

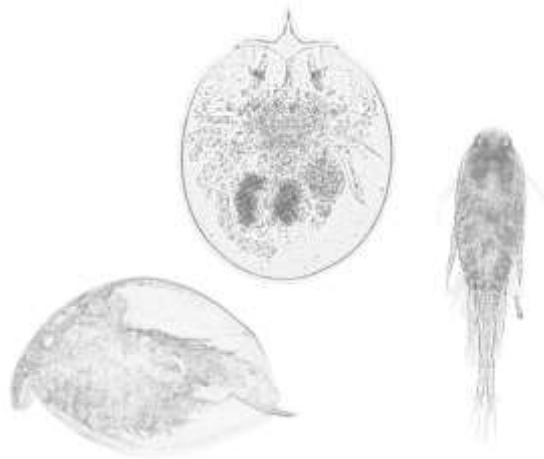
RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 28/02/2022.

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)
Instituto de Biociências de Botucatu

**Diversidade beta e funcional do zooplâncton em lagoas marginais
com conectividade hidrológica com um rio tropical**

PAULA NUNES COELHO



Botucatu-SP

2020

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)

Instituto de Biociências de Botucatu

Diversidade beta e funcional do zooplâncton em lagoas marginais com conectividade hidrológica com um rio tropical

Paula Nunes Coelho

Orientador: Prof. Dr. Raoul Henry

Tese apresentada ao Instituto de Biociências
Universidade Estadual Paulista – Campus de
Botucatu – como parte dos requisitos para a
obtenção do Título de Doutor em Ciências
Biológicas – Área de concentração:
Zoologia

Banca examinadora:

Prof. Dr. Raoul Henry (Unesp - Botucatu)

Prof. Dr. Gilmar Perbiche Neves (Ufscar – São Carlos)

Dra. Silvia M. C. Casanova (Consultoria Limnética - Botucatu)

Profa. Dra. Maria Stela Maioli Castilho Noll (IBILCE-Unesp – São José do Rio Preto)

Dr. Jorge Laço Portinho (Unesp – Rio Claro)

Botucatu-SP

2020

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Coelho, Paula Nunes.

Diversidade beta e funcional do zooplâncton em lagoas marginais com conectividade hidrológica com um rio tropical / Paula Nunes Coelho. - Botucatu, 2020

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Raoul Henry

Capes: 20502001

1. Macrófitas. 2. Ecologia litorânea. 3. Biodiversidade. 4. Zooplâncton. 5. Inundações.

Palavras-chave: diversidade taxonômica; macrófitas; metacomunidades; pulso de inundação; zona litorânea.

Agradecimentos

Ao Prof. Raoul pela orientação prestada, amizade, ensinamentos, o incentivo a ciência, pela oportunidade em ministrar cursos, palestras e pela participação no projeto de extensão “Águas da Esperança”. Obrigada pela construção da minha formação profissional.

Aos meus pais e família por todo apoio e confiança. Sem vocês eu não teria conseguido realizar esse sonho.

Ao meu noivo, amigo e companheiro Valter por todo apoio, incentivo, direcionamento, encorajamento e cuidado comigo.

Ao Hamilton, Miguel e Joaquim pela ajuda e esforço na coleta do material em campo.

Aos amigos do laboratório Dani, Luana, Matinho, Bárbara, Marco Aurélio, Carol mineira, Carol Pratânia, Rafaela, Bruna, Gabriel pela amizade, auxílios e conversas.

Ao Eduardo pela amizade e pela ajuda com as análises estatísticas.

À Karime Paina, Iollanda Josué, Vanessa Daga e Gilmar Perbiche pela ajuda com as análises de diversidade funcional e diversidade beta.

Aos membros da banca de qualificação Marcos Nogueira e Gilmar Perbiche pelas valiosas sugestões à tese.

Ao Instituto de Biociências da Unesp de Botucatu pela estrutura.

