



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE AMBIENTES AQUÁTICOS  
CONTINENTAIS

LOUIZI DE SOUZA MAGALHÃES BRAGHIN

**Hierarquia de influência dos fatores locais na diversidade zooplanctônica,  
em lagoas de uma planície de inundação neotropical**

Maringá  
2014

LOUIZI DE SOUZA MAGALHÃES BRAGHIN

**Hierarquia de influência dos fatores locais na diversidade zooplanctônica,  
em lagoas de uma planície de inundação neotropical**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientais Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Ciências Ambientais

Orientadora: Dr.<sup>a</sup> Claudia Costa Bonecker

Maringá  
2014

"Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)"  
(Biblioteca Setorial - UEM. Nupélia, Maringá, PR, Brasil)

B813h      Braghin, Louizi de Souza Magalhães, 1990-  
Hierarquia de influência dos fatores locais na diversidade zooplancônica, em lagoas de uma planície de inundação Neotropical / Louizi de Souza Magalhães Braghin. -- Maringá, 2014.  
36 f. : il.

Dissertação (mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais)-- Universidade Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2014.  
Orientadora: Dr.<sup>a</sup> Claudia Costa Bonecker.

1. Zooplâncton de água doce - Diversidade - Planície de inundação - Alto rio Paraná.  
2. Zooplâncton de água doce - Comunidade, Ecologia de - Desconstrução - Planície de inundação - Alto rio Paraná. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CDD 23. ed. -592.176409816  
NBR/CIP - 12899 AACR/2

LOUIZI DE SOUZA MAGALHÃES BRAGHIN

**Hierarquia de influência dos fatores locais na diversidade zooplanctônica,  
em lagoas de uma planície de inundação neotropical**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Comissão Julgadora composta pelos membros:

COMISSÃO JULGADORA

Dr.<sup>a</sup> Claudia Costa Bonecker  
Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Prof. Dr. Nadson Ressayé Simões da Silva  
Universidade Federal do Pará (UFPA)

Dr. Luiz Felipe Machado Velho  
Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Aprovada em: 23 de maio de 2014.

Local de defesa: Anfiteatro Prof. “Keshiyu Nakatani”, Nupélia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

Dedico ao meu pai, Frederico Braghin  
(*In Memoriam*), por todo o apoio e  
amor de sempre e para sempre...

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por mais essa conquista, por nunca me deixar desistir dos meus sonhos e por ter iluminado todo o meu caminho até aqui;

À minha mãe, Dora, que não tenho palavras para descrever o que essa mulher guerreira representa na minha vida, apenas que sou imensamente grata a você, por sempre me apoiar em tudo e por confiar em mim. Enfim, por todo AMOR!

À minha maior saudade, a pessoa que carrego dentro de mim todos os dias e a quem dedico este trabalho, ao meu querido paizinho, que mesmo longe sei que está cuidando de mim. “Só enquanto eu respirar, vou me lembrar de você, só enquanto eu respirar”...

À minha linda família, meu irmão Murillo, minha cunhada, tias, “vózinhas”, primos e primas que entenderam a minha ausência e me deram todo o apoio e coragem do mundo;

À minha orientadora Dr.<sup>a</sup> Claudia Costa Bonecker, por todos os ensinamentos, por toda paciência, por todo carinho de sempre. Claudinha, muito do que eu me tornei hoje devo a você! Obrigada por tudo, pela confiança e por acreditar em mim mais do que eu mesma. Para você, obrigada é muito pouco!

Ao professor Fábio, por todo ensinamento, atenção, apoio e carinho de sempre. Com certeza, o senhor é uma referência para mim!

Ao Fê, pela amizade, por ser esse exemplo de profissional competente e que ama o que faz. Obrigada Fê, nunca vou me esquecer dos seus “bom dia, anjinho” ou “bom natal”;

Ao Horácio, pelo apoio e ensinamentos. Sem esquecer as piadas e risadas;

À grande família a qual eu tive a honra de permanecer por tantos anos (6 anos!). Com vocês eu vivi os melhores anos da minha vida! Não tenho palavras para descrever o quão prazeroso é fazer parte desta grande equipe. Quantas alegrias, momentos de angústia, tristeza, quantas bobeadas, quantas “gordices”, quanto AMOR! Esse sentimento que eu sinto por todos vocês, são muitos que passaram por aí durante esses anos, mas o que eu posso dizer é que todos com certeza têm um lugarzinho no meu coração. A menina que chegou aos 17 anos, com certeza não é a mesma que está saindo, e devo grande parte disso aos meus queridos zooplanctólogos, Prof. Fábio, Claudinha, Ju, Fê, Bia, Felipinho, Ana, Diogo, Leile, Fabi, Clari, Tássia, Fran, Vanessa, Rodrigo, Tati, Elis, Erika, Ciro, Nadson, Lê, Danilo, Nando, Bibis, Paulão, Ari, Thaís entre outros, rrsrrsrs, afinal foram 6 anos e com certeza posso ter esquecido de escrever o nome de alguém! Gostaria de agradecer nominalmente um por um, mas a gratidão é tanta que haja linhas para tudo isso;

Ao Ciro e a Ana, pela ajuda na identificação dos organismos mais lindos e fascinantes, os rotíferos! Valeu Joko pela sua paciência nipônica, só que não! Béééé, rrsrrsrsrs; Ainda, a Clari, Fabi, Ari e Diogo pela ajuda na identificação dos cladóceros e copépodes;

Ao Nadson, por toda amizade e paciência, por confiar em mim e pelas incansáveis conversas teóricas e estatísticas. Você com certeza tem minha gratidão eterna, obrigada por todos os ensinamentos, por desmistificar o “dragão” R, por me mostrar que nada é impossível quando se tem vontade de aprender. Valeu Rei!

A bacaníssima Leile e a Fabizinha, por toda amizade e carinho. Valeu meninas, com certeza os meus dias com vocês foram mais divertidos;

Ao casal mais parceiro que existe, Felipe e a Bia! Obrigada pelas conversas, passeios, caldos (hmmm!);

À Ju, por toda amizade, por sempre me incentivar, me apoiar e me aconselhar! À minha companheira de almoços e chocolates, o meu muito obrigada!

À Ana Paula que me acolheu carinhosamente desde o começo do estágio no laboratório. Ana, eu não tenho palavras para dizer para agradecer tudo que já fez por mim, ousou dizer que você foi a irmã que ganhei aqui em Maringá para toda a vida;

Às minhas meninas, Tássia/Fran e Thaís, por todo o carinho de sempre, com certeza vocês com tão pouco tempo de convivência marcaram o meu caminho;

À Dani por simplesmente existir! Valeu Dani, por tudo, pela parceria, pela amizade. Você sabe o que representa para mim;

Aos queridos dos laboratórios de Fitoplâncton, Macrófitas Aquáticas e Zoobentos! Além da amizade vocês, com certeza tornaram os meus dias mais felizes, valeu galera da Água! Ao laboratório de limnologia, em especial a Dú por toda ajuda;

Aos companheiros do Nupélia e do PELD, tenho muito orgulho de fazer parte deste time! E em especial as queridas Susi e Rosi, obrigada meninas;

À todos os professores do PEA por todos os ensinamentos. Por serem tão solícitos e sempre dispostos a colaborarem com o nosso processo de crescimento profissional;

À turma do PEA 2012, por ser tão especial, lembrarei de vocês com carinho sempre e principalmente pelas amizades conquistadas! Aline, Bárbara, Bia, Bianca, Camila, Carol, Dani, Gabriel, Herick, Jean, Juliana, Letícia 1, Letícia 2, Mariana, Marília, Mirtha, Nati, Thaísa, Thamis, Robertson, Rogério e Vinícius. Valeu galera, vocês são demais!

Às amizades conquistadas durante a graduação, Lu, Nat, Isa e aos amigos do Royal que foram a minha família daqui! Levarei vocês das minhas mais lindas lembranças;

Aos meus mais que amigos “tretas” Bárbara, Daniel, Dani, Dri, Fer, Jú, Nay e Say. Obrigada, meus parceiros de todos os momentos, pelas conversas, almoços, encontros, por todos os momentos, com certeza sem vocês nada disso teria graça! E um obrigada para a Bárbara, que me acolheu em sua residência nesse período final;

Aos amigos de Pirapozinho, minha eterna cidade! Obrigada por entenderem a minha ausência, em especial a Monicke, Jacqueline, André e Caique por todo apoio de sempre;

A minha equipe de coleta Claudinha, Ana, Diogo (porque as Marrecas...rs) Tião, Alfredinho, sem vocês seria impossível coletar, segundo o Diogo, o rio Paraná inteiro (rs);

À Carina Petsch, pelo auxílio com as imagens de satélite, com tutoriais super didáticos! Valeu, Cá...foi de extrema ajuda;

Aos professores da banca por aceitarem o convite e pela colaboração com o trabalho;

À Salete e ao João, por serem tão solícitos no auxílio com a bibliografia;

À Aldenir e a Jocemara, por estarem sempre dispostas a responder nossas incansáveis dúvidas com papéis e prazos, por toda paciência de sempre;

Ao PEA e ao Nupélia pelo apoio logístico e financeiro;

A CAPES pela concessão da bolsa de mestrado e auxílio financeiro.

Ao Proex pelo fomento a pesquisa e ao CNPq através do PELD.

Enfim, a todos que contribuíram de alguma forma para a realização desse trabalho.



“Se vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes”.

