

# **RESSALVA**

**Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo deste documento será disponibilizado somente a partir de 06/01/2028.**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP**  
**Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas - Campus de São José do Rio Preto**

**PEDRO HENRIQUE RIBEIRO MORARI**

**Efeito dos diferentes usos do solo sobre a diversidade beta taxonômica e funcional da  
comunidade zooplanctônica**

São José do Rio Preto

2025

PEDRO HENRIQUE RIBEIRO MORARI

**Efeito dos diferentes usos do solo sobre a diversidade beta taxonômica e funcional da comunidade zooplanctônica**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade.

Área de Concentração: Biodiversidade

Orientadora: Profa. Dra. Maria Stela Maioli Castilho Noll

São José do Rio Preto

2025

M829e

Morari, Pedro Henrique Ribeiro

Efeito dos diferentes usos do solo sobre a diversidade beta taxonômica e funcional da comunidade zooplancctônica / Pedro Henrique Ribeiro Morari. -- São José do Rio Preto, 2025

68 p. : il., tabs., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto

Orientadora: Maria Stela Maioli Castilho-Noll

1. Impacto ambiental. 2. Ambiente lântico. 3. LCBD. 4. SCBD. 5. Conservação. I. Título.

## **IMPACTO POTENCIAL DA PESQUISA**

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes intensidades de transformações antrópicas sobre a diversidade beta taxonômica e funcional da comunidade zooplanctônica. Compreender esses efeitos é crucial para entender os impactos ambientais na diversidade taxonômica e funcional de zooplâncton e identificar quais fatores podem afetar a comunidade, melhorando o processo de monitoramento ambiental e identificando locais com maiores prioridades para projetos de restauração.

## **POTENTIAL IMPACT OF THE RESEARCH**

This study aimed to evaluate the effect of different intensities of anthropogenic transformations on the taxonomic and functional beta diversity of the zooplankton community. Understanding these effects is crucial to understanding the environmental impacts on the taxonomic and functional diversity of zooplankton and identifying which factors may affect the community, improving the environmental monitoring process and identifying locations with higher priorities for restoration projects.

**PEDRO HENRIQUE RIBEIRO MORARI**

**Efeito dos diferentes usos do solo sobre a diversidade beta taxonômica e funcional da comunidade zooplanctônica**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade.

Área de Concentração: Biodiversidade

Data da defesa: 24/10/2025

Banca Examinadora:

Orientadora

Profa. Dra. Maria Stela Maioli Castilho Noll  
UNESP - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas - Campus de São José do Rio Preto

Titular

Profa. Dra. Danielle Katharine Petsch  
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Titular

Profa. Dra. Francieli de Fátima Bomfim  
Universidade Federal do Pará - UFPA

Suplente

Profa. Dra. Claudia Costa Bonecker  
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Suplente

Dra. Leidiane Pereira Diniz  
Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

Dedico este trabalho à todos aqueles que acreditaram e lutaram por mim quando eu mesmo não consegui ser capaz de fazer.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente, mas também especialmente, a minha família, ao meu pai Luís, a minha mãe Neide e meu irmão João Vitor, por todo o apoio, os conselhos, os incentivos, às ajudas de custo, que me permitiram concluir a minha graduação e conseguir realizar a primeira etapa da minha pós-graduação. Esse trabalho não teria acontecido sem a existência deles em minha vida.

Gostaria de agradecer também aos meus mentores, a minha orientadora Dr<sup>a</sup> Maria Stela, que deu uma chance em entrar em sua equipe, esteve no meu lado nesses últimos 6 anos, sempre me ensinando, orientando, alertando sobre meus erros, mas principalmente, confiando no meu potencial e sempre me dando oportunidades de participar dos projetos. E também ao meu co-orientador da IC, mas agora meu amigo, Dr<sup>o</sup> Natan, que depositou sua confiança e sacrificou um tempo precioso de seu doutorado para me direcionar, e continuou acreditando sempre no meu potencial acadêmico. Como fico feliz de ser seu primeiro filho científico. Aos dois, gostaria de dizer que sempre estarei de portas abertas na minha vida.

Agradeço também aos meus queridos colegas de laboratório, zooplancters ou LEZados para os íntimos, sendo Gabriel Liboni, Guilherme Calixto, Julia Brito, Brendown Kato, por todas as conversas, as risadas, os surtos, as ajudas, as discussões, meus sinceros muito obrigado. Também agradeço aos que já foram embora, a laurinha do R, Turcs (ansioso pelo seu doutorado), Camila Soares, Luana, Taís, Bianca e Natália, muito obrigado pelo tempo juntos. Por último mas não menos importante, um agradecimento a Larissa, além de ser uma amiga que merece todos os agradecimentos mencionados aos demais, também me confiou seu banco de dados do doutorado. Muito obrigado por tudo, que sejamos todos eternamente LEZados.

Não podia me esquecer dos meus amigos queridos que estiveram junto comigo nessa jornada, as maravilhosas amigas Dantielly e Caroline, minhas amigas que considero como irmãs em meu coração, e ao querido amigo Jorge Lucas, serei eternamente feliz pelo tempo em que passamos juntos. Aos amigos mais recentes, a Julia Helena (julele) e ao mais recente agregado, Eduardo Antunes, tenho o maior prazer em considerar vocês como meus amigos queridos e sou muito grato aos momentos que possamos juntos no RU e no cafezinho no LEZ.

Aos amigos da graduação, que infelizmente o tempo e a rotina nos afastaram, mas que foram fundamentais na trajetória acadêmica. A “turminha da pesada”, a Paulinha (essa em especial por ser minha amiga mais antiga, e que a graduação nos reuniu novamente), ao Gabriel Vilela, José Ângelo e Lacan, muito obrigado por tornar a graduação mais leve, e pelas aventuras em Sales.

Agradeço também aos colegas de pesquisa que conheci e me ajudaram durante a minha jornada, em especial a querida Dr<sup>a</sup> Leidiane, que me deu uma grande ajuda com as análises estatísticas e também com a estrutura do texto, muito obrigado Leidi. Também agradeço a querida Ms<sup>a</sup> Camila Moreira, pela sua ajuda ao projetor da BEPE da FAPESP, que mesmo que não tenha dado certo, sua contribuição foi muito valiosa e merece reconhecimento.

Agradeço também aos membros da Rede de Zooplâncton Neotropical, pela oportunidade em participar de eventos e projetos maravilhosos, e por me permitir ter contado com diversos especialistas que me inspiraram a desenvolver esse trabalho.

Aos meus terapeutas, o psicólogo José Antônio e o psiquiatra Mikhael Melo, pela ajuda e pelos socorros necessários durante esse período que me abriram a mente e me ajudaram a direcionar meus caminhos e escolhas.

À FAPESP, pelo apoio financeiro, concedido por meio do Processo nº 2023/10840-8, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP). - (Agosto/2024 - Julho/2025).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de pesquisa (processo 131631/2023-3). - (Agosto/2023 - Julho/2024)

“Para cada um dos seus erros, para cada noite lutando, tudo com o tempo contará uma linda história que você nunca poderia ter imaginado”  
(Autor desconhecido)

## RESUMO

A substituição da vegetação nativa por sistemas agropastoris e áreas urbanas tem gerado impactos significativos sobre a biodiversidade aquática, sendo os efeitos sobre a comunidade zooplanctônica ainda pouco compreendidos. Utilizar a diversidade beta taxonômica e funcional é uma forma de avaliar os impactos ambientais sobre a comunidade. Este estudo avaliou como diferentes intensidades de transformações antrópicas ao redor de 13 reservatórios tropicais afetam a diversidade beta zooplanctônica e os parâmetros da água. As transformações antrópicas foram avaliadas por meio do Índice de Transformação Antrópica (ITA), considerando a cobertura de pastagem, urbanização, agricultura e vegetação em um *buffer* de 200 m. As amostras zooplanctônicas foram analisadas quanto à composição taxonômica e aos atributos funcionais. Modelos lineares generalizados (GLM's) foram gerados para identificar o efeito do ITA sobre as variáveis limnológicas. Foram gerados os índices de contribuição do local para a diversidade beta taxonômico (LCBD-t) e funcional (LCBD-f). As variáveis limnológicas e o ITA foram utilizados como preditores em GLMs para explicar os padrões de LCBD. Também foram gerados os índices de contribuição da espécie para a diversidade beta (SCBD) e contribuição do traço funcional para a diversidade beta (FTCBD). Os resultados indicaram que o aumento do ITA está relacionado à redução da profundidade dos reservatórios. O aumento do ITA e do oxigênio dissolvido aumenta os valores de LCBD-t e LCBD-f. Além disso, menores valores da condutividade elétrica reduzem o LCBD-f. Espécies com maiores SCBD foram rotíferos resistentes a impactos. Traços funcionais com maior FTCBD incluíram micrófagos, reprodução sexuada, tamanho grande e habitat litorâneo. Áreas mais impactadas apresentaram menor profundidade e heterogeneidade espacial, favorecendo espécies resistentes ou competitivas. A expansão da zona litorânea decorrente da erosão pode também beneficiar espécies típicas desse habitat. Os resultados indicam que o uso do solo influencia diretamente a estrutura funcional e taxonômica das comunidades, promovendo a dominância de espécies generalistas e adaptadas a ambientes degradados. Esses achados reforçam a importância de estratégias de recuperação e restauração em áreas com elevada pressão antrópica.

**Palavras-chave:** Impacto ambiental, ambiente lântico, LCBD, SCBD, conservação

## ABSTRACT

The replacement of vegetation by agropastoral systems and urban areas has generated significant impacts on aquatic biodiversity, although the effects on the zooplankton community are still poorly understood. Using taxonomic and functional beta diversity can be a way to assess environmental impacts. This study evaluated how different intensities of anthropogenic transformations around 13 reservoirs affect zooplankton beta diversity and water parameters. Anthropogenic transformations were assessed using the Anthropogenic Transformation Index (ATI), considering pasture cover, urbanization, agriculture, and vegetation within a 200-m buffer. Zooplankton samples were analyzed for taxonomic composition and functional attributes. Generalized linear models (GLMs) were generated between the ITA and limnological variables to identify their influences. Site contribution indices for taxonomic (LCBD-t) and functional (LCBD-f) beta diversity were generated. Limnological variables and ITA were used as predictors in GLMs to explain beta diversity patterns. Indices of species contribution to beta diversity (SCBD) and functional trait contribution to beta diversity (FTCBD) were also generated. The results indicated that increased ITA is related to decreasing reservoir depth. Increased ATI and dissolved oxygen increase LCBD-t and LCBD-f values. Furthermore, reduced electrical conductivity reduces LCBD-f. Species with higher SCBD were impact-resistant rotifers. Functional traits with higher FTCBD included microphages, sexual reproduction, large size, and littoral habitat. More impacted areas had shallower depth and spatial heterogeneity, favoring resistant or competitive species. Expansion of the littoral zone by erosion may also benefit littoral species. The results indicate that land use directly influences the functional and taxonomic structure of communities, promoting the dominance of generalist species adapted to degraded environments. The study reinforces the importance of recovery and restoration strategies in areas subject to significant anthropogenic alteration.

**Keywords:** Environmental impact, lentic environment, LCBD, SCBD, conservation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Urban and rural reservoirs in the northwestern region of the state of São Paulo.	26
Figura 2 – Relationship between the ATI and reservoir depth.	35
Figura 3 – Significant relationship between LCBD-t and: (A) ATI (Anthropogenic Transformation Index), and (B) dissolved oxygen.	35
Figura 4 – Values of LCBD-t, species richness, and the Hill-Shannon index for each reservoir, São Paulo, Brazil.	36
Figura 5 – Significant relationship between LCBD-f and: (A) ATI; (B) dissolved oxygen; (C) electrical conductivity.	36
Figura 6 – Values of LCBD-f, Functional Richness (FRic), and Functional Hill diversity ( $D_1$ ) for each reservoir, São Paulo, Brazil.	37
Figura 7 - Species contributions to beta diversity (SCBD), showing species that contributed above the mean value	37
Figura 8 - Functional traits contributions to beta diversity (FTCBD), showing traits that contributed above the mean value	38
Figura 9 - Schematic summary of the calculation of the LCBD-t, LCBD-f, SCBD, and FTCBD indices, used to test hypotheses ii and iii.	63
Figura 10 - Framework employed to assess the relationship between values of taxonomic singularity and functional singularity, and the indices of taxonomic diversity and functional diversity, respectively, to test hypothesis ii.	63

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

**Ilustração 1** – Graphical Abstract

22

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Geographical coordinates of the reservoirs, the percentages of different land uses within a 200-meter buffer, for each reservoir, São Paulo, Brazil.	29
Tabela 2 – Functional traits and their respective attribute categories.	30
Tabela 3 – Values of the predictor variables for each reservoir. <i>Chaoborus</i> (); Fish (); E.C. (electrical conductivity, $\mu\text{S cm}^{-1}$ ); Depth (meters); S.D. (Secchi transparency, meters); pH; T° (temperature, °C); TN (Total Nitrogen, $\mu\text{g L}^{-1}$ ); TP (Total Phosphorus, $\mu\text{g L}^{-1}$ ); Chl-a (chlorophyll-a concentration, $\mu\text{g L}^{-1}$ ); S.M. (Suspended Material, $\text{mg L}^{-1}$ ).	34
Tabela 4 - List of species and their respective functional attributes	56

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ATI	Anthropogenic Transformation Index
LCBD-t	Local Contribution to Taxonomic Beta Diversity
LCBD-f	Local Contribution to Functional Beta Diversity
SCBD	Species Contribution to Beta Diversity
FTCBD	Functional Traits Contribution to Beta Diversity

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>2 Capítulo único: Proposta de artigo científico</b>	<b>19</b>
2.1 Abstract	21
2.2 Highlights	21
2.3 Graphical Abstract	22
2.4 Introduction	23
2.5 Material and methods	25
2.5.1 Study area	25
2.5.2 Sampling of limnological variables and biological communities	26
2.5.3 Land use data	27
2.5.4 Functional Classification of the Zooplankton Community	30
2.5.5 Data Analysis	32
2.6 Results	33
2.6.1 Relationship between ATI and predictor variables	33
2.6.2 Relationship between predictor variables and taxonomic and functional uniqueness	35
2.6.3 Contribution of Species and Functional Traits to beta diversity	37
2.7 Discussion	39
2.8 Acknowledgements	42
2.9 Author Contribution Statement	42
3 References	43
4 Supplementary Material 1 - List of species and their respective functional attributes	56
5 Supplementary Material 2 - Schematic summary for the calculation of beta diversity indices	63
<b>6 CONCLUSÃO</b>	<b>64</b>
<b>7 REFERÊNCIAS</b>	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos principais impactos ambientais na atualidade são as diferentes intensidades de transformações antrópicas sobre os ambientes naturais. Dentre elas, a perda da vegetação natural para implementação de sistemas de agropastagem e para a expansão das áreas de habitação humana tem se tornado cada vez mais frequente (Chen et al. 2021; Rolls et al. 2023), sendo uma das principais causas para o declínio da biodiversidade no Antropoceno (McGill et al. 2015; Morrison et al. 2020). Esse impacto não se restringe apenas aos ambientes terrestres, uma vez que os ambientes aquáticos também são afetados devido ao desmatamento da vegetação ripária (Castello and Macedo, 2016; Albert et al. 2021).

A vegetação ripária atua como uma fonte de recurso alóctone para organismos aquáticos, além de funcionar como um filtro biológico que retém a liberação de sedimento e nutrientes dos solos adjacentes para os corpos d'água e auxilia na estabilidade da temperatura e luminosidade nesses ambientes (Castello and Macedo, 2016; Jankowski et al. 2021). Alguns estudos têm demonstrado a capacidade da vegetação ripária em absorver os compostos a base de base de nitrogênio (N) e fósforo (P), impedindo um aumento de suas concentrações (Larson et al. 2019; Dos Santos et al. 2020a; Rojas-Castillo et al. 2023). Sendo assim, a retirada da vegetação ripária pode acarretar em consequências negativas sobre os ambientes aquáticos.

Vários estudos demonstram que as transformações antrópicas ao entorno dos ambientes aquáticos têm afetado negativamente as comunidades aquáticas (Fierro et al., 2017; Fugère et al., 2018; Collyer et al., 2023; Dos Santos et al., 2023). A implementação de sistemas de agricultura utiliza da aplicação de fertilizantes para sua manutenção, acarretando em uma maior liberação de nutrientes aos ambientes aquáticos, principalmente fósforo e nitrogênio (Cunha et al., 2020, Göpel et al., 2020). O aumento dessa concentração de nutrientes pode provocar um aumento na abundância da comunidade fitoplanctônica e a prevalência de cianobactérias potencialmente tóxicas, ocasionando impacto negativamente como redução do oxigênio diminuição na riqueza de espécies do zooplâncton (Hu et al., 2021; Dos Santos et al., 2021).

Outro tipo de uso de solo que afeta drasticamente os ecossistemas aquáticos são as paisagens urbanas que causam um declínio na diversidade de espécies (Myers et al., 2019; Liu et al., 2021). Esses impactos estão relacionados principalmente às perturbações antropogênicas, tais como escoamento, a liberação de poluentes urbanos e uso inadequado dos reservatórios urbanos de abastecimento (Briers et al., 2014). Essas diversas formas de danos ambientais causam alterações nas condições abióticas desses ambientes aquáticos, resultando na diminuição da riqueza taxonômica de espécies aquáticas (Hill et al., 2016; Heino et al., 2017).

As transformações antrópicas podem ocorrer através de uma combinação de diferentes usos do solo em uma determinada paisagem, o que pode refletir em diferentes intensidades dos efeitos sobre os ambientes aquáticos. Alguns estudos demonstraram que a implementação de sistemas agrícolas, mesmo mantendo uma parte da cobertura vegetal, afetou a diversidade de peixes em riachos (Casatti et al., 2012; Zeni et al., 2014, 2019). O mesmo efeito também pode ser observado para macroinvertebrados de riachos (Marques et al., 2021; Myers et al., 2021; Pratiwi et al., 2024), onde um estudo demonstrou que reduzir apenas 6,5% de vegetação ripária em um buffer de 50 metros aos entornos dos riachos já foi suficiente para afetar essa comunidade (Dala-Corte et al., 2020).

Entretanto, ainda há escassez de trabalhos que abordem o efeito do uso do solo sobre as comunidades dos ambientes lênticos (Elmoor-Loureiro et al., 2022; Castilho-Noll et al., 2023). Uma das principais comunidades aquáticas de ambientes lênticos que ainda carece de estudos, e que são afetadas pela mudança no uso do solo em paisagens agropastoris é a zooplânctônica (Dos Santos et al., 2021; Paquette et al., 2022).

A comunidade zooplânctônica exerce um papel central na dinâmica de ecossistemas aquáticos. Essa importância se deve principalmente à estruturação das teias alimentares, pois são muito eficientes como consumidores do fitoplâncton e conectam o fluxo de energia para o próximo nível trófico (Iglesias et al., 2011; Karpowicz et al., 2023). Além disso, o zooplâncton, ao se alimentar de espécie de algas liberadoras de toxinas, contribui para melhora da qualidade da água, resultando em um ambiente aquático com maior transparência e menor teor de fósforo e nitrogênio nos ambientes (Ekvall et al., 2014; Amorim et al., 2019; Amorim and Moura, 2021). Observar as características funcionais do zooplâncton, por meio da diversidade funcional, pode ser uma ferramenta eficiente para entender como os impactos causados pelas mudanças ambientais sobre a diversidade funcional das espécies afetam o funcionamento do ecossistema. A ecologia funcional do zooplâncton considera como as diversas adaptações morfológicas, fisiológicas e comportamentais, que caracterizam os traços funcionais desse grupo, podem determinar as funções que desempenham e, conseqüentemente, influenciar o funcionamento dos ecossistemas (Litchman et al., 2013; Sodr e and Bozelli, 2019).

Uma das formas de avaliar os impactos ambientais sobre uma comunidade é avaliando a sua diversidade beta (Diniz et al., 2021; Ramos et al., 2022). A diversidade beta pode ser definida como a diferença na composição de espécies de comunidades entre habitats. A abordagem utilizando a diversidade beta não se restringe apenas à variação na composição de espécies (diversidade beta taxonômica), mas também pode considerar as diferentes características funcionais das espécies (diversidade beta funcional) (Diniz et al., 2021). Em

relação a comunidade zooplancônica, muitos estudos conseguiram detectar que impactos ambientais podem estar estruturando os padrões de diversidade beta, sendo um desses impactos as modificações de uso do solo (Dos Santos et al., 2021; Paquette et al., 2022; Bomfim et al., 2024). Entretanto, o foco desses estudos se concentra na diversidade beta taxonômica, carecendo assim de um paralelo sobre as diferenças na composição funcional, bem como os possíveis efeitos das mudanças do uso do solo sobre os traços funcionais do zooplâncton.

Uma das formas de calcular a diversidade beta é utilizando a abordagem proposta por Legendre and De Cáceres (2013), que separa a diversidade beta em dois componentes: LCDB (Contribuição do local para a diversidade beta) e SCDB (Contribuição da espécie para a diversidade beta). O LCDB calcula a contribuição de cada local para a diversidade beta, podendo demonstrar diferenças na composição das espécies (LCBD-t) e/ou traços funcionais (LCBD-f) entre cada sítio. Altos valores de LCDB podem indicar locais com baixa diversidade de espécies e, conseqüentemente, demonstrar que esses locais precisam de restauração ecológica (Legendre and De Cáceres, 2013; Leão et al., 2020; Bomfim et al., 2023). O SCDB quantifica a quantidade de contribuição de cada espécie para a diversidade beta, mas também pode quantificar a contribuição dos traços funcionais para diversidade beta (neste artigo, denominado de FTCBD). Tanto espécies quanto traços funcionais com maiores abundâncias apresentam maiores variações entre os locais amostrados, conseqüentemente, apresentando altas contribuições para a diversidade beta (Heino and Grönroos, 2016). Alguns trabalhos têm demonstrado que essa métrica tem sido fundamental para detectar locais que estão impactando comunidades aquáticas, indicando pontos que seriam necessários para restauração (Heino et al., 2022; Diniz et al., 2021; Santos et al., 2024).

Poucos estudos têm utilizado os índices LCDB e SCDB, tanto numa abordagem taxonômica quanto funcional, podendo-se citar estudos realizados com peixes, macrófitas e macroinvertebrados. Esses trabalhos têm demonstrado que essas métricas têm sido fundamentais para elaboração de medidas de conservação para esses ambientes (Heino et al., 2022; Mathers et al., 2024). Sendo assim, realizar estudos que avaliem a diversidade beta taxonômica e funcional pode ser importante não apenas para uma melhor compreensão dos efeitos das transformações antrópicas sobre a comunidade zooplancônica, mas também identificar locais que estejam mais vulneráveis para propor medidas de recuperação de comunidades ou restauração florestal.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo principal verificar o efeito de diferentes intensidades de transformações antrópicas no entorno de reservatórios sobre a

diversidade beta taxonômica e funcional da comunidade zooplanctônica. Diante disso, formulamos as seguintes hipóteses:

- I. Reservatório com altos níveis de intensidade de uso do solo vão apresentar maiores concentrações de nutrientes (Fósforo e Nitrogênio total) e maior concentração de material em suspensão. Esse aumento é devido a uma maior deposição de sedimentos e compostos tóxicos pelo processo de lixiviação em locais com menos vegetação ripária.
- II. O aumento no nível de intensidade de uso do solo ao entorno dos reservatórios, impulsiona a LCBD-t e a LCBD-f do zooplâncton, refletindo em locais com baixa diversidade taxonômica e funcional (Brito et al., 2020; De Souza et al., 2024). Essa relação será observada devido aos impactos do uso do solo sobre a comunidade zooplanctônica.
- III. As espécies e traços funcionais com altos valores de SCBD e FTCBD, respectivamente, são mais generalistas, com altas abundâncias em comparação com as demais espécies. Isto ocorre, pois, locais com mudanças no uso do solo ocasionam em mudanças na qualidade ambiental dos reservatórios, fazendo com que apenas espécies mais generalistas e resistentes consigam permanecer.

## 6 CONCLUSÃO

Em conclusão, nosso estudo demonstra que altos níveis de transformações antrópicas ao entorno dos reservatórios estruturam a diversidade beta taxonômica e funcional da comunidade zooplanctônica. Nossa hipótese (i) foi refutada, uma vez que altos níveis de transformações antrópicas não acarretaram em altas concentrações de nutrientes, mas diminuíram a profundidade dos reservatórios. A hipótese (ii) foi corroborada, pois altos níveis de transformações antrópicas impulsionaram locais com maiores singularidades taxonômicas e funcionais, demonstrando ser reservatórios com baixa diversidade taxonômica e funcional. Por fim, a hipótese (iii) foi corroborada, pois as espécies e traços com maiores contribuições são conhecidas por serem mais generalistas e resistentes, além de melhores competidoras.

A compreensão dos efeitos das transformações antrópicas na diversidade beta taxonômica e funcional além de fundamental para um melhor embasamento sobre os processos ecológicos da comunidade zooplanctônica, também pode ser uma ferramenta para monitoramento ambiental, indicando possíveis locais que estejam mais impactados para propor medidas de recuperação de comunidades ou restauração ecológica.

## 7 REFERÊNCIAS

- ALBERT, James S. et al. Scientists' warning to humanity on the freshwater biodiversity crisis. **Ambio**, v. 50, n. 1, p. 85-94, 2021.
- AMORIM, Cihelio Alves; DO NASCIMENTO MOURA, Ariadne. Ecological impacts of freshwater algal blooms on water quality, plankton biodiversity, structure, and ecosystem functioning. **Science of the Total Environment**, v. 758, p. 143605, 2021.
- AMORIM, Cihelio Alves et al. Seasonal variations of morpho-functional phytoplankton groups influence the top-down control of a cladoceran in a tropical hypereutrophic lake. **Aquatic Ecology**, v. 53, n. 3, p. 453-464, 2019.
- BOMFIM, Francieli F. et al. Land use increases macrophytes beta diversity in Amazon streams by favoring amphibious life forms species. **Community Ecology**, v. 24, n. 2, p. 159-170, 2023.
- BOMFIM, Francieli de Fátima et al. Land use changes drive zooplankton ecological uniqueness and species contributions in Amazon ponds and streams. **Aquatic Sciences**, v. 86, n. 4, p. 89, 2024.
- BRAUER, Chris J.; BEHEREGARAY, Luciano B. Recent and rapid anthropogenic habitat fragmentation increases extinction risk for freshwater biodiversity. **Evolutionary applications**, v. 13, n. 10, p. 2857-2869, 2020.
- CASATTI, Lilian et al. From forests to cattail: how does the riparian zone influence stream fish?. **Neotropical Ichthyology**, v. 10, p. 205-214, 2012.
- CASTELLO, Leandro; MACEDO, Marcia N. Large-scale degradation of Amazonian freshwater ecosystems. **Global change biology**, v. 22, n. 3, p. 990-1007, 2016.
- CASTILHO-NOLL, Maria Stela Maioli et al. A review of 121 years of studies on the freshwater zooplankton of Brazil. **Limnologica**, v. 100, p. 126057, 2023.
- CHEN, Shuo et al. Agricultural land use changes stream dissolved organic matter via altering soil inputs to streams. **Science of the Total Environment**, v. 796, p. 148968, 2021.
- COLLYER, Giovanna et al. Land-use intensification systematically alters the size structure of aquatic communities in the Neotropics. **Global Change Biology**, v. 29, n. 14, p. 4094-4106, 2023.
- CUNHA, Davi Gasparini Fernandes et al. Agriculture influences ammonium and soluble reactive phosphorus retention in South American headwater streams. **Ecohydrology**, v. 13, n. 2, p. e2184, 2020.
- DALA-CORTE, Renato B. et al. Thresholds of freshwater biodiversity in response to riparian vegetation loss in the Neotropical region. **Journal of Applied Ecology**, v. 57, n. 7, p. 1391-1402, 2020.
- DINIZ, Leidiane Pereira et al. Environmental filter drives the taxonomic and functional  $\beta$ -diversity of zooplankton in tropical shallow lakes. **Hydrobiologia**, v. 848, n. 8, p. 1881-1895, 2021.

DA SILVA, Pedro Giovâni; HERNÁNDEZ, Malva Isabel Medina; HEINO, Jani. Disentangling the correlates of species and site contributions to beta diversity in dung beetle assemblages. **Diversity and Distributions**, v. 24, n. 11, p. 1674-1686, 2018.

DOS SANTOS, Danilo Rheinheimer et al. Weirs control phosphorus transfer in agricultural watersheds. **Water, Air & Soil Pollution**, v. 231, n. 9, p. 486, 2020.

DOS SANTOS, Eduardo Fernando; ABRA, Juliana; CASTILHO-NOLL, Maria Stela M. Does land use influence the local and regional structure of the rotifer assemblage?. **Hydrobiologia**, v. 848, n. 5, p. 1059-1072, 2021.

DOS SANTOS, Natan Guilherme et al. Total nitrogen and pH are key variables for functional structure of zooplanktonic communities in an agropastoral landscape. **Science of the Total Environment**, v. 891, p. 164031, 2023.

ELMOOR-LOUREIRO, L. M. A. et al. Towards a synthesis of the biodiversity of freshwater Protozoa, Rotifera, Cladocera, and Copepoda in Brazil. **Limnologia**, v. 100, p. 126008, 2023.

EKVALL, Mattias K.; URRUTIA-CORDERO, Pablo; HANSSON, Lars-Anders. Linking cascading effects of fish predation and zooplankton grazing to reduced cyanobacterial biomass and toxin levels following biomanipulation. **PloS one**, v. 9, n. 11, p. e112956, 2014.

FIERRO, Pablo et al. Effects of local land-use on riparian vegetation, water quality, and the functional organization of macroinvertebrate assemblages. **Science of the total environment**, v. 609, p. 724-734, 2017.

FUGÈRE, Vincent et al. Ecosystem structure and function of afro-tropical streams with contrasting land use. **Freshwater Biology**, v. 63, n. 12, p. 1498-1513, 2018.

GÖPEL, Jan et al. Assessing the effects of agricultural intensification on natural habitats and biodiversity in Southern Amazonia. **PloS one**, v. 15, n. 11, p. e0225914, 2020.

HEINO, Jani et al. Unravelling the correlates of species richness and ecological uniqueness in a metacommunity of urban pond insects. **Ecological indicators**, v. 73, p. 422-431, 2017.

HEINO, Jani; GRÖNROOS, Mira. Exploring species and site contributions to beta diversity in stream insect assemblages. **Oecologia**, v. 183, n. 1, p. 151-160, 2016.

HILL, Matthew J. et al. Macroinvertebrate diversity in urban and rural ponds: Implications for freshwater biodiversity conservation. **Biological Conservation**, v. 201, p. 50-59, 2016.

HU, Ling et al. Human impacts on the cladoceran community of Jili Lake, arid NW China, over the past century. **Journal of Paleolimnology**, v. 68, n. 1, p. 59-70, 2022.

IGLESIAS, Carlos et al. High predation is of key importance for dominance of small-bodied zooplankton in warm shallow lakes: evidence from lakes, fish enclosures and surface sediments. **Hydrobiologia**, v. 667, n. 1, p. 133-147, 2011.

JANKOWSKI, Kathi Jo et al. Land use change influences ecosystem function in headwater streams of the lowland Amazon Basin. **Water**, v. 13, n. 12, p. 1667, 2021.

KARPOWICZ, Maciej et al. Humic lakes with inefficient and efficient transfer of matter in planktonic food webs. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 7913, 2023.

LARSON, Danelle M.; DODDS, Walter K.; VEACH, Allison M. Removal of woody riparian vegetation substantially altered a stream ecosystem in an otherwise undisturbed grassland watershed. **Ecosystems**, v. 22, n. 1, p. 64-76, 2019.

LEÃO, Híngara et al. Ecological uniqueness of fish communities from streams in modified landscapes of Eastern Amazonia. **Ecological Indicators**, v. 111, p. 106039, 2020.

LEGENDRE, Pierre; DE CÁCERES, Miquel. Beta diversity as the variance of community data: dissimilarity coefficients and partitioning. **Ecology letters**, v. 16, n. 8, p. 951-963, 2013.

LITCHMAN, Elena; OHMAN, Mark D.; KIØRBOE, Thomas. Trait-based approaches to zooplankton communities. **Journal of plankton research**, v. 35, n. 3, p. 473-484, 2013.

LIU, Zhenyuan et al. Effects of different types of land-use on taxonomic and functional diversity of benthic macroinvertebrates in a subtropical river network. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 32, p. 44339-44353, 2021.

MARQUES, Nubia C. S. et al. Riparian forests buffer the negative effects of cropland on macroinvertebrate diversity in lowland Amazonian streams. **Hydrobiologia**, v. 848, n. 15, p. 3503-3520, 2021.

MATHERS, Kate L. et al. How effective are ecological metrics in supporting conservation and management in degraded streams?. **Biodiversity and Conservation**, v. 33, n. 14, p. 3981-4002, 2024.

MCGILL, Brian J. et al. Fifteen forms of biodiversity trend in the Anthropocene. **Trends in ecology and evolution**, v. 30, n. 2, p. 104-113, 2015.

MORRISON, Beth ML; BROSI, Berry J.; DIRZO, Rodolfo. Agricultural intensification drives changes in hybrid network robustness by modifying network structure. **Ecology Letters**, v. 23, n. 2, p. 359-369, 2020.

MYERS, Daniel TL et al. Relating environmental variables with aquatic community structure in an agricultural/urban coldwater stream. **Ecological Processes**, v. 10, n. 1, p. 37, 2021.

PAQUETTE, Cindy et al. Zooplankton assemblage structure and diversity since pre-industrial times in relation to land use. **Global Ecology and Biogeography**, v. 31, n. 11, p. 2337-2352, 2022.

PRATIWI, Desty et al. Effect of land use type on macrobenthos assemblages, distribution, and functional guild in Upstream Citarum River. **Ecological Indicators**, v. 160, p. 111849, 2024.

RAMOS, Eliêta A. et al. Influence of spatial and environmental factors on the structure of a zooplankton metacommunity in an intermittent river. **Aquatic Ecology**, v. 56, n. 1, p. 239-249, 2022.

ROJAS-CASTILLO, O. A. et al. Forest buffer-strips mitigate the negative impact of oil palm plantations on stream communities. **Science of the Total Environment**, v. 873, p. 162259, 2023.

ROLLS, Robert J. et al. Biotic homogenisation and differentiation as directional change in beta diversity: synthesising driver–response relationships to develop conceptual models across ecosystems. **Biological Reviews**, v. 98, n. 4, p. 1388-1423, 2023.

SANTOS, Gleice S. et al. What drives zooplankton taxonomic and functional  $\beta$  diversity? A review of Brazilian rivers. **Hydrobiologia**, v. 851, n. 5, p. 1305-1318, 2024.

SODRÉ, Elder de Oliveira; BOZELLI, Reinaldo Luiz. How planktonic microcrustaceans respond to environment and affect ecosystem: a functional trait perspective. **International Aquatic Research**, v. 11, n. 3, p. 207-223, 2019.

ZENI, Jaqueline O.; CASATTI, Lilian. The influence of habitat homogenization on the trophic structure of fish fauna in tropical streams. **Hydrobiologia**, v. 726, n. 1, p. 259-270, 2014.

ZENI, Jaqueline O. et al. Stochastic species loss and dispersal limitation drive patterns of spatial and temporal beta diversity of fish assemblages in tropical agroecosystem streams. **Hydrobiologia**, v. 847, n. 18, p. 3829-3843, 2020.