceae (Faustino *et al.* 2021, Souza *et*  
51 *al.* 2022, Melo *et al.* 2024).

52 A comunidade fitoplanctônica reflete características importantes dos ecossistemas aquáticos,  
53 como o estado trófico da água (Zanco *et al.* 2017), a exemplo das cianobactérias, que podem indicar  
54 eutrofização e potenciais problemas de qualidade da água, como a produção de toxinas (Esteves 2011,  
55 Tundisi & Matsumura-Tundisi 2014). A temperatura da água também é um fator crucial que influencia  
56 a composição e o crescimento do fitoplâncton (Eppley 1972). Diferentes espécies prosperam em faixas  
57 de temperatura específicas, apresentando crescimento acelerado próximo à temperatura ideal (Verity  
58 1981). No entanto, temperaturas extremas podem inibir o crescimento, essa sensibilidade às variações  
59 térmicas, juntamente com sua rápida resposta as mudanças ambientais, torna o fitoplâncton um excelente  
60 indicador no biomonitoramento (Daruich *et al.* 2013, Oliveira *et al.* 2020).

61 Embora os estudos sobre fitoplâncton tenham apresentado um aumento nas últimas décadas,  
62 permanecem limitados em face da vasta biodiversidade aquática (Padisák *et al.* 2009). No contexto  
63 brasileiro, observa-se uma concentração significativa das pesquisas sobre fitoplâncton nas regiões Sul e  
64 Sudeste, acarretando um conhecimento ainda incipiente sobre essa comunidade em outras áreas do país  
65 (Faustino *et al.* 2021).

66 Na região Norte do Brasil, os principais estudos sobre fitoplâncton concentram-se em rios, lagos  
67 e reservatórios. Em rios amazônicos, Aprile & Mera (2007) investigaram a composição e distribuição na  
68 bacia do rio Urubuí (Amazonas), evidenciando a influência do ciclo hidrológico e variáveis físico-  
69 químicas. No rio Guamá, Monteiro *et al.* (2009) identificaram 85 táxons de fitoplâncton, com  
70 predominância de Bacillariophyta. Cunha *et al.* (2013) realizaram a caracterização da composição de  
71 algas nos rios Araguari e Falsino (Amapá) registrando 185 táxons, contribuindo para a compreensão da  
72 diversidade em sistemas aquáticos da região. Faustino *et al.* (2021) realizaram um levantamento florístico

73 de diatomáceas sedimentares no rio Xingu (Pará), registrando 38 táxons, sendo *Gomphonema* o gênero  
74 mais representativo.

75 A pesquisa em ambientes lênticos da região Norte também contribui para o conhecimento da  
76 biodiversidade aquática. Souza & Melo (2011) apresentaram a composição taxonômica de desmídias no  
77 lago Novo (Amapá), identificando 35 táxons. Souza *et al.* (2022) investigaram os efeitos da  
78 heterogeneidade ambiental na estrutura morfofuncional do fitoplâncton em um lago de várzea amazônica,  
79 registrando 101 táxons, com destaque para Chlorophyceae e Cyanophyceae. Melo *et al.* (2024)  
80 registraram 12 táxons de cianobactérias planctônicas em lagos amazônicos.

81 Em relação aos igarapés da Amazônia, Ferrari *et al.* (2007) investigaram espécies de Eunotiaceae  
82 em amostras fitoplanctônicas e perifíticas na Amazônia Central, registrando 29 táxons. No Pará,  
83 Albuquerque *et al.* (2019) realizaram uma caracterização qualitativa do fitoplâncton no igarapé  
84 Goiabarana, registrando treze táxons, com destaque para Bacillariophyceae e Zygnematophyceae.  
85 Canani & Talgatti (2022) apresentaram a diatomoflórula de igarapés da Floresta Nacional do Tapajós,  
86 com 54 táxons registrados.

87 Faustino *et al.* (2021) reforçam que extensas áreas da Amazônia ainda possuem biodiversidade  
88 desconhecida. A região da Volta Grande do Xingu, com sua biodiversidade fitoplanctônica subexplorada  
89 e sem registros de estudos sobre fitoplâncton, representa uma lacuna no conhecimento local. Essa área  
90 de alta relevância ecológica enfrenta modificações devido a empreendimentos hidrelétricos e ao  
91 desmatamento para fins de expansão agrícola e pecuária (Pérez 2015, Zuanon *et al.* 2019). Desta forma,  
92 o presente trabalho visou listar as espécies da comunidade fitoplanctônica de dez igarapés (1ª a 3ª ordem)  
93 tributários do médio rio Xingu, na Volta Grande do Xingu (Pará), contribuindo para futuros estudos, para  
94 a ampliação do conhecimento da distribuição geográfica de espécies no Pará e para minorar a carência  
95 de estudos nos igarapés da região do Xingu.

96

## Material e métodos

Área de estudo – O estudo foi realizado em igarapés da região da Volta Grande do Xingu, nos municípios de Anapu, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu, no sudoeste do Estado do Pará, Brasil. Esta pesquisa integra o projeto Rede de Pesquisa Xingu (REDEX): Impactos econômicos, sociais e ambientais da Hidrelétrica Belo Monte, especificamente o subprojeto que investiga o impacto da implantação da referida usina hidrelétrica na biodiversidade da região do médio Xingu. Para este estudo, foram amostrados dez igarapés (Figura 1 e Tabela 1), com as coletas realizadas em setembro de 2019, durante o período de estiagem.

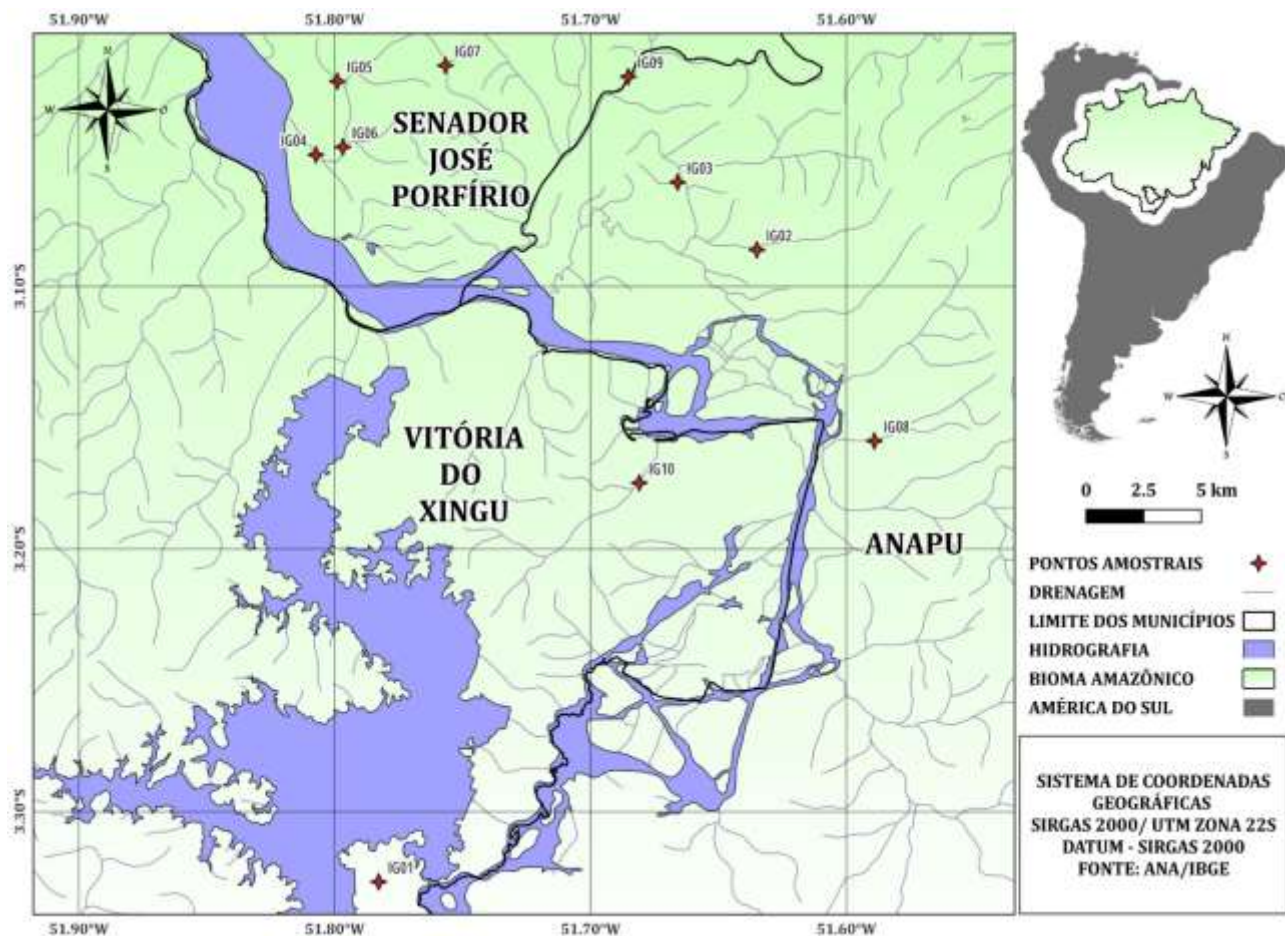


Figura 1. Localização dos igarapés amostrados na região da Volta Grande do Xingu, Pará, Brasil (setembro 2019)

121 Tabela 1. Localização dos igarapés amostrados (P), data de coleta e seus respectivos municípios na região  
122 da Volta Grande do Xingu (Pará, Brasil)

P	Data	Coord. (s)	Coord. (w)	Município
1	10/09/2019	03°19'601''	051°46'967''	Vitória do Xingu
2	11/09/2019	03°05'166''	051°38'097''	Anapu
3	11/09/2019	03°03'623''	051°39'957''	Anapu
4	12/09/2019	03°02'993''	051°48'438''	Senador José Porfírio
5	12/09/2019	03°01'315''	051°47'936''	Senador José Porfírio
6	13/09/2019	03°02'818''	051°47'809''	Senador José Porfírio
7	13/09/2019	03°00'953''	051°45'401''	Senador José Porfírio
8	14/09/2019	03°09'530''	051°35'343''	Anapu
9	15/09/2019	03°01'211''	051°41'114''	Senador José Porfírio
10	18/09/2019	03°10'487''	051°40'855''	Vitória do Xingu

123

124 Esses igarapés são classificados como de 1<sup>a</sup> a 3<sup>a</sup> ordem, segundo Strahler (1957), apresentam  
125 águas claras, baixa profundidade, pH levemente ácido, são bem oxigenados e possuem valores baixos de  
126 condutividade elétrica e turbidez. O clima é do tipo Am conforme a classificação de Köppen, com  
127 estações secas de junho a novembro e chuvosas de dezembro a maio (Silva *et al.* 2009). A temperatura  
128 média anual na região é de 26,5°C; a precipitação média anual é próxima de 2044 mm/ano e a umidade  
129 relativa varia entre 84 e 86% (Santos *et al.* 2015, Lima *et al.* 2023). Os igarapés estão inseridos em áreas  
130 com vegetação primária e secundária, contínua ou em fragmentos isolados por pastagens ou capoeiras.

131 Coleta de dados – Amostras de água foram coletadas utilizando uma rede de plâncton com  
132 abertura de malha de 20 µm. Em cada ponto de coleta, foram filtrados 100 litros de água, mensurados  
133 com um balde de 10 litros. As amostras foram preservadas com solução de formol a 4% (Bicudo &  
134 Menezes, 2017). A identificação taxonômica do fitoplâncton foi realizada no Laboratório de Botânica da  
135 Universidade Federal do Pará – UFPA, Campus Altamira. Foram preparadas lâminas para observação  
136 em microscópio óptico, equipado com sistema de captura de imagem (Moticam 2500, 5.0 Mpixels, USB  
137 2.0). Todas as amostras estão depositadas no acervo do Herbário Padre José Maria de Albuquerque. Os  
138 táxons de cianobactérias e microalgas foram identificados com base em literatura especializada. A

139 nomenclatura foi revisada seguindo os preceitos da base de dados AlgaeBase (Guiry & Guiry 2024),  
140 levando-se também em consideração os preceitos do Código Internacional de Nomenclatura para Algas,  
141 Fungos e Plantas (Turland *et al.* 2018).

142 Para o enquadramento taxonômico foram utilizados os seguintes sistemas de classificação  
143 vigentes: Strunecký *et al.* (2023) para Divisão Cyanophyta/ Classe Cyanophyceae; para Divisão  
144 Chlorophyta/ Classes Chlorophyceae, Trebouxiophyceae e Ulvophyceae foi utilizado o sistema adotado  
145 por Bicudo & Menezes (2017); Guiry *et al.* (2013) para a Divisão Charophyta/ Classe  
146 Zygnematophyceae; Kostygov *et al.* (2021) para Divisão Euglenophyta/ Euglenophyceae; Riding *et al.*  
147 (2022) para Divisão Dinophyta/Classe Dinophyceae; para Divisão Heterokontophyta/ Classes  
148 Chrysophyceae e Xantophyceae foi utilizado o sistema adotado por Bicudo & Menezes (2017); para  
149 Divisão Bacillariophyta/ Classes Coscinodiscophyceae, Mediophyceae e Bacillariophyceae foram  
150 utilizados Medlin (2016) para as categorias hierárquicas superiores à ordem e Round *et al.* (1990) para  
151 as ordens e demais categorias hierárquicas inferiores.

## 152 **Resultados**

153 O presente estudo registrou 295 táxons (Tabela 2), distribuídos em sete divisões: Charophyta  
154 (35%), Bacillariophyta (30%), Cyanophyta (15%), Chlorophyta (11%), Euglenophyta (7%),  
155 Heterokontophyta (1%) e Dinophyta (1%) e doze classes: Cyanophyceae, Chlorophyceae,  
156 Trebouxiophyceae, Ulvophyceae, Zygnematophyceae, Euglenophyceae, Dinophyceae, Mediophyceae,  
157 Chrysophyceae, Xantophyceae, Bacillariophyceae e Coscinodiscophyceae (Figura 2). As classes com  
158 maior número de táxons registrados foram: Zygnematophyceae (104), Bacillariophyceae (87) e  
159 Cyanophyceae (44). As classes Trebouxiophyceae (5), Coscinodiscophyceae (4), Xantophyceae (2),  
160 Ulvophyceae (1), Dinophyceae (1), Chrysophyceae (1) e Mediophyceae (1) apresentaram as menores  
161 quantidades de táxons e foram agrupadas em “outros”.

162 A classe Zygnematophyceae foi a mais diversa com 104 táxons, compreendendo três ordens e  
163 sete famílias, com destaque para Desmidiaceae e Closteriaceae que apresentaram maior quantidade de  
164 táxons, 71 e 24 respectivamente. Os gêneros *Closterium* Nitzsch ex Ralfs (24) e *Staurastrum* Meyen ex  
165 Ralfs (19) foram destaque para essa classe. Bacillariophyceae foi a segunda classe mais representativa  
166 com 87 táxons, distribuídos em nove ordens e dezenove famílias, com destaque para Eunotiaceae (16) e  
167 Amphipleuraceae (10), sendo o gênero *Eunotia* Ehrenberg o mais representativo com 16 táxons. A classe  
168 Cyanophyceae (cianobactérias) foi a terceira em quantidade de espécies com 44 táxons identificados,  
169 distribuídos em nove ordens e dezesseis famílias, com destaque para as famílias Oscillatoriaceae e  
170 Microcystaceae, ambas com dez espécies.

171

172

173

174

175

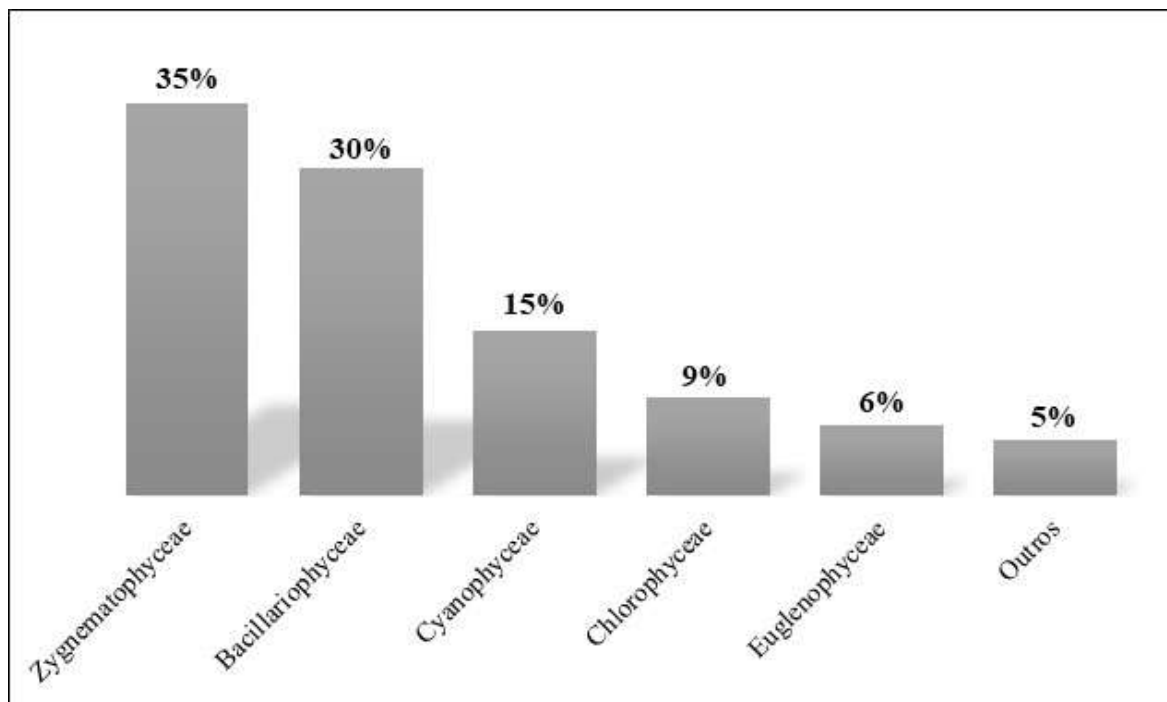
176

177

178

179

180



181

Figura 2. Percentual das classes da comunidade fitoplanctônica dos igarapés da Volta Grande do Xingu (Pará, Brasil)