Sir ISAAC NEWTON

## **Hierarquia de influência dos fatores locais na diversidade zooplanctônica, em lagoas de uma planície de inundação neotropical**

### **RESUMO**

A diversidade zooplanctônica é influenciada principalmente por fatores locais, como área, estruturação e produtividade, que interferem na ocorrência das espécies. Foi avaliado o grau de importância dos fatores locais (área da lagoa, cobertura de macrófitas e concentração de clorofila- $\alpha$ ) sobre a diversidade zooplanctônica; e se os organismos com diferentes hábitos de vida (planctônicos e não planctônico) respondem de maneira semelhante a esses fatores, em 23 lagoas de uma planície de inundação Neotropical. Das 150 espécies identificadas, 67 são planctônicas, e 83, não planctônicas. De acordo com a hierarquização dos fatores locais sobre a diversidade, o produto da árvore de regressão (TREE) foi a formação de quatro grupos. O primeiro grupo foi determinado em função da cobertura de macrófitas. Nessas lagoas observou-se a maior diversidade de espécies, sendo a contribuição, especialmente, de espécies não planctônicas. A área foi o segundo fator de maior importância sobre a diversidade, separando as lagoas maiores das menores. O terceiro fator em ordem hierárquica de importância, que separou as lagoas menores em dois grupos, foi a concentração de clorofila- $\alpha$ . Nestas lagoas, houve uma maior contribuição de espécies planctônicas. Com a desconstrução da comunidade baseada no hábito de vida das espécies, foi observado que a diversidade de espécies planctônicas esteve positivamente relacionada com a área e com a concentração de clorofila- $\alpha$ , e negativamente com a cobertura de macrófitas. O oposto foi observado para as espécies não planctônicas, que estiveram positivamente relacionadas com a cobertura de macrófitas, e negativamente, com a área e a concentração de clorofila- $\alpha$ . A cobertura de macrófitas foi o fator mais importante para a diversidade da comunidade. A manutenção e manejo dessa vegetação são estratégias relevantes para aumentar a estruturação do ambiente, e auxiliar na conservação da biodiversidade aquática. Ainda, a estratégia de vida dos organismos (planctônico e não planctônico) define o efeito da área, estruturação do ambiente e da produtividade sobre a diversidade.

**Palavras-chave:** Diversidade de espécies. Zooplâncton. Macrófitas aquáticas. Relação espécie-área. Clorofila- $\alpha$ . Importância hierárquica. Desconstrução da comunidade.

## **Hierarchy of influence of local factors on zooplankton diversity in lakes of a neotropical floodplain**

### ***ABSTRACT***

The zooplankton diversity is mainly influenced by local factors, such as area, structure and productivity, which interfere in the occurrence of the species. We assessed the degree of importance of local factors (pond area, macrophytes coverage and chlorophyll-a) on the zooplankton diversity; and if organisms with different lifestyles (planktonic and non-planktonic) respond similarly to these factors, in 23 lakes of a Neotropical floodplain. Of the 150 identified species, 67 are planktonic, and 83, non-planktonic. According to the ranking of the factors influence on the diversity, the product TREE was the formation of four groups. The first group was determined according to the macrophytes coverage. In these lakes there was the greatest species diversity, and the main contribution was non-planktonic species. The area was the second most important factor on diversity, separating the bigger lakes than the smaller lakes. The third factor in hierarchical order of importance, which separated the smaller lakes in two groups was the concentration of chlorophyll-a. In these lakes, there was a greater contribution of planktonic species. With the deconstruction of community based on the life habits of the species, it was observed that the diversity of planktonic species was positively related to the area and negatively with the concentration of chlorophyll- $\alpha$  and macrophytes coverage. The opposite was observed for non-planktonic species, which were positively related to macrophytes coverage, and negatively with the area and the concentration of chlorophyll- $\alpha$ . The cover of macrophytes was the most important factor for the community diversity. The maintenance and management of this vegetation are relevant strategies to enhance the structure of the environment, and assist in the conservation of aquatic biodiversity. Additionally, the organisms' strategy of life (planktonic and non-planktonic) defines the area, structuring the environment and productivity effect on diversity.

**Keywords:** Species diversity. Zooplankton. Macrophytes coverage. Species-area relationship. Chlorophyll- $\alpha$ . Hierarchical importance. Habit of life. Deconstruction of the community.

Dissertação elaborada e formatada  
conforme as normas da publicação  
científica *Austral Ecology*. Disponível  
em:  
[http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1442-9993](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1442-9993)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	16
2.1 ÁREA DE ESTUDO.....	16
2.2 AMOSTRAGEM EM CAMPO E PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS.....	17
2.3 AMOSTRAGEM DOS FATORES LOCAIS.....	18
2.4 ANÁLISE DE DADOS .....	19
<b>3 RESULTADOS</b> .....	20
<b>4 DISCUSSÃO</b> .....	23
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	26
<b>APÊNDICE</b> .....	32

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o estudo pioneiro de Hutchinson em 1959 (*Homage to Santa Rosalia*), ecólogos discutem sobre a existência de um grande número de espécies no planeta. O crescente e acelerado declínio do número de espécies, evidenciam a necessidade de pesquisas e propostas de manejo, bem como a busca pelo entendimento sobre a estrutura e dinâmica das comunidades (Buchard *et al.* 2009).

A diversidade de espécies pode ser influenciada por fatores locais, como tamanho e estruturação do ambiente, disponibilidade de recurso alimentar e interações bióticas (competição e predação) (Hutchinson 1959) e/ou por fatores regionais, que influenciam a capacidade de dispersão e chance de colonização dos indivíduos (Hubbell 2001). Nos ambientes aquáticos, a comunidade zooplancônica é influenciada principalmente por fatores locais (Dodson 1992; Simões *et al.* 2013), que podem ter um grau de importância hierárquica sobre a diversidade das espécies, podendo agir de maneira aditiva, antagônica, ou ainda, interagir e influenciar a diversidade dessas espécies.

Dentre os fatores locais, a influência do tamanho do ambiente sobre a diversidade de espécies está agregada a teoria da relação espécie-área (MacArthur & Wilson 1967), e que prediz que ambientes maiores apresentam maior riqueza de espécies, do que ambientes menores. Inúmeros estudos comprovam esta relação positiva (Dodson 1991; Allen *et al.* 1999; Reche *et al.* 2005), e ao que tudo indica, esta relação está melhor consolidada para ambientes terrestres do que para ambientes aquáticos (Declerck *et al.* 2005; Søndergaard *et al.* 2005). Uma vez que a diversidade de espécies depende não só do tamanho do ambiente, mas também de outros fatores que podem estar agindo indiretamente, como a estruturação dos ambientes (Scheffer *et al.* 2006; Begon *et al.* 2007).

Scheffer *et al.* (2006) apontam que a presença de macrófitas aquáticas em lagos rasos desempenham um importante papel sobre a diversidade de espécie de invertebrados. Esses autores assumem que alterações na estrutura destas comunidades vegetais exercem maior influência nos padrões de diversidade dos organismos aquáticos, do que o efeito direto da alteração do tamanho do ambiente.

Neste sentido, as espécies que habitam a região pelágica destes ambientes, possivelmente serão mais afetadas pelo tamanho do ambiente, do que aquelas espécies que habitam a região litorânea. Para essas espécies, a alteração da cobertura de macrófitas aquáticas, terá um efeito direto sobre a diversidade, uma vez que as macrófitas funcionam como área de colonização para esses organismos (Maia-Barbosa *et al.* 2008).

As macrófitas aquáticas são de fundamental importância para estruturação dos ambientes aquáticos, tornando-os mais heterogêneos (Meerhoff *et al.* 2003; Declerck *et al.* 2005; Maia-Barbosa *et al.* 2008; Cunha *et al.* 2012). A presença das macrófitas aquáticas promove a adição de um conjunto de microhabitat e de superfícies para colonização de diversos organismos aquáticos, como algas perifíticas e organismos intimamente associados, como bactérias, ciliados, flagelados, rotíferos, cladóceros e copépodes (Schwarzbald *et al.* 1990; Buosi *et al.* 2011; Fulone 2012). Portanto, indiretamente, elas proporcionam um aumento da área de colonização, nos ambientes aquáticos, além de funcionarem como refúgio contra predadores (Lima *et al.* 2003; Figueiredo *et al.* 2013).

Adicionalmente, a produtividade do ambiente é geralmente considerada como um dos fatores locais determinantes da variação do número de espécies no *habitat* aquático (Grenouillet *et al.* 2002; Buosi *et al.* 2011; Ortega-Mayagoitia *et al.* 2011). Há uma tendência de observar uma relação direta entre a diversidade de espécies e esse fator local (Tilman 1982; Cadinale *et al.* 2009), uma vez que, a disponibilidade de recurso pode limitar o número de espécies que existem localmente. Ambientes com elevada abundância de recursos, podem favorecer a ocorrência de um maior número de espécies, devido a menor competição entre os organismos pelo recurso (Gross & Cardinale 2007).

Planícies de inundação são ecossistemas propícios para o desenvolvimento de estudos sobre a diversidade de espécies. São formados por distintos ambientes aquáticos, terrestres e transicionais, os quais apresentam características físicas, químicas e biológicas peculiares (Junk *et al.* 1989, Ward & Stanford 1995; Ward & Tockner 2002), com uma expressiva diversidade de espécies. Suas lagoas são caracterizadas por exibirem tamanhos variados e diferentes proporções de cobertura de macrófitas aquáticas, além de serem altamente produtivos (Train & Rodrigues 2004; Thomaz *et al.* 2007; Lansac-Tôha *et al.* 2009).

Dentre as diversas comunidades aquáticas presentes nestes ecossistemas, a zooplânctônica é caracterizada por uma elevada diversidade de espécies de rotíferos, cladóceros e copépodes (Lansac-Tôha *et al.* 2009). Esses organismos estão presentes em todas as regiões das lagoas, litorânea e pelágica (Maia-Barbosa *et al.* 2008) e apresentam características peculiares.

Dependendo dessas características, como, hábito de vida e alimentar, estruturas morfológicas e características reprodutivas, cada espécie pode ser exclusiva ou preferir habitar determinada região (Allan 1976; Bozelli 2000; Bonecker *et al.* 2009). A utilização da comunidade no geral e o emprego de uma abordagem desconstrutiva (Marquet *et al.* 2004) baseada em um desses hábitos comportamentais, como o hábito de vida (planctônico ou não

planctônico), são apropriadas para investigar a influência dos fatores locais sobre a diversidade de espécies desta comunidade, que pode responder de forma distinta, dependendo da abordagem empregada.

Portanto, partindo do pressuposto que a diversidade de espécies zooplanctônica é influenciada pela área e estruturação do ambiente (cobertura de macrófitas aquáticas) e disponibilidade de alimento (concentração de clorofila- $\alpha$ ), este estudo teve como objetivos avaliar qual o grau de importância dos fatores locais sobre a diversidade de espécies da comunidade; e analisar se as espécies com hábitos de vida distintos (planctônicas e não planctônicas), respondem aos fatores locais de forma semelhante, em 23 lagoas conectadas aos principais rios formadores da planície de inundação do alto rio Paraná.

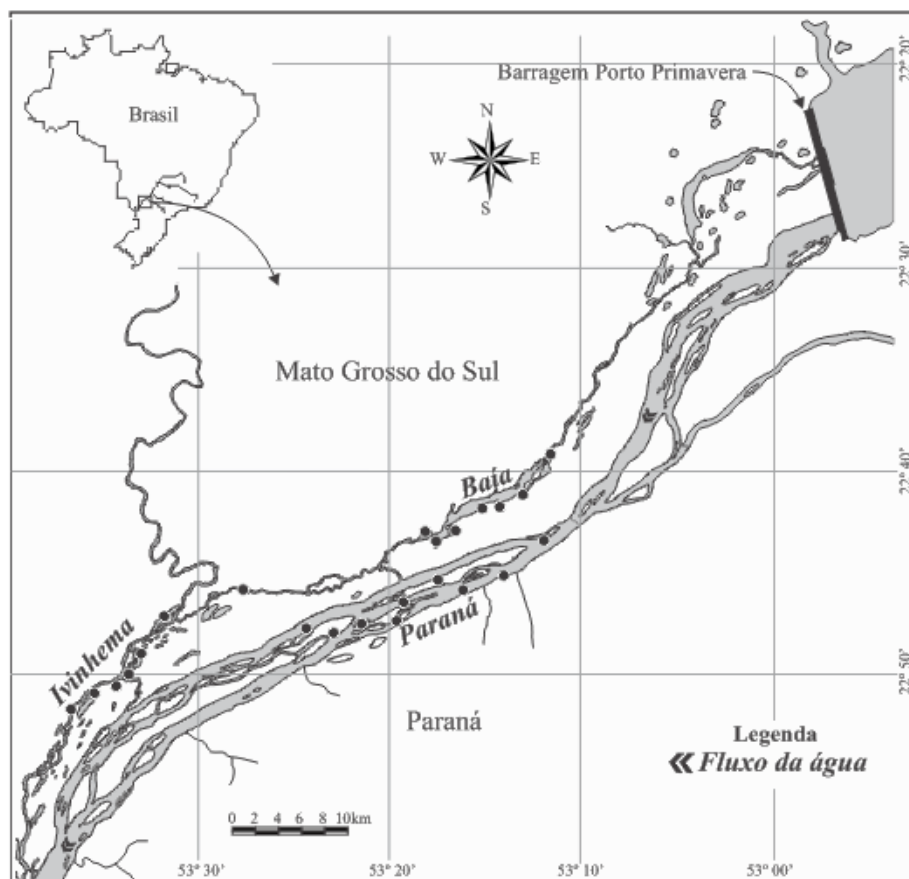
## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 ÁREA DE ESTUDO**

Este estudo foi desenvolvido na planície de inundação do alto rio Paraná (22°40' - 22°50' S; 53°10' - 53°24'W), localizada na Bacia do rio da Prata, na América do Sul. Em território brasileiro, abrange aproximadamente 802,150 km<sup>2</sup>. É o único trecho do rio Paraná livre de barramento, em território nacional, localizado entre os reservatórios de Porto Primavera (SP) e Itaipu (PR) (Fig 1).

Este ecossistema é caracterizado por possuir uma complexidade de ambientes aquáticos com diferentes graus de conectividade entre eles, incluindo três rios principais, que formam o complexo ecossistema rio-planície de inundação (Junk *et al.* 1989). É regulado pelo pulso de inundação, que é consequência do regime hidrológico (cheia e seca), considerado como fator chave para a manutenção da conectividade entre os ambientes (Junk *et al.* 1989; Ward & Stanford 1995).





**Figura. 1** Localização dos ambientes amostrados na planície de inundação do alto rio Paraná (PR/MS), Brasil. Os pontos representam as 23 lagoas amostradas nesta planície de inundação.

## 2.2 AMOSTRAGEM EM CAMPO E PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS

As amostragens foram realizadas em 23 lagoas permanentemente conectadas aos três principais rios formadores desta planície, sendo nove lagoas associadas ao rio Paraná, sete ao rio Ivinhema e sete ao rio Baía. Essas amostragens foram realizadas em outubro de 2012, período de seca (Souza-Filho *et al.* 2007), sempre no período da manhã. As regiões litorâneas das lagoas eram colonizadas por diferentes tipos morfológicos de macrófitas aquáticas submersas e emersas.

A comunidade zooplânctônica foi amostrada em diferentes pontos da região pelágica de cada lagoa, através de 20 arrastos verticais, com uma rede de plâncton (68  $\mu$ m), do fundo até a superfície. Esses arrastos foram filtrados na mesma rede de forma a ser obtida uma única amostra composta de cada lagoa. As amostras foram preservadas em solução de formaldeído 4%, tamponadas com carbonato de cálcio.

Devido à magnitude do termo, biodiversidade pode ser aplicada com múltiplos significados (número de espécies, diversidade genética e diversidade ecossistêmica)

(Whittaker 1972; Begon *et al.* 2007). Neste estudo adotamos este termo como a diversidade de espécies (número de espécies) encontrada em cada ambiente (Gaston 2000; Colwell 2009; Magurran 2011). Para a análise dos dados, utilizamos a diversidade de espécies estimada a partir de uma análise de rarefação, estimando-se o número de espécies por ambiente, a partir de um número fixo de indivíduos e do número de espécies identificadas em cada ambiente. Esse procedimento foi adotado, a fim de eliminar o efeito da abundância dos indivíduos sobre a diversidade de espécies (Gotelli & Colwell 2001).

As espécies foram identificadas em câmara de Sedgewick-Rafter sob microscópio ótico, utilizando bibliografia especializada Koste (1978), Reid (1985), Matsumura-Tundisi (1986), Segers (1995), Elmoor-Loureiro (1997), Santos-Silva (2000) Nogrady & Segers (2002), Silva (2003), Joko (2010) e Neves (2011). Abundância dos indivíduos foi estimada a partir da análise de no mínimo três sub amostragens (Bottrell *et al.* 1976), também em câmara de Sedgewick-Rafter sob microscópio ótico. Amostras com um número reduzido de indivíduos foram quantificadas na íntegra.

### 2.3 AMOSTRAGEM DOS FATORES LOCAIS

Para avaliar o efeito do tamanho do ambiente, a área das lagoas foi estimada a partir de quatro cenas do satélite CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite) disponíveis no sítio do INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial), do período correspondente à amostragem, georreferenciadas de acordo com as coordenadas *Universal Transversa de Mercator* (UTM). O processamento das imagens ocorreu com o programa computacional Spring (versão 5.0.6), e a área foi expressa em m<sup>2</sup>. O sensor CBERS foi escolhido por possuir uma resolução espacial de 5 a 64 metros, possibilitando um bom potencial para a delimitação e identificação das lagoas estudadas.

Para avaliar o efeito da estruturação do *habitat* sobre a diversidade de espécies, foi utilizada a medida da cobertura de macrófitas aquáticas. Para tanto, o cálculo foi realizado com base na observação da presença/ausência, tanto de macrófitas submersas como das emersas, em 20 pontos, em cada lagoa (metodologia adaptada de Kosten *et al.* (2009)). O cálculo da cobertura de macrófitas aquáticas foi expresso em porcentagem, podendo variar de 100% da área da lagoa coberta, a ausência de macrófitas aquáticas.

Para avaliar o efeito da produtividade, amostras de água foram obtidas para a análise da concentração de clorofila- $\alpha$  ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) concomitantemente à amostragem da comunidade, com auxílio de uma garrafa de Van Dorn (5 litros), a sub superfície. A concentração de

clorofila- $\alpha$  foi posteriormente determinada pela filtração de alíquotas de água em filtros de fibra de vidro (Whatman GF/F), com extração dos pigmentos com acetona 90%, com leitura realizada em espectrofotômetro (663 e 775 nanômetros), processados de acordo com a metodologia apresentada por Golterman *et al.* (1969). Os cálculos foram realizados segundo a fórmula descrita em Wetzel & Likens (1991).

Adotamos a concentração de clorofila- $\alpha$  como um indicativo da biomassa de algas planctônicas, as quais servem de alimento para os organismos zooplancônicos (Dodson *et al.* 2000; Barnett & Beisner 2007; Simões *et al.* 2013a). Declerck *et al.* (2007) apontam que a utilização de medidas alternativas de produtividade nos ambientes, como concentração de nutrientes (fósforo e nitrogênio) e a concentração de clorofila- $\alpha$ , são eficazes quando não há possibilidade de averiguar a produtividade *per si*.

## 2.4 ANÁLISE DE DADOS

Para testar qual a hierarquia de importância dos fatores locais (área da lagoa, percentual de cobertura de macrófitas aquáticas e concentração de clorofila- $\alpha$ ) sobre a diversidade de espécies da comunidade, foi realizada uma árvore de regressão (Regression Tree - TREE; De'Ath & Fabricius 2000). Esta análise fornece uma classificação de ordem de importância do efeito de cada variável local sobre a diversidade de espécies da comunidade, o valor limiar de separação dos nós, e ainda um agrupamento entre os ambientes, a partir de modelo mais parcimonioso (De'Ath & Fabricius 2000).

Para esta análise foi construída uma única matriz de dados com quatro colunas, a diversidade de espécies estimada a partir da análise de rarefação, e os fatores locais. O tamanho da árvore (número de grupos) foi calculado pelo procedimento de validação cruzada, e o modelo selecionado foi o com menor erro na validação cruzada (CVRE) (De'Ath & Fabricius 2000).

Adicionalmente, para verificar se as espécies com hábitos de vida distintos (planctônicas e não planctônicas), respondem aos fatores locais de forma semelhante, foi realizada uma Análise de Covariância (ANCOVA) (Zar 1996) para cada fator local. Para tanto, a comunidade foi dividida, utilizando uma abordagem desconstrutiva, baseada no hábito de vida, em espécies planctônicas e não planctônicas. Para a realização desta análise, os fatores locais, foram usados como variáveis explanatórias, a diversidade de espécies, como variável resposta, e o hábito de vida como a covariável.

Para realização de ambas as análises, os valores da área das lagoas e da concentração de clorofila- $\alpha$  foram logaritimizadas com  $\log(x + 1)$ , para padronização dos dados, e a diversidade de espécies utilizada, foi a estimada a partir da análise de rarefação.

Todas as análises foram realizadas com o programa computacional R versão 3.0 (R Development Core Team 2012). A TREE foi realizada com pacote “tree” (Ripley 2013), o cálculo da riqueza de espécies estimada a partir da rarefação e a Análise de Covariância foram realizadas com o pacote “vegan” (Oksanen *et al.* 2011), e os gráficos foram feitos com auxílio do software Statistica 7.0 (Statsoft Inc. 2005).

### 3 RESULTADOS

A comunidade zooplanctônica esteve representada por 150 espécies, sendo 88 espécies de rotíferos, 39 espécies de cladóceros e 23 espécies de copépodes. As espécies estão distribuídas em 31 famílias, das quais Brachionidae e Lecanidae foram as mais representativas para rotíferos (14 espécies, cada), Chydoridae, para cladóceros (22 espécies) e Cyclopidae, para copépodes (15 espécies) (Apêndice).

A diversidade de espécies variou amplamente entre as lagoas, sendo 24 espécies registradas na lagoa do Manezinho e 54 espécies, na lagoa Boca do Ipoitã (Tabela 1). A diversidade de espécies estimada a partir da análise de rarefação variou de 8 espécies a 48 espécies. Do total, 67 espécies são caracterizadas por apresentarem hábito planctônico e 83 espécies, hábito não planctônico (Apêndice).

**Tabela 1.** Valores de diversidade de espécies (S), diversidade de espécies estimada a partir da análise de rarefação (Sr), espécies com hábito de vida não planctônico (NPK), espécies planctônicas (PK), área (m<sup>2</sup>), cobertura de macrófitas aquáticas (CM em decimal) e concentração de clorofila- $\alpha$  (Cl-a em ug/L) registrados nas lagoas, durante o período de estudo.

	S	Sr	NPK	PK	Área	CM	Clorofila- $\alpha$
<b>Média</b>	39.87	25.50	20.78	19.09	12609.30	0.45	15.04
<b>Mínimo</b>	24.00	8.00	9.00	9.00	2.93	0.00	0.82
<b>Máximo</b>	54.00	48.00	29.00	34.00	146283.00	0.95	54.61
<b>Desvio padrão</b>	8.72	9.00	5.48	7.23	32777.23	0.33	13.45

Em relação aos fatores locais, a área das lagoas variou de 2.931,00 m<sup>2</sup> (lagoa Santa Rosa) a 1.054.133,00 m<sup>2</sup> (lagoa Patos). A porcentagem de cobertura vegetal variou de 95%

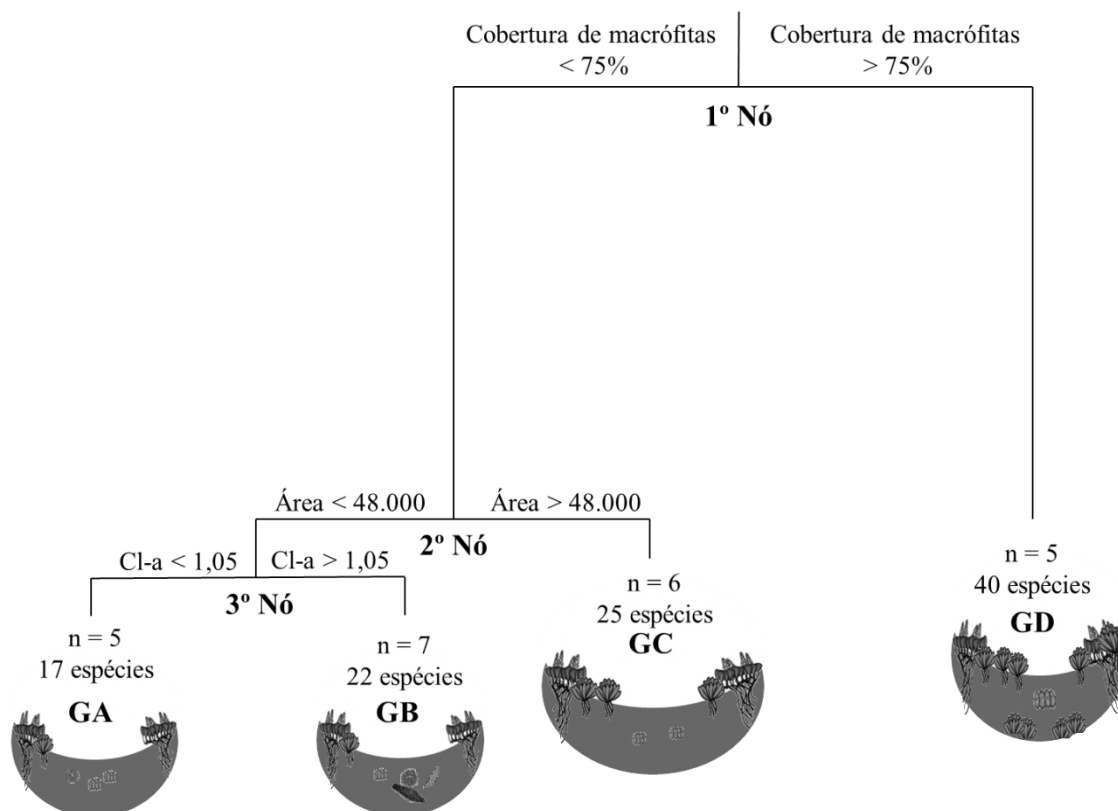
(lagoas Campinho e Bilé) a uma reduzida área coberta ou até mesmo ausência de macrófitas aquáticas (lagoa Leopoldo). A concentração de clorofila- $\alpha$ , variou de 0,82  $\mu\text{g/L}$  (lagoa Campinho) a 54,61  $\mu\text{g/L}$  (lagoa Mané Cotia) (Tabela 1).

De acordo com a hierarquização dos fatores locais sobre a diversidade de espécies zooplanctônicas, o produto da TREE foi a formação de quatro grupos (GA, GB, GC e GD) e explicou 34% dos dados, com CVRE = 0,59 (Fig. 2).

A primeira divisão (1º nó) foi determinada pela porcentagem de cobertura de macrófitas aquáticas, com valor limiar para esta variável de 75%, separando as lagoas com mais de 75% de sua área coberta das demais. No ramo da porção a direita da árvore está indicado o valor médio da diversidade zooplanctônica estimada a partir da análise de rarefação, de aproximadamente 40 espécies, para níveis elevados de cobertura de macrófitas aquáticas (GD com  $n=5$ ; Fig. 2).

