



Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Unidade Universitária de Dourados
Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais

**INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS,
DE QUALIDADE DA ÁGUA E DA PAISAGEM SOBRE A
ASSEMBLEIA ZOOPLANCTÔNICA NA BACIA DO
IVINHEMA, ALTO RIO PARANÁ**

Acadêmica: Dáleth Fernanda da Silva Santos

DOURADOS – MS
FEVEREIRO/2013





Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Unidade Universitária de Dourados
Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais

**INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS,
DE QUALIDADE DA ÁGUA E DE PAISAGEM SOBRE A
ASSEMBLEIA ZOOPLANCTÔNICA NA BACIA DO
IVINHEMA, ALTO RIO PARANÁ**

Acadêmica: Dáleth Fernanda da Silva Santos
Orientador: Prof. Dr.º Yzel Rondon Suárez

“Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Recursos Naturais, área de concentração em Recursos Naturais, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais”.

DOURADOS – MS
FEVEREIRO/2013

Opiniões defendidas apaixonadamente são aquelas para as quais não há boas justificativas.

— Bertrand Russell

Dedico...

A meu pai Francisco e a minha mãe Vania, exemplos de vida e de eterno companheirismo.

Que me ensinaram a ousar, questionar, e acima de tudo ser curiosa... muito curiosa.

Estas duas pessoas com muita sabedoria, discernimento, bom senso e dedicação estiveram ao meu lado me encorajando nas horas difíceis e me aplaudindo nos momentos de glória.

Obrigada por serem meus pais, profissionais corretos e competentes, fonte de inspiração, apoio e ensino diário.

Minha vida só tem sentido com vocês ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Graças a Deus sou uma pessoa afortunada e recebi ajuda de muitas pessoas durante toda minha vida em especial esses dois anos de mestrado, tenho muito a agradecer e espero não falhar com nenhum.

Inicio meus agradecimentos por Deus, já que Ele colocou pessoas tão maravilhosas em meu caminho, sem as quais certamente não teria conseguido chegar até aqui.

Meus sinceros agradecimentos a UEMS, pelo apoio a minha participação no mestrado e aos professores do programa.

A CNPq pelo financiamento concedido.

Em especial, ao meu orientador Prof^o. Dr^o Yzel Rondon Suárez, por me receber tão bem em seu laboratório, pela orientação, compreensão, carinho e atenção durante esses anos de convívio e por ser o maior incentivador na superação de meus limites.

À Prof^a Dr. Maria Angélica de Oliveira Bezerra, quem sempre me incentivou e me mostrou os primeiros passos da pesquisa científica.

Aos professores da UFMS, Willian Marcos da Silva e Lucí Helena Zanata, que gentilmente permitiram que algumas análises fossem realizadas em seu laboratório, e por vários momentos enriqueceram minha dissertação com suas informações, críticas e idéias.

A professora Cláudia Bonecker (UEM), pela ajuda no “ponta pé” inicial, e por sempre estar a disposição para tirar dúvidas e dar sugestões em meu trabalho.

Aos meus amigos do Cinam (“cabeças de bagre”): Ana, Gaby, Faby, Maiane, Paty, Wagner, Karina, Marcelo, Gabriel, Ediléia, Aryadne, Lucilene e Mariane, pelos momentos de descontração, pelo café da tarde e principalmente pela amizade, Muito Obrigada.

Aos amigos que fiz no mestrado: Giovana, Jalina, Fabio e Michele, obrigada pelas tantas horas de descontração, companheirismo, incentivo e por me aguentarem falando por horas dos meus “bixinhos” adoro vocês. Agradeço a Ciro, Leilane, Carlos Eduardo, Louizi, Ana Paula e Fabia do Nupélia, pela ajuda na identificação.

Agradeço ao Msc. Franksteffen Silva Maia e a professora Dra. Cláudia Andrea de L. Cardoso por propiciar que parte do trabalho fosse desenvolvido no laboratório de química (CPBio) e pelo empréstimo dos equipamentos. Muito Obrigada.