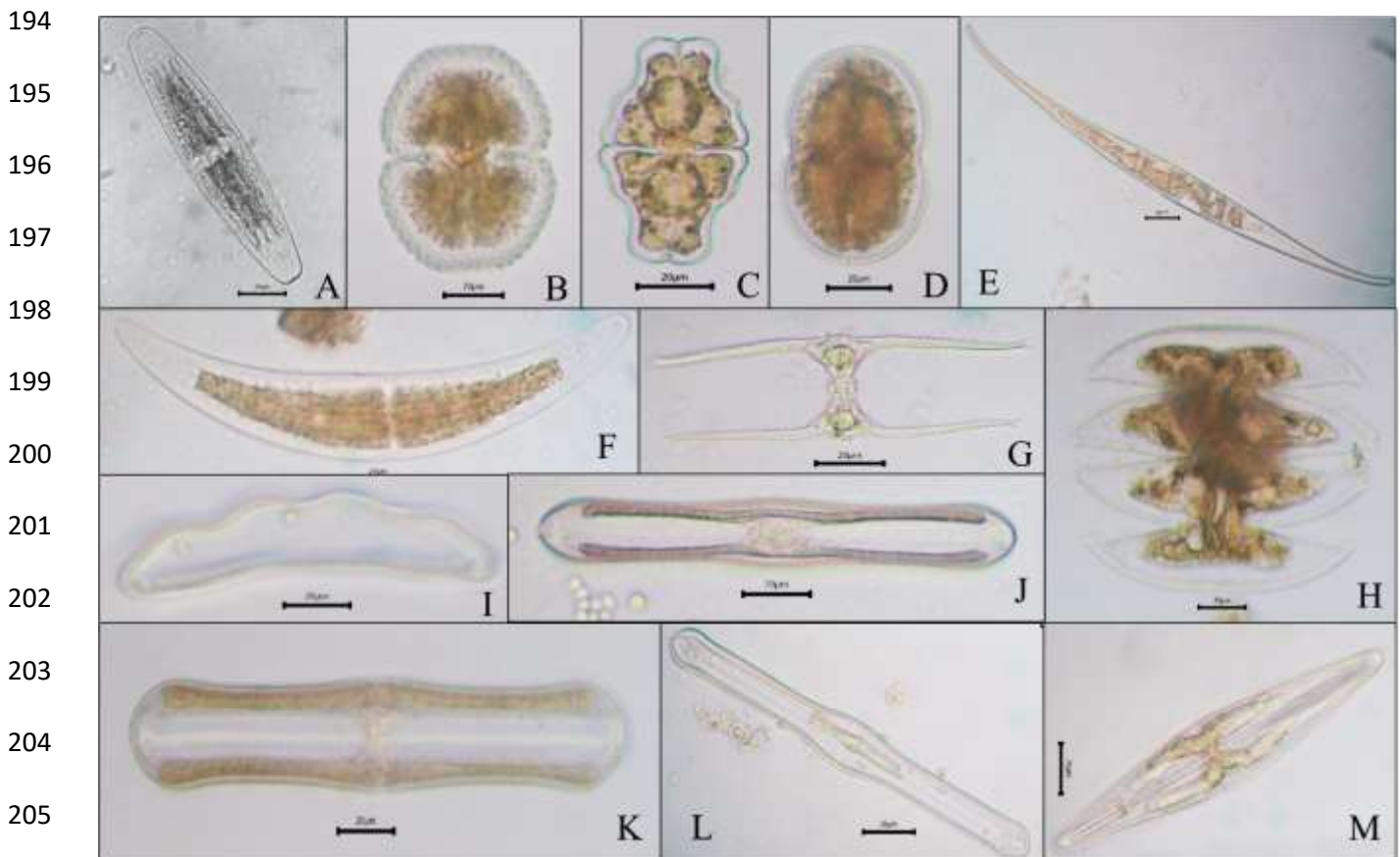
183

184

185

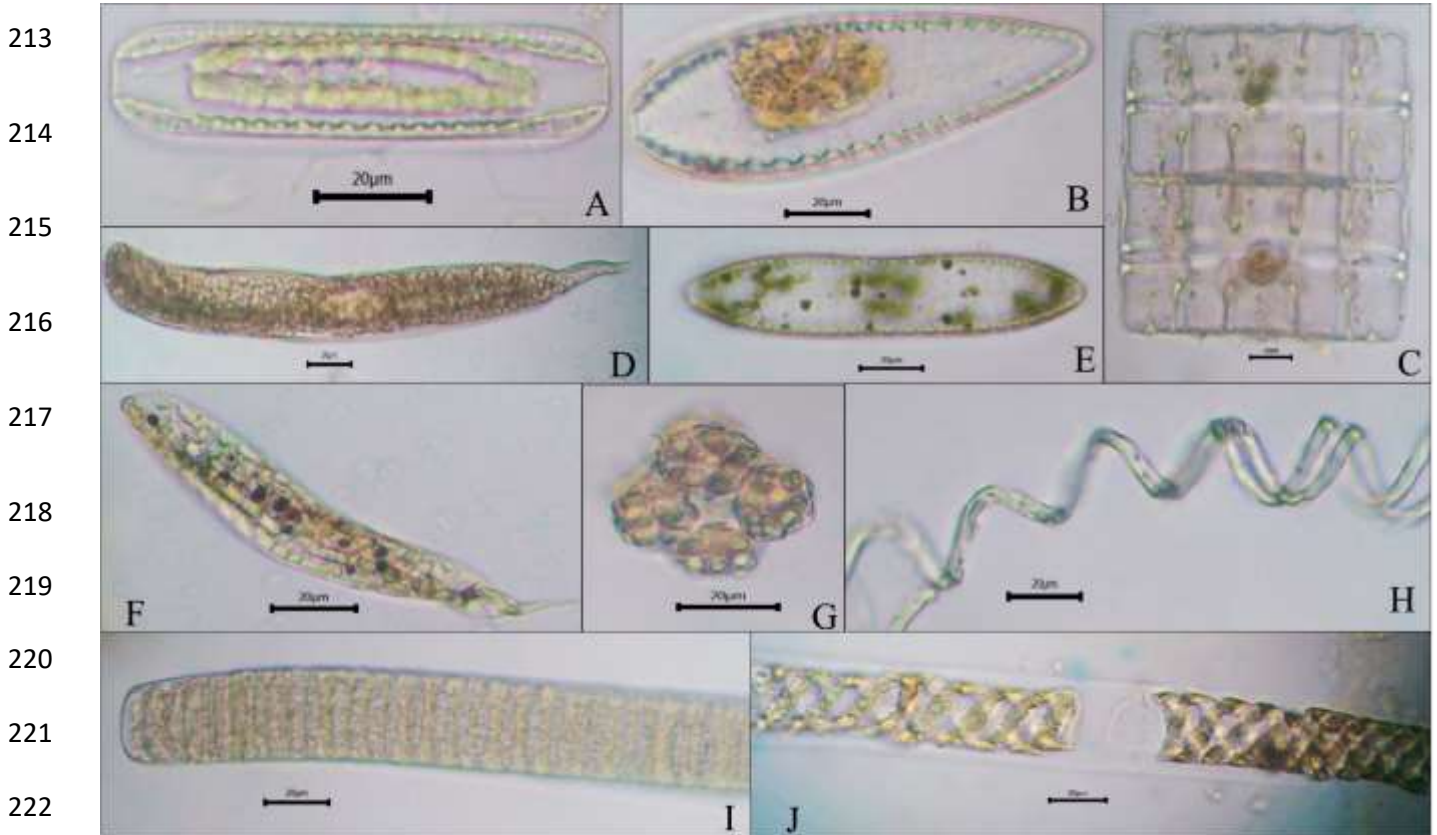
Em relação à riqueza de espécies registradas, os igarapés 1, 7, e 5 apresentaram as maiores riquezas de fitoplâncton, com 84, 73 e 72 táxons, respectivamente. As espécies *Spirulina subtilissima*

186 Kützing ex Gomont, *Cosmarium pseudoconnatum* Nordstedt, *Iconella robusta* (Ehrenberg) Ruck &  
 187 Nakov e *Oedogonium itzigsohnii* De Bary ex Hirn ocorreram em 80% dos igarapés estudados;  
 188 *Cosmarium decoratum* West & G. S. West, *Iconella tenera* (W. Gregory) Ruck & Nakov, *Oscillatoria*  
 189 *subbrevis* Schmidle e *Pseudanabaena galeata* Böcher em 70%; *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg)  
 190 Reimann & J. C. Lewin, *Eunotia zygodon* Ehrenberg, *Iconella constricta* (Grunow) Bukhtiyarova,  
 191 *Pinnularia acrosphaeria* W. Smith e *Spirogyra crassa* Kützing em 60% dos igarapés amostrados. As  
 192 figuras 3 e 4 apresentam representantes da comunidade fitoplanctônica identificados nos igarapés da  
 193 Volta Grande do Xingu.



206 Figura 3. Espécies da comunidade fitoplanctônica dos igarapés da Volta Grande do Xingu (A – H:  
 207 Zygnematophyceae; I – M: Bacillariophyceae). A: *Closterium closterioides* (Ralfs) A. Louis & Peeters;  
 208 B: *Cosmarium decoratum* West & G.S. West; C: *Euastrum brasiliense* O. Borge; D: *Cosmarium*  
 209 *pseudoconnatum* Nordstedt; E: *Closterium rostratum* Ehrenberg ex Ralfs; F: *Closterium ehrenbergii*

210 Meneghini ex Ralfs; G: *Staurastrum leptocladum* Nordstedt; H: *Micrasterias laticeps* Nordstedt; I:  
 211 *Eunotia zygodon* Ehrenberg; J: *Pinnularia* sp.1; K: *Pinnularia* sp.2; L: *Pinnularia* sp.3; M: *Frustulia*  
 212 *rhomboides* (Ehrenberg) De Toni



223 Figura 4. Espécies da comunidade fitoplanctônica dos igarapés da Volta Grande do Xingu (A – C e E:  
 224 Bacillariophyceae; D e F: Euglenophyceae; G: Chlorophyceae; H e I: Cyanophyceae; J:  
 225 Zygnematophyceae). A: *Iconella robusta* (Ehrenberg) Ruck & Nakov; B: *Iconella tenera* (W. Gregory)  
 226 Ruck & Nakov; C: *Terpsinoë musica* Ehrenberg; D: *Lepocinclis oxyuris* (Schmarda) B. Marin &  
 227 Melkonian; E: *Iconella constricta* (Grunow) Bukhtiyarova; F: *Euglena pusilla* Playfair; G: *Hariotina*  
 228 *reticulata* P. A. Dangeard; H: *Spirulina subtilissima* Kützing ex Gomont; I: *Oscillatoria princeps*  
 229 Vaucher ex Gomont; J: *Spirogyra crassa* (Kützing) Kützing

230

## Discussão

231

232

233

234

235

236

237

238

239

240

241

242

A comunidade fitoplanctônica dos dez igarapés da Volta Grande do Xingu revelou uma rica diversidade, representada por doze classes, com Zygnematophyceae (104 táxons), Bacillariophyceae (87 táxons) e Cyanophyceae (44 táxons) destacando-se em número de espécies. A riqueza observada nesta área supera a de outros ambientes amazônicos (Tabela 3). Um dos trabalhos pioneiros na região Norte, realizado por Gessner & Simonsen (1967) na região de Gurupá (rio Amazonas), registrou apenas oito táxons de Zygnematophyceae. Em contraste, o presente estudo revela uma expressiva diversidade, particularmente na classe Zygnematophyceae. Souza & Melo (2011), registraram 35 táxons de Desmidiaceae (Zygnematophyceae) no Amapá e ressaltam a importância taxonômica desse grupo como bioindicador da qualidade da água. De forma semelhante, Cunha *et al.* (2013) encontraram Zygnematophyceae como a classe mais representativa em ambientes lóticos da Amazônia, com um total de 185 táxons. A diversidade encontrada nos igarapés da Volta Grande do Xingu, portanto, reforça a importância da região para a biodiversidade desse grupo de algas.

243

244

245

246

247

248

249

250

251

252

253

A classe Bacillariophyceae (diatomáceas) foi a segunda mais rica em espécies em nosso estudo, um padrão consistente com o encontrado por Feitosa *et al.* (2015) nos rios Purus e Madeira (Rondônia), onde essa classe representou 38% das espécies. A estrutura de sílica das diatomáceas (frústula) confere-lhes maior resistência (Brasil & Huszar 2011), e sua alta representatividade na Amazônia expressa seu papel ecológico fundamental como produtores primários e potenciais bioindicadores das condições ambientais (Lobo *et al.* 2020). A riqueza taxonômica das diatomáceas reflete sua longa história evolutiva e ampla capacidade de adaptação a diversos habitats aquáticos, permitindo-lhes ocupar variados nichos e contribuir para a complexidade ecológica dos ambientes aquáticos (Brasil & Huszar 2011). O estudo de Canani & Talgatti (2022) na Floresta Nacional do Tapajós, com a dominância do gênero *Eunotia* entre os 54 táxons de diatomáceas registrados, corrobora nossos achados, onde *Eunotia* Ehrenberg também se mostrou expressivo. A dominância desse gênero em ambientes amazônicos de águas claras e pretas,

254 conforme destacado por Williams & Kociolek (2016), sugere possíveis condições ambientais específicas  
255 e estabelece uma base para estudos comparativos e monitoramento ambiental. Entre as diatomáceas  
256 também registramos a ocorrência de *Terpsinoë musica* Ehrenberg, conhecida por sua ampla distribuição  
257 em águas salobras (Eskinazi-Leça 1980, Paiva 2006). Embora seja mais frequente nesses ambientes, essa  
258 espécie também pode ser encontrada em ambientes de água doce, porém, com menor frequência (Costa  
259 *et al.* 2016).

260 As cianobactérias (Cyanophyceae) representaram o terceiro grupo mais rico em espécies, com  
261 destaque para as famílias Oscillatoriaceae e Microcystaceae. A importância do estudo das cianobactérias  
262 reside no potencial de algumas espécies produzirem cianotoxinas, representando um risco para o  
263 abastecimento de água e recreação (Nichetti *et al.* 2022). Embora frequentemente associadas a florações  
264 em ecossistemas eutrofizados com pH alcalino, alta radiação e temperaturas elevadas (Costa *et al.* 2017),  
265 não observamos florações nos igarapés estudados. A presença de gêneros como *Microcystis* e  
266 *Dolichospermum*, também identificados no rio Tapajós (Silva *et al.* 2019) e listados no Check list de  
267 cianobactérias do Pará por Nunes (2023), alerta para o potencial risco de produção de cianotoxinas,  
268 mesmo em baixa densidade, com implicações para a saúde humana e a integridade do ecossistema. A  
269 ampla distribuição das cianobactérias em diferentes ambientes de água doce, conforme relatado por Paerl  
270 (2017), é corroborada por nossos achados. A ausência de florações pode ser atribuída às características  
271 lóticicas dos igarapés, onde o fluxo contínuo tende a dispersar as cianobactérias, dificultando seu acúmulo  
272 e a formação de florações, contribuindo para a manutenção do equilíbrio ecológico da comunidade  
273 fitoplanctônica (Jardim *et al.* 2014, Costa *et al.* 2022).

## 274 **Conclusão**

275 O presente estudo representa uma contribuição significativa para o conhecimento da comunidade  
276 fitoplanctônica dos igarapés da Volta Grande do Xingu, revelando uma expressiva riqueza de 295 táxons.  
277 Ao documentar essa diversidade em uma região de reconhecida importância ecológica e ainda carente

278 de informações sobre o fitoplâncton, esta pesquisa expande o panorama da biodiversidade amazônica.  
279 Os resultados obtidos fornecem uma base fundamental para investigações futuras, que poderão  
280 aprofundar a compreensão das relações entre essa rica comunidade fitoplanctônica e os diversos fatores  
281 ambientais e espaciais que moldam os igarapés da Volta Grande do Xingu. A identificação e  
282 caracterização dessa diversidade abrem caminho para futuros estudos sobre a ecologia do fitoplâncton,  
283 suas respostas às variações hidrológicas e físico-químicas, e seu papel nas teias tróficas, assim  
284 contribuindo para estratégias de conservação para esta importante região da Amazônia.

### 285 **Agradecimentos**

286 A Universidade Federal do Pará; ao Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e  
287 Conservação – PPGBC/UFGPA Campus Altamira; ao Projeto Rede Xingu (REDEX), edital nº 003/2016  
288 – Apoio ao Desenvolvimento de Redes de Pesquisa nas Regiões de Integração do Xingu/Tapajós,  
289 promovido pela Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA); ao Herbário Padre  
290 José Maria de Albuquerque – HATM/ FCB/ UFGPA Campus Altamira e ao Laboratório de Ecologia –  
291 LABECO/FCB/ UFGPA Campus Altamira.

### 292 **Contribuições dos autores**

293 Leydimara da Rocha Alves Ferreira: Conceitualização, análise das amostras de fitoplâncton,  
294 interpretação dos dados e escrita do manuscrito.

295 Dilaílson Araújo de Souza: Contribuição para coleta de dados, escrita e interpretação dos dados.

296 Daniela Santana Nunes: Contribuição para identificação dos táxons de fitoplâncton, escrita, referencial  
297 teórico e revisão crítica.

298 Karina Dias-Silva: Conceitualização, supervisão, contribuição na escrita, desenho amostral e revisão  
299 crítica.

### 300 **Conflito de interesses**

301 Os autores declaram não ter conflitos de interesse relacionado à publicação deste manuscrito.

## Literatura citada

- 302
- 303 **Albuquerque, D.P., Campos, P.N., Mesquita, I.B.S., Souza, A.M.B., Oliveira, L.S., Costa, L.N. &**  
304 **Junior, F.C.R.** 2019. Caracterização qualitativa do fitoplâncton em dois pontos do Igarapé  
305 Goiabarana no município de Capitão Poço, Pará. *Brazilian Journal of Animal and*  
306 *Environmental* 2:1264-1272.
- 307 **Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.D.M. & Sparovek, G.** 2013. Köppen's  
308 climate classification map for Brazil. *Meteorologische zeitschrift*, 22(6), 711-728.
- 309 **Aprile, F.M. & Mera, P. A. S.** 2007. Fitoplâncton e fitoperifíton de um rio de águas pretas da Amazônia  
310 Periférica do Norte, Brasil. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology* 11: 1-14.
- 311 **Araújo, C.B., Bicudo, C.E.D.M., Takiyama, L.R., & Melo, S.** 2020. Pseudofilamentous desmids  
312 (Zygnematophyceae) from an Amazonian floodplain lake (Macapá, AP, Brazil). *Iheringia, Série*  
313 *Botânica* 75: 202-2010.
- 314 **Araújo, C.B., Furtado, M.F., Melo, S., Takiyama, L.R., Cantuária, P.C. & Bicudo, C.E.M.** 2022.  
315 Some interesting desmids (Desmidiaceae, Zygnematophyceae): first records, taxonomic notes, and  
316 distribution for the Amazon Brazilian flora. *Check List* 18: 1337-1346.
- 317 **Bicudo, C.E.M. & Menezes, M.** 2006. *Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil*. 1. ed. São  
318 Carlos: Rima, 502 p.
- 319 **Bicudo, C.E.M. & Menezes, M.** 2017. *Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil*. 2 ed. São  
320 Carlos: Rima.
- 321 **Brasil, J. & Huszar, V.L.M.** 2011. O papel dos traços funcionais na ecologia do fitoplâncton  
322 continental. *Oecologia Australis*, v. 15, n. 04, p. 799.
- 323 **Canani, L.G.C. & Talgatti, D.M.** 2022. Diversidade de diatomáceas em igarapés da Floresta Nacional  
324 do Tapajós e na Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns, p. 21.

- 325 **Canani, L.G.C., Fraia, R.S. & Melo, S.** 2018. Periphytic *Actinella* Lewis (Ochrophyta,  
326 Bacillariophyceae) species from an Environmental Protection Area in the Brazilian Amazon. *Acta*  
327 *Limnologica Brasiliensia* 30:209.
- 328 **Costa, G.M.M., Ribeiro, H.M.C. & Pantoja, D.N.S.M.** 2022. Classificação Do Nível De Trofia De  
329 Um Trecho Do Rio Guamá, Belém-Pará. *Revista Georaguaia* 12(1): 176-191.
- 330 **Costa, M.M.S., Pereira, S.M.B., Silva-Cunha, M.G.G., Arruda, P.C. & Eskinazi-Leca, E.** 2016.  
331 Estrutura da comunidade de diatomáceas epífitas em algas marinhas do Nordeste do Brasil. *Botânica*  
332 *Marina* 59(4): 231-240.
- 333 **Costa, R.L., Todeschini, T., Ribeiro, M.J.P. & Oliveira, M.T.** 2017. Florações de cianobactérias  
334 potencialmente tóxicas em tanques de pisciculturas da região centro sul do estado de mato grosso.  
335 *Biodiversidade* 16:1.
- 336 **Cunha, E.D.D.S., Cunha, A.C.D., Silveira Jr, A.M.D. & Faustino, S.M.M.** 2013. Phytoplankton of  
337 two rivers in the eastern Amazon: characterization of biodiversity and new occurrences. *Acta*  
338 *botanica brasílica* 27: 364-377.
- 339 **Daruich, J., Tripole, S., Gil, M.A. & Vallania, A.** 2013. Algal and Cyanobacterial communities in two  
340 rivers of the province of San Luis (Argentina) subjected to anthropogenic influence. *Acta*  
341 *Limnologica Brasiliensia* 25:79-90.
- 342 **EMBRAPA.** 2016. Microalgas. *Agroenergia em revista*, v.1:1-57.
- 343 **Eskinazi-Leça, E., Passavante, J.Z.D.O. & França, L.M.B.** 1980. Composição do microfitoplâncton  
344 do estuário do rio Igarassu (Pernambuco). *Boletim do Instituto Oceanográfico*, 29: 163-167.
- 345 **Esteves, F.A.** 2011. *Fundamentos de Limnologia*. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência.
- 346 **Faustino, S.B., Morais, K.S., Bicudo, C.E.M., & Bicudo, D.C.** 2021. Holocene diatoms from Xingu  
347 river: new records for the Brazilian Amazon and Brazil. *Hoehnea* 48: e792020.