Ao CNPq (141323/2018-3) pela bolsa de doutorado e pelo suporte financeiro.

Resumo

As lagoas marginais são habitats lênticos, laterais ao rio, que podem manter comunicação permanente ou não com o rio. Nesses ecossistemas é encontrada elevada biodiversidade aquática, inclusive de zooplâncton. O objetivo deste estudo foi verificar diferenças na estrutura da comunidade zooplanctônica em lagoas marginais com diferentes níveis de conectividade hidrológica, por meio dos atributos ecológicos (riqueza, abundância, diversidade beta e funcional). Foi analisada a influência da conectividade hidrológica na comunidade de Cladocera e Rotifera em seis lagoas marginais antes e após um pulso de inundação do rio Paranapanema. Os resultados mostram que a estrutura da comunidade de Cladocera e Rotifera tende a ser mais distinta após o pulso de inundação. A diversidade beta foi mais elevada nas lagoas isoladas e na lagoa conectada que possui alta compartimentalização. Outro tema abordado diz respeito à análise da distribuição de Rotifera em um gradiente longitudinal da zona litorânea e envolvendo também a zona pelágica de uma lagoa marginal colonizada por macrófitas, por meio da diversidade taxonômica e funcional. A diversidade taxonômica foi maior na região de ecótono (transição da zona pelágica e litorânea) enquanto a diversidade funcional foi mais elevada na zona litorânea da lagoa. Neste estudo, também foi descrito como os microcrustáceos estão distribuídos em um transecto horizontal da zona litorânea e pelágica de uma lagoa marginal. A comunidade de microcrustáceos foi dividida em seis grupos funcionais, com predomínio do grupo G2 (bosminídeos) na lagoa. As macrófitas tiveram forte influência nas variações da diversidade taxonômica e funcional da comunidade por oferecer alta disponibilidade de nichos ecológicos e maior complexidade de habitats para os microcrustáceos. Por fim, a diversidade taxonômica e funcional da comunidade de microcrustáceos foi mais alta no compartimento litorâneo da lagoa.

Palavras-chave: pulso de inundação, metacomunidades, macrófitas, diversidade taxonômica, zona litorânea, zona pelágica.

Abstract

The marginal lakes are lentic habitats, lateral to the river, that can maintain permanent communication or not with the river. High aquatic biodiversity is found in these ecosystems, including zooplankton. The aim of this study was to verify differences in the structure of the zooplankton community in marginal lakes with different levels of hydrological connectivity, through ecological attributes (richness, abundance, beta and functional diversity). The influence of hydrological connectivity in the community of Cladocera and Rotifera in six marginal lakes was analyzed before and after the Paranapanema River pulse flood. The beta diversity was higher in isolated lakes and in connected lakes, which has high compartmentalization. Another topic addressed concerns the analysis of the distribution of Rotifera in a longitudinal gradient of the littoral zone and also involving the pelagic zone of a marginal lake colonized by macrophytes, through taxonomic and functional diversity. Taxonomic diversity was greater in the ecotone region (transition from the pelagic and littoral zone) while the functional diversity was higher in the littoral zone of the lake. In this study, it was also described how microcrustaceans are distributed in a horizontal transect of the littoral and pelagic zone of a marginal lake. The microcrustacean community was divided into six functional groups, with a predominance of the G2 group (bosminids) in the lake. Macrophytes had a strong influence on variations in the taxonomic and functional diversity of the community because they offer high availability of ecological niches and greater complexity of habits for microcrustaceans. Finally, the taxonomic and functional diversity of the microcrustacean community was higher in the littoral compartment of the lake.

Keywords: flood pulse, metacommunities, macrophytes, taxonomic diversity, littoral zone, pelagic zone.

Sumário

Introdução Geral	7
<i>Capítulo 1</i>	11
Resumo	12
Introdução	12
Materiais e Métodos	14
Resultados	18
Discussão	26
Conclusão	30
Referências Bibliográficas	31
Material Suplementar	37
<i>Capítulo 2</i>	39
Resumo	40
Introdução	41
Materiais e Métodos	42
Resultados	46
Discussão	51
Referências Bibliográficas	55
Material Suplementar	60
<i>Capítulo 3</i>	65
Resumo	66
Introdução	67
Materiais e Métodos	68
Resultados	71
Discussão	78
Conclusões	81
Referências Bibliográficas	82
Material Suplementar	87
Conclusões	92

Introdução Geral

As inundações ocasionadas pelo represamento dos rios transformam os sistemas lóticos em lênticos provocando alterações na velocidade da corrente e na dinâmica das comunidades dos ambientes transicionais terrestres e aquáticos. Na zona de desembocadura do Rio Paranapanema, na Represa de Jurimirim/SP (bacia do alto Rio Paranapanema), é observado um conjunto de lagoas marginais que apresentam atributos ecológicos semelhantes às planícies de inundação. No entanto, esses ambientes são classificados como áreas úmidas artificiais (Junk et al., 2014), pois apresentam uma amplitude variável em função do sistema operacional da represa.

As lagoas marginais são consideradas habitats laterais a rios, lênticos, geralmente rasos, que podem manter comunicação permanente ou não com o rio. Nesses ecossistemas é encontrada elevada riqueza de habitats e microhabitats favorecendo a sobrevivência de inúmeros organismos.

O funcionamento dos ecossistemas e os padrões de biodiversidade nas lagoas marginais dependem das oscilações do nível da água e da conectividade hidrológica (Junk et al., 1989). Em períodos de cheias, os rios transbordam e a água influi nas depressões laterais favorecendo a dispersão de espécies entre os diferentes ambientes aquáticos adjacentes (Bayley, 1995) enquanto em épocas de seca, pode ocorrer o isolamento das lagoas marginais com o canal principal do rio. Algumas destas lagoas podem permanecer íntegras até a próxima inundação enquanto outras secam por completo. Como consequência da perda de conectividade é comum os organismos residentes utilizarem como estratégia modificações no tamanho das suas populações ou adaptações para colonizar novos habitats, alterando a estrutura das comunidades aquáticas desses ambientes (Junk et al., 1989; Neiff, 1990).

A comunidade zooplancônica possui um papel determinante na integridade dos ambientes aquáticos, pois participa da ciclagem de nutrientes e na transferência de energia na cadeia alimentar. A presença de macrófitas é um fator determinante na riqueza de espécies do zooplâncton na coluna d'água em lagoas marginais a rios (Colares et al., 2013). As macrófitas aumentam a disponibilidade de habitats e de nichos ecológicos, propiciando o aumento da oferta de alimento e refúgio para os organismos; consequentemente, novos microrganismos, invertebrados e pequenos peixes são atraídos

por predadores resultando em maior riqueza e abundância populacional (Thomaz & Cunha, 2010).

A zona litorânea dos ambientes aquáticos compreende grande parte da diversidade de Cladocera (Forró et al., 2008) e Rotifera (Segers, 2008). O zooplâncton que vive associado à vegetação aquática distingue-se dos organismos encontrados na zona pelágica. As espécies pelágicas de cladóceros são representadas por alguns organismos filtradores das famílias Moinidae, Sididae e Daphniidae. Na zona pelágica os organismos são planctônicos, alimentam-se pela filtração de partículas em suspensão na água e geralmente vivem em águas abertas sendo mais expostos às alterações ambientais em decorrência do movimento de circulação da água e pelos ventos.

Diversos índices ecológicos como por exemplo, diversidade alfa (local), beta e regional têm sido utilizados como ferramenta para medir a diversidade de espécies em ambientes. A diversidade beta corresponde à composição de espécies em distintos ecossistemas ao longo de um gradiente ambiental (Whittaker, 1960), no espaço ou no tempo (Anderson et al., 2011).

A perda de espécies ao longo de um gradiente ambiental também pode afetar o funcionamento dos ecossistemas e os serviços ecossistêmicos (Naeem et al. 2012). O índice de diversidade funcional é outra ferramenta que utiliza os traços funcionais das espécies e permite avaliar as interações das espécies com o ambiente (Petchey & Gaston, 2002; Villéger et al., 2008). O número de estudos com zooplâncton em águas continentais envolvendo a abordagem funcional teve um aumento nos últimos anos (Gomes et al., 2019), mas ainda permanecem pouco compreendidas as funções que as espécies desempenham no ambiente, em especial nos compartimentos litorâneos e pelágicos em ambientes aquáticos. Diante disso, o objetivo deste estudo foi verificar diferenças na estrutura da comunidade zooplânctônica em lagoas marginais conectadas e isoladas na desembocadura do Rio Paranapanema, com ênfase nas medidas tradicionais (i.e., riqueza, abundância), na diversidade beta e funcional.

No primeiro capítulo, foi apresentado uma análise da influência da conectividade hidrológica sobre a diversidade beta e os atributos ecológicos da comunidade de Rotifera e Cladocera em seis lagoas marginais com conectividade hidrológica distinta. Além disso, foi identificado quais variáveis limnológicas nas lagoas podem afetar a estrutura da comunidade de Rotifera e Cladocera em dois períodos distintos.

No segundo capítulo, foi investigada a diversidade taxonômica e funcional de Rotifera ao longo de um gradiente longitudinal de vegetação aquática, desde a zona

litorânea até a pelágica em uma lagoa tropical marginalmente conectada com o rio. Neste capítulo foi descrito as variáveis limnológicas, as espécies e os traços funcionais de rotíferos que mais contribuíram em cada compartimento da lagoa.

No terceiro capítulo, foram abordados os grupos funcionais de microcrustáceos em um gradiente horizontal entre a zona litorânea e pelágica de uma lagoa marginal. A diversidade taxonômica e funcional da comunidade de microcrustáceos ao longo do gradiente também foram analisadas neste capítulo.

Referências Bibliográficas

- Anderson, M.J., Crist, T.O., Chase, J.M., Vellend, M., Inouye, B.D., Freestone, A.L., Sanders, N.J; Cornell, H.V., Comita, L.S., Davies, K.F., Harrison, S.P. et al. 2011. Navigating the multiple meanings of β diversity: a roadmap for the practicing ecologist. *Ecology letters*, 14(1): 19-28.
- Bayley, P.B. 1995. Understanding Large Rivers – Floodplain Ecosystems. *BioScience*, 45: 153-158.
- Colares, M.A.M., Bonecker, C.C., Simões, N.R., Alves, G.M., Lansac-Tôha, F.A. 2013. Structure of the zooplankton communities in macrophytes stand of a Neotropical floodplain (the Paraná River, Brazil). *International Review of Hydrobiology*, 98(2): 89-103.
- Gomes, L.F., Pereira, H.R., Gomes, A.C.A.M., Vieira, M.C., Martins, P.R., Roitman, I., Vieira, L. C. G. 2019. Zooplankton functional-approach studies in continental aquatic environments: a systematic review. *Aquatic Ecology*, 53(2): 191-203.
- Forró, L., Korovchinsky, N.M., Kotov, A.A., Petrusek, A. 2008. Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 177-184.
- Junk, W.J.; Bayley, P.B., Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, 106: 110-127.
- Junk, W.J., Piedade, M.T.F., Lourival, R., Wittmann, F., Kandus, P., Lacerda, L.D., Bozelli, R.L., Esteves, F.A., Nunes da Cunha, C., Maltchik, L., Schöngart, J., Schaeffer-Novelli, Y., Agostinho, A.A. 2014. Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24(1): 5-22.
- Naeem, S., Duffy, J.E., Zavaleta, E. 2012. The functions of biological diversity in an age of extinction. *Science*, 336(6087): 1401-1406.

- Neiff, J.J. 1990. Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. *Interciencia*, 15(6): 424-441.
- Petchey, O.L., Gaston, K.J. 2002. Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecology letters*, 5(3): 402-411.
- Segers, H. 2008. Global diversity of rotifers (Rotifera) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 49-59.
- Thomaz, S.M., Cunha, E.R.D. 2010. The role of macrophytes in habitat structuring in aquatic ecosystems: methods of measurement, causes and consequences on animal assemblages' composition and biodiversity. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 22(2): 218-236.
- Villéger, S., Mason, N. W., Mouillot, D. 2008. New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. *Ecology*, 89(8): 2290-2301.
- Whittaker, R.H. 1960. Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California. *Ecological monographs*, 30(3): 279

Conclusões

A fauna da comunidade de zooplâncton nas lagoas marginais localizadas na zona de desembocadura do reservatório de Jurumirim é muito rica e diversificada, com predomínio principalmente de Rotifera seja em abundância como em número de espécies. Entre os seis ambientes lacustres analisados, maior riqueza de espécies de Rotifera e Cladocera foi registrada na lagoa Barbosa devido à grande heterogeneidade espacial interna relacionada à elevada abundância de macrófitas submersas e flutuantes no interior da lagoa. Contudo, não existem diferenças entre os atributos ecológicos da comunidade zooplancônica desta lagoa antes e após o pulso de inundação, pois a conectividade da lagoa do Barbosa com o rio é permanente. O seu local de conexão caracteriza-se pela presença de um banco de macrófitas flutuantes, diferentemente dos locais de associação rio e outras lagoas.

As lagoas marginais possuem diferentes níveis de conectividade com o rio Paranapanema e a conectividade hidrológica exerce grande influência na estrutura da comunidade de zooplâncton, especialmente na diversidade beta. A estrutura de comunidade de Rotifera e Cladocera nas lagoas tende a ser mais distinta após o pulso de inundação do rio Paranapanema.

A diversidade beta da comunidade de cladóceros e rotíferos foi mais elevada nas lagoas isoladas (Cavalos e Panema), após o pulso de inundação. A perda de conectividade ou isolamento das lagoas em relação ao rio na situação posterior ao pulso impõe filtros ambientais locais, e determina um aumento na heterogeneidade ambiental e biológica da comunidade. Maior diversidade beta na comunidade foi encontrada também em uma lagoa conectada, heterogênea, altamente compartimentalizada e com elevada abundância em macrófitas (Coqueiral). A redução do nível de água após o pulso de inundação aumenta a diversificação de habitats na lagoa o que resulta em uma comunidade mais distinta, quando comparado à situação anterior ao pulso.

Antes do pulso de inundação a comunidade foi influenciada por elevados teores de clorofila *a* e nutrientes na água e após o pulso de inundação foi afetada principalmente pela turbidez, transparência da água e profundidade.

As macrófitas aquáticas desempenha uma importante função ecológica para o zooplâncton, principalmente por fornecer maior disponibilidade de nichos ecológicos, maior complexidade de habitats e proteção contra ataques de predadores visuais, como

os peixes planctívoros. Essas peculiaridades da lagoa são fatores que podem explicar a maior diversidade funcional verificada na zona litorânea da lagoa para a comunidade zooplanctônica.

Em relação à diversidade taxonômica, a riqueza e a densidade de microcrustáceos também foram mais elevadas na zona litorânea da lagoa. Entretanto, para os rotíferos, esses atributos ecológicos foram mais altos na zona de transição, entre o compartimento litorâneo e pelágico da lagoa.

Futuros estudos deverão contemplar a dinâmica temporal da comunidade de zooplâncton nas regiões litorâneas e pelágicas dos ecossistemas aquáticos, utilizando a abordagem com traços funcionais.