Por fim, mais não menos importante, manifesto um agradecimento especial a minha família, pelo incentivo e apoio demonstrado durante todos os anos de investigação. Em especial a meus pais, Francisco e Vania a quem dedico essa dissertação, meu infinito agradecimento. À minha irmã Thaissa pelo apoio e compreensão, pois, a seu modo, sempre se orgulhou de mim. E ao meu eterno companheiro Ronaldo, pela paciência, carinho e confiança em meu trabalho.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| RESUMO..... | vi |
| ABSTRACT..... | vii |
| CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais..... | 01 |
| 1.1. Água..... | 01 |
| 1.2. Ambientes lóticos e lênticos | 02 |
| 1.3. Zooplâncton..... | 03 |
| 1.4. Técnicas para amostragem de organismos zooplanctônicos..... | 05 |
| 1.5. Contagem do zooplâncton..... | 05 |
| 1.6. Determinação da Biomassa..... | 06 |
| 1.7. REFERÊNCIAS..... | 06 |
| CAPÍTULO 2 – Influência das características locais e de paisagem sobre a assembleia zooplanctônica na Bacia do Ivinhema – Alto Rio Paraná..... | 08 |
| ABSTRACT..... | 08 |
| 2.1. INTRODUÇÃO..... | 09 |
| 2.2. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 10 |
| 2.2.1. Área de estudo..... | 11 |
| 2.2.2. Amostragens..... | 11 |
| 2.2.3. Análise de dados..... | 12 |
| 2.3. RESULTADOS..... | 13 |
| 2.3.1. Características abióticas..... | 13 |
| 2.3.2. Assembleias zooplanctônicas..... | 14 |
| 2.3.3. Importância dos descritores ambientais..... | 14 |
| 2.4. DISCUSSÃO..... | 18 |
| 3.5. CONCLUSÃO..... | 22 |
| REFERENCIAS | 22 |

RESUMO

Na planície de inundação do Alto rio Paraná, há uma elevada diversidade da comunidade zooplanctônica, no entanto poucos trabalhos incluem dados da Bacia do Rio Ivinhema. Pensando no uso do zooplâncton como bioindicador da qualidade da água, esta dissertação teve como objetivo principal caracterizar a comunidade zooplanctônica da bacia do Ivinhema e conhecer a sua relação com as características físico-química e ocupação do solo. Sendo assim, essa dissertação foi estruturada da seguinte forma: Capítulo 1 (Considerações Gerais) foi realizada uma revisão bibliográfica do assunto a ser explorada no trabalho desenvolvido durante a dissertação, como qualidade da água, comunidade zooplanctônica como bioindicadora, uso do solo. O capítulo 2 nos mostra o artigo produzido, tendo como título “*Influência das características locais e de paisagem sobre a assembleia zooplanctônica na Bacia do Rio Ivinhema, Alto Rio Paraná*”, e o objetivo deste artigo foi investigar a variabilidade da diversidade e composição da comunidade zooplanctônica nos ambientes lóticos desta bacia na tentativa de se descrever a relação entre esses organismos e o ambiente. O estudo foi realizado na Bacia do rio Ivinhema, MS – Alto rio Paraná, e os pontos de coletas foram divididos de forma que se abrange nascente, trecho médio e foz da bacia. Durante o presente trabalho registramos 137 espécies de organismos zooplanctônicos, sendo constatada influência significativa do uso do solo sobre a riqueza, equitabilidade e distribuição das principais espécies zooplanctônicas.

ABSTRACT

In the floodplain area of Upper Paraná River a higher diversity of planktonic communities is registered, however few studies include data from Ivinhema river Basin. Thinking in the use of zooplankton as bioindicator of water quality, this thesis aimed to characterize the zooplanktonic assemblage of Ivinhema River Basin and know their relation with limnologic and landscape use. Being this, this thesis was structured as follows: Chapter 1 (General Considerations) we realized a literature review of the subject to be explored in the work developed during the thesis such as water quality, zooplankton as bioindicator and land use. In the second Chapter we presented the produced manuscript, with the title “*Zooplanktonic assemblage and your relation with the landscape use in Ivinhema River Basin Upper Paraná River*” and aimed to investigate the spatial variability in diversity and composition of planktonic assemblage in lotic environments of this basin searching to describe the species-environment relationship. The study was realized in Ivinhema River Basin, Upper Paraná River and the sampling sites was distributed aiming to represent headwaters, middle and lower basin portions. Our results registered 137 planktonic species being observed significant influence of landscape use on richness, evenness and distributions of main zooplanktonic species.