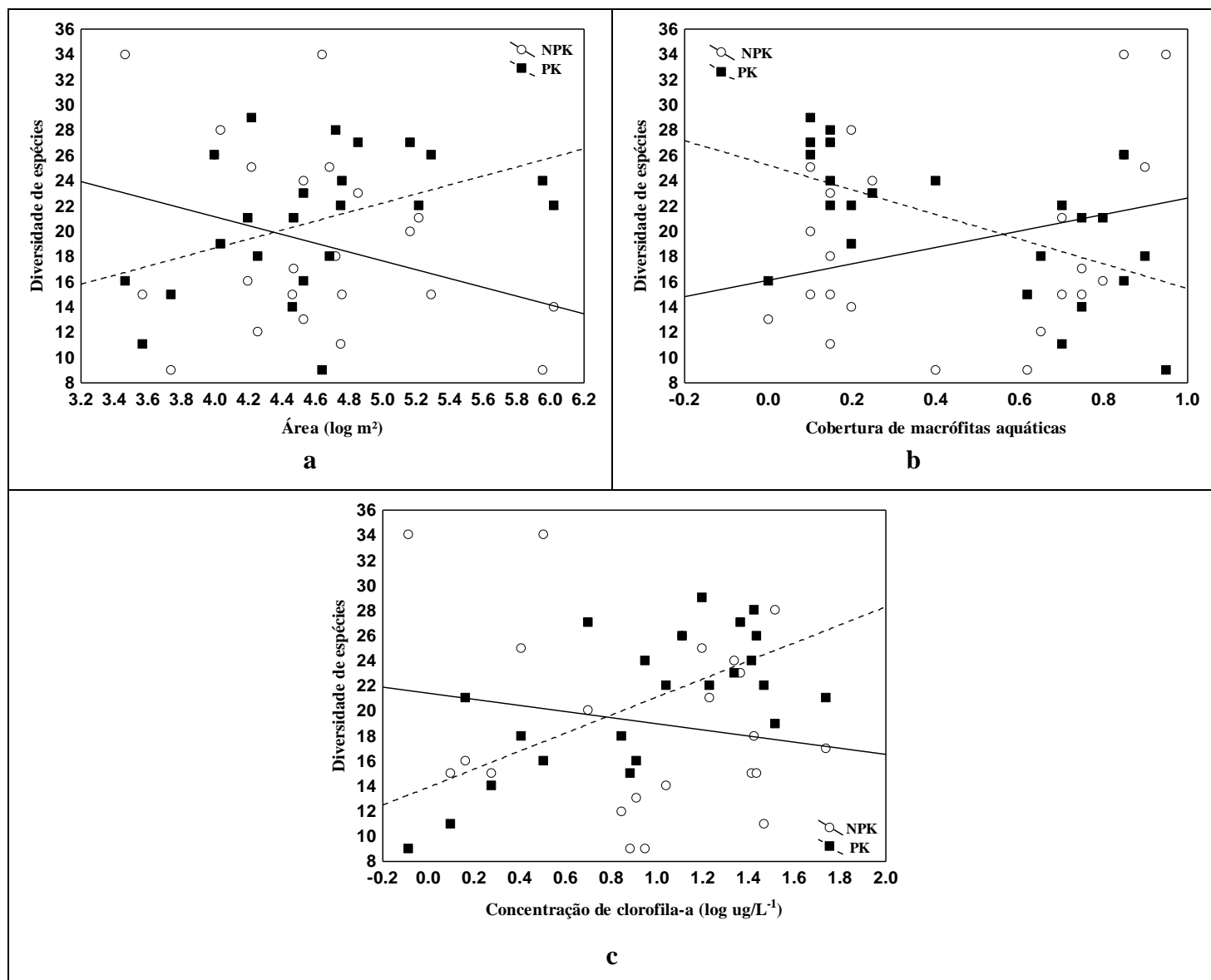
Nas lagoas com cobertura de macrófitas inferior a 75% (2º nó), a área foi a variável com maior efeito sobre a diversidade de espécies, com valor limiar de 48.000  $\text{m}^2$ . Em lagoas com área superior a 48.000  $\text{m}^2$ , a diversidade de espécies média foi de 25 espécies (GC com  $n=6$ ; Fig. 2), enquanto que nas lagoas com áreas menores, a comunidade foi estruturada em função da concentração de clorofila- $\alpha$  (3º nó), com valor discriminante de 1,05  $\mu\text{g/L}$ .

Nas lagoas com concentração de clorofila- $\alpha$  inferior a 1,05, a comunidade era composta, em média, por 17 espécies (GA com  $n=5$ ; Fig. 2), enquanto que nas lagoas com valores superiores a este, foi observado um número médio de 22 espécies (GB com  $n=7$ ; Fig. 2).



**Figura 2.** Árvore de regressão para a diversidade de espécies da comunidade zooplanctônica explicada pelos fatores locais: área do ambiente (Área), cobertura de macrófitas aquáticas (Cobertura de macrófitas) e concentração de clorofila- $\alpha$  (Cl- $\alpha$ ), em outubro de 2012, na planície de inundação do alto rio Paraná (PR/MS), Brasil. Em cada nó é mostrada a variável selecionada para a divisão e o valor limiar na formação de cada grupo. Os comprimentos das linhas verticais são proporcionais ao desvio correspondente de cada divisão. Abaixo de cada grupo formado está indicado o número de lagoas que compuseram o grupo, de um total de 23 lagoas, o número médio de espécies observadas nesses ambientes.

Com a Análise de Covariância, foi possível observar que o efeito da área das lagoas, da cobertura de macrófitas e da concentração de clorofila-a sobre a diversidade de espécies é influenciado pelo hábito de vida das espécies (Fig. 3). A diversidade de espécies planctônicas esteve positivamente relacionada com a área ( $F_{\text{interação}}=6,22$ ;  $p<0,01$ ) e a concentração de clorofila- $\alpha$  ( $F_{\text{interação}}=7,72$ ;  $p<0,01$ ), e negativamente relacionada com a cobertura de macrófitas aquáticas ( $F_{\text{interação}}=8,85$ ;  $p<0,01$ ) (Fig. 3a, c, b). No entanto, a diversidade de espécies não planctônicas esteve positivamente relacionada com a cobertura de macrófitas aquáticas ( $F_{\text{interação}}=8,85$ ;  $p<0,01$ ) e negativamente com a área ( $F_{\text{interação}}=6,22$ ;  $p<0,01$ ) e a concentração de clorofila- $\alpha$  ( $F_{\text{interação}}=7,72$ ;  $p<0,01$ ) (Fig. 3b, a, c).



**Figura 3.** Relação entre a diversidade de espécies com a área da lagoa (log m<sup>2</sup>), cobertura de macrófitas aquáticas e a concentração de clorofila- $\alpha$  (log µg/L<sup>-1</sup>), de acordo com o hábito de vidas das espécies (NPK= não planctônicas e PK= planctônicas), registradas para cada lagoa, em outubro de 2012, na planície de inundação do alto rio Paraná (PR/MS), Brasil.

#### 4 DISCUSSÃO

A presença de macrófitas aquáticas é apontada por diversos autores como importantes para a estruturação dos ambientes de água doce, tornando-os mais heterogêneos (Jeppesen *et al.* 1997; Scheffer 1998; Cunha *et al.* 2012; Simões *et al.* 2013a), e por conseguinte, aumentando a disponibilidade de *habitat*, tanto para alimentação, como para fuga de predadores e de área de colonização. Estudos mostram que essa vegetação promove um aumento na oferta de alimento por apresentarem folhas, caules e raízes passíveis de serem colonizados por organismos, como bactérias, protozoários e algas perifíticas, e/ou por apresentarem organismos que vivem nos seus entornos, servindo de alimento para o

zooplâncton (Meerhoff *et al.* 2003; Maia-Barbosa *et al.* 2008; Thomaz & Esteves 2011; Buosi *et al.* 2011 ). As macrófitas representam, ainda, um incremento de área de refúgio contra predadores, principalmente para os invertebrados de maior tamanho, como alguns cladóceros e copépodes (Kruk *et al.* 2009).

A cobertura de macrófitas aquáticas, por ordem hierárquica de importância, assumiu um papel fundamental, atuando como peça chave sobre a diversidade de espécies da comunidade zooplânctônica. A maior diversidade de espécies observada na região pelágica das lagoas com extensa cobertura de macrófitas aquáticas (grupo GD) está relacionada à contribuição das espécies com hábito de vida não planctônico. Essas espécies vivem associadas às macrófitas e possuem adaptações morfológicas como o pé, que facilita a fixação na vegetação (Green 2003).

A maior diversidade de espécies nas lagoas com maior cobertura vegetal (grupo GD) ainda, pode estar relacionada com a presença de bancos de macrófitas aquáticas na região pelágica, o que juntamente com a ação do vento, favoreceu o intercâmbio de organismos entre as duas regiões (Maia-Barbosa *et al.* 2008; Lansac-Tôha *et al.* 2009). O vento pode favorecer o deslocamento de fragmentos das macrófitas entre as regiões litorânea e pelágica das lagoas, principalmente em lagoas grandes (Thomaz & Esteves 2011), e, por conseguinte, causar o transporte passivo das espécies de uma região para outra. Além disso, a constante entrada de água do rio nessas lagoas pode ter facilitado essa movimentação das massas de água (Simões *et al.* 2013a).

A área das lagoas, por ordem hierárquica de importância, foi o segundo fator local de maior importância sobre a diversidade de espécies da comunidade. A área dos ambientes, como relatado em outros estudos, pode ter grande influência sobre a diversidade de espécies dos corpos de água (Dodson 1991; Reche *et al.* 2005). No entanto, alguns autores discutem que muitas vezes o tamanho do ambiente afeta direta ou indiretamente outros fatores locais, como estruturação e disponibilidade de alimento, e que estes, podem determinar a diversidade de espécies (Scheffer *et al.* 2006).

Em geral, as lagoas maiores, formadas no segundo grupo (grupo GC), comportaram um maior número de espécies do que lagoas menores. Essa maior diversidade de espécies nas lagoas maiores, corrobora com uma das hipóteses que procura explicar a relação espécie-área, onde ambientes maiores comportam um maior número de nichos distintos do que ambientes menores, e principalmente quando estes estão melhor estruturados, por exemplo, pelas macrófitas aquáticas como em nosso estudo.



Desta maneira, a interação hierárquica entre os fatores locais, área da lagoa e a cobertura de macrófitas aquáticas, pode explicar esta maior diversidade no grupo GC. A presença dessas macrófitas pode potencializar o efeito esperado da área da lagoa sobre a diversidade de espécies (Declerk *et al.* 2005), e neste caso, o resultado observado pode ser considerado um efeito multiplicativo no aumento da diversidade de espécies (Kruk *et al.* 2009).

Após a separação das lagoas pela área (lagoas maiores e menores), o terceiro fator local por ordem hierárquica de importância, foi a concentração de clorofila- $\alpha$ , separando em lagoas com menores e maiores concentrações (grupos GA e GB, respectivamente). Nestes grupos de lagoas, houve uma expressiva contribuição de espécies tipicamente planctônicas para a diversidade total. Essas espécies são conhecidas por apresentarem modo de vida planctônico e hábitos alimentares principalmente relacionados com a disponibilidade de algas fitoplanctônicas (Elmoor-Loureiro 1997; Bonecker *et al.* 1998; Lansac-Tôha *et al.* 2002).

A maior diversidade de espécies registrada nas lagoas com maior concentração de clorofila- $\alpha$  pode ser devido, a maior disponibilidade de alimento, principalmente de algas fitoplanctônicas, principal alimento das espécies planctônicas, portanto uma maior quantidade de energia disponível no ambiente, favorecendo a ocorrência de um maior número de espécies (Gross & Cardinale 2007; Cardinale *et al.* 2009).

Com o emprego de uma abordagem desconstrutiva (Marquet *et al.* 2004) da comunidade, baseada no hábito de vida dos organismos, separando a comunidade em espécies planctônicas e não planctônicas, foi possível constatar que a estratégia de vida dos organismos define o efeito dos fatores locais sobre a diversidade de espécies.

Os efeitos antagônicos causados pela área do ambiente, a cobertura de macrófitas aquáticas e a disponibilidade de alimento sobre as espécies planctônicas e não planctônicas, sugere que essas relações estão associadas aos hábitos de vida de cada grupo, incluindo as estratégias alimentares e de defesa à predação. Este fato, provavelmente, é resultado de um processo evolutivo embutido na história de vida dessas espécies.

As relações lineares e positivas entre a diversidade de espécies com hábito planctônico e a área da lagoa e a concentração de clorofila- $\alpha$ , e negativa, com a cobertura de macrófitas, sugerem que essas espécies estão intensamente relacionadas à região planctônica. São reconhecidas por possuírem características morfológicas como cerdas, espinhos e projeções cuticulares, que possibilitam a flutuação e diminuem a velocidade de afundamento (Lansac-Tôha *et al.* 2002; Elmoor-Loureiro 1997; Joko 2010) na região planctônica; e a principal

forma de obtenção do alimento, é por filtração, principalmente de algas fitoplanctônicas (Bonecker *et al.* 1998; Maia-Barbosa *et al.* 2008 ).

O oposto também é verdadeiro, uma vez que houve relações lineares e negativas entre as espécies com hábitos não planctônicos e a área das lagoas e a concentração de clorofila- $\alpha$ , e positiva, com a cobertura de macrófitas, indicando uma estreita relação dessas espécies com essas plantas. Essas espécies são reconhecidas por utilizarem raspagem mecânica como estratégia alimentar, recolhendo partículas fixadas no perifíton (Elmoor-Loureiro 1997), apresentam estruturas que possibilitam a fixação no substrato e que auxiliam na locomoção, além do tamanho e a forma do corpo serem diferenciados das espécies planctônicas (Green 2003).

Assim, buscar entender qual a hierarquia de importância de cada fator local na diversidade da comunidade zooplanctônica, pode auxiliar no o entendimento da dinâmica ecossistêmica de lagoas, em planícies de inundação. Muitas vezes, analisar separadamente o efeito de cada fator local, pode levar a interpretação prejudicada desses resultados, pois a influência desses fatores locais pode ser resultado da interação entre eles (Declerk *et al.* 2005). Esta interação hierárquica é relevante, e muitas vezes, é ela quem explica o efeito (aditivo, multiplicativo ou negativo) deles sobre a diversidade de espécies das comunidades. Portanto, explorá-las pode auxiliar na descrição e previsão de padrões e processos que podem estar regendo as comunidades.

A importância hierárquica do fator cobertura de macrófitas sobre a diversidade da comunidade zooplanctônica sugere que a manutenção dessas plantas aquáticas, galhos e estruturas artificiais, bem como o seu manejo (remoção ou incorporação no ambiente aquático) são estratégias relevantes para aumentar a estruturação do *habitat* e auxiliar na conservação da biodiversidade aquática. E ainda, a estratégia de vida dos organismos é que define o efeito da estruturação do ambiente (cobertura de macrófitas aquáticas), área e a produtividade (concentração de clorofila- $\alpha$ ) sobre os microrganismos aquáticos.

## REFERÊNCIAS

- Allan J. D. (1976) Life history patterns in zooplankton. *Am. Nat.* 110, 165-180.
- Allen A. P., Whittier T. R., Kaufmann, P. R., *et al.* (1999) Concordance of taxonomic richness patterns across multiple assemblages in the lakes of the Northeastern United States. *Can. J. Fis. Aqua. Sci.* **56**, 739-747.
- Barnett A. & Beisner B. E. (2007) Zooplankton biodiversity and lake trophic state: explanations invoking resource abundance and distribution. *Ecology.* **88**, 1675-1686.

- Begon M., Townsend C. R. & Harper J. L. (2007) *Ecologia: de indivíduos a ecossistema*. Artmed, Porto Alegre.
- Bonecker C., Lansac-Tôha F. A. & Rossa D. C. (1998) Planktonic and non-planktonic rotifers in two environments of the Upper Paraná River floodplain, state of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Braz. Arch. Biol. Technol.* **41**, 447-456.
- Bonecker C. C., Aoyagui A. S. M. & Santos R. M. (2009) The impact of impoundment on the rotifer communities in two tropical floodplain environments: interannual pulse variations. *Braz. J. Biol.* **69**, 529-537.
- Bottrell, H. H., Duncan A., Gliwicz Z., Grygierek E., *et al.* (1976) A review of some problems in zooplankton production studies. *Nor. J. Zool.* **24**, 419-456.
- Bozelli R. L. (2000) Zooplâncton. In: *Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico* (eds. R. L. Bozelli, F. A. Esteves & F. Roland). pp. XX-XX. SBL, Rio de Janeiro.
- Buosi P. R. B., Pauleto G. M., Lansac-Tôha F. A. *et al.* (2011) Ciliate community associated with aquatic macrophyte roots: Effects of nutrient enrichment on the community composition and species richness. *Europ. J. of Protist.* 86-102.
- Cardinale, B. J., Bennett D. M., Nelson C. E. *et al.* (2009) Does productivity drive diversity or *vice versa*? A test of the multivariate productivity-diversity hypothesis in streams. *Ecology.* **90**, 1227-1241.
- Colwell R. K. (2009) Biodiversity: concepts, patterns, and measurement. In: *The Princeton guide to ecology* (ed. S. A. Levin). pp. 742. Princeton University Press, New York.
- Cunha E. R., Thomaz S. M., Mormul R. P. *et al.* (2012) Macrophyte Structural Complexity Influences Spider Assemblage Attributes in Wetlands. *Wetlands.* **32**, 369-377.
- De'Ath G. & Fabricius K. F. (2000) Classification and regression trees: a powerful yet simple. *Ecology.* **81**, 3178-3192.
- Declerck S., Vandekerkhove J., Johansson L., *et al.* (2005) Multigroup biodiversity in shallow lakes along gradients of phosphorus and water plant cover. *Ecology.* **86**, 1905-1915.
- Declerck S., Vanderstukken A., Pals A., *et al.* (2007) Plankton biodiversity along a gradient of productivity and its mediation by macrophytes. *Ecology.* **88**, 2199-2210.
- Dodson S. I. (1991) Species richness of crustacean zooplankton in European lakes of different sizes. *Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.* **24**, 1223-1229.
- Dodson S. I. (1992) Predicting crustacean zooplankton species richness. *Limnol. and Oceanogr.* **37**, 848-856.
- Dodson S. I., Arnott S. E. & Cottingham K. L. (2000) The relationship in lake communities between primary productivity and species richness. *Ecology.* **81**, 2662-2679.
- Elmoor-Loureiro L. M. A. (1997) *Manual de identificação de cladóceros límnicos do Brasil*. DF Universa, Brasília.

- Figueiredo B. R. S., Mormul R. P., Benedito E. (2013). Non-additive effects of macrophyte cover and turbidity on predator-prey interactions involving an invertivorous fish and different prey types. *Hydrobiol.* **716**. 21-38.
- Fulone L. J. (2012) *Perifiton heterotrófico : colonização e influência do pulso hidrossedimentológico em uma planície de inundação neotropical*. Maringá.
- Gaston K. J. (2000) Global patterns in biodiversity. *Nature*. **405**, 220-227.
- Golterman H. L. & Clymo R. S. (1969) *Methods for chemical analysis of freshwaters*. Blackwell Science, Oxford.
- Gotelli N. J. & Colwell R. K. (2001) Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*. **4**, 379–391.
- Green J. (2003) Associations of planktonic and periphytic rotifers in a tropical swamp, the Okavango Delta, Southern Africa. *Hydrobiol.* **490**: 197-209.
- Grenouillet G., Pont D. & Seip K. L. (2002) Abundance and species richness as a function of food resources and vegetation structure: juvenile fish assemblages in rivers. *Ecography*. **25**, 641- 650.
- Green J. (2003) Associations of planktonic and periphytic rotifers in a tropical swamp, the Okavango Delta, Southern Africa. *Hydrobiol.* **490**: 197-209.
- Gross K. & Cardinale B. J. (2007) Does species richness drive community production or vice versa? Reconciling historical and contemporary paradigms in competitive communities. *Americ. Natural*. **170**, 207–220.
- Hubbell S. P. (2001) *A Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography*. University Press, Princeton.
- Hutchinson G. E. (1959) Homage to Santa Rosalia, or why are there so many kinds of animals? *Am. Nat.* **93**, 145-159.
- Jeppesen E., Jensen J. P., Søndergaard M., *et al.* (1997) Top-down control in freshwater lakes: the role of nutrient state, submerged macrophytes and water depth. *Hydrobiol.* **342/343**, 151–164.
- Joko C. Y., Lansac-Tôha F. A., Murakami E. A., *et al.* (2010) Novas ocorrências de *Lecane* no plâncton de distintos ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná. – *Acta Sci. Biol. Sci.* **30**, 165-171.
- Junk W. J., Bayley P. B. & Sparks R.E. (1989) The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Can Fish Aquatic Sciences*. **106**, 110-127.
- Koste W. (1978) *Rotatoria die Rädertiere Mitteleuropas begründet von Max Voight. Monogononta*. Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- Kosten S., Lacerot G., Jeppesen E., *et al.* (2009) Effects of Submerged Vegetation on Water Clarity Across Climates. *Ecosystems*. **12**, 1117–1129.
- Kruk C., Rodriguez-Galle L. G. O., Meerhoff M., *et al.* (2009) Determinants of biodiversity in subtropical shallow lakes (Atlantic coast, Uruguay). *Biology*. **54**, 2628-2641.

- Lansac-Tôha F. A., Bonecker C. C., Velho L. F. M., *et al.* (2009) Biodiversity of zooplankton communities in the Upper Paraná River floodplain: interannual variation from long-term studies. *Braz. J. Biol.* **69**, 539-549.
- Lansac-Tôha F. A., Velho L. F. M., Higuti J. *et al.* (2002) Cyclopidae (Crustacea, Copepoda) from the Upper Paraná River floodplain, Brasil. *Braz. J. Biol.* **68**, 1-8.
- Lima A. F., Lansac-Tôha F. A., Velho L. F. M., *et al.* (2003) Composition and abundance of Cladocera (Crustacea) assemblages associated to *Eichhornia azurea* (Swartz) Kunth in the Upper Paraná River floodplain. *Acta Scient.* **25**, 41-48.
- Macarthur R. H. & Wilson E. O. (1967) *The Theory of Island Biogeography*. Ed. Princeton, University Press.
- Magurran A. (2011). *Medindo a diversidade biológica*. UFPR, Curitiba.
- Maia-Barbosa P. M., Peixoto R. S. & Guimaraes A. S. (2008) Zooplankton in littoral waters of a tropical lake: a revisited biodiversity. *Braz. J. Biol.* **68**, 1069-1078.
- Marquet A. P., Fernández M., Navarreta S.A. *et al.* (2004) Diversity emerging: toward a deconstruction of biodiversity patterns. In: *Frontiers of biogeography: new directions in the geography of nature* (eds. M. Lomolino & L. Haeney). pp. 191-210. Sinauer Associates, Massachusetts.
- Matsumura-Tundisi T. (1986) Latitudinal distribution of Calanoida in freshwater aquatic systems of Brazil. *Braz. J. Biol.* **46**, 527-553.
- Meerhoff M., Mazzeo N., Moss B. *et al.* (2003) The structuring role of free-floating versus submerged plants in a subtropical shallow lake. *Aquat. Ecol.* **37**, 377-391.
- Neves G. P. (2011) Copépodes planctônicos (Calanoida e Cyclopoida) em reservatórios e trechos lóticos da bacia do Rio da Prata (Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai): taxonomia, distribuição geográfica e atributos ecológicos. UNESP – Botucatu.
- Nogrady T. & Segers H. (2002) Rotifera: Asplanchnidae, Gastropodidae, Lindiidae, Microcodidae, Synchaetidae, Trochosphaeridae and Filinia. The Hague, SPB Academic.
- Oksanen J., Blanchet F. G., Kindt R., *et al.* (2011) Vegan: community ecology package. Version 1.17-11. Available from: <<http://vegan.r-force.r-project.org/>>.
- Ortega-Mayagoitia E., Ciro-Perez J. & Sanchez-Martinez M. (2011) A story of famine in the pelagic realm: temporal and spatial patterns of food limitation in rotifers from an oligotrophic tropical lake. *J. Plankton Res.* **33**, 1574-1585.
- R Development Core Team. (2012) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Reche I., Pulido-Villena E., Morales-Baquero R. *et al.* (2005) Does ecosystem size determine aquatic bacterial richness? *Ecology*. **86**, 1715-1722.

- Reid J. W. (1985) Chave de Identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). *Boletim de zoologia*. **9**, 17-143.
- Ripley B. (2013) *tree: Classification and regression trees*. R package version 1.0-35.
- Santos-Silva E. N. (2000) *Revisão das espécies do “complexo nordestinus” (Wright, 1935) de Notodiaptomus Kiefer, 1936 (Copepoda: Calanoida: Diaptomidae)*. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Scheffer M., Van Geest G. J., Zimmer K. *et al.* (2006) Small habitat size and isolation can promote species richness: second-order effects on biodiversity in shallow lakes and ponds. *Oikos*. **112**, 227-231.
- Scheffer M. (1998). *Ecology of shallow lakes*. Chapman and Hall, London.
- Schwarzbald A. (1990) Métodos Ecológicos Aplicados ao Estudo do Perifíton. *Acta Limnol. Bras.* **3**, 545-592.
- Segers H (1995) *Rotifera. The hague, the netherlands: SPC Academics 2: the Lecanidae (Monogononta)*. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world.
- Silva W. M. (2003) *Diversidade dos Cyclopoida (Copepoda, Crustacea) de água doce do Estado de São Paulo: taxonomia, ecologia e genética*. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- Simões N. R., Colares M. A. M., Lansac-Tôha F.A. *et al.* (2013a) Zooplankton species richness-productivity relationship: Confronting monotonic positive and hump-shaped models from a local perspective. *Austral Ecology* **38**, 952-958.
- Simões N. R., Dias J. D., Leal C.M., *et al.* (2013). Floods control the influence of environmental gradients on the diversity of zooplankton communities in a neotropical floodplain. *Aquatic Sciences* **75**, 607-617.
- Søndergaard M., Jeppesen E. & Jensen J. P. (2005). Pond or lake: does it make any difference? *Archiv Fur Hydrobiologie* **162**, 143-165.
- Souza-Filho E. E. (2009) Evaluation of the Upper Paraná River discharge controlled by reservoirs. *Brazilian Journal of Biology* **69**, 707-716.
- Statsoft Incorporation (2005) *Statistic, data analysis software system*. Statistic, Tusla.
- Thomaz S. M. & Esteves F. A. (2011) Comunidade de macrófitas aquáticas In: Fundamentos de Limnologia. In: *Fundamentos de Limnologia* (eds. F. A. Esteves). Interciência, Rio de Janeiro.
- Thomaz S. M., Bini L. M. & Bozelli R. L. (2007) Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia* **579**, 1-13.
- Tilman D. (1982) Resource competition and community structure. Princeton University Press, New Jersey.

- Train S. & Rodrigues L. C. (2004) Phytoplankton assemblages. In *The Upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation* (eds. S. M. Thomaz, A. A. Agostinho & N. S.Hahn). Backhuys Publishers, Leiden.
- Ward J. V. & Stanford J. A. (1995) Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. *Regulation Rivers Res Management* **11**: 105-119.
- Ward J. V., Tockner K., Arscott D. B. & Claret, C. (2002) Riverine landscape diversity. *Freshwater Biology* **47**: 517--539.
- Wetzel, R. G. & Likens, G. E. (1991). *Limnological analyses*. Springer-Verlag, New York.
- Whittaker R.H. (1972) Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* **21**, 213–251.
- Zar J.H. (1996). *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall International Editions, New Jersey.

## APÊNDICE

**Tabela 1.** Inventário das espécies identificadas nas lagoas da planície de inundação do alto rio Paraná, em 23 lagoas, outubro de 2012, e classificação destas quanto ao modo de vida, espécies planctônicas (PK) e não planctônicas (NPK) (Koste 1978, Elmoor-Loureiro 1997; Bonecker *et al.* 1998; Santos-Silva 2000, Lansac-Tôha *et al.* 2002, Neves 2011).

Táxons	Modo de vida
<b>ROTÍFEROS</b>	
<b>Asplanchnidae</b>	
<i>Asplanchna sieboldii</i> (Leydig, 1854)	PK
<b>Brachionidae</b>	
<i>Brachionus budapestinensis</i> Daday, 1885	PK
<i>B. calyciflorus</i> (Pallas, 1766)	PK
<i>B. caudatus</i> Barrois & Daday, 1894	NPK
<i>B. dolabratus</i> Haring, 1914	NPK
<i>B. falcatus</i> Zacharias, 1898	PK
<i>B. mirus</i> Daday, 1905	PK
<i>B. quadridentatus</i> Hermann, 1783	PK
<i>Kellicottia bostoniensis</i> (Rousselet, 1908)	PK
<i>Keratella americana</i> Carlin, 1943	PK
<i>K. cochlearis</i> (Gosse, 1851)	PK
<i>K. tropica</i> (Apstein, 1907)	PK
<i>Plationus patulus</i> (Müller, 1786)	NPK
<i>Platylabus leloupi</i> Gillard, 1967	PK
<i>P. quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832)	PK
<b>Collothecidae</b>	
<i>Collotheca ambigua</i> (Hudson, 1883)	NPK
<b>Conochilidae</b>	
<i>Conochilus coenobasis</i> (Skorikov, 1914)	NPK
<i>C. dossuaris</i> Hudson, 1885	PK
<i>C. unicornis</i> Rousselet, 1892	NPK
<i>C. natans</i> (Seligo, 1900)	PK
<b>Dicranophoridae</b>	
<i>Dicranophoroides caudatus</i> (Ehrenberg, 1834)	PK
<i>Trichotria tetractis</i> Ehrenberg, (1830)	NPK
<b>Epiphanidae</b>	
<i>Epiphanes clavulata</i> (Ehrenberg, 1832)	NPK
<i>E. macrourus</i> Barrois and Daday, 1894	NPK
<b>Euchlanidae</b>	
<i>Beuchampiella eudactylota</i> (Gosse, 1886)	NPK
<i>Dipleuchlanis propatula</i> (Gosse, 1886)	NPK
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832	NPK



<i>E. incisa</i> Carlin, 1939	NPK
<b>Filinidae</b>	
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	PK
<i>F. opoliensis</i> Zacharias, 1891	PK
<i>F. terminalis</i> (Plate, 1886)	PK
<b>Flosculariidae</b>	
<i>Floscularia</i> sp.	-
<i>Ptygura</i> sp.	-
<b>Gastropodidae</b>	
<i>Ascomorpha ecaudis</i> Perty, 1850	NPK
<i>A. saltans</i> Bartsch, 1870	PK
<i>Gastropus hyptopus</i> (Ehrenberg, 1938)	PK
<i>G. stylifer</i> (Imhof, 1891)	PK
<b>Hexarthridae</b>	
<i>Hexarthra intermedia</i> (Wiszniewski, 1929)	PK
<i>H. mira</i> (Hudson, 1871)	PK
<b>Ituridae</b>	
<i>Itura deridderae</i> Segers, 1993	NPK
<b>Lecanidae</b>	
<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1886)	NPK
<i>L. cornuta</i> (Muller, 1786)	NPK
<i>L. curvicornis</i> (Murray, 1913)	NPK
<i>L. decipiens</i> (Murray, 1913)	NPK
<i>L. elsa</i> Hauer, 1931	NPK
<i>L. leontina</i> (Turner, 1892)	NPK
<i>L. ludwigii</i> (Eckstein, 1883)	NPK
<i>L. luna</i> (Müller, 1776)	NPK
<i>L. lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)	NPK
<i>L. papuana</i> (Murray, 1913)	NPK
<i>L. proiecta</i> Hauer, 1956	NPK
<i>L. quadridentata</i> (Ehrenberg, 1832)	NPK
<i>L. signifera</i> (Jennings, 1896)	NPK
<i>L. stichaea</i> Haring, 1913	NPK
<b>Lepadellidae</b>	
<i>Colurella obtusa</i> (Gosse, 1886)	NPK
<i>Lepadella ovalis</i> (Müller, 1786)	NPK
<i>L. (L.) patella</i> (Müller, 1773)	NPK
<b>Mytilinidae</b>	
<i>Mytilina macroceca</i> (Jennings, 1894)	PK
<i>M. ventralis</i> (Ehrenberg, 1830)	NPK
<b>Notommatidae</b>	
<i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg, 1832)	PK
<i>Eothinia elongata</i> (Ehrenberg, 1832)	NPK

<i>Monommata dentata</i> Wulfert, 1940	NPK
<i>Notommata copeus</i> Ehrenger, 1834	NPK
<i>N. pachyura</i> (Gosse, 1886)	NPK
<b>Synchaetidae</b>	
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925	PK
<i>Ploesoma truncatum</i> (Levander, 1894)	PK
<i>Synchaeta oblonga</i> Ehrenberg, 1831	PK
<i>S. pectinata</i> Ehrenberg 1832	PK
<b>Testudinellidae</b>	
<i>Pompholyx complanata</i> Gosse, 1951	NPK
<i>Testudinella ohlei</i> Koste, 1972	NPK
<i>T. patina</i> (Hermann, 1783)	NPK
<i>T. tridentata</i> Smirnov, 1931	NPK
<b>Trichocercidae</b>	
<i>Trichocerca bicristata</i> (Gosse, 1887)	PK
<i>T. bidens</i> (Lucks, 1912)	PK
<i>T. brachyura</i> (Gosse, 1851)	PK
<i>T. elongata</i> (Gosse, 1886)	PK
<i>T. gracillis</i> (Tessin, 1890)	NPK
<i>T. iernis</i> (Gosse, 1887)	PK
<i>T. myersi</i> Hauer, 1931	PK
<i>T. scipio</i> (Gosse, 1886)	PK
<i>T. similis</i> (Wierzejski, 1893)	PK
<b>Trichotriidae</b>	
<i>Trichotria tetractis</i> Ehrenberg, (1830)	NPK
<b>Philodinidae</b>	
Bdelloidea	NPK
<b>Proallidae</b>	
<i>Proales</i> sp.	-
<b>CLADÓCEROS</b>	
<b>Bosminidae</b>	
<i>Bosmina hagmanni</i> Stingelin, 1904	PK
<i>B. freyi</i> De Melo and Hebert, 1994	PK
<i>B. tubicen</i> Brehm, 1939	PK
<i>Bosminopsis deitersi</i> Richard, 1895	PK
<b>Chydoridae</b>	
<i>Acroperus tupinamba</i> Sinev and Elmoor-Loureiro, 2010	NPK
<i>Alona dentifera</i> Sars, 1901	NPK
<i>A. guttata</i> Sars, 1862	NPK
<i>A. ossiani</i> Sinev, 1998	NPK
<i>A. verrucosa</i> Sars, 1901	NPK
<i>Alonella clathratula</i> Sars, 1896	NPK
<i>A. dadayi</i> Birge, 1910	NPK

<i>Coronatella poppei</i> (Richard, 1897)	NPK
<i>Camptocercus australis</i> Sars, 1896	NPK
<i>Chydorus eurynotus</i> Sars, 1901	NPK
<i>C. parvireticulatus</i> Frey, 1897	NPK
<i>C. pubescens</i> Sars, 1901	NPK
<i>C. sphaericus</i> O. F. Muller, 1776	NPK
<i>Dunhevedia odontoplax</i> Sars, 1901	NPK
<i>Ephemeroporus barroisi</i> (Richard, 1894)	NPK
<i>E. hybridus</i> (Daday, 1905)	NPK
<i>E. tridentatus</i> (Bergamin, 1931)	NPK
<i>E. orientalis</i> (Daday, 1898)	NPK
<i>Kurzia. longirostris</i> Daday, 1898	NPK
<i>Leberis davidi</i> (Richard, 1895)	NPK
<i>Nicsmirnovius incredibilis</i> (Smirnov, 1984)	NPK
<i>Notoalona sculpta</i> (Sars, 1901)	NPK
<b>Daphniidae</b>	
<i>Ceriodaphnia cornuta</i> Sars, 1886	PK
<i>Daphnia gessneri</i> (Herbst, 1967)	PK
<i>D. lumholtzi</i> G. O. Sars, 1885	PK
<i>Simocephalus latirostris</i> Stingelin, 1906	PK
<b>Ilyocriptidae</b>	
<i>Ilyocryptus spinifer</i> Herrich, 1882	PK
<b>Macrothricidae</b>	
<i>Macrothryx elegans</i> (Sars, 1901)	PK
<i>M. squamosa</i> Sars, 1901	PK
<b>Moinidae</b>	
<i>Moina micrura</i> Kurz, 1874	PK
<i>M. minuta</i> Hansen, 1899	PK
<b>Sididae</b>	
<i>Diaphanosoma birgei</i> Korineck, 1981	PK
<i>D. brevireme</i> Sars, 1901	PK
<i>D. fluviatile</i> Hansen, 1899	PK
<i>D. spinulosum</i> Herbst, 1967	PK
<b>COPÉPODES</b>	
<b>Cyclopidae</b>	
<i>Eucyclops solitarius</i> Herbst, 1959	NPK
<i>E. serrulatus</i> (Fischer, 1851)	NPK
<i>Eucyclops ensifer</i> Kiefer, 1936	NPK
<i>Eucyclops</i> sp.	-
<i>Ectocyclops rubescens</i> Brady, 1904	NPK
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1920)	NPK
<i>Microcyclus meridianus</i> (Kiefer, 1926)	NPK
<i>Mesocyclops longisetus</i> (Thiébaud, 1912)	NPK
<i>M. anceps</i> (Richard, 1897)	NPK

<i>M. actices</i> Myers, 1930	NPK
<i>Microcyclops finitimus</i> Dussart, 1984	NPK
<i>Paracyclops chiltoni</i> (Thomson, 1882)	NPK
<i>P. pilosus</i> Dussart, 1984	NPK
<i>Thermocyclops decipiens</i> (Kiefer, 1929)	PK
<i>T. minutus</i> (Lowndes, 1934)	PK
<b>Diaptomidae</b>	
<i>Argyrodiaptomus azevedoi</i> (Wright, 1935)	PK
<i>Notodiaptomus cearensis</i> (Wright, 1936)	PK
<i>N. henseni</i> (Dahl, 1894)	PK
<i>N. iheringi</i> (Wright, 1935)	PK
<i>N. isabelae</i> (Wright, 1936)	PK
<i>N. spinuliferus</i> Dussart and Matsumura-Tundisi, 1986	PK