- 348 **Feitosa, I.B., Moura, A.N. & Souza, A.C.R.** 2015. Microalgas de dois ambientes lóticos amazônicos,  
349 Rondônia, Brasil Microalgae of two lotic amazonian environments, Rondônia, Brasil. *Ambiência*,  
350 11(1), 49-64.
- 351 **Ferrari, F., Procopiak, L.K., Alencar, Y.B. & Ludwig, T.A.V.** 2007. Eunotiaceae (Bacillariophyceae)  
352 from central Amazon rivers, Manaus and Presidente Figueiredo districts, Brasil. *Acta amazônica*  
353 37:1-16.
- 354 **Ferreira, E.F.F., Ferreira, G.S. & Oliveira, F.H.P.C.** 2022. Influência de variáveis abióticas sobre os  
355 grupos morfofuncionais fitoplanctônicos de um reservatório eutrófico tropical no estado de  
356 Pernambuco. *Research, Society and Development*, 11(13), e577111336030-e577111336030.
- 357 **Gessner, F. & Simonsen, R.** 1967. Marine diatoms in the Amazon? *Limnology Oceanography*,  
358 Washington, D.C. 12: 709-711.
- 359 **Guiry, M.D. & Guiry, G.M.** 2024. AlgaeBase. Disponível em <https://www.algaebase.org> (acesso em  
360 06-II-2024).
- 361 **Guiry, M.D.** 2013. Taxonomy and nomenclature of the Conjugatophyceae (=Zygnematophyceae). *Algae*  
362 28:1-29.
- 363 **Holanda, K.S., Bicudo, C.E.M. & Melo, S.** 2019. *Staurastrum* (Zygnemaphyceae, Desmidiaceae) de  
364 um lago de inundação de águas pretas do Parque Nacional do Jaú (Amazonas, Brasil). *Biota*  
365 *Amazônia* 9:11-16.
- 366 **Jardim, F.A., Sperling, E.V., Jardim, B.F.D.M. & Almeida, K.C.D.B.** 2014. Fatores determinantes  
367 das florações de cianobactérias na água do Rio Doce, Minas Gerais, Brasil. *Engenharia Sanitária e*  
368 *Ambiental* 19: 207-218.
- 369 **Kostygov, A.Y., Karnkowska, A., Votýpka, J., Tashyreva, D., Maciszewski, K., Yurchenko, V. &**  
370 **Lukeš, J.** 2021. Euglenozoa: taxonomy, diversity and ecology, symbioses and viruses. *Open*  
371 *Biology* 11: 200407.

- 372 **Kraus, C.N., Bonnet, M.P., Miranda, C.A., Nogueira, I.S., Garnier, J. & Vieira, L.C.G.** 2019.  
373 Interannual hydrological variations and ecological phytoplankton patterns in Amazonian floodplain  
374 lakes. *Hydrobiologia* 830:135-149.
- 375 **Lima, L.R. & Nunes, D.S.** 2023. Flora ficológica do médio Rio Xingu (Altamira/Pará/Brasil):  
376 Cyanobacteria. 1 ed.
- 377 **Lima, R.F., Oliveira Aparecido, L.E., Torsoni, G.B., Rolim G.S.** 2023. Climate Change Assessment  
378 in Brazil: Utilizing the Köppen-Geiger (1936) Climate Classification. *Revista Brasileira de*  
379 *Meteorologia* 38.
- 380 **Lobo, M.T.M.P.S., Scalize, P.S., Kraus, C.N., Silva, W.J., Garnier, J., Marques, D.M. & Nogueira,**  
381 **I.S.** 2020. Biological index based on epiphytic diatom assemblages is more restrictive than the  
382 physicochemical index in water assessment on an Amazon floodplain, Brazil. *Environmental*  
383 *Science and Pollution Research* 27:10642-10657.
- 384 **Lopes, M.R.M. & Bicudo, C.E.M.** 2003. Desmidióflórula de um lago da planície de inundação do rio  
385 Acre, estado do Amazonas, Brasil. *Acta amazônica* 33:167-212.
- 386 **Medlin, L.K.** 2016. Evolution of the diatoms: major steps in their evolution and a review of the  
387 supporting molecular and morphological evidence. *Phycol* 55: 79-103.
- 388 **Melo, S., Ribeiro, L.D.B., Pereira, A.C. & Werner, V.R.** 2024. Planktonic cyanobacteria from urban  
389 lakes in Manaus (Amazonas-Brazil). *Rodriguésia*, 75, e00182023.
- 390 **Mendoza-Carbajal, L.H.** 2016. El género *Sphaerocavum* y dominância de *S. brasiliense* y *Microcystis*  
391 *wesenbergii* (Microcystaceae, Cyanophyceae) en la floración algal de la laguna Huacachina, Peru.  
392 *Revista peruana de Biología* 23(1): 053-060.
- 393 **Monteiro, M.D.R. Melo, N.F.A.C., Alves, M.A.M.S. & Paiva, R.S.** 2009. Composição e distribuição  
394 do microfitoplâncton do rio Guamá no trecho entre Belém e São Miguel do Guamá, Pará, Brasil.  
395 *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais* 4(3): 341-351.

- 396 **Moura, L.C.D.S., Santos, S.M.D., Souza, C.A.D., Santos, C.R.A.D. & Bortolini, J.C.** 2021.  
397 Phytoplankton richness and abundance in response to seasonality and spatiality in a tropical  
398 reservoir. *Acta Limnologica Brasiliensia* 33:3.
- 399 **Nichetti, L.M.K., Dysarz, J.M., Batista, A.G. & Dalonso, N.** 2022. Avaliação das florações de  
400 cianobactérias nos rios de abastecimento do município de Joinville. *Engenharia Sanitária e*  
401 *Ambiental* 27(3): 477-487.
- 402 **Nunes, D.S.** 2023. Checklist de Cyanobacteria do Estado do Pará, Brasil. *Hoehnea* 50: e362022.
- 403 **Oliveira, E.L.S., Arcanjo, J.A., Souza, D.A. & Nunes, D.S.** 2020. Biovolume e Riqueza de espécies  
404 de diatomáceas (Bacillariophyta) Rio Xingu Altamira, Pará, Brasil. *Revista Multidisciplinar de*  
405 *Educação e Meio Ambiente* 1:122-122.
- 406 **Padisák, J., Crossetti, L.O. & Naselli-Flores, L.** 2009. Use and misuse in the application of the  
407 phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia* 621(1):1-19.
- 408 **Paerl, H.W.** 2017. Controlling harmful cyanobacterial blooms in a climatically more extreme world:  
409 management options and research needs. *Journal of Plankton Research* 39(5): 763-771.
- 410 **Paiva, R.S., Eskinazi-Leça, E., Passavante, J.Z.O., Silva, M.D.G.G. & Melo, N.F.A.C.** 2006.  
411 Considerações ecológicas sobre o fitoplâncton da baía do Guajará e foz do rio Guamá (Pará,  
412 Brasil). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências naturais*, 1(2):133-146.
- 413 **Pérez, M.S.** 2015. Where the Xingu bends and will soon break. *American Scientist* 103:395-403.
- 414 **Riding, J.B., Fensome, R.A., Soyer-Gobillard, M.O. & Medlin, L.K.** 2022. A review of the  
415 dinoflagellates and their evolution from fossils to modern. *Journal of Marine Science and*  
416 *Engineering* 11:1.
- 417 **Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G.** 1990. The diatoms biology and morphology of the  
418 genera. Cambridge University Press. 747p.

419 **Silva, C.S., Augusto, S.G. & Andrade, A.U.** 2009. Caracterização agrometeorológica de Altamira, PA.  
420 In Anais Semana de Integração das Ciências Agrárias 9; Anais: Altamira, Brasil. 148-154.

421 **Silva, S.C.F., Peleja, J.R.P. & Melo, S.** 2019. Flutuação temporal de cianotoxinas (Microcistina) no rio  
422 Tapajós (Santarém, Amazônia-Brasil). Scientia Plena 15(8).

423 **Santos, E.B., Lucio, P.S. & Santos e Silva, C.M.** 2015 Precipitation regionalization of the Brazilian  
424 Amazon. Atmospheric Science Letters 16:185-192.

425 **Souza, D.A. Kraus, C.N., Burliga, A.L., Melo, S., Couceiro, S., Dias-Silva, K. & Motta Marques,**  
426 **D.** 2022. Understanding the effects of environmental heterogeneity on the morphofunctional  
427 structure of the phytoplankton community during the hydrological year in an Amazon floodplain  
428 lake, Brazil. Limnology, p.1-12.

429 **Souza, K.F. & Melo, S.** 2011. Levantamento taxonômico de desmídias (Chlorophyta) do lago Novo  
430 (Amapá, Brasil): Gêneros Staurastrum, Staurodesmus e Xanthidium. Acta amazônica 41:335-346.

431 **Strahler, A.N.** 1957. Análise quantitativa da geomorfologia de bacias hidrográficas. Trans. Am.  
432 Geophys 38:913-920.

433 **Strunecký, O., Ivanova, A.P. & Mares, J.** 2023. An Updated Classification of Cyanobacterial Orders  
434 and Families based on Phylogenomic and Polyphasic Analysis. J. Phycol 59:12-51.

435 **Trindade, E.G.A. & Dunck, B.** 2025. Environmental preservation leads to greater beta diversity of  
436 periphytic algae in Amazonian streams, Limnologica 110: 2025.

437 **Turland, N.J., Wiersema, J.H., Barrie, F.R., Greuter, W., Hawksworth, D.L., Herendeen, P.S. &**  
438 **Smith, G.F.** 2018. International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code)  
439 adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017. Koeltz  
440 botanical books.

- 441 **Verity, P.G.** 1981. Effects of temperature, irradiance, and daylength on the marine diatom  
442 *Leptocylindrus danicus* Cleve. I. Photosynthesis and cellular composition. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*,  
443 55: 79-91.
- 444 **Vouilloud, A.A., Sala, S.E., Avellaneda, M.N. & Duque, S.R.** 2010. Diatoms from the Colombian and  
445 Peruvian Amazon: The Genera *Encyonema*, *Encyonopsis* and *Gomphonema* (Cymbellales:  
446 Bacillariophyceae). *Revista de Biologia Tropical* 58:45-62.
- 447 **Williams, D.M. & Kocielek, J.P.** 2016. Historical biogeography of diatoms in Australasia: A  
448 preliminary assessment. In *Handbook of Australasian biogeography*. 27-56. Boca Raton: CRC Press.
- 449 **Yusuf, Z.H.** 2020. Phytoplankton as bioindicators of water quality in Nasarawa reservoir, Katsina State  
450 Nigeria. *Acta Limnologica. Brasil*.
- 451 **Zanco, B.F., Pineda, A., Bortolini, J.C., Jati, S. & Rodrigues, L.C.** 2017. Phytoplankton functional  
452 groups indicators of environmental conditions in floodplain rivers and lakes of the Paraná  
453 Basin. *Acta Limnologica Brasiliensia* 29:119.
- 454 **Zuanon, J., Sawakuchi, A., Camargo, M., Wahnfried, I., Sousa, L., Akama, A., Ribas, C., D´Horta,  
455 F., Pereira, T. & Pezzuti, J.** 2019. Condições para a manutenção da dinâmica sazonal de inundação,  
456 a conservação do ecossistema aquático e manutenção dos modos de vida dos povos da volta grande  
457 do Xingu. *Papers do NAEA* 28 (2):1-62. 8  
458

459 Tabela 2. Espécies de fitoplâncton registradas em dez igarapés da Volta Grande do Xingu, Pará, Brasil (setembro 2019)

DIVISÃO CYANOPHYTA		IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO XINGU									
Classe Cyanophyceae	TÁXONS REGISTRADOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pseudanabaenales/ Pseudanabaenaceae	<i>Pseudanabaena galeata</i> Böcher	X	X	X	X	X			X		X
	<i>Pseudanabaena limnetica</i> (Lemmermann) Komárek		X								
	<i>Epigloeosphaera brasílica</i> Azevedo, Sant'Anna, Senna, Komárek & Komárková				X						
Nodosilinales/ Cymatolegaceae	<i>Rhabdoderma lineare</i> Schmidle & Lauterborn					X					
	<i>Rhabdoderma sancti-pauli</i> Azevedo, Sant'Anna, Senna, Komárek & Komárková					X	X				
	<i>Oscillatoria crassa</i> (C.B.Rao) Anagnostidis		X			X			X		X
	<i>Oscillatoria limosa</i> C. Agardh ex Gomont	X	X			X					X
	<i>Oscillatoria princeps</i> var. <i>pseudolimosa</i> Ghose					X			X		
	<i>Oscillatoria princeps</i> Vaucher ex Gomont	X	X			X					X
Oscillatoriales/ Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria subbrevis</i> Schmidle	X	X	X	X	X	X	X			
	<i>Oscillatoria</i> sp.					X					
	<i>Phormidium ambiguum</i> Gomont	X						X			
	<i>Phormidium retzii</i> Kützing ex Gomont			X							
	<i>Phormidium tergestinum</i> (Rabenhorst ex Gomont) Anagnostidis & Komárek	X	X						X		
	<i>Phormidium</i> sp.	X									
	<i>Ancylothrix rivularis</i> M.D. Martins & L.H.Z. Branco								X		
Oscillatoriales/ Microcoleaceae	<i>Lyngbya</i> sp.							X			
	<i>Microcoleus</i> sp.	X									
	<i>Planktothrix isoethrix</i> (Skuja) Komárek & Komárková	X							X		
	<i>Porphyrosiphon ceylanicus</i> (Wille) Anagnostidis & Komárek	X	X								
Oscillatoriales/ Aerosakkonemataceae	<i>Cephalothrix komarekiana</i> C.F.S. Malone										X
Coleofasciculales/ Wilmottiaceae	<i>Anagnostidinema amphibium</i> Strunecký, Bohunická, J.R. Johansen & Komárek									X	
	<i>Potamolinea magna</i> M.D.Martins & L.H.Z.Branco					X					

460

Continua

461

462

463

464 *Continuação* - Tabela 2. Espécies de fitoplâncton registradas em dez igarapés da Volta Grande do Xingu, Pará, Brasil (setembro 2019)

DIVISÃO CYANOPHYTA		IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO XINGU									
Classe Cyanophyceae	TÁXONS REGISTRADOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Spirulinales/ Spirulinaceae	<i>Spirulina princeps</i> West & G.S. West				X		X	X			
	<i>Spirulina subtilissima</i> Kützing ex Gomont		X	X	X	X	X		X	X	X
	<i>Spirulina</i> sp.	X	X							X	
	<i>Aphanocapsa annulata</i> G.B. McGregor	X	X						X		
	<i>Aphanocapsa elachista</i> West & G.S. West	X			X				X	X	
	<i>Aphanocapsa incerta</i> (Lemmermann) G. Cronberg & Komárek						X				X
Chroococcales/ Microcystaceae	<i>Aphanocapsa koordersii</i> K. Strøm	X									
	<i>Asterocapsa submersa</i> Azevedo, Sant'Anna, Senna, Komárek & Komárková		X								
	<i>Coelosphaerium</i> sp.					X					
	<i>Eucapsis densa</i> Azevedo, Sant'Anna, Senna, Komárek & Komárková	X	X								
	<i>Microcystis elongata</i> Desikachary								X		
	<i>Microcystis protocystis</i> W.B. Crow	X									
Chroococcales/ Geminocystaceae	<i>Radiocystis fernandoi</i> Komárek & Komárková-Legnerová	X									
	<i>Microcrocis pulchella</i> (Buell) Geitler									X	
Chroococcales/ Chroococcaceae	<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemmermann		X						X		
Gomontiellales/ Gomontiellaceae	<i>Komvophoron schmidlei</i> (Jaag) Anagnostidis & Komárek	X	X				X		X		X
Chroococciopsidales/ Aliterellaceae	<i>Gloeocapsa</i> sp.	X									
Nostocales/ Hapalosiphonaceae	<i>Nostochopsis</i> sp.					X					
Nostocales/ Nodulariaceae	<i>Anabaenopsis</i> sp.	X									
Nostocales/ Aphanizomenonaceae	<i>Dolichospermum planctonicum</i> Wacklin, L.Hoffmann & Komárek		X								
Nostocales/ Stigonemataceae	<i>Stigonema</i> sp.		X							X	

465

*Continua*

466

467

468 Continuação - Tabela 2. Espécies de fitoplâncton registradas em dez igarapés da Volta Grande do Xingu, Pará, Brasil (setembro 2019)

DIVISÃO CHLOROPHYTA		IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO XINGU									
Classe Chlorophyceae	TÁXONS REGISTRADOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Chlamydomonadales/											
Sphaerocystidaceae	<i>Sphaerocystis schroeteri</i> Chodat	X									
Chlamydomonadales/ Tetrasporaceae	<i>Tetraspora gelatinosa</i> (Vaucher) Desvaux	X									
Sphaeropleales/ Hydrodictyaceae	<i>Pediastrum duplex</i> Meyen										X
	<i>Pediastrum duplex</i> f. <i>reticulatum</i> Arnoldi & Aleksenko	X									
Sphaeropleales/ Microsporaceae	<i>Microspora</i> sp.									X	
	<i>Coenochloris fottii</i> (Hindák) P.M. Tsarenko	X			X						
	<i>Coenococcus planctonicus</i> Korshikov	X	X	X							
Sphaeropleales/ Radiococcaceae	<i>Coenocystis planctonica</i> Korshikov	X									
	<i>Coenocystis subcylindrica</i> Korshikov	X									
	<i>Radiococcus polycoccus</i> Kostikov, Darienko, Lukesová & L. Hoffmann	X									
	<i>Radiococcus</i> sp.		X								
	<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	X									
	<i>Coelastrum pulchrum</i> Schmidle		X								
Sphaeropleales/ Scenedesmaceae	<i>Desmodesmus communis</i> (E. Hegewald) E. Hegewald	X									
	<i>Hariotina reticulata</i> P.A. Dangeard	X	X	X		X					
	<i>Scenedesmus tropicus</i> W.B. Crow							X			
	<i>Tetradesmus lagerheimii</i> M.J. Wynne & Guiry								X		X
	<i>Kirchneriella diana</i> (Bohlin) Comas	X									
Sphaeropleales/ Selenastraceae	<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius	X									
	<i>Kirchneriella obesa</i> (West) West & G.S. West	X								X	
	<i>Kirchneriella</i> sp.	X									
	<i>Quadrigula closterioides</i> (Bohlin) Printz							X			
Sphaeropleales/ Treubariaceae	<i>Treubaria schmidlei</i> (Schröder) Fott & Kovácik							X			
	<i>Treubaria triappendiculata</i> C. Bernard				X						
Oedogoniales/ Oedogoniaceae	<i>Bulbochaete</i> sp.				X	X				X	
	<i>Oedogonium itzigsohnii</i> De Bary ex Hirn	X		X	X		X	X	X	X	X

469

Continua

470

471 *Continuação* - Tabela 2. Espécies de fitoplâncton registradas em dez igarapés da Volta Grande do Xingu, Pará, Brasil (setembro 2019)

DIVISÃO CHLOROPHYTA		IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO XINGU										
Classe Trebouxiophyceae		TÁXONS REGISTRADOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Chlorellales/ Chlorellaceae	<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Nägeli		X			X						
Chlorellales/ Oocystaceae	<i>Oocystis marssonii</i> Lemmermann		X									
	<i>Oocystis</i> sp.		X									
Trebouxiales/ Botryococcaceae	<i>Botryococcus braunii</i> Kützing		X									
<i>Trebouxiophyceae Incertae Sedis</i>	<i>Crucigenia quadrata</i> Morren		X									
Classe Ulvophyceae												
Ulotricales/ Binucleariaceae	<i>Binuclearia</i> sp.								X			
DIVISÃO CHAROPHYTA												
Classe Zygnematophyceae												
	<i>Closterium angustatum</i> Kützing ex Ralfs					X		X				
	<i>Closterium baillyanum</i> (Brébisson ex Ralfs) Brébisson								X			
	<i>Closterium closterioides</i> (Ralfs) A.Louis & Peeters	X		X								X
	<i>Closterium costatum</i> Corda ex Ralfs			X								
	<i>Closterium diana</i> Ehrenberg ex Ralfs							X				
	<i>Closterium ehrenbergii</i> Meneghini ex Ralfs			X						X		X
	<i>Closterium kuetzingii</i> Brébisson			X	X				X			
Desmidiiales/ Closteriaceae	<i>Closterium lagoense</i> Nordstedt								X			
	<i>Closterium leibleinii</i> Kützing ex Ralfs										X	
	<i>Closterium lunula</i> var. <i>intermedium</i> Gutwinski	X										
	<i>Closterium macilentum</i> Brébisson			X	X	X				X		
	<i>Closterium malmei</i> O. Borge							X				
	<i>Closterium moniliferum</i> Ehrenberg ex Ralfs										X	
	<i>Closterium navícula</i> (Brébisson) Lütkemüller			X								
	<i>Closterium parvulum</i> Nägeli								X			
	<i>Closterium pseudolunula</i> O. Borge						X					
	<i>Closterium pusillum</i> Hantzsch							X				
	<i>Closterium ralfsii</i> var. <i>hybridum</i> Rabenhorst			X				X			X	X

472

*Continua*

473

474 *Continuação* - Tabela 2. Espécies de fitoplâncton registradas em dez igarapés da Volta Grande do Xingu, Pará, Brasil (setembro 2019)

DIVISÃO CHAROPHYTA		IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO XINGU									
Classe Zygnematophyceae		TÁXONS REGISTRADOS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Desmidiales/ Closteriaceae	<i>Closterium rostratum</i> Ehrenberg ex Ralfs			X	X			X	X	X	
	<i>Closterium setaceum</i> Ehrenberg ex Ralfs			X							
	<i>Closterium tumidum</i> L.N. Johnson										X
	<i>Closterium turgidum</i> var. <i>groenbladii</i> Schulz-Danzig					X					
	<i>Closterium venus</i> Kützing ex Ralfs									X	
	<i>Closterium</i> sp.			X							
	<i>Bambusina borneri</i> (Ralfs) Cleve										X
	<i>Cosmarium contractum</i> O. Kirchner								X		
	<i>Cosmarium crenatum</i> Ralfs ex Ralfs			X					X		
	<i>Cosmarium decoratum</i> West & G.S. West		X	X	X	X	X			X	X
	<i>Cosmarium formosulum</i> Hoff				X						
	<i>Cosmarium lobatum</i> var. <i>ellipticum</i> F.E. Fritsch & M.F. Rich	X									
	<i>Cosmarium moniliforme</i> Ralfs	X							X		
	<i>Cosmarium pseudoconnatum</i> Nordstedt		X		X	X	X	X	X	X	X
Desmidiales/ Desmidiaceae	<i>Cosmarium pseudopyramidatum</i> P. Lundell			X							
	<i>Cosmarium pseudopyramidatum</i> var. <i>excavatum</i> Willi Krieger & Gerloff							X			
	<i>Cosmarium pseudopyramidatum</i> var. <i>borgei</i> Willi Krieger & Gerloff				X						
	<i>Cosmarium quadrum</i> var. <i>minus</i> Nordstedt							X			
	<i>Cosmarium subspeciosum</i> Nordstedt				X			X			
	<i>Cosmarium</i> sp.	X									
	<i>Cosmarium</i> sp1			X							
	<i>Desmidium baileyi</i> (Ralfs) Nordstedt				X		X				
	<i>Desmidium cylindricum</i> Greville ex Nordstedt					X				X	

475

*Continua*

476

477

478 *Continuação* - Tabela 2. Espécies de fitoplâncton registradas em dez igarapés da Volta Grande do Xingu, Pará, Brasil (setembro 2019)

DIVISÃO CHAROPHYTA Classe Zygnematophyceae	TÁXONS REGISTRADOS	IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO XINGU									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	<i>Desmidium grevillei</i> (Kützing ex Ralfs) De Bary							X			
	<i>Desmidium laticeps</i> Nordstedt					X					
	<i>Desmidium quadratum</i> Nordstedt				X		X			X	
	<i>Desmidium</i> sp.			X		X				X	
	<i>Euastrum abruptum</i> Nordstedt	X						X			
	<i>Euastrum ansatum</i> Ehrenberg ex Ralfs							X			
	<i>Euastrum brasiliense</i> O.Borge				X					X	
	<i>Euastrum brasiliense</i> var. <i>simplicius</i> O.Borge							X	X		
	<i>Euastrum mononcyllum</i> var. <i>borgei</i> Grönblad								X		X
	<i>Euastrum neosinuosum</i> var. <i>brasiliense</i> Anissimova & Guiry				X						
	<i>Euastrum</i> sp.							X			
	<i>Hyalotheca dissiliens</i> Brébisson ex Ralfs			X		X			X		
	<i>Hyalotheca mucosa</i> Ralfs			X	X		X			X	
	<i>Hyalotheca</i> sp.			X							
	<i>Micrasterias laticeps</i> Nordstedt	X	X								
	<i>Micrasterias laticeps</i> var. <i>acuminata</i> Willi Krieger								X		
	<i>Micrasterias radiosa</i> Ralfs									X	
	<i>Micrasterias rotata</i> Ralfs								X		
	<i>Micrasterias tropica</i> Nordstedt								X		
	<i>Micrasterias truncata</i> var. <i>pusilla</i> G.S. West					X		X			
Desmidiáles/ Desmidiaceae	<i>Pleurotaenium ehrenbergii</i> (Ralfs) De Bary									X	
	<i>Pleurotaenium trabecula</i> Nägeli								X		
	<i>Pleurotaenium</i> sp.							X			
	<i>Spondylosium planum</i> (Wolle) West & G.S. West	X									
	<i>Spondylosium rectangular</i> (Wolle) West & G.S. West			X							

479

*Continua*

480

481 *Continuação* - Tabela 2. Espécies de fitoplâncton registradas em dez igarapés da Volta Grande do Xingu, Pará, Brasil (setembro 2019)

DIVISÃO CHAROPHYTA Classe Zygnematophyceae	TÁXONS REGISTRADOS	IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO XINGU									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	<i>Staurastrum arachne</i> Ralfs ex Ralfs	X									
	<i>Staurastrum brebissonii</i> var. <i>brasiliense</i> Grönblad			X			X				
	<i>Staurastrum flagriforme</i> Kurt Förster ex G.J.P. Ramos & C.W.N. Moura	X									
	<i>Staurastrum hirsutum</i> Ehrenberg ex Ralfs										X
	<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt	X		X	X						
	<i>Staurastrum leptocladum</i> var. <i>cornutum</i> Wille	X									
	<i>Staurastrum leptocladum</i> var. <i>smithii</i> Grönblad	X									
	<i>Staurastrum manfeldtii</i> var. <i>productum</i> (West & G.S. West) Coesel & Meesters	X									
	<i>Staurastrum margaritaceum</i> Meneghini ex Ralfs										X
	<i>Staurastrum minnesotense</i> Wolle			X	X						
	<i>Staurastrum rotula</i> Nordstedt			X							
	<i>Staurastrum setigerum</i> Cleve	X		X	X		X				
	<i>Staurastrum setigerum</i> var. <i>occidentale</i> West & G.S. West				X						
	<i>Staurastrum setigerum</i> var. <i>pectinatum</i> West & G.S. West				X						
	<i>Staurastrum urinator</i> var. <i>Brasiliense</i> Grönblad	X									
	<i>Staurastrum tentaculiferum</i> Borge								X		
	<i>Staurastrum</i> sp.	X									
	<i>Staurastrum</i> sp.1	X									
Desmidiiales/ Desmidiaceae	<i>Staurastrum</i> sp.2				X						
	<i>Staurodesmus phimus</i> (W.B. Turner) Thomasson								X		
	<i>Staurodesmus spencerianus</i> (Nordstedt) Teiling								X		

482

*Continua*

483

484 *Continuação* - Tabela 2. Espécies de fitoplâncton registradas em dez igarapés da Volta Grande do Xingu, Pará, Brasil (setembro 2019)

DIVISÃO CHAROPHYTA Classe Zygnematophyceae		TÁXONS REGISTRADOS	IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO XINGU									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Desmidiales/ Desmidiaceae	<i>Staurodesmus triangularis</i> (Lagerheim) Teiling									X		
	<i>Staurodesmus</i> sp.									X		
	<i>Staurodesmus</i> sp.1									X		
	<i>Staurodesmus</i> sp.2											X
	<i>Tetmemorus granulatus</i> Brébisson ex Ralfs						X					
	<i>Tetmemorus laevis</i> Ralfs ex Ralfs						X		X			
	<i>Xanthidium bifidum</i> (Brébisson) Deflandre						X		X			X
	<i>Xanthidium regulare</i> Nordstedt								X			
Desmidiales/ Gonatozygaceae	<i>Gonatozygon kinahanii</i> (W. Archer) Rabenhorst					X						
Desmidiales/ Peniaceae	<i>Penium margaritaceum</i> Brébisson ex Ralfs										X	
Zygnematales/ Mesotaeniaceae	<i>Netrium</i> sp.								X			
	<i>Planotaenium interruptum</i> Petlovany & Palamar-Mordvintseva			X				X				
Zygnematales/ Zygnemataceae	<i>Mougeotia delicata</i> Beck				X	X	X		X		X	
	<i>Mougeotia viridis</i> (Kützing) Wittrock				X						X	
	<i>Zygnema</i> sp.		X									
Spirogyrales/ Spirogyraceae	<i>Spirogyra crassa</i> (Kützing) Kützing		X		X		X		X	X	X	
	<i>Spirogyra majuscula</i> Kützing				X		X			X		

485

*Continua*

486

487 *Continuação* - Tabela 2. Espécies de fitoplâncton registradas em dez igarapés da Volta Grande do Xingu, Pará, Brasil (setembro 2019)

DIVISÃO EUGLENOPHYTA		IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO XINGU									
Classe Euglenophyceae	TÁXONS REGISTRADOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Euglenales/ Euglenaceae	<i>Euglena pusilla</i> Playfair		X								
	<i>Euglena texta</i> (Dujardin) Hübner					X					
	<i>Euglenaria clavata</i> (Skuja) Karnkowska & E.W. Linton		X								
	<i>Trachelomonas abrupta</i> Svirenko					X					
	<i>Trachelomonas armata</i> (Ehrenberg) F. Stein		X								
	<i>Trachelomonas armata</i> var. <i>longispina</i> Playfair	X						X			
	<i>Trachelomonas hispida</i> var. <i>granulata</i> Playfair						X				
	<i>Trachelomonas pulchra</i> Svirenko					X					
	<i>Trachelomonas superba</i> Svirenko				X				X		
	<i>Lepocinclis acus</i> (O.F. Müller) B. Marin & Melkonian		X								X
	<i>Lepocinclis fusiformis</i> (H.J. Carter) Lemmermann						X				
	<i>Lepocinclis longissima</i> (Deflandre) Zakryś & Chaber		X								
	Euglenales/ Phacaceae	<i>Lepocinclis spirogyroides</i> B. Marin & Melkonian									
<i>Lepocinclis ovum</i> (Ehrenberg) Lemmermann						X					
<i>Lepocinclis oxyuris</i> (Schmarda) B. Marin & Melkonian			X								X
<i>Phacus longicauda</i> (Ehrenberg) Dujardin			X					X		X	
<i>Phacus pleuronectes</i> (O.F. Müller) Nitzsch ex Dujardin			X								
<i>Phacus salinus</i> (F.E. Fritsch) E.W. Linton & Karnkowska			X				X		X		X
	<i>Phacus tortus</i> (Lemmermann) Skvortsov		X								
DIVISÃO DINOPHYTA											
Classe Dinophyceae											
Peridinales/ Peridiniopsidaceae	<i>Parvodinium umbonatum</i> (F. Stein) Carty	X	X		X	X	X	X	X		

488

*Continua*

489

490 *Continuação* - Tabela 2. Espécies de fitoplâncton registradas em dez igarapés da Volta Grande do Xingu, Pará, Brasil (setembro 2019)

DIVISÃO CHYSOPHYTA		IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO XINGU									
Classe Chrysophyceae	TÁXONS REGISTRADOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Synurales / Mallomonadaceae	<i>Synura uvella</i> Ehrenberg				X	X	X				
Classe Xantophyceae											
Mischococcales/ Scidiaceae	<i>Centrtractus belonophorus</i> (Schmidle) Lemmermann	X									
Mischococcales/ Pleurochloridaceae	<i>Isthmochloron lobulatum</i> (Nägeli) Skuja										X
DIVISÃO BACILLARIOPHYTA											
Classe Coscinodiscophyceae											
	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	X									
Aulacoseirales/ Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen	X									
	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	X									
	<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O.Müller) Simonsen	X									
Classe Mediophyceae											
Anaulales/ Anaulaceae	<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg										X
Classe Bacillariophyceae											
	<i>Fragilaria</i> sp.				X						
Fragilariales/ Fragilariaceae	<i>Fragilariforma javanica</i> (Hustedt) C.E. Wetzel, E. Morales & Ector					X					
	<i>Synedra</i> sp.									X	X
	<i>Diatoma ehrenbergii</i> Kützing					X					
	<i>Diatoma moniliformis</i> (Kützing) D.M. Williams							X			
Rhabdonematales/ Tabellariaceae	<i>Diatoma vulgare</i> Bory		X		X			X	X		X
	<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing			X	X	X					
	<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing					X					
	<i>Tabellaria quadriseptata</i> B.M. Knudson									X	

491

*Continua*

492

493 *Continuação* - Tabela 2. Espécies de fitoplâncton registradas em dez igarapés da Volta Grande do Xingu, Pará, Brasil (setembro 2019)

DIVISÃO BACILLARIOPHYTA	TÁXONS REGISTRADOS	IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO XINGU										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Classe Bacillariophyceae												
	Licmophorales/ Ulnariaceae	<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal	X									
		<i>Ulnaria goulardii</i> D.M. Williams & C.E. Wetzel										X
		<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	X						X	X		
		<i>Actinella brasiliensis</i> Grunow				X			X			
		<i>Actinella curvatula</i> Kociolek							X			
		<i>Actinella mirabilis</i> Grunow									X	X
		<i>Eunotia anamargaritae</i> Metz. & Lange-Bertalot			X				X		X	
Eunotiales/ Eunotiaceae		<i>Eunotia asterionelloides</i> Hustedt	X									
		<i>Eunotia didyma</i> Grunow ex Zimmermann				X						
		<i>Eunotia femoriformis</i> (R.M. Patrick) Hustedt					X		X		X	
		<i>Eunotia flexuosa</i> (Brébisson ex Kützing) Kützing			X	X			X			X
		<i>Eunotia formica</i> Ehrenberg					X					
		<i>Eunotia gibbosa</i> Grunow									X	
		<i>Eunotia lunaris</i> (Ehrenberg) Grunow							X			
		<i>Eunotia major</i> (W. Smith) Rabenhorst								X		
		<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg					X					
		<i>Eunotia robusta</i> Ralfs			X		X				X	
		<i>Eunotia zygodon</i> Ehrenberg	X		X	X	X		X		X	
		<i>Eunotia</i> sp.		X								X
Cymbellales/ Anomoeoneidaceae		<i>Adlafia minúscula</i> (Grunow) Lange-Bertalot										X
		<i>Anomoeoneis</i> sp.										X
Cymbellales/ Cymbellaceae		<i>Cymbopleura amphicephala</i> Krammer										X
		<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G. Mann				X				X		X
		<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg	X							X		X
		<i>Gomphonem exilissimum</i> (Grunow) Lange-Bertalot & E. Reichardt	X									
Cymbellales/ Gomphonemataceae		<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg			X		X		X		X	
		<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	X									
		<i>Gomphonema</i> sp.	X									
		<i>Gomphonema</i> sp.1			X							

494

*Continua*

495

496

497 *Continuação* - Tabela 2. Espécies de fitoplâncton registradas em dez igarapés da Volta Grande do Xingu, Pará, Brasil (setembro 2019)

DIVISÃO BACILLARIOPHYTA Classe Bacillariophyceae		TÁXONS REGISTRADOS	IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO XINGU										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Cymbellales/ <i>Cymbellales Incertae Sedis</i>	<i>Gomphonella olivaceoides</i> (Hust.) Tuji			X		X	X			X			X
Achnanthes/ Cocconeidaceae	<i>Cocconeis</i> sp. <i>Cocconeis</i> sp.1												X X
Naviculales/ Diadesmiaceae	<i>Luticola</i> sp.									X			
	<i>Amphipleura pelucida</i> (Kützing) Kützing			X									
	<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni		X	X		X	X					X	
	<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst											X	
	<i>Frustulia vulgaris</i> var. <i>vulgaris</i> De Toni		X										
Naviculales/ Amphipleuraceae	<i>Frustulia</i> sp. <i>Frustulia</i> sp.1 <i>Frustulia</i> sp.2 <i>Frustulia</i> sp.3 <i>Frustulia</i> sp.4		X X		X X		X	X	X				
	<i>Halamphora</i> sp.	X											
Naviculales/ Neidiaceae	<i>Neidium affine</i> (Ehrenberg) Pfitzer <i>Neidium</i> sp. <i>Neidium</i> sp.1		X X X						X	X		X X	
Naviculales/ Sellaphoraceae	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkovsky <i>Sellaphora</i> sp.												X
	<i>Pinnularia acrosphaeria</i> W. Smith	X	X		X	X						X	X
Naviculales/ Pinnulariaceae	<i>Pinnularia</i> sp. <i>Pinnularia</i> sp.1 <i>Pinnularia</i> sp.2 <i>Pinnularia</i> sp.3		X X X					X X X					
	<i>Navicula</i> sp.	X											
Naviculales/ Naviculaceae	<i>Navicula</i> sp.1 <i>Navicula</i> sp.2 <i>Navicula</i> sp.3 <i>Navicula</i> sp.4			X X		X		X				X X	

498

*Continua*

499

500 *Continuação* - Tabela 2. Espécies de fitoplâncton registradas em dez igarapés da Volta Grande do Xingu, Pará, Brasil (setembro 2019)

DIVISÃO BACILLARIOPHYTA	TÁXONS REGISTRADOS	IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO XINGU									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Naviculales/ Stauroneidaceae	<i>Craticula</i> sp.									X	
	<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg										X
	<i>Stauroneis</i> sp.		X								X
	<i>Stauroneis</i> sp.1		X								
	<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehrenberg) Reimann & J.C. Lewin	X	X	X		X		X			X
Bacillariales/ Bacillariaceae	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow		X								
	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow										X
	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith										X
	<i>Nitzschia palea</i> var. <i>debilis</i> (Kützing) Grunow									X	
	<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W. Smith					X				X	X
Surirellales/ Entomoneidaceae	<i>Nitzschia</i> sp.							X			
	<i>Entomoneis alata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	X									
	<i>Iconella biseriata</i> (Brébisson) Ruck & Nakov							X			X
	<i>Iconella constricta</i> (Grunow) Bukhtiyarova	X	X	X		X	X				X
	<i>Iconella guatemalensis</i> (Ehrenberg) Ruck & Nakov		X			X		X	X		X
Surirellales/ Surirellaceae	<i>Iconella linearis</i> (W. Smith) Ruck & Nakov		X								X
	<i>Iconella helvetica</i> (Brun) Ruck & Nakov			X			X	X			
	<i>Iconella robusta</i> (Ehrenberg) Ruck & Nakov	X	X	X	X	X	X			X	X
	<i>Iconella tenera</i> (W. Gregory) Ruck & Nakov		X		X	X		X	X	X	X
	<i>Surirella linearis</i> var. <i>linearis</i> W. Smith			X	X	X				X	
TOTAL		295 <i>Taxas</i>									

501

502

503

504

505

506 Tabela 3. Riqueza taxonômica de fitoplâncton de diferentes ambientes amazônicos.

Ambiente/Estado	Classe mais representativa	Táxons	Literatura
Rio Amazonas (PA)	Zygnematophyceae	08	Gessner & Simonsen (1967)
Lago Novo (AM)	Zygnematophyceae	98	Lopes & Bicudo (2003)
Igarapés (AM)	Bacillariophyceae	29	Ferrari <i>et al.</i> (2007)
Rio (confirmar nome do Rio)	Zygnematophyceae	35	Souza & Melo (2011)
Rios Araguari e Falsino (AM)	Zygnematophyceae	99	Cunha <i>et al.</i> (2013)
Rio Purus e Madeira (RO)	Bacillariophyceae	30	Feitosa <i>et al.</i> (2015)
Lagos de Várzea (PA)	Bacillariophyceae	12	Canani <i>et al.</i> (2018)
Igarapé Goiabarana (PA)	Bacillariophyceae e Zygnematophyceae	05 03	Albuquerque <i>et al.</i> (2019)
Lago Cutiaú (AM)	Zygnematophyceae	23	Holanda <i>et al.</i> (2019)
Lagos de Várzea (PA)	Cyanophyceae	219	Kraus <i>et al.</i> (2019)
Lago Curiaú (AP)	Zygnematophyceae	21	Araújo <i>et al.</i> (2020)
Rio Xingu (PA)	Bacillariophyceae	38	Faustino <i>et al.</i> (2021)
Lago Curralinho (AP)	Zygnematophyceae	09	Araújo <i>et al.</i> (2022)
Igarapés (PA)	Bacillariophyceae	54	Canani & Talgatti (2022)
Igarapés (PA)	Zygnematophyceae, Bacillariophyceae e Cyanophyceae	295	Ferreira <i>et al.</i> (2025)

507

Este capítulo está formatado nas normas da revista Aquatic Ecology, disponível em:  
<https://link.springer.com/journal/10452/submission-guidelines>

## Artigo 2

### **CAPÍTULO II - DETERMINANTES DA RIQUEZA E BIOVOLUME DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA DE IGARAPÉS DA VOLTA GRANDE DO XINGU (PARÁ, BRASIL)**

1 **Determinantes da riqueza e biovolume da comunidade fitoplanctônica de igarapés da**  
2 **Volta Grande do Xingu (Pará, Brasil)**

3 **Leydimara da Rocha Alves Ferreira** \*,<sup>1, a</sup>; **Dilaílson Araújo de Souza**<sup>2;3, b</sup>; **Daniela**  
4 **Santana Nunes**<sup>4, c</sup>; **Thiago Bernardi Vieira** <sup>2, d</sup>; **Ana Karina Moreyra Salcedo**<sup>5, e</sup>;  
5 **Karina Dias-Silva** <sup>1;3, f</sup>

6  
7 <sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação (PPGBC) – Universidade  
8 Federal do Pará (UFPA) – Brasil; <sup>a</sup>ORCID: 0009-0000-7302-3957; <sup>f</sup>ORCID: 0000-0001-  
9 **5548-4995**

10 <sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Ecologia (PPGECO) – Universidade Federal do Pará  
11 (UFPA) – Brasil; <sup>b</sup>ORCID: 0000-0001-8186-4203; <sup>d</sup>ORCID: 0000-0003-1762-8294;

12 <sup>3</sup> Faculdade de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará (UFPA), Campus de  
13 Altamira, Pará, Brasil

14 <sup>4</sup> Herbário Padre José Maria de Albuquerque (HATM), Faculdade de Ciências Biológicas,  
15 Universidade Federal do Pará (UFPA), Campus de Altamira, Pará, Brasil; <sup>c</sup>ORCID 0000-  
16 **0003-1268-4000**

17 <sup>5</sup> Universidade do Estado do Pará, Campus de Altamira, Pará, Brasil; <sup>e</sup>ORCID 0000-0002-  
18 **0588-7419**

19 \* *Autor para correspondência: leydimara.alves@gmail.com*

20 **Resumo**

21 Os igarapés são sistemas lóticos ecologicamente diversificados, com comunidades biológicas  
22 sensíveis a mudanças ambientais. O objetivo deste estudo foi investigar a influência das  
23 variáveis físico-químicas da água e da integridade do habitat (IIH) na riqueza e no biovolume  
24 da comunidade fitoplanctônica em 19 igarapés amazônicos da bacia do rio Xingu (Pará,  
25 Brasil). As coletas foram realizadas em setembro de 2019, com mensuração de variáveis  
26 físico-químicas da água, Índice de Integridade de Habitat (IIH) e amostragem do  
27 fitoplâncton. Foram registrados 79 táxons, distribuídos em seis filos e oito classes, sendo  
28 Bacillariophyceae, Cyanophyceae e Zygnematophyceae as mais ricas, sendo as Desmídias  
29 (Zygnematophyceae) o grupo com maior contribuição para o biovolume. A integridade do  
30 habitat (IIH) não apresentou efeito significativo na riqueza de espécies e no biovolume do  
31 fitoplâncton. Em contrapartida, a profundidade e a largura dos igarapés influenciaram  
32 significativamente o biovolume do fitoplâncton, assim como o pH, que demonstrou um efeito  
33 negativo importante sobre o biovolume. As variáveis largura dos igarapés e pH da água  
34 afetaram tanto a estrutura da composição quanto o biovolume do fitoplâncton. Logo, nossos  
35 resultados evidenciam a interação das variáveis profundidade, largura e pH na determinação  
36 da comunidade fitoplanctônica nos igarapés da Volta Grande do Xingu.

37  
38 **Palavras-chave:** Ecossistemas aquáticos; Variáveis ambientais; Fitoplâncton.

## 40 **1. Introdução**

41 Os ambientes lóticos, como rios e igarapés, caracterizam-se pelo fluxo contínuo e  
42 unidirecional da água, que influencia a sedimentação, a ressuspensão de matéria e a dinâmica  
43 das comunidades aquáticas. Apresentam também alta variabilidade hidrológica, afetada pelo  
44 regime de chuvas, geologia da bacia, topografia, vegetação e atividades humanas, fatores que  
45 moldam o volume e a dinâmica do fluxo de água (Tundisi e Matsumura-Tundisi 2011; Zeng  
46 et al. 2023). Os igarapés são ecossistemas ecologicamente diversos e sensíveis a alterações  
47 ambientais (Sharma et al. 2016), onde a produtividade primária e a composição do  
48 fitoplâncton são diretamente influenciadas pelas variáveis físico-químicas da água e pelas  
49 mudanças sazonais (da Silva et al. 2024; Deng et al. 2024). O fitoplâncton desempenha papel  
50 crucial nos ciclos de nutrientes, serve como base da cadeia alimentar e indica alterações  
51 ambientais (Reynolds 2006; Zeng et al. 2023).

52 A composição taxonômica e o biovolume do fitoplâncton refletem as condições  
53 físico-químicas da água e o estado de integridade ambiental desses ecossistemas (da Silva et  
54 al. 2024; Trindade e Dunck 2025). Parâmetros como temperatura, pH, sólidos totais  
55 dissolvidos, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e turbidez são fatores importantes  
56 que atuam na estruturação da comunidade fitoplanctônica em diferentes escalas espaço-  
57 temporais (Sharma et al. 2016; Servat et al. 2017). A variação das comunidades biológicas  
58 também pode ser explicada pela dispersão de espécies, que atua como escala regional, e pela  
59 filtragem ambiental local, influenciada por variáveis físico-químicas da água ou interações  
60 biológicas (Graco-Roza et al. 2020; Zeng et al. 2023). Assim, a distribuição da abundância e  
61 da composição das espécies é determinada por suas adaptações às condições ambientais  
62 específicas e pelas características do habitat, que refletem a disponibilidade de nichos  
63 ecológicos (Leibold et al. 2022; Abonyi et al. 2021). As condições ambientais, como  
64 variações no fluxo da corrente e na disponibilidade de nutrientes, regulam o crescimento e o  
65 biovolume do fitoplâncton, moldando padrões de coexistência mediados por características  
66 fisiológicas (Jones e Reynolds 1985; Reynolds 2006; Graco-Roza et al. 2020), o que reforça  
67 a importância da disponibilidade de nicho na estruturação da comunidade (Soininen e Heino,  
68 2007; Borics et al. 2021).

69 Em locais com maior integridade ambiental, observa-se comumente comunidades  
70 biológicas mais diversificadas e estáveis, como diatomáceas e algas verdes (Zeng et al. 2023;

71 da Silva et al. 2024). Em contraste, ambientes impactados por atividades humanas  
72 frequentemente apresentam dominância de espécies oportunistas, como certas  
73 cianobactérias, capazes de prosperar em condições alteradas (Reynolds 2006; Sharma et al.  
74 2016; Servat et al. 2017). A integridade ambiental de habitats aquáticos pode ser avaliada  
75 pelo Índice de Integridade de Habitat (IIH) (Nessimian et al. 2008), que analisa o uso da terra,  
76 a mata ciliar, a retenção de sedimentos, as condições do canal e outras características. Estudos  
77 em regiões ecologicamente vulneráveis têm empregado o IIH para avaliar a integridade  
78 ambiental de ambientes aquáticos (Dias-Silva et al. 2010; dos Santos et al. 2021). O IIH  
79 também se relaciona à heterogeneidade de habitat (Silva-Costa et al. 2022), associada à  
80 variedade de microambientes ou maior disponibilidade de nichos (Zeng et al. 2023),  
81 favorecendo o desenvolvimento de diferentes grupos do fitoplâncton em ambientes  
82 heterogêneos (da Silva et al. 2024; Deng et al. 2024). Parâmetros físico-químicos da água,  
83 integridade do habitat e alterações ambientais são fatores interdependentes que moldam as  
84 comunidades aquáticas (da Silva et al. 2024; Deng et al. 2024; Trindade e Dunck 2025).

85 Apesar dos avanços na ecologia aquática, ainda há lacunas na compreensão da relação  
86 entre a variabilidade ambiental e a estruturação do fitoplâncton em igarapés (Servat et al.  
87 2017; Zeng et al. 2023). Entender os fatores que moldam sua riqueza e biovolume na Volta  
88 Grande do Xingu é essencial para ampliar o conhecimento sobre ecossistemas lóticos  
89 tropicais e embasar estratégias de mitigação de impactos causados por grandes projetos e  
90 atividades agropecuárias (Zuanon et al. 2019; de Araújo et al. 2024).

91 Neste contexto, o estudo de Trindade e Dunck (2025), ao analisar o efeito da paisagem  
92 na estrutura da comunidade de algas perifíticas em ambientes preservados do Parque  
93 Nacional da Amazônia, fornece um paralelo relevante para a presente investigação. Seus  
94 achados demonstram a distinção entre igarapés em áreas preservadas e aqueles sob diferentes  
95 usos da terra em termos de integridade ambiental e diversidade de algas perifíticas, reforçam  
96 a importância desses fatores na estruturação de comunidades aquáticas. Corroborando com a  
97 nossa investigação nos igarapés da Volta Grande do Xingu, uma região sob crescente pressão  
98 antrópica, onde a compreensão da interação entre a integridade do habitat, as variáveis físico-  
99 químicas da água e a comunidade fitoplancônica torna-se fundamental para a conservação e  
100 o manejo sustentável desses ecossistemas.

101 Assim, o principal objetivo deste estudo foi investigar como as variáveis físico-  
102 químicas da água e a integridade de habitat (IIH) atuam na determinação da riqueza e do  
103 biovolume da comunidade fitoplanctônica em igarapés amazônicos da bacia do rio Xingu,  
104 localizados na Volta Grande do Xingu, Pará, Brasil. Nossas hipóteses consideram que: (i) o  
105 biovolume e a riqueza da comunidade fitoplanctônica são influenciados pelas variáveis  
106 físico-químicas da água; (ii) a riqueza de espécies e o biovolume do fitoplâncton são  
107 influenciados pela integridade de habitat (IIH); (iii) variáveis físico-químicas da água  
108 influenciam de forma diferente na composição taxonômica do fitoplâncton.

109

## 110 **2. Material e Métodos**

### 111 *2.1. Área de Estudo*

112 O estudo foi realizado durante o período de estiagem (setembro de 2019) em 19  
113 igarapés da bacia do rio Xingu, na região da Volta Grande do Xingu, nos municípios de  
114 Anapu, Senador José Porfírio e Vitória do Xingu, no sudoeste do estado do Pará, Brasil (Fig.  
115 1). O rio Xingu é um importante afluente de águas claras localizado na margem direita do rio  
116 Amazonas, com uma área de drenagem de aproximadamente 500.000 km<sup>2</sup> (Sioli 1984; de  
117 Araújo et al. 2024). Os igarapés amostrados (primeira a terceira ordem, Strahler 1957),  
118 encontram-se em áreas de vegetação primária e secundária, contínua ou em fragmentos  
119 isolados por pastagens ou capoeiras. O clima predominante na região é do tipo Am conforme  
120 a classificação de Köppen-Geiger, com estações secas (junho a dezembro) e chuvosas  
121 (janeiro a maio) (Martins et al. 2024). A precipitação média anual é próxima a 2044 mm/ano  
122 e a umidade relativa varia entre 84 e 86% (Lima et al. 2023).

123

124

125

126

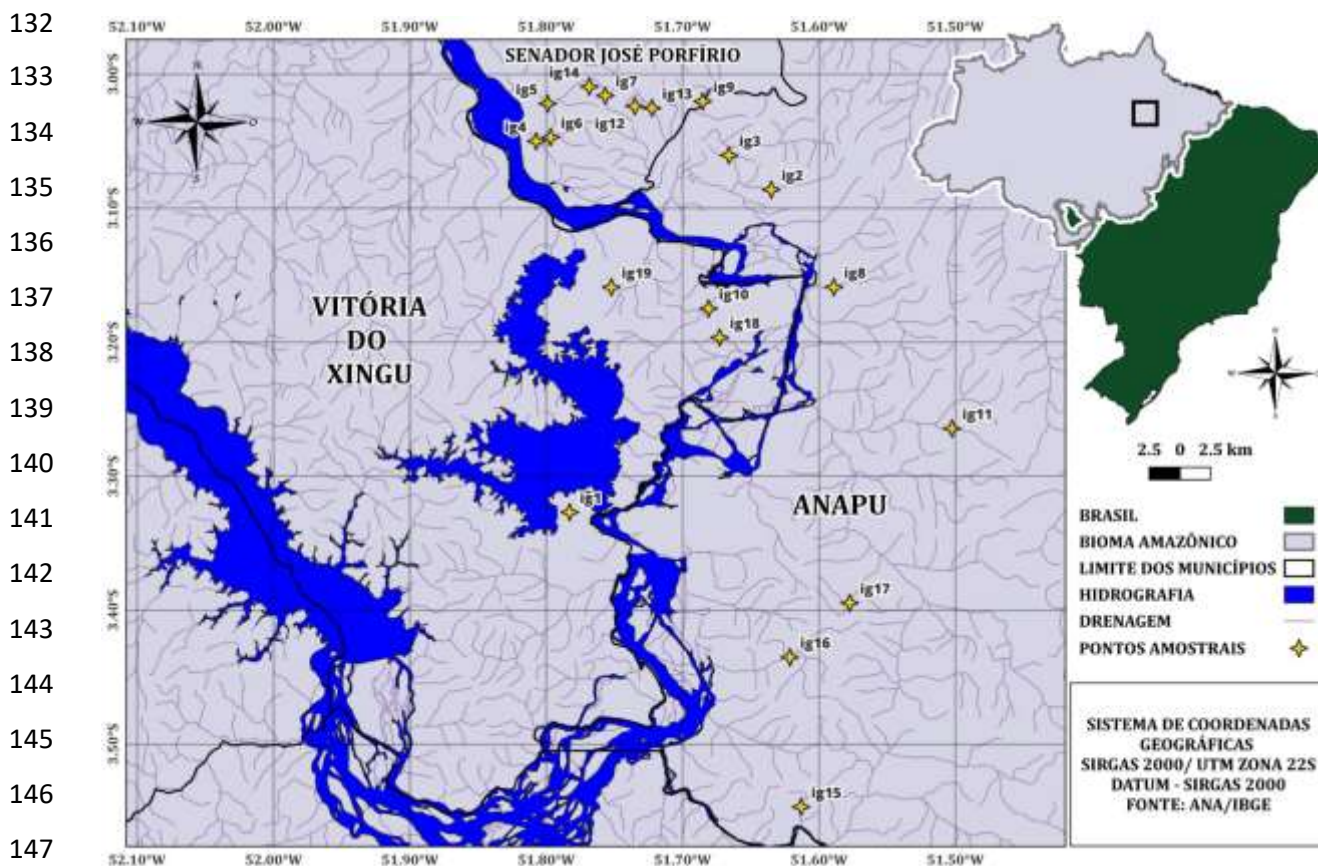
127

128

129

130

131



149 **Fig. 2** Localização dos 19 igarapés amostrados na região da Volta Grande do Xingu, Pará, Brasil  
150 (setembro 2019)

151 **2.2. Variáveis físico-químicas da água**

152 As variáveis físico-químicas da água foram mensuradas *in situ* em cada ponto de  
153 amostragem utilizando uma sonda multiparâmetros (Horiba, modelo U-50). Os parâmetros  
154 medidos incluíram temperatura da água (°C), pH, sólidos totais dissolvidos (TDS, ppm),  
155 oxigênio dissolvido (OD, mg/L), condutividade elétrica (CE,  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e turbidez (NTU).

156  
157 **2.3. Estrutura do habitat**

158 O Índice de Integridade do Habitat (IIH) foi utilizado para avaliar a integridade  
159 ambiental dos igarapés, fornecendo uma medida numérica entre 0 e 1, na qual valores  
160 próximos de 1 indicam maior preservação e valores próximos de 0, maior alteração  
161 (Nessimian et al. 2008). Em cada igarapé, também foram mensuradas a largura e a  
162 profundidade com o auxílio de uma régua graduada.

#### 163 2.4. Coleta e identificação da comunidade fitoplanctônica

164 Amostras quantitativas do fitoplâncton foram coletadas diretamente na região  
165 limnética (aproximadamente 15 a 30 cm de profundidade) dos 19 igarapés, utilizando frascos  
166 de 200 mL e fixadas *in situ* com solução de Lugol Acético. As amostras foram depositadas  
167 no Herbário Padre José Maria de Albuquerque da Universidade Federal do Pará, Campus  
168 Altamira.

169 Amostras qualitativas também foram coletadas utilizando uma rede de plâncton com  
170 abertura de malha de 20  $\mu\text{m}$ , por meio da filtragem de 100 litros de água, com auxílio de um  
171 balde de 10 litros, e fixadas com solução de formol a 4% (Bicudo e Menezes 2017). As  
172 amostras qualitativas foram coletadas para concentrar os espécimes da comunidade  
173 fitoplanctônica, a fim de auxiliar na identificação taxonômica e na morfometria dos táxons.

174 A identificação dos táxons foi realizada no Laboratório de Botânica da Universidade  
175 Federal do Pará (UFPA), Campus Altamira. Para esta etapa procedeu-se com a preparação  
176 de lâminas para observação em microscópio óptico, equipado com sistema de captura de  
177 imagem (Moticam 2500, 5.0 Mpixels, USB 2.0). Utilizamos o método proposto por Mateucci  
178 e Colma (1982) para determinar a frequência de ocorrência das amostras quantitativas, com  
179 a fórmula:  $F = (P \times 100) / T$ , onde: F representa a frequência de ocorrência, P o número de  
180 amostras contendo a espécie e T o número total de amostras coletadas. Os táxons foram  
181 classificados em categorias: muito frequentes ( $F > 70\%$ ); frequentes ( $F \leq 70\%$  e  $> 40\%$ );  
182 pouco frequentes ( $F \leq 40\%$  e  $> 10\%$ ) e esporádicas ( $F \leq 10\%$ ).

183 A quantificação do fitoplâncton foi feita com o auxílio de um microscópio invertido  
184 (Olympus® Tokyo), seguindo o método proposto por Utermöhl (1958). A contagem das  
185 unidades morfológicas (células, colônias e filamentos) foram feitas em campos distribuídos  
186 ao longo de transectos aleatórios, com um limite da contagem definido pela curva de  
187 rarefação de espécies ou até atingir o número de 100 indivíduos do táxon mais abundante  
188 (Uehlinger 1964). A riqueza de espécies do fitoplâncton foi definida como o número total de  
189 táxons por amostra quantificada.

190 O biovolume do fitoplâncton, uma medida que representa o volume total ocupado  
191 pelas células ou colônias de algas e cianobactérias em uma amostra de água, considerando  
192 tanto o tamanho quanto a forma dos indivíduos (Hillebrand et al. 1999). O biovolume  
193 ( $\text{mm}^3/\text{L}$ ) foi calculado multiplicando-se a densidade de cada táxon pelo seu volume celular

194 médio correspondente. O volume celular foi determinado usando modelos geométricos  
195 semelhantes às formas das células das algas, que considerou a média de tamanho de 20-30  
196 indivíduos mensurados (Hillebrand et al. 1999). Após determinar o biovolume dos táxons  
197 registrados, preparamos a matriz biótica com os dados para as análises estatísticas, onde  
198 excluímos os táxons que contribuíram com menos 5% do biovolume total por unidade de  
199 amostra (Kruk et al. 2002).

200 Os táxons foram identificados ao menor nível taxonômico sempre que possível. A  
201 nomenclatura foi revisada seguindo os preceitos da base de dados Algaebase (Guiry e Guiry  
202 2024), levando-se também em consideração os preceitos do Código Internacional de  
203 Nomenclatura para Algas, Fungos e Plantas (Turland et al. 2018). Para o enquadramento dos  
204 táxons, utilizamos os seguintes sistemas de classificação vigentes: Strunecký et al. (2023)  
205 para o Filo Cyanophyta/Classe Cyanophyceae; para o Filo Chlorophyta/Classes  
206 Chlorophyceae e Trebouxiophyceae foi utilizado o sistema adotado por Bicudo e Menezes  
207 (2017); Guiry et al. (2013) para o Filo Charophyta/Classe Zygnematophyceae; Kostygov et  
208 al. (2021) para o Filo Euglenophyta/Euglenophyceae; Riding et al. (2022) para Filo  
209 Dinophyta/Classe Dinophyceae; para a Filo Bacillariophyta/Classes Coscinodiscophyceae e  
210 Bacillariophyceae foram utilizados Medlin (2016) para as categorias hierárquicas superiores  
211 à ordem, e Round et al. (1990) para as ordens e demais categorias hierárquicas inferiores.

212

### 213 2.5. *Análise dos dados*

214 As premissas de normalidade, homocedasticidade e heterogeneidade de variância das  
215 variáveis dos modelos lineares foram verificadas. As variáveis foram transformadas  
216 utilizando  $\log [x + 1]$  (Zar 2010). A regressão linear simples foi empregada para avaliar o  
217 efeito da estrutura do habitat (IIH) (variável independente) no biovolume e na riqueza do  
218 fitoplâncton (variáveis dependentes). Regressões múltiplas foram utilizadas para investigar  
219 a influência das variáveis físico-químicas da água (temperatura da água, pH, TDS, oxigênio  
220 dissolvido, condutividade elétrica e turbidez) (variáveis independentes) no biovolume e na  
221 riqueza do fitoplâncton (variáveis dependentes). Adicionalmente, uma regressão múltipla foi  
222 realizada para examinar o efeito da profundidade e largura na riqueza e no biovolume das  
223 espécies. Os modelos de regressão foram avaliados quanto à significância estatística ( $p <$

224 0,05) e aos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), que forneceram os indicadores de robustez e  
225 adequação dos ajustes dos modelos.

226 Utilizamos uma matriz resposta contendo os valores de biovolume das espécies do  
227 fitoplâncton dos igarapés deste estudo para aplicação de testes multivariados, onde  
228 procedemos com uma transformação de Hellinger para diminuir o efeito de zeros duplos  
229 como similaridades entre os locais (Legendre e Legendre 1998; Legendre e Legendre 2000).  
230 Uma análise de redundância (RDA) foi realizada para investigar a relação entre a comunidade  
231 fitoplanctônica e as variáveis ambientais (Legendre e Legendre 1998). Os dados de  
232 biovolume das espécies descritoras da comunidade fitoplanctônica foram utilizados em  
233 associação com uma matriz de dados contendo as variáveis ambientais (matriz explicativa)  
234 que foi submetida ao procedimento de padronização, com exceção da variável pH, pela  
235 função “decostand” do pacote “vegan” (Oksanen et al. 2013). Em seguida, foi realizado o  
236 processo de seleção de variáveis ambientais, pelo método Forward utilizando a função  
237 “ordistep”. Todas as análises estatísticas foram efetuadas no software R (versão 4.3.2) (R  
238 Core Team 2024).

239

### 240 **3. Resultados**

#### 241 *3.1. Variáveis físico-químicas da água e Estrutura do habitat*

242 As características físico-químicas da água e a estrutura do habitat (IIH) dos igarapés  
243 da Volta Grande do Xingu apresentaram padrões de variação significativos (Tabela 1). A  
244 temperatura da água variou entre 25,59° C a 31,7° C, com os maiores valores observados nos  
245 pontos P1, P5, P11, P12 e P14. Os igarapés apresentaram águas com pH variando de 5,1 a  
246 7,37, águas levemente ácidas; os sólidos totais dissolvidos (TDS) oscilaram entre 7 e 70 ppm;  
247 as concentrações de oxigênio dissolvido variaram de 4,48 mg/L (P8) a 18,11 mg/L (P11); a  
248 condutividade elétrica variou de 9 (P9) a 78  $\mu$ S/cm (P11), indicando diferenças nas  
249 concentrações de íons dissolvidos ao longo dos pontos amostrados; a turbidez dos igarapés  
250 oscilou entre 4,53 NTU (P14) a 98,9 NTU (P5).

251 A estrutura do habitat dos igarapés estudados apresentou profundidades baixas (0,17  
252 m a 0,66 m) e largura entre 1,7 m e 11,62 m, características típicas de corpos d'água de  
253 primeira a terceira ordem. A análise do Índice de Integridade de Habitat (IIH) revelou uma  
254 variação de 0,46 a 0,81. Dentre os igarapés, sete apresentaram menor nível de integridade,

255 três exibiram maior integridade de habitat (IIH > 0,8) e nove apresentaram um nível  
256 intermediário de alteração ambiental.

257 **Tabela 1** Temperatura da água (TEMP, °C), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos totais  
258 dissolvidos (TDS, ppm), oxigênio dissolvido (OD, mg/L), condutividade elétrica (CE,  
259 µS/cm), profundidade (PROF, m), largura (LARG, m), turbidez (TURB, NTU) e Índice de  
260 Integridade de Habitat (IIH). Valor mínimo registrado (Min), Valor máximo (Max), Média  
261 registrada (Mean), Desvio padrão em relação à média (SD) e Coeficiente de variância (CV)

	TEMP	pH	TDS	OD	CE	PROF	LARG	TURB	IIH
Min	25,59	5,1	7	4,48	9	0,17	1,07	4,53	0,46
Max	31,7	7,37	70	18,11	78	0,66	11,62	98,9	0,81
Mean	27,53	6,20	24,47	10,72	25,20	0,35	5,59	23,74	0,63
SD	1,54	0,79	19,01	4,35	21,10	0,15	2,91	27,01	0,13
CV	5,58	12,74	0,78	40,61	83,74	41,90	51,96	113,75	20,52

262

### 263 3.2. Comunidade fitoplanctônica

264 A comunidade fitoplanctônica dos igarapés da Volta Grande do Xingu esteve  
265 representada por 79 táxons, distribuídos em seis filós: Bacillariophyta (44%), Cyanophyta  
266 (22%), Charophyta (14%), Chlorophyta (11%), Euglenophyta (8%) e Dinophyta (1%) (Fig.  
267 2a, ESMS1); e oito classes: Bacillariophyceae (33 táxons), Cyanophyceae (17 táxons),  
268 Zygnematophyceae (11 táxons), Chlorophyceae (8 táxons), Euglenophyceae (6 táxons),  
269 Coscinodiscophyceae (2 táxons), Trebouxiophyceae (1 táxon) e Dinophyceae (1 táxon).  
270 Quanto à riqueza de espécies, as classes Bacillariophyceae, Cyanophyceae e  
271 Zygnematophyceae destacaram-se com as maiores riquezas (Fig. 2b, ESMS1). Os igarapés  
272 P5 (13 táxons), P7 (14 táxons), P17 (13 táxons) e P18 (14 táxons) apresentaram as maiores  
273 riquezas, enquanto os igarapés P9 e P16 foram os pontos com menor riqueza de espécies,  
274 apresentando apenas 5 táxons cada.

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

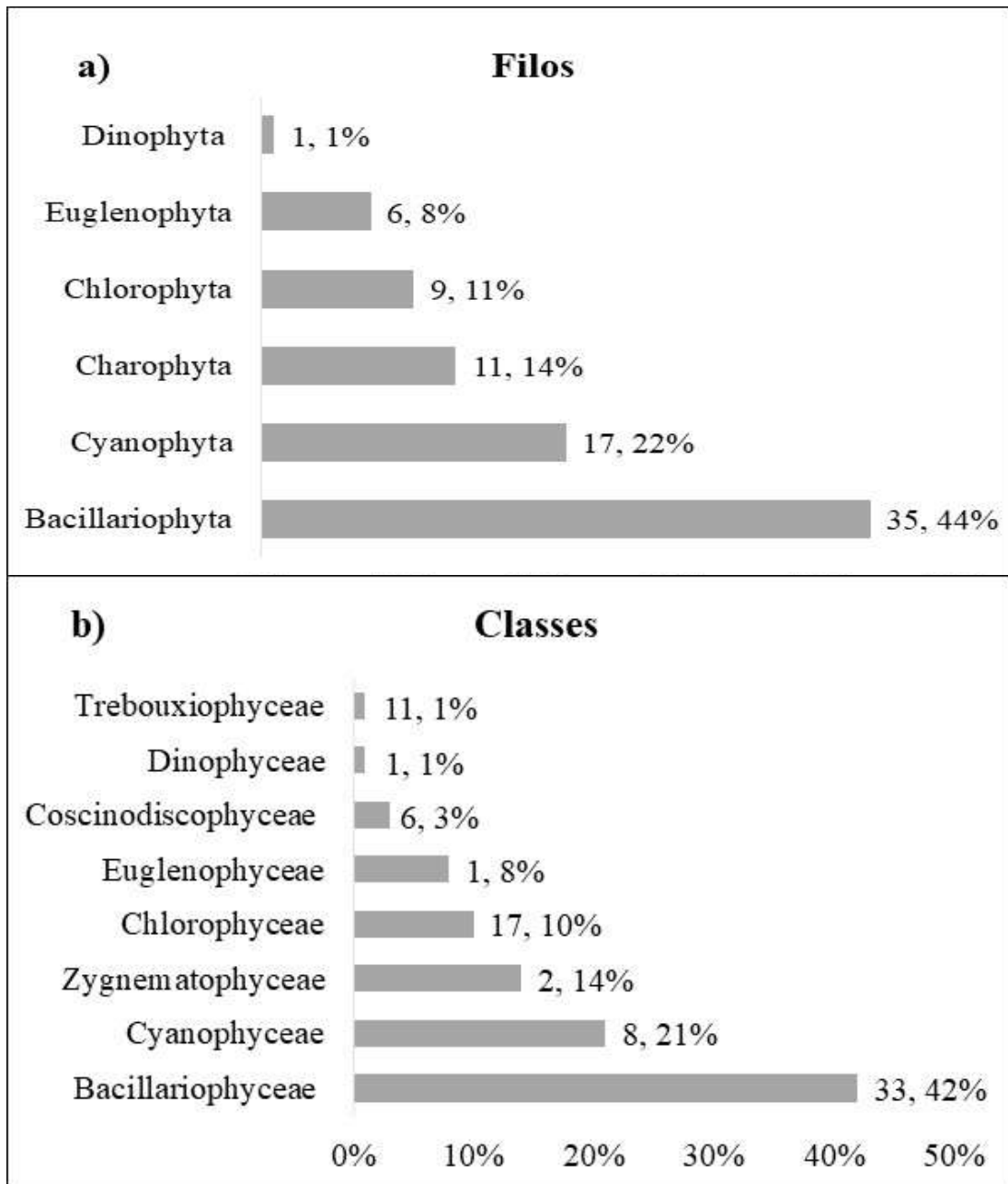
297

298

299

300

301



302

303

304

305

306

307

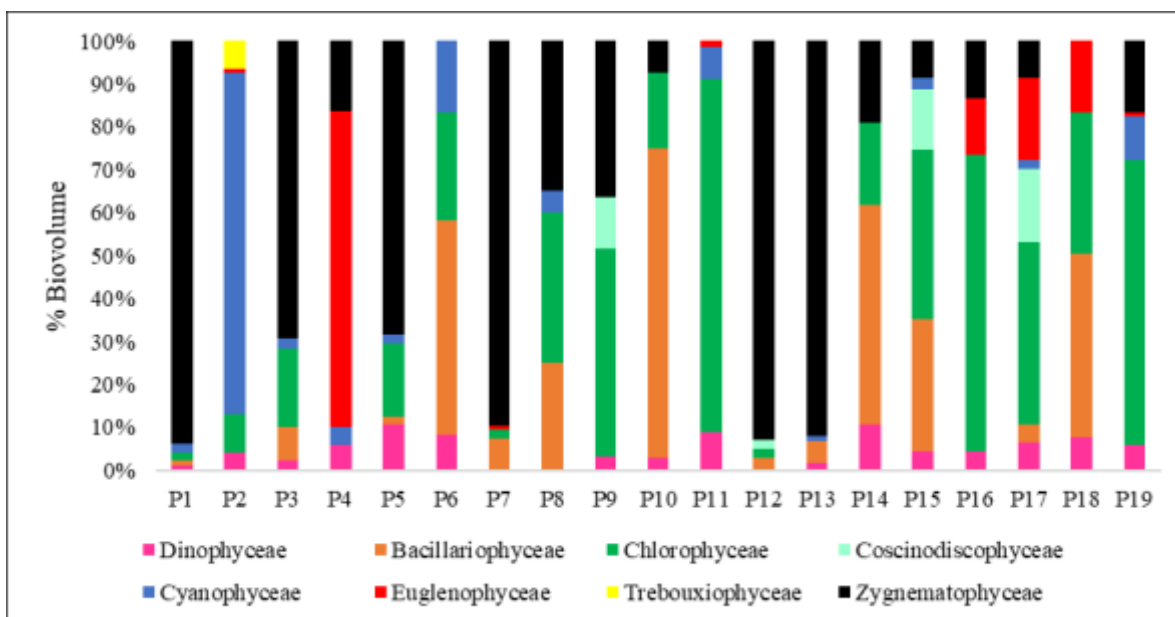
308

**Fig. 2** Distribuição da riqueza de espécies da comunidade fitoplanctônica em 19 igarapés da Volta Grande do Xingu, Pará, Brasil. a) Riqueza entre os filios; b) Riqueza de espécies entre classes taxonômicas do fitoplâncton

Considerando a frequência de ocorrência, constatou-se que 61% (48 táxons) foram classificadas como esporádicas, 35% (28 táxons) como pouco frequentes, 1% (1 táxon) como frequente e apenas 3% (2 táxons), *Hariotina reticulata* e *Parvodinium umbonatum* foram

309 categorizadas como muito frequente, ocorrendo em 74% e 89% dos pontos amostrados,  
 310 respectivamente (ESMS1). Em relação ao biovolume do fitoplâncton dos igarapés da Volta  
 311 Grande do Xingu, as Desmídias (Zygnematophyceae) foram o grupo que apresentaram maior  
 312 contribuição ao biovolume total (68%). As espécies mais importantes para o biovolume dessa  
 313 classe foram: *Mougeotia* sp. (57%), *Spirogyra crassa* (18,32%) e  
 314 *Desmidium quadratum* (10,37%).

315 As clorófitas (Chlorophyceae) representaram 14% do biovolume total da comunidade  
 316 fitoplanctônica, sendo a segunda maior contribuição em termos de biovolume, com destaque  
 317 para as espécies *Hariotina reticulata* (70,98%), *Oedogonium* sp.1 (10,61%) e *Golenkinia*  
 318 *radiata* (9,81%). Enquanto, as diatomáceas (Bacillariophyceae) contribuíram com 9% do  
 319 biovolume, sendo as espécies *Frustulia rhomboides* (27,70%), *Iconella tenera* (13,68%) e  
 320 *Gomphonella olivaceoides* (6,25%) as mais importantes para o biovolume dessa classe. As  
 321 classes Euglenophyceae, Cyanophyceae, Dinophyceae e Coscinodiscophyceae contribuíram  
 322 com menos de 5% do biovolume total (Fig. 3).



323  
 324 **Fig. 3** Biovolume (%) das classes taxonômicas do fitoplâncton em 19 igarapés da Volta  
 325 Grande do Xingu, Pará, Brasil, (P: Pontos amostrados)

326

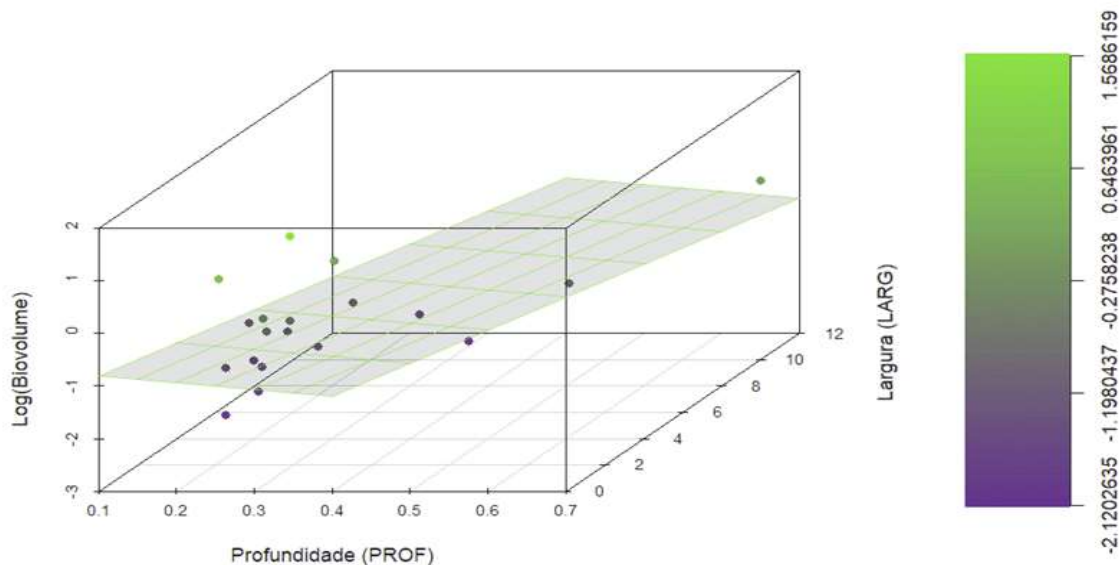
### 327 3.3. O efeito da estrutura do habitat na riqueza e no biovolume da comunidade fitoplanctônica

328 Dos dezenove igarapés analisados, sete apresentaram menor nível de integridade, e  
 329 três exibiram maior integridade de habitat (IIH acima de 0,8), enquanto os nove restantes

330 ficaram em nível intermediário de alteração ambiental. Deste modo, para avaliar o efeito do  
331 IHH sobre a riqueza e biovolume das espécies do fitoplâncton nos igarapés, foram aplicados  
332 modelos de regressões linear simples, onde os resultados indicaram que não houve uma  
333 relação significativa entre o IHH e a riqueza espécies ( $R^2= 0,025$ ;  $p = 0,467$ ) e o biovolume  
334 ( $R^2= 0,003$ ;  $p = 0,316$ ) do fitoplâncton. Embora este índice seja um indicador importante da  
335 qualidade ambiental, neste estudo, ele não se mostrou um fator determinante na riqueza e no  
336 biovolume da comunidade fitoplanctônica, não corroborando totalmente a nossa hipótese.

337 A análise de regressão múltipla, no entanto, revelou que, dentro da estrutura do  
338 habitat, a profundidade e a largura dos igarapés não influenciaram significativamente a  
339 riqueza de espécies do fitoplâncton ( $R^2 = 0,314$ ;  $R^2$  ajustado =  $0,228$ ;  $p = 0,520$ ). No entanto,  
340 foi observado um efeito significativo da profundidade e da largura dos igarapés sobre o  
341 biovolume do fitoplâncton. O modelo para o biovolume foi estatisticamente significativo ( $F$   
342  $(2,16) = 3,666$ ;  $R^2 = 0,314$ ;  $R^2$  ajustado =  $0,228$ ;  $p = 0,048$ ), explicando cerca de 31,42% da  
343 variação do biovolume do fitoplâncton nos igarapés. Os coeficientes estimados indicaram  
344 que a profundidade teve um efeito positivo sobre o biovolume ( $\beta = 6,283$ ,  $p = 0,020$ ),  
345 enquanto a largura teve um efeito negativo ( $\beta = -0,282$ ;  $p = 0,024$ ). Isso sugere que igarapés  
346 mais profundos estão associados a maior biovolume de fitoplâncton, e igarapés mais largos,  
347 a menor biovolume (Fig. 4).

348  
349  
350  
351  
352  
353  
354  
355  
356  
357  
358  
359



360 **Fig. 4** Resultado da regressão múltipla mostrando a influência da profundidade e largura dos  
361 igarapés no biovolume do fitoplâncton. O biovolume foi mapeado com uma escala de cor  
362 que varia de azul escuro a verde. O eixo X, representa uma das variáveis independentes  
363 (profundidade); o eixo Y representa a outra variável independente (largura); o eixo Z  
364 representa a variável dependente (biovolume em escala logarítmica). A escala de cor do  
365 gráfico indica a intensidade do biovolume em escala logarítmica, onde o azul escuro  
366 representa valores mais baixos de biovolume do fitoplâncton, enquanto o verde indica valores  
367 mais altos

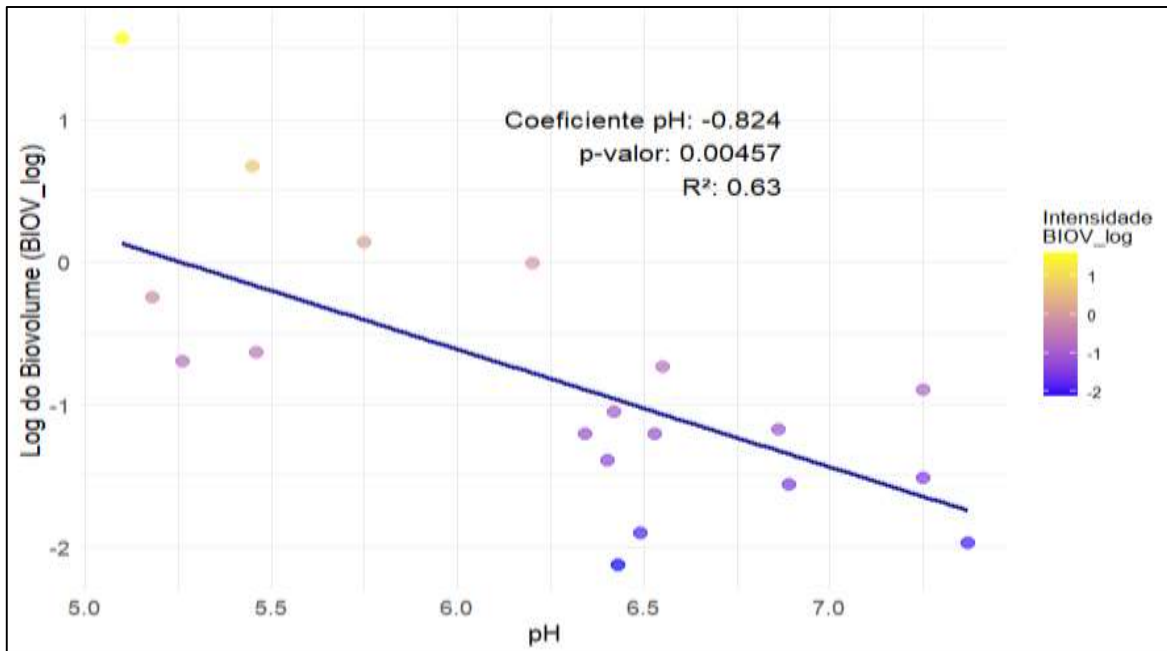
368

### 369 *3.4. O efeito das variáveis físico-químicas da água na riqueza e no biovolume*

370 A análise de regressão múltipla avaliou o efeito das variáveis físico-químicas da água  
371 (temperatura da água, pH, sólidos totais dissolvidos, condutividade elétrica, oxigênio  
372 dissolvido e turbidez) sobre a riqueza de espécies fitoplanctônicas. O modelo geral não foi  
373 estatisticamente significativo ( $F_{(6,12)} = 0,441$ ;  $p=0,837$ ). O coeficiente de determinação ( $R^2=$   
374  $0,180$ ) sugere que apenas 18,09% da variância total da riqueza é explicada pelas variáveis  
375 incluídas no modelo. O coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$  ajustado =  $-0,228$ )  
376 apresentou um valor negativo.

377 O modelo de regressão linear múltipla foi ajustado para avaliar a influência das  
378 variáveis físico-química da água (temperatura da água, pH, sólidos totais dissolvidos,  
379 oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e turbidez) sobre o biovolume do fitoplâncton. Os  
380 resultados indicaram que o pH foi o único fator com influência significativa ( $p= 0,004$ ;  
381  $\beta=-0,823$ ), sendo que as demais variáveis independentes (temperatura da água, pH, sólidos  
382 totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e turbidez) não apresentaram  
383 significância estatística ( $p>0,05$ ). A avaliação do ajuste do modelo revelou um coeficiente de  
384 determinação  $R^2$ , que explica 63% da variação do biovolume do fitoplâncton entre os igarapés  
385 ( $R^2=0,629$ ;  $R^2$ ajustado= $0,487$ ;  $F=4,424$ ;  $p=0,014$ ). Esses resultados destacam o pH como um  
386 fator determinante para o biovolume do fitoplâncton (Fig. 5).

387



388

389 **Fig. 5** Influência do pH no biovolume do fitoplâncton. O biovolume é mapeado com uma  
 390 escala de cor que varia de azul escuro a amarelo. O eixo X, representa a variável  
 391 independentes (pH) e o eixo Y representa a variável dependente (biovolume em escala  
 392 logarítmica); a escala de cor do gráfico indica a intensidade do biovolume em escala  
 393 logarítmica; onde o azul escuro representa valores mais baixos de biovolume do fitoplâncton,  
 394 enquanto o amarelo indica valores mais altos. Maior valor de pH apresenta menores valores  
 395 de biovolume

396

### 397 3.5. Variáveis físico-químicas da água e estrutura do habitat em associação com a 398 composição de espécies do fitoplâncton

399 A análise de RDA com a seleção de modelos mostrou as variáveis largura dos  
 400 igarapés e o pH, importantes para determinar a composição e biovolume do fitoplâncton nos  
 401 igarapés da Volta Grande do Xingu ( $F = 1,42$ ; variância restrita = 15,12%;  $p = 0,039$ ). Os  
 402 valores acumulados dos eixos restritos em RDA1 (57,1%) e RDA2 (42,89%) capturam  
 403 integralmente (100%) a variação explicada (15,12%) pelas variáveis ambientais largura e pH  
 404 (Tabela 3; Fig. 6). No entanto, uma proporção de variância não explicada de 84,88%, aponta  
 405 para a necessidade de investigações adicionais para compreender outros fatores que  
 406 influenciam a comunidade fitoplanctônica nos igarapés avaliados. Além disso, o pH foi a  
 407 única variável que se aproximou de um efeito significativo ( $p = 0,052$ ) contribuindo

408 negativamente para a formação do primeiro eixo, enquanto a largura apresentou efeito fraco  
 409 na composição e no biovolume do fitoplâncton, apresentando contribuição positiva para  
 410 formação do segundo eixo (Tabela 3; Fig. 6). Além disso a RDA revelou que as espécies de  
 411 fitoplâncton apresentam respostas diferentes às condições ambientais de largura e pH nos  
 412 igarapés, corroborando a nossa hipótese de que as variáveis físico-químicas da água  
 413 influenciam de forma distinta a comunidade. Por exemplo *Desmidium quadratum* e  
 414 *Mougeotia* sp., apresentaram relação positiva com RDA1, ocorrendo com maior biovolume  
 415 em igarapés com águas levemente ácidas enquanto *Hariotina reticulata* possui a relação  
 416 negativa com o eixo RDA1, onde existe também uma relação negativa com pH para a  
 417 formação deste eixo. O táxon *Spirogyra crassa* foi o que apresentou maior fator de correlação  
 418 com o eixo RDA2 (0,39), resultado relacionado com a distribuição do biovolume deste táxon  
 419 em igarapés mais largos (Fig. 6).

420

421 **Tabela 3** Valores dos loadings das variáveis (contribuição de cada variável para a formação  
 422 dos eixos RDA1 e RDA2) e estatística do teste de significância das variáveis. O modelo  
 423 reduzido (RDA reduzido) com seleção de LARG= Largura dos igarapés e pH, foi gerado  
 424 com seleção de modelo *Forward* a partir do modelo completo da RDA que incluiu nove  
 425 variáveis explicativas (RDA completo)

	RDA1	RDA2	GL	Variância	Pr(>F)
LARG	-0,387	0,680	1	0,053	0,172
pH	-0,807	-0,231	1	0,063	0,052

426

427

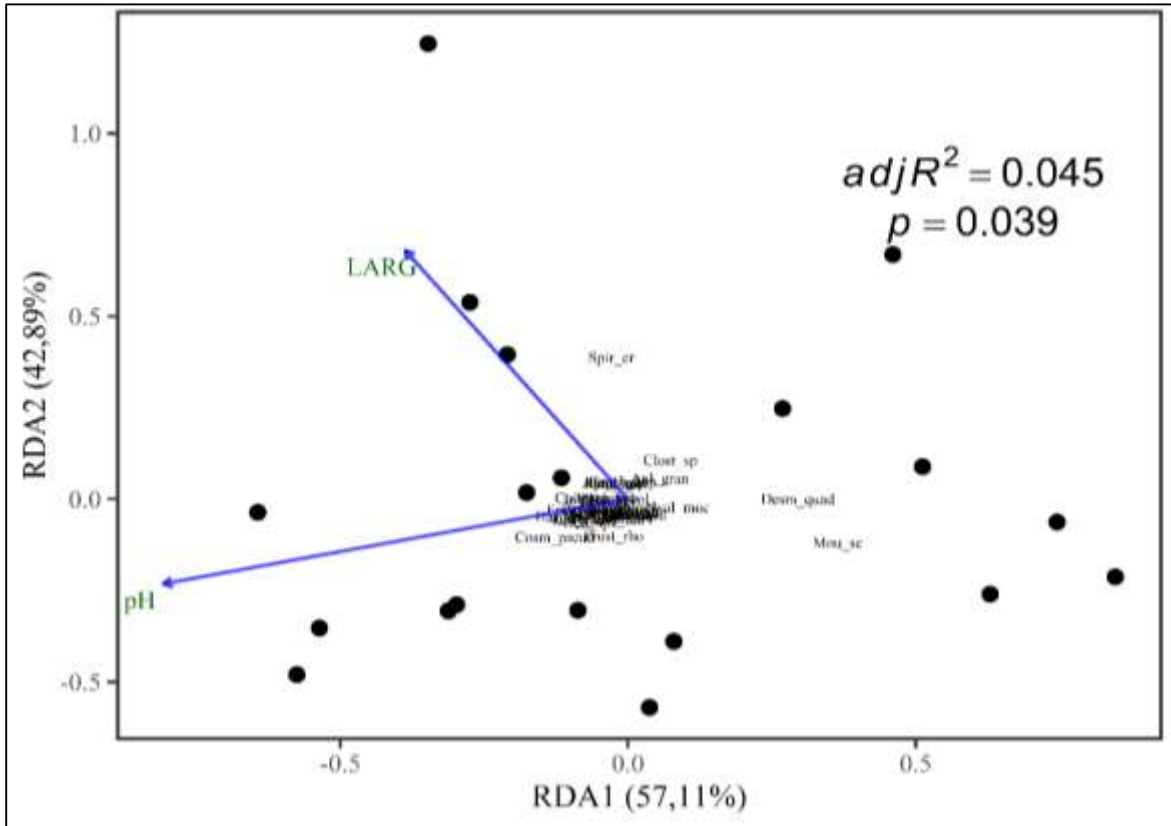
428

429

430

431

432  
433  
434  
435  
436  
437  
438  
439  
440  
441



442  
443  
444  
445  
446  
447  
448  
449  
450  
451  
452  
453  
454  
455  
456

**Fig. 6** Análise de redundância (RDA) da distribuição espacial da composição de espécies e biovolume do fitoplâncton em relação às variáveis (físico-químicas da água e estrutura do habitat). Legenda: Chro\_disp = *Chroococcus dispersus*; Doli\_sol = *Dolichospermum solitarium*; Dol\_circ = *Dolichospermum circinale*; Lyng\_cey = *Lyngbya ceylanica*; Micr\_aer = *Microcystis aeruginosa*; Spir\_princ = *Spirulina princeps*; Parv\_umb = *Parvodinium umbonatum*; Aul\_gran = *Aulacoseira granulata*; Aul\_gran\_ang = *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*; Amph\_pel = *Amphipleura pelúcida*; Epit\_gib = *Epitemia gibba*; Eun\_ind = *Eunotia indica*; Frust\_rho = *Frustulia romboides*; Frust\_rhom\_cap = *Frustulia romboides* var. *capitata*; Frust\_sax = *Frustulia saxonica*; Gomp\_ol = *Gomphonella olivaceoides*; Ic\_ten = *Iconella tenera*; Ic\_rob = *Iconella robusta*; Sur\_lin = *Surirella linearis*; Ul\_ul = *Ulnaria ulna*; Clost\_sp = *Closterium* sp.; Cosm\_pseud = *Cosmarium pseudoconnatum*; Desm\_quad = *Desmidium quadratum*; Hyal\_muc = *Hyalotheca mucosa*; Mou\_sp = *Mougeotia* sp.; Spir\_cr = *Spirogyra crassa*; Spond\_pl = *Spondylosium planum*; Coenocy\_sub = *Coenocystis subcilíndrica*; Gol\_rad = *Golenkinia radiata*; Har\_ret = *Hariotina reticulata*; Oed\_sp = *Oedogonium* sp.; *Oedogonium* sp.1; Oocy\_bor = *Oocystis borgei*; Trach\_his =

457 *Trachelomonas hispida*; Trach\_ab = *Trachelomonas abrupta*; Trach\_sup = *Trachelomonas*  
458 *superba*; Trach\_vol = *Trachelomonas volvocina*

459

#### 460 **4. Discussão**

461 A influência de variáveis ambientais na biodiversidade do fitoplâncton é um tema  
462 central na ecologia aquática, com implicações importantes para o equilíbrio dos ecossistemas  
463 (Heino 2010; Martins et al. 2024). Estudos ecológicos demonstram que a distribuição e a  
464 diversidade de organismos aquáticos, incluindo o fitoplâncton, são fortemente influenciadas  
465 pelas condições ambientais (da Silva et al. 2024; Trindade e Dunck 2025). Essas condições  
466 abrangem uma ampla gama de variáveis, como as características físico-químicas da água,  
467 hidrológicas, a disponibilidade de luz e a integridade do habitat (Dias-Silva et al. 2010; Heino  
468 et al. 2015; da Silva et al. 2024). Neste estudo, investigamos como as características físico-  
469 químicas da água e a estrutura do habitat, medida pelo Índice de Integridade do Habitat (IIH),  
470 afetam a comunidade fitoplanctônica em igarapés amazônicos. Nossas hipóteses sobre o  
471 papel desses fatores na organização da comunidade fitoplanctônica foram parcialmente  
472 confirmadas, revelando informações importantes sobre a dinâmica desses ecossistemas.

473 Observou-se uma notável heterogeneidade ambiental nos igarapés da Volta Grande  
474 do Xingu, evidenciada pela variação nas condições físico-químicas da água e na estrutura  
475 dos habitats. Essa heterogeneidade resulta da complexa interação entre fatores ambientais e  
476 antrópicos. Fatores ambientais, como a geomorfologia e os processos morfodinâmicos que  
477 influenciam a erosão e a deposição de materiais (Covino et al. 2022), e fatores antrópicos,  
478 como o desmatamento para agricultura ou pecuária, alteram a qualidade da água, a estrutura  
479 do habitat e a biodiversidade aquática (Sousa et al. 2021; Trindade e Dunck 2025). Esse  
480 gradiente se manifestou nos diferentes níveis de integridade ambiental (IIH) dos 19 igarapés  
481 estudados: sete apresentaram baixa integridade, três exibiram alta integridade (IIH acima de  
482 0,8) e nove mostraram níveis intermediários de alteração (Servat et al. 2017; Sousa et al.  
483 2021).

484 A riqueza de espécies do fitoplâncton variou significativamente entre os igarapés,  
485 oscilando de 5 a 14 táxons. Nossos dados corroboraram parcialmente a hipótese, que  
486 postulava a influência da integridade do habitat na riqueza de espécies, evidenciando que as  
487 variáveis profundidade e largura dos igarapés exercem influência sobre essa riqueza.

488 Contudo, não foi constatada influência significativa do Índice de Integridade do Habitat (IIH)  
489 sobre a riqueza de espécies. Diante disso, sugere-se que outros fatores, como a  
490 disponibilidade de nutrientes, a herbivoria e a dispersão, possam estar atuando na  
491 determinação da riqueza de espécies nos igarapés da Volta Grande do Xingu. Este estudo  
492 destaca a complexidade dos fatores que moldam as comunidades fitoplanctônicas em  
493 ecossistemas amazônicos, revelando que, embora o IIH seja um método amplamente  
494 empregado, a integridade ambiental pode não ser um preditor consistente da riqueza de  
495 espécies nesses ambientes. Essa conclusão é corroborada pelo estudo de Trindade e Dunck  
496 (2025), que também não encontrou efeito significativo da integridade ambiental sobre a  
497 diversidade, riqueza e densidade de espécies em igarapés amazônicos.

498 A análise de regressão múltipla indicou uma relação significativa entre profundidade  
499 e largura no biovolume do fitoplâncton. A profundidade apresentou um efeito positivo,  
500 sugerindo que igarapés mais profundos oferecem condições mais estáveis, como maior  
501 estabilidade térmica e menor impacto de distúrbios superficiais, favorecendo o crescimento  
502 do fitoplâncton e maior biovolume das espécies (Servat et al. 2017; da Silva et al. 2024).  
503 Enquanto, a largura dos igarapés teve um efeito negativo no biovolume, como por exemplo,  
504 a espécie *Spirogyra crassa* apresentou menor biovolume em igarapés mais largos. Sugerimos  
505 que esse resultado esteja relacionado ao fato de que igarapés mais largos tendem a ter maior  
506 velocidade de fluxo e promove maior turbulência e ressuspensão de sedimentos (Reynolds  
507 2006; Servat et al. 2017). Esse padrão pode estar relacionado à maior capacidade desses  
508 ambientes de fornecer habitats heterogêneos com maior disponibilidade de nichos (Jones e  
509 Reynolds 1985; Reynolds 2006; Zeng et al. 2023; da Silva et al. 2024; Trindade e Dunck  
510 2025).

511 Ao avaliarmos o efeito das características físico-químicas da água dos igarapés na  
512 riqueza e no biovolume do fitoplâncton, não identificamos associação significativa com a  
513 riqueza de espécies. No entanto, o modelo de regressão linear múltipla revelou que o pH foi  
514 determinante na variação do biovolume do fitoplâncton nos igarapés da Volta Grande do  
515 Xingu. Especificamente, observamos que ambientes com valores de pH mais altos tendem a  
516 apresentar menor biovolume de fitoplâncton. Trindade e Dunck (2025) destacam o pH como  
517 um dos principais fatores na regulação da estrutura e produtividade das comunidades  
518 fitoplanctônicas, devido à sua influência direta na disponibilidade de nutrientes e na

519 solubilidade de compostos químicos, como o dióxido de carbono, essenciais para o  
520 desenvolvimento desses organismos (Jones e Reynolds 1985; Reynolds 2006; da Silva et al.  
521 2024). Esses achados demonstram a relevância desse parâmetro na dinâmica dos  
522 ecossistemas aquáticos amazônicos.

523 Os resultados da análise de redundância (RDA) destacaram o papel significativo das  
524 variáveis largura dos igarapés e pH na explicação parcial tanto na composição quanto no  
525 biovolume do fitoplâncton nos igarapés da Volta Grande do Xingu. A contribuição negativa  
526 do pH para o primeiro eixo da RDA sugere que ambientes com águas levemente ácidas  
527 favorecem a ocorrência das espécies *Desmidium quadratum* e *Mougeotia* sp., que  
528 apresentaram maior biovolume sob essas condições. Esse achado é consistente com estudos  
529 que associam águas ácidas a disponibilidade de nutrientes dissolvidos, como fósforo, que  
530 podem favorecer o crescimento de espécies adaptadas a essas condições (Kruk et al. 2010;  
531 Graco-Roza et al. 2020; da Silva et al. 2024). Por outro lado, espécies como *Hariotina*  
532 *reticulata* mostraram uma relação inversa com o pH, indicando preferência por ambientes  
533 menos ácidos. Esse comportamento reforça a ideia de que o pH atua como um filtro ambiental  
534 importante na determinação da composição fitoplanctônica (Borics et al. 2021; Kruk et al.  
535 2021; Trindade e Dunck 2025).

536 Nossos resultados corroboram a importância das variáveis profundidade, largura e pH  
537 na estrutura das comunidades fitoplanctônicas em sistemas lóticos tropicais de baixa ordem.  
538 Contudo, a alta proporção de variância não explicada sugere que fatores adicionais, como  
539 variáveis biológicas (interações entre espécies e herbivoria), hidrológicas (fluxo de água) e  
540 nutrientes (disponibilidade de nitrogênio e fósforo) também podem exercer influência  
541 significativa na estrutura comunitária do fitoplâncton (Sharma et al. 2016; Servat et al. 2017;  
542 Zeng et al. 2023; da Silva et al. 2024; Trindade e Dunck 2025).

543

## 544 **5. Conclusão**

545 Nosso estudo demonstrou que a profundidade e a largura dos igarapés, juntamente  
546 com o pH, influenciam significativamente a comunidade fitoplanctônica. A compreensão  
547 dessas relações, utilizando o fitoplâncton como bioindicador da condição ecológica, na Volta  
548 Grande do Xingu é crucial para a conservação desses ambientes, ressaltando a importância  
549 do monitoramento da qualidade da água e da integridade dos habitats.

550 Sugere-se que futuras investigações considerem a sazonalidade do regime hídrico,  
551 estendendo o período de coleta para incluir o período de chuvas e a análise de nutrientes.  
552 Essa abordagem permitirá uma compreensão aprofundada da dinâmica da comunidade  
553 fitoplanctônica e dos múltiplos fatores que a influenciam. Assim, esta pesquisa contribui para  
554 o entendimento da estruturação da comunidade fitoplanctônica em ecossistemas lóticos,  
555 fornecendo subsídios para ações de conservação e manejo sustentável que considerem a  
556 integridade dos habitats e a comunidade fitoplanctônica, essenciais para garantir a  
557 biodiversidade e funcionalidade ecológica dos igarapés da Volta Grande do Xingu.

558

### 559 **Agradecimentos**

560 Todos os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e  
561 Tecnológico) pelo apoio (KDS) pelo número da bolsa processo 311550/2023-1, ao Projeto  
562 Rede Xingu (REDEX), edital nº 003/2016 – Apoio ao Desenvolvimento de Redes de  
563 Pesquisa nas Regiões de Integração do Xingu/Tapajós, promovido pela Fundação Amazônia  
564 de Amparo a Estudos e Pesquisas (FAPESPA).

565

### 566 **Interesses conflitantes**

567 Os autores declaram não ter conflitos de interesse relacionado à publicação deste manuscrito.

568

### 569 **Contribuições dos autores**

570 Todos os autores contribuíram com o design e o desenvolvimento deste trabalho. Os  
571 materiais foram preparados, os dados coletados e analisados por LRAF, DAS, DSN, TBV,  
572 KMS e KD-S. Todos os autores comentaram versões anteriores do manuscrito, e a primeira  
573 versão foi escrita por LRAF. Todos os autores leram e aprovaram a versão final do  
574 manuscrito.

575

### 576 **Referências**

577 Abonyi A, Descy JP, Borics G, Smeti E (2021) From historical backgrounds towards the  
578 functional classification of river phytoplankton sensu Colin S. Reynolds: what future  
579 merits the approach may hold? *Hydrobiologia* 848:131-142

580

581 Bicudo CEM, Menezes M (2017) *Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil*. 2ª  
582 edição, São Carlos: Rima. 542 p

583  
584 Borics G, Abonyi A, Salmaso N, Ptacnik R (2021) Freshwater phytoplankton diversity:  
585 models, drivers and implications for ecosystem properties. *Hydrobiologia* 848:53-75.  
586 <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04332-9>

587 Covino T, Riveros-Iregui DA, Schneider CL (2022) Geomorphology Imparts Spatial  
588 Organization on Hydrological and Biogeochemical Fluxes. In: Shroder J (Jack) F (ed)  
589 *Treatise on Geomorphology (Second Edition)*. Academic Press, Oxford, 53-67

590 da Silva TT, Bortolini JC, Iatskiu P, et al (2024) Local environmental factors are the main  
591 drivers of phytoplankton biovolume in subtropical streams of Brazil. *Science of the*  
592 *Total Environment* 926. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171663>

593 de Araújo KR, Sawakuchi HO, Bertassoli DJ, et al (2024) Operational effects on aquatic  
594 carbon dioxide and methane emissions from the Belo Monte hydropower plant in the  
595 Xingu River, eastern Amazonia. *Science of The Total Environment* 946:174100.  
596 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174100>

597 Deng Y, Xu X, Xu J, et al (2024) Hydrological-driven changes in the phytoplankton  
598 community structure under nutrient stress in island river ecosystems. *J Sea Res* 202.  
599 <https://doi.org/10.1016/j.seares.2024.102548>

600 Dias-Silva K, Cabette HS, Juen L (2010) The influence of habitat integrity and physical-  
601 chemical water variables on the structure of aquatic and semi-aquatic  
602 Heteroptera. *Zoologia, Curitiba*, 27, 918-930

603 dos Santos GP, Mortati AF, de Castro Canani LG, de Oliveira LL (2021). Efeitos da  
604 integridade ambiental da zona ciliar e sua influência na qualidade da água de igarapés  
605 urbanos em Santarém-PA, Amazônia, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia*  
606 *Física*, 14(7), 4035-4055

607 Graco-Roza C, Santos JBO, Huszar VLM, et al (2020) Downstream transport processes  
608 modulate the effects of environmental heterogeneity on riverine phytoplankton.  
609 *Science of the Total Environment* 703.  
610 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135519>

611 Guiry MD, Guiry GM (2024) AlgaeBase. Disponível em <https://www.algaebase.org>

612 Guiry MD (2013) Taxonomy and nomenclature of the Conjugatophyceae  
613 (=Zygnematophyceae). *Algae*, v. 28:1-29

614 Heino J (2010) Are indicator groups and cross-taxon congruence useful for predicting  
615 biodiversity in aquatic ecosystems? *Ecol Indic* 10:112-117

616 Heino J, Melo AS, Bini LM (2015) Reconceptualising the beta diversity-environmental  
617 heterogeneity relationship in running water systems. *Freshw Biol* 60:223-235

618 Hillebrand H, Dürselen CD, Kirschtel D, et al (1999) Biovolume calculation for pelagic and  
619 benthic microalgae. *J Phycol* 35:403-424. [https://doi.org/10.1046/j.1529-](https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.1999.3520403.x)  
620 [8817.1999.3520403.x](https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.1999.3520403.x)

621 Jones RI, Reynolds CS (1985) The Ecology of Freshwater Phytoplankton. *J Ecol* 73.  
622 <https://doi.org/10.2307/2260522>

623 Kostygov AY, Karnkowska A, Votýpka, J, et al (2021) Euglenozoa: taxonomy, diversity  
624 and ecology, symbioses and viruses. *Open Biology*, 11(3), 200407

625 Kruk C, Devercelli M, Huszar VL (2021) Reynolds Functional Groups: a trait-based  
626 pathway from patterns to predictions. *Hydrobiologia* 848:113-129.  
627 <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04340-9>

628 Kruk C, Huszar VLM, Peeters ETHM, et al (2010) A morphological classification  
629 capturing functional variation in phytoplankton. *Freshw Biol* 55:614-627.  
630 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02298.x>

631 Kruk C, Mazzeo N, Lacerot G, et al (2002) Classification schemes for phytoplankton: a  
632 local validation of a functional approach to the analysis of species temporal  
633 replacement. *Plankton Res* 24:901-912. <https://doi.org/10.1093/plankt/24.9.901>

634 Legendre P, Legendre L (1998) *Numerical Ecology*, 2nd edn

635 Legendre P, Legendre L (2000) Numerical Ecology. *Ecol Modell* 132:303-304.  
636 [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00291-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00291-X)

637 Leibold MA, Rudolph FJ, Blanchet FG, et al (2022) The internal structure of  
638 metacommunities. *Oikos*. <https://doi.org/10.1111/oik.08618>

639 Lima RF, et al (2023) Climate Change Assessment in Brazil: Utilizing the Köppen-Geiger  
640 (1936) Climate Classification. *Revista Brasileira de Meteorologia* 38.

641 Martins AR, Bastos DA, Sousa LM, et al (2024) Metacommunity organisation of  
642 Amazonian stream fish assemblages: The importance of spatial and environmental  
643 factors. *Ecol Freshw Fish* 33. <https://doi.org/10.1111/eff.12750>

644 Mateucci SD, Colma A (1982) La Metodología para el Estudio de la Vegetación. *Coleccion*  
645 *de Monografías Científicas. Série Biología*. [s.l].22: 1-68

646 Medlin LK (2016) Evolution of the diatoms: major steps in their evolution and a review of  
647 the supporting molecular and morphological evidence. *Phycol.*, v. 55, 1:79-103

648 Nessimian JL, Venticinque EM, Zuanon J, et al (2008) Land use, habitat integrity, and  
649 aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia*, 614, 117-  
650 131

651 Oksanen J (2013) *Vegan: ecological diversity*. R project, v. 368:1-11

- 652 R Core Team R (2024) A language and environment for statistical computing. R  
653 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria
- 654 Reynolds CS (2006) The Ecology of Phytoplankton. Cambridge University Press
- 655 Riding JB, Fensome RA, Soyer-Gobillard, et al (2022) A review of the dinoflagellates and  
656 their evolution from fossils to modern. Journal of Marine Science and  
657 Engineering, 11(1), 1
- 658 Round FE, Crawford RM, Mann DG (1990) The diatoms biology and morphology of the  
659 genera. Cambridge University Press. 747p
- 660 Servat LC, Sebastien NY, Bortolini JC, Bueno NC (2017) Drivers of seasonal dynamics of  
661 phytoplankton community in subtropical streams: a study case. Revista Brasileira de  
662 Botanica 40:727–734. <https://doi.org/10.1007/s40415-017-0379-y>
- 663 Sharma RC, Singh N, Chauhan A (2016) The influence of physico-chemical parameters on  
664 phytoplankton distribution in a head water stream of Garhwal Himalayas: A case  
665 study. Egypt J Aquat Res 42:11-21. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2015.11.004>
- 666 Silva-Costa I, Giehl NFS, Pozzobom UM, et al (2022) Aquatic and Semiaquatic  
667 Heteroptera (Hemiptera: Insecta) Distribution in Streams on the Cerrado–Amazon  
668 Ecotone in Headwaters of Xingu River. Arthropoda 1:13–24.  
669 <https://doi.org/10.3390/arthropoda1010004>
- 670 Sioli H (1984) The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river  
671 courses, and river types. pp 127-165
- 672 Soininen J, Heino J (2007) Variation in Niche Parameters along the Diversity Gradient of  
673 Unicellular Eukaryote Assemblages. Protist 158:181-191.  
674 <https://doi.org/10.1016/j.protis.2006.11.002>
- 675 Sousa LR, Ribeiro JS, Lopes RB, et al (2021) A influência do uso e ocupação do solo na  
676 qualidade ambiental do igarapé do Urumarí, Santarém (PA) / The influence of land  
677 use and occupation on the environmental quality of the Urumarí stream, Santarém  
678 (PA). Brazilian Journal of Development 7:105186–105208.  
679 <https://doi.org/10.34117/bjdv7n11-239>
- 680 Strahler, AN (1957) Análise quantitativa da geomorfologia de bacias hidrográficas.  
681 Transactions, American Geophysical Union, 38(6), 913
- 682 Strunecký O, Ivanova AP, Mares J (2023) An Updated Classification of Cyanobacterial  
683 Orders and Families based on Phylogenomic and Polyphasic Analysis. J. Phycol. 59:  
684 12-51. DOI: 10.1111/jpy.13304
- 685 Trindade EGA, Dunck B (2025) Environmental preservation leads to greater beta diversity  
686 of periphytic algae in Amazonian streams. Limnologica 110
- 687 Tundisi JG, Matsumura-Tundisi T (2011) Limnology, 1<sup>a</sup>. CRC Press, Londres

688 Turland NJ et al (2018) International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants  
689 (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress  
690 Shenzhen, China, July 2017. Koeltz botanical books.

691 Uehlinger V (1964) Étude statistique dès méthodes de dénombrement planctonique. Arch.  
692 Sci, 17 (2):121-123

693 Utermöhl H. Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton-methodik. Mitt. Int.  
694 Ver. Theor. Angew. Limnol. 1958, 9:1-38

695 Zar JH (2010) Biostatistical Analysis, 5a edição, Pearson Prentice Hall, 960p

696 Zeng C, Xing R, Huang B, et al (2023) Phytoplankton in headwater streams:  
697 spatiotemporal patterns and underlying mechanisms. Front Plant Sci 14.  
698 <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1276289>

699 Zuanon J, Sawakuchi AO, Camargo M, et al. (2019) Condições para a manutenção da  
700 dinâmica sazonal de inundação, a conservação do ecossistema aquático e manutenção  
701 dos modos de vida dos povos da volta grande do Xingu. Papers do NAEA, 28:20-62

702

703

704

705

706

707

708

709

710

711

712

713

714

715

716

717

718

719

720

721 **Informações suplementares**

722 ESMS1: Táxons de fitoplâncton registradas nos igarapés da Volta Grande do Xingu, Pará,  
 723 Brasil, com suas respectivas classes, morfometrias (MORF), volume celular médio (VCM,  
 724  $\mu\text{m}^3$ ) e Frequência de ocorrência (FREQ), MF: Muito Frequente; F: Frequente; PF: Pouco  
 725 Frequente; E: Esporádica.

TÁXONS	MORF	VCM	FREQ
Filo Cyanophyta			
Classe Cyanophyceae			
<i>Aphanocapsa annulata</i> GBMcGregor	Esfera	11,5	PF
<i>Aphanocapsa elachista</i> West & GSWest	Esfera	4,2	PF
<i>Aphanocapsa incerta</i> (Lemmermann) G.Cronberg & Komárek	Esfera	7,2	PF
<i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemmermann	Esfera	72,4	PF
<i>Dolichospermum solitarium</i> (Klebahn) Walcklin, Hoffmann & Komárek	Cilindro	381,7	E
<i>Dolichospermum circinale</i> Wacklin, Hoffmann & Komárek	Cilindro	454,0	E
<i>Epigloeosphaera brasílica</i> Azevedo, Komárek & Komárková	Esfera	1,8	PF
<i>Eucapsis densa</i> Azevedo, Sant'Anna, Senna, Komárek & Komárková	Esfera	14,1	E
<i>Lyngbya</i> sp	Cilindro	166,9	E
<i>Lyngbya ceylanica</i> Wille	Cilindro	360,8	E
<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing	Esfera	65,5	E
<i>Oscillatoria</i> sp.	Cilindro	192,4	E
<i>Oscillatoria subbrevis</i> Schmidle	Cilindro	39,3	PF
<i>Oscillatoria crassa</i> (CBRao) Anagnostidis	Cilindro	119,3	E
<i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemmermann) Komárková-Legnerová & Cronberg	Cilindro	5,1	PF
<i>Pseudanabaena galeata</i> Böcher	Cilindro	8,4	PF
<i>Spirulina princeps</i> W. & G. S. West	Cilindro	147,3	E

726

727

728

729

730

731

732

733 ESMS1: Táxons de fitoplâncton registradas nos igarapés da Volta Grande do Xingu, Pará,  
 734 Brasil, com suas respectivas classes, morfometrias (MORF), volume celular médio (VCM,  
 735  $\mu\text{m}^3$ ) e Frequência de ocorrência (FREQ), MF: Muito Frequente; F: Frequente; PF: Pouco  
 736 Frequente; E: Esporádica. (Continuação)

Filo Dinophyta			
Classe Dinophyceae			
<i>Parvodinium umbonatum</i> (F. Stein) Carty	Esfera prolada	1672,6	MF
Filo Euglenophyta			
Classe Euglenophyceae			
<i>Euglena salina</i> Liebetanz	Esfera prolada	368,2	PF
<i>Euglena granulata</i> (GAKlebs) F. Schmitz	Esfera prolada	809,9	E
<i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) F. Stein	Esfera prolada	13544,9	PF
<i>Trachelomonas abrupta</i> Svirenko	Esfera prolada	6958,2	E
<i>Trachelomonas superba</i> Svirenko	Esfera prolada	6905,9	PF
<i>Trachelomonas volvocina</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	Esfera	4712,4	E
Filo Chlorophyta			
Classe Chlorophyceae			
<i>Coenochloris aquatica</i> Korshikov	Esfera	179,6	PF
<i>Coenocystis planctonica</i> Korshikov	Esfera prolada	53,0	PF
<i>Coenocystis subcylindrica</i> Korshikov	Esfera prolada	76,0	PF
<i>Desmodesmus brasiliensis</i> (Bohlin) E.Hegewald	Esfera prolada	261,8	E
<i>Golenkinia radiata</i> Chodat	Esfera	8181,3	E
<i>Hariotina reticulata</i> PADangeard	Esfera	321,6	MF
<i>Oedogonium</i> sp.1	Cilindro	883,6	E
<i>Oedogonium</i> sp.2	Cilindro	441,8	E
Classe Trebouxiophyceae			
<i>Oocystis borgei</i> J. W. Snow	Esfera prolada	654,5	E
Filo Charophyta			
Classe Zygnematophyceae			
<i>Closterium</i> sp.1	2 cones	18849,6	E
<i>Cosmarium</i> sp.2	2 meios elipsoides	549,8	E
<i>Cosmarium</i> sp.3	2 meios elipsoides	1145,4	E
<i>Cosmarium pseudoconnatum</i> Nordstedt	2 meios elipsoides	4838,1	F
<i>Desmidium quadratum</i> Nordstedt	Cilindro	5490,3	PF
<i>Hyalotheca mucosa</i> Ralfs	Esfera	7068,6	E
<i>Mougeotia</i> sp.	Cilindro	25844,6	PF
<i>Spirogyra crassa</i> (Kützing) Kützing	Cilindro	7323,9	PF
<i>Spondylosium planum</i> (Wolle) West & GSWest	Elipsoide	76,7	PF
<i>Spondylosium</i> sp.	Elipsoide	353,4	E
<i>Xanthidium bifidum</i> (Brébisson) Deflandre	2 meios elipsoides	1570,8	E
Filo Bacillariophyta			
Classe Coscinodiscophyceae			
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	Cilindro	860,1	PF
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Simonsen	Cilindro		E
		1256,6	

737

738

739 ESMS1: Táxons de fitoplâncton registradas nos igarapés da Volta Grande do Xingu, Pará,  
 740 Brasil, com suas respectivas classes, morfometrias (MORF), volume celular médio (VCM,  
 741  $\mu\text{m}^3$ ) e Frequência de ocorrência (FREQ), MF: Muito Frequente; F: Frequente; PF: Pouco  
 742 Frequente; E: Esporádica. (Continuação)

Filo Bacillariophyta			
Classe Bacillariophyceae			
<i>Actinella brasiliensis</i> Grunow	Prisma elíptico	540,0	E
<i>Amphipleura pellucida</i> (Kützing) Kützing	Prisma elíptico	2021,6	E
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> Pfitzer	Prisma elíptico	1802,5	E
<i>Cylindrotheca closterium</i> Reimann & J.C. Lewin	2 Cones	93,8	PF
<i>Cymbopleura amphicephala</i> (Nägeli ex Kützing) Krammer	Cimbeloide	208,0	E
<i>Epithemia gibba</i> (Ehrenberg) Kützing	Cimbeloide	5200,0	PF
<i>Eunotia asterionelloides</i> Hustedt	Prisma elíptico	94,3	E
<i>Eunotia robusta</i> Ralfs	Prisma elíptico	913,0	E
<i>Eunotia indica</i> Grunow	Prisma elíptico	1649,3	E
<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg	Prisma elíptico	883,6	E
<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni	Prisma elíptico	9952,6	PF
<i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>capitata</i> (Ant. Mayer) RMPatrick	Prisma elíptico	1453,0	PF
<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst	Prisma elíptico	2408,0	PF
<i>Gomphonella olivaceoides</i> (Hust.) Tuji	Gonfonemoide	4185,9	PF
<i>Gomphonema augur</i> Ehrenberg	Gonfonemoide	1530,0	E
<i>Gomphonema turris</i> Ehrenberg	Gonfonemoide	2774,1	PF
<i>Iconella linearis</i> (W. Smith.) Ruck & Nakov	Prisma elíptico	10341,4	PF
<i>Iconella tenera</i> (W. Gregory) Ruck & Nakov	Prisma elíptico	5172,2	PF
<i>Navicula</i> sp.1	Prisma elíptico	883,6	E
<i>Navicula</i> sp.2	Prisma elíptico	2454,4	E
<i>Navicula</i> sp.3	Prisma elíptico	1256,6	E
<i>Navicula</i> sp.4	Prisma elíptico	577,3	E
<i>Navicula</i> sp.5	Prisma elíptico	486,0	E
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst	Prisma sobre paralelograma	435,9	E
<i>Pinnularia acuminata</i> W. Smith	Paralelepípedo	4050,0	E
<i>Pinnularia acrosphaeria</i> W. Smith	Paralelepípedo	17850,0	E
<i>Pinnularia gibba</i> var. <i>hialina</i> Hustedt	Paralelepípedo	3775,8	E
<i>Pinnularia</i> sp.1	Paralelepípedo	4531,3	E
<i>Pinnularia</i> sp.2	Paralelepípedo	7226,6	E
<i>Pinnularia</i> sp.3	Paralelepípedo	3918,8	E
<i>Pinnularia</i> sp.4	Paralelepípedo	1800,0	E
<i>Surirella robusta</i> Ehrenberg	Prisma elíptico	14013,5	E
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	Prisma elíptico	3563,8	E
Total	79 táxons		

743

## CONCLUSÃO GERAL

O estudo nos igarapés da Volta Grande do Xingu revelou uma comunidade fitoplanctônica altamente diversificada, representada por 295 táxons, distribuídos entre os dez pontos amostrados. As classes Zygnematomyceae, Bacillariophyceae e Cyanophyceae foram as mais representativas nas amostras qualitativas. A espécie *Terpsinoë musica* Ehrenberg, típica de ambientes salobros, foi registrada, demonstrando sua capacidade de adaptação a esses ambientes. No estudo quantitativo, as diatomáceas (Bacillariophyceae) destacaram-se em termos de riqueza de espécies, enquanto as Zygnematomyceae apresentaram o maior biovolume.

A análise das relações entre as variáveis ambientais a comunidade fitoplanctônica revelou que a profundidade, largura e pH influenciam significativamente as espécies de fitoplâncton. Especificamente, ambientes com pH mais ácido favoreceram o crescimento de espécies como *Desmidium quadratum* e *Mougeotia* sp., que apresentaram maior biovolume nessas condições. Por outro lado, *Hariotina reticulata* demonstrou preferência por condições menos ácidas.

Igarapés mais profundos ofereceram condições mais favoráveis para o crescimento do fitoplâncton. Em contrapartida, igarapés mais largos apresentaram menor retenção de biovolume fitoplanctônico, como por exemplo, a espécie *Spirogyra crassa* Kützing que apresentou menor biovolume em igarapés mais largos. A dinâmica da comunidade fitoplanctônica exerce um papel fundamental na sustentação da teia trófica e na funcionalidade do ecossistema aquático. Alterações nessas comunidades podem desencadear efeitos cascata, impactando a disponibilidade de alimento para zooplâncton, macroinvertebrados e outros organismos aquáticos, além de influenciar diretamente a ciclagem de nutrientes.

Nossos resultados evidenciam que a estrutura dos habitats e as variáveis físico-químicas da água dos igarapés são cruciais para a manutenção da biodiversidade e o bom funcionamento desses ecossistemas na Volta Grande do Xingu. A alta sensibilidade do fitoplâncton às alterações ambientais destaca a necessidade de monitoramento contínuo e a implementação de medidas de conservação, recuperação de áreas degradadas e a proteção da

vegetação ripária. Essas ações são essenciais para garantir a sustentabilidade desses ambientes e os serviços ecossistêmicos que eles proporcionam.