CAPÍTULO 1

1. Considerações Gerais

Neste capítulo será realizada uma breve revisão de literatura do tema explorado na dissertação: Importância da comunidade zooplancônica, relação com os parâmetros físicos, químicos e ocupação do solo, e a importância do biomonitoramento ambiental.

1.1 Água

A água ocupa um lugar específico entre os recursos naturais. É a substância mais abundante no planeta, embora disponível em diferentes quantidades, em diferentes lugares. Possui papel fundamental no ambiente e na vida humana, e nada a substitui, pois sem ela a vida não pode existir.

Na biosfera, a água faz parte de um ciclo denominado ciclo hidrológico, que segundo Esteves (1998) constitui-se, basicamente, em um processo contínuo de transporte de massas d'águas do oceano para atmosfera e desta, através de precipitações, escoamento (superficial e subterrâneo) novamente ao oceano.

"97,3% são águas salgadas de oceanos. (existem 16 litros de água salgada para 1 único litro de água fresca ou doce); 2,34% são águas em forma de gelo ou localizadas nos lençóis freáticos profundos, por isso, de difícil utilização; 0,36% são águas de rios, lagos e pântanos, apropriadas para o consumo, mas encontra-se distribuído desigualmente pelos países. Deste percentual, 80% é utilizado pela agricultura, 15% pela indústria e apenas 5% é destinado ao consumo humano" (**Fonte: ONU**).

De toda a água existente no planeta, aproximadamente 99% está contida em oceanos e geleiras, que são geralmente pouco considerados para uso humano por sua salinidade e localização. A água doce superficial, ou seja, aquela existente em rios e lagos representam apenas 0,009% da água na Terra (Tundisi & Tundisi, 2011).

A água é necessária em todos os aspectos da vida, sendo parte indispensável de todos os ecossistemas terrestres. No entanto, a sua disponibilidade vem se tornando limitada, devido ao crescimento da população e, conseqüentemente, ao aumento da demanda pela água, bem como do índice de poluição.

Segundo Tundisi (1999), alterações na quantidade, distribuição e qualidade dos recursos hídricos ameaçam a sobrevivência humana e as demais espécies do planeta,

estando o desenvolvimento econômico e social dos países fundamentados na disponibilidade de água de boa qualidade e na capacidade de sua conservação e proteção. A poluição e o mau uso de mananciais ampliam a escassez hídrica e faz do acesso à água potável um foco de tensão em diversas partes do globo.

Em ecossistemas aquáticos, as mudanças ambientais nos parâmetros físicos e químicos, decorrentes de despejos domésticos, agrícolas e industriais, causam alterações na estrutura do conjunto de seres vivos habitantes do corpo hídrico. O uso de indicadores físico-químicos da qualidade da água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na microbacia, sejam essas de origem antrópica ou natural, e vem sendo uma das melhores formas de avaliar determinados ambientes aquáticos.

1.2 Ecossistemas Lóticos e Lênticos

Os ambientes lênticos são aqueles que envolvem, na maioria das vezes, águas paradas, como lagos, lagoas, barragens, poças, pântanos, açudes, entre outros. Eles são considerados importantes distribuidores da biodiversidade do planeta, pois apresentam regiões de transições entre dois biomas, que reúnem uma enorme variedade de espécies e nichos ecológicos.

Os ecossistemas lóticos funcionam como sistemas hidrológicos abertos, onde há fluxo contínuo da nascente a foz e esta característica tem grande efeito na composição das comunidades, de maneira que estas são bioindicadoras que caracterizam as condições ambientais em distintas zonas de um rio (Shafer, 1984).

Analisando comunidades lóticas, o conceito de rio contínuo (Vannote et al., 1980), estabelece que as características como diversidade, produtividade, relações bióticas, entre outras se alteram de forma previsível ao longo do curso de um rio. O conceito é aplicado a ecossistemas lóticos naturais uniformes, sem considerar interferências ou outras entradas de energia no sistema. No entanto, existe certa controvérsia quanto à variação na diferença de espécies em suas diferentes formas (riqueza e equitabilidade, por exemplo) ao longo do gradiente lótico, sendo que alguns estudos sugerem que ocorra a adição de espécies ao longo deste, influenciada pelo aumento da diversidade de microhabitats disponíveis. (Garutti, 1988; Reash & Pigg, 1990; Bennemann et al., 1995; Rathert et al., 1999; Vila-Gispert et al., 2002; Bistoni & Hued, 2002).

A heterogeneidade espaço-temporal das condições ambientais e disponibilidade de recursos em ecossistemas aquáticos é um importante determinante da diversidade local. Ela atua tanto no aumento do número de microhabitats disponíveis quanto no desfecho da exclusão competitiva em um ambiente (Tilman & Pacala, 1993) e a heterogeneidade de habitats. De acordo com a hipótese de heterogeneidade de habitats de MacArthur & MacArthur (1961), um aumento no número de habitats leva a um aumento na diversidade de espécies devido a uma expansão no número de dimensões de nicho. Além disso, ambientes mais heterogêneos em conjunto com um comportamento de agregação podem levar a uma coexistência entre espécies competidoras (Atkinson & Shorrocks, 1981).

A qualidade da água de uma microbacia pode ser influenciada por diversos fatores e, dentre eles, estão o clima, a cobertura vegetal, a topografia, a geologia, bem como o tipo, o uso e o manejo do solo da bacia hidrográfica (Vazhemin, 1972). Segundo Arcova et al. (1998), os vários processos que controlam a qualidade da água de determinado manancial fazem parte de um frágil equilíbrio, motivo pelo qual alterações de ordem física, química ou climática, na bacia hidrográfica, podem modificar a sua qualidade.

Segundo Tundisi (1999), alterações na quantidade, distribuição e qualidade dos recursos hídricos ameaçam a sobrevivência humana e as demais espécies do planeta, estando o desenvolvimento econômico e social dos países fundamentados na disponibilidade de água de boa qualidade e na capacidade de sua conservação e proteção.

1.3 - Zooplâncton

A comunidade zooplancônica dentre as grandes importâncias que possui no sistema hidrológico, destaca-se pela sua atuação na ciclagem de nutrientes, fazendo ligação entre os produtores e o resto da cadeia, disponibilizando assim energia para os outros níveis tróficos. Além disto, possui grande sensibilidade ambiental e responde rapidamente a diferentes impactos, apresentando assim, alterações na quantidade de organismos ou na composição e diversidade da comunidade (Matsmura- Tundisi, 1997; Esteves, 1998; Coelho- Botelho, 2003) (Figura 1).

Estudos sobre a estrutura e funcionamento das comunidades zooplancônicas fornecem oportunidade para investigação dos padrões de respostas às variações cíclicas

e distúrbios episódicos que afetam a distribuição dessas comunidades (Nogueira, 2001). A interação de fatores como, pH , condutividade elétrica, temperatura, concentração de nutrientes forma um conjunto de interações no qual o zooplâncton se desenvolve.

A dinâmica das populações e a distribuição dos organismos plânctônicos são consequências de interações complexas entre os fatores ambientais, as necessidades e tolerâncias de cada espécie e as interações bióticas.

Além de alterar a riqueza das espécies, o processo de eutrofização também modifica a estrutura da comunidade em outros atributos como abundância, dominância e equitatividade (Krienitz et al., 1996). Em geral, em comunidades de ambientes poluídos ocorre a redução da diversidade e alteração da curva de espécie-abundância (Starling, 2000).

Assim como as comunidades zooplanctônicas respondem de maneira rápida às propriedades do meio, estes organismos constituem-se importantes indicadores biológicos do grau de contaminação de um ambiente. Desta forma, não somente a presença ou ausência, mas também a abundância de determinadas espécies, podem ser indicativos de distúrbios nos ecossistemas aquáticos. As comunidades planctônicas vivem sob influência direta do ambiente físico-químico, refletindo intimamente alterações na qualidade da água (Leitão et al., 2006).

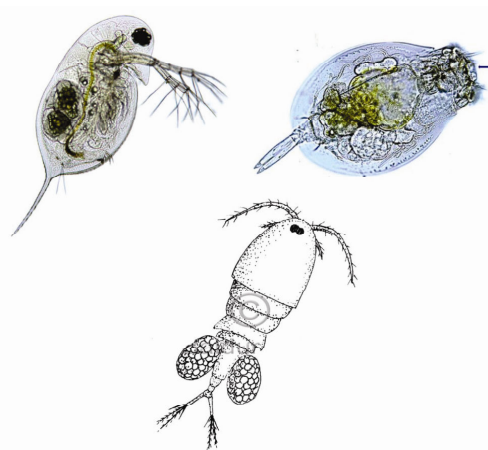


Figura 1- Fotografia de grupos zooplanctônicos estudados: Cladocera, Rotifera e Copepoda, respectivamente. Fonte: (<http://www.oocities.org/supersonicrunner/zooproject/cladoceraa.html>).

1.4 Técnicas para amostragem de organismos zooplanctônicos

Como os organismos da comunidade zooplanctônica vivem dispersos na coluna d'água, sua coleta, consiste quase sempre de algum tipo de filtragem com uma rede. Podem ser utilizados os seguintes métodos:

- Redes de planctôn;
- Garrafas e tubos amostradores;
- Bombas de sucção;
- Armadilhas de plâncton (caixas de metal ou acrílico);
- Planctômetro (rede acoplada a tubo metálico);

A preservação do organismo pode ser feita de diversas maneiras, geralmente utilizando de adição de agentes químicos, formol 4% corados ou não; ou por meio de processos físicos como o congelamento dos organismos.

1.5 – Contagem do Zooplâncton

A contagem do zooplâncton envolve grande multiplicidade de técnicas. Entretanto, destacam-se basicamente dois métodos: a contagem em microscópio (se seu tamanho for $<2 \mu\text{m}$) e a cubeta de Sedgwick-Rafter (se o tamanho for $> 20 \mu\text{m}$). A contagem em microscópio utiliza uma das seguintes lâminas de contagem: Neubauer ($h=0,1\text{mm}$, $A=0,0625\text{mm}^2$), Fuchs-Rosenthal ($h=0,2\text{mm}$, $A=0,0625\text{mm}^2$) e Sedgwick-Rafter ($\text{vol}=1 \text{ ml}$). Os microrganismos devem ser previamente corados e contados no aumento 1.000x, em microscópio óptico.

Para a contagem do micro e mesozooplâncton, cujas dimensões estão acima dos $20 \mu\text{m}$, normalmente é usada a cubeta de Sedgwick-Rafter, de vidro, sem retículo, que possibilita uma melhor resolução óptica. Também pode ser usada a cubeta de plástico, com retículo, que é mais prática para demarcação das transsecções de contagem. Essas cubetas são ideais para a contagem de microzooplâncton: protozoários de grande porte, rotíferos e nauplius.

1.6 Determinação da Biomassa

A determinação da biomassa de organismos planctônicos é fundamental para conhecer a estrutura dessa comunidade. Há dois métodos para avaliar a biomassa de zooplâncton: o gravimétrico (pesagem de amostras) e o alométrico (uso de equações que relacionam as dimensões lineares dos organismos e seu peso).

2 Referências

ARCOVA, F.C.S.; CESAR, S.F.; CICCIO, V. Qualidade da água em microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica, Cunha, São Paulo. **Revista do Instituto Florestal de São Paulo, São Paulo**, v.10, n.2, p.185-96, 1998.

ATKINSON, W. D; SHORROCKS, B. Competition on a divided and ephemeral resource: a simulation model. **Journal of Animal Ecology**. V. 50: 461-471, 1981.

BENNEMANN, S. T.; SILVA -S OUZA , A. T. & ROCHA , G. R. A. Composicion ictiofaunística em cinco localidades de la cuenca Del rio Tibagi, PR – Brasil. **Interciência**. V. 20:1-13, 1995.

BISTONI , M. A. & HUED, A. C. Patterns of fish species richness in rivers of the central region of Argentina. **Brazilian Journal of Biology**. V. 62:753-764, 2002

COELHO-BOTELHO, M.J, **Dinâmica da Comunidade Zooplânctônica e sua relação com o grau de trofia em reservatórios**. In: Simpósio de Avaliação do Programa Biota/Fapesp,IV, 2003, Águas De Lindóia, 2003. Anais...São Paulo: Fapesp, 5p, 2003.

ESTEVES, F.A. Fundamentos de Limnologia. 2ed. Rio de Janeiro: **Interciência/FINEP**. 575p, 1998.

GARUTTI, V. Distribuição longitudinal da ictiofauna em um córrego da região noroeste do Estado de São Paulo, Bacia do Rio Paraná. **Revista Brasileira de Biologia**. V. 48, 747-759, 1998.

KRIENITZ, L., HEHMANN, A., CASPER, S.J The unique phytoplankton community of a highly acid bog lake in German. **Nova Hedwigia**. V. 65, n. 1/4 , p. 411-430, 1997.

LEITÃO, R.C. The effects of hydraulic and organic shock loads on the robustness of upflow anaerobic sludge blanket reactors treating sewage. **Water Science and Technology**. v. 54, n. 2, p. 49-55, 2006.

MACARTHUR, R. H. & LEVINS, R. The limiting similarity, convergence, and divergence of coexisting species. **American Naturalist**. v. 101:377-385. 1967.

MATSUMURA-TUNDISI, T. **Estudo de diversidade de espécies de zooplâncton lacustre do Estado de São Paulo.** 1997. 19p. Disponível em: <[HTTP://www.biota.org.br/info.historico/workshop/revisoes/zooplancton.pdf](http://www.biota.org.br/info.historico/workshop/revisoes/zooplancton.pdf)>

NOGUEIRA, R.P. **Higiomania: a obsessão com a saúde na sociedade contemporânea.** In: VASCONCELOS, E.M. (org.) A saúde nas palavras e nos gestos. São Paulo: HUCITEC, 2001. p.63-72.

TILMAN, D. & PACALA, S. The maintenance of species richness in plant communities. Pp: 13-25 *in* Ricklefs, R. E. & D. Schluter. Species diversity in ecological communities. Chicago University Press. 1993.

RATHERT, D.; WHITE, D.; SIFNEOS, J. C. & HUGHES, R. M. Environmental correlates species richness for native freshwater fish in Oregon, USA. **Journal of Biogeography.** V. 26: 257-273, 1999.

REASH, R. J. & PIGG, J. Physicochemical factors affecting the abundance and species richness of fishes in the Cimarron River. **Proceedings of Oklahoma Academy of Sciences.** V. 70:23-28, 1990.

SCHAEFER, A. **Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais.** Porto Alegre: Editora da Universidade, UFRGS, 1984. P. 295-241.

STARLING, F.L. DO R.M. Comparative study of the zooplankton composition of six lacustrine ecosystems in Central Brazil during the dry season. **Revista Brasileira de Biologia.** v. 60: 101-111, 2000.

TUNDISI, J.G. **Limnologia do século XXI: perspectivas e desafios.** São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, IIE, 1999. 24 p.

TUNDISI, J.G. e TUNDISI, T.M. **Água no Século XXI: enfrentando a escassez.** São Carlos: RIMA, IIE, 2011. 328 p.

VANNOTE, R. L., MINSHALL, G. W., CUMMINS, K. W., SEDELL, J. R. CUSHING, C. E. (1980). "The river continuum concept". *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 130- 137.

VAZHEMIN, I.G. Chemical composition of natural waters in the VYG river basin in relation to the soil of Central Karelia. **Soviet Soil Science, Silver Spring.** v.4, n.1, p.90-101, 1972.

VILA-GISPert, A.; GARCÍA-BERTHOU, E. & MORENO-AMICH, R. Fish zonation in a Mediterranean stream: effects of human disturbances. **Aquatic Sciences.** v. 64:163-170, 2002.

CAPÍTULO - 2

Influência das características limnológicas, da qualidade da água e de paisagem sobre a assembleia zooplancônica na Bacia do Ivinhema, Alto Rio Paraná

Dáleth Fernanda da Silva SANTOS¹, Ana Paula LEMKE¹ & Yzel Rondon SÚAREZ²

¹ Pós Graduação em Recursos Naturais, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Dourados - MS. Centro Integrado de Análise e Monitoramento Ambiental (CInAM)/ Laboratório de Ecologia. - Cidade Universitária de Dourados Rod. Dourados-Itahum, Km 12 - C.P. 351, CEP 79804-970, Dourados - MS /Brasil. ² Centro Integrado de Análise e Monitoramento Ambiental, Laboratório de Ecologia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Rod. Dourados-Itahum, km 12, 79804-970, Dourados, Brasil.

*Corresponding author: daleth_bio@hotmail.com

RESUMO:

Este trabalho teve como objetivo caracterizar a comunidade zooplancônica e suas relações com as características físicas e químicas da água bem como a influência da ocupação do solo na bacia sobre a organização das comunidades zooplancônicas. Foram realizadas coletas de zooplâncton e características limnológicas em 34 pontos em toda extensão da Bacia do Ivinhema, Alto Rio Paraná no período de março e abril de 2012. A comunidade zooplancônica foi constituída 137 espécies, sendo os rotíferos o grupo mais especioso e abundante. Os resultados da análise permitiram identificar o percentual de fragmentos florestais em cada buffer como principal preditor da riqueza e equitabilidade das espécies. Os dois eixos da análise de correspondência canônica explicaram 42.1% da variação na distribuição e abundância das espécies de zooplâncton. Os descritores ambientais, considerados como significativos na distribuição das espécies, foram o percentual de áreas edificadas, altitude, concentração de coliformes fecais, percentual de fragmentos florestais e de Agropecuária. O presente estudo concluiu que a forma de ocupação do solo foi o principal determinante na diversidade e composição de espécies.

Palavras-Chave: Ecologia de comunidades aquáticas, Riqueza de espécies, Ecologia da paisagem, Qualidade da água

Introdução

Os ecossistemas lóticos funcionam como sistemas hidrológicos abertos, onde há fluxo contínuo da nascente à foz e esta característica tem grande efeito na composição das comunidades, de maneira que estas são bioindicadoras que caracterizam as condições ambientais em distintas zonas de um rio (Shafer 1984).

Os rios integram tudo que acontece na área de entorno, considerando-se o uso e ocupação do solo. Segundo Vannote et al. (1980) no Conceito de rio contínuo, nos ecossistemas lóticos encontram-se naturalmente um gradiente contínuo de condições físicas e ajustes abióticos. Nessas condições há uma grande necessidade da existência de vegetação no entorno dos rios, que garanta a proteção dos corpos d'águas contra lixiviação, e erosão do solo.

A comunidade zooplanctônica tem uma grande importância na ciclagem de nutrientes, fazendo ligação entre os produtores e o resto da cadeia, disponibilizando assim energia para os outros níveis tróficos. Além disto, possui grande sensibilidade ambiental e responde rapidamente a diferentes impactos, apresentando assim, alterações na riqueza ou na composição da comunidade (Matsumura-Tundisi 1997; Esteves 1998; Coelho-Botelho 2003). Nestas duas últimas décadas os trabalhos com zooplâncton frequentemente demonstram suas correlações com variáveis indicadoras de eutrofização e poluição.

A qualidade da água de uma microbacia pode ser influenciada por diversos fatores, dentre eles, estão o clima, a cobertura vegetal, a topografia, a geologia, bem como o tipo, o uso e o manejo do solo da bacia hidrográfica (Campos 1999). Em estudos recentes, Tundisi & Matsumura-Tundisi (2008) acentuam a necessidade de uma abordagem sistêmica, integrada e preditiva na gestão das águas com uma descentralização para a bacia hidrográfica.

Na bacia do Rio Paraná e de seus grandes afluentes, principalmente os situados na região sudeste-sul brasileira, existem diversos trabalhos caracterizando a comunidade zooplanctônica de diversos ambientes (Nogueira 2006). Porém, são raras as informações na extensão da Bacia do Ivinhema, MS.

No Mato Grosso do Sul a Bacia do Ivinhema se localiza em uma das regiões com maior produção agrícola do Estado. Apresenta uma expressiva participação no que se refere ao efetivo do rebanho bovino e à utilização de terras e pastagens, bem como, é a mais industrializada do Estado. Por este motivo apresenta vulnerabilidades quanto aos impactos ambientais potenciais e efetivos sobre os ambientes aquáticos.

Nesse sentido, investigar a variabilidade da diversidade e composição da comunidade zooplanctônica nos ambientes lóticos desta bacia é fundamental na tentativa de se descrever a relação entre esses organismos e o ambiente. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi caracterizar a comunidade zooplanctônica e suas relações com as características físicas e químicas da água bem como a influência da ocupação do solo na bacia sobre a organização das comunidades zooplanctônicas.

Materiais & Métodos

Área de Estudo

A bacia do rio Ivinhema está localizada à margem direita do rio Paraná, no Mato Grosso do Sul, Brasil (Fig. 1). Com cerca de 600 km de comprimento e 45.000 km² de área, esta bacia é um segmento restante de poucos com características lóticas do Alto Paraná. A nascente do rio Ivinhema está localizada a cerca de 700 m de altitude na cabeceira do rio Dourados, que flui para Rio Brillhante e com a sua fusão com Vacaria Rio foi renomeado para Ivinhema (Súarez et al. 2011).

De acordo com a classificação de Köppen, a bacia hidrográfica do rio Ivinhema pode ser dividida em duas áreas climáticas. Na primeira, situada na região norte-nordeste da bacia, composta pelos municípios de Nova Alvorada do Sul, Rio Brillhante, Nova Andradina, Ivinhema e Anaurilândia, o clima é o Aw (tropical úmido com inverno seco e verão chuvoso e temperatura média do o mês mais frio superior a 18 C). Na segunda região, formada pelos demais municípios, o clima é o Cwa (temperado chuvoso com inverno seco, verão o chuvoso, temperatura média do mês mais frio inferior a 18 C e a do mês mais o quente superior a 22 C). A temperatura média anual da bacia varia de 20 a 22°C, com as médias dos meses mais frio e mais quente oscilando, respectivamente, de 15 a 19°C e de 23 a 26°C. A precipitação média anual da bacia varia de 1.400 a 1.700 mm, sendo novembro, dezembro e janeiro o trimestre mais chuvoso.

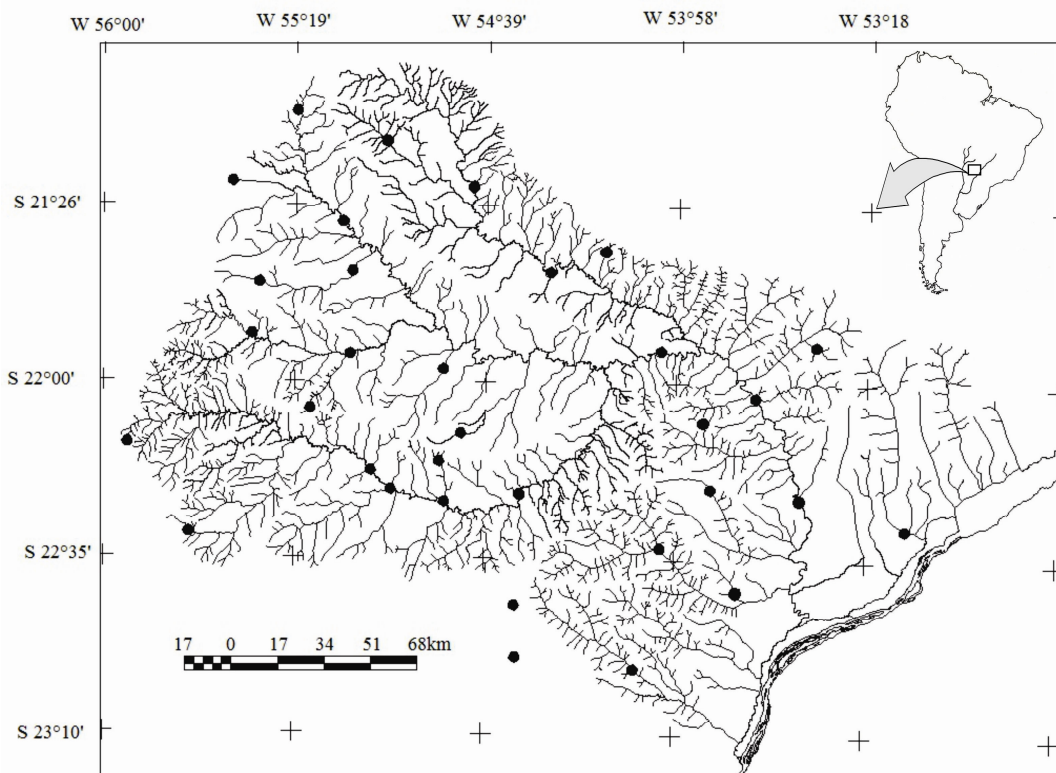


Fig 1. Localização dos locais amostrados na bacia do rio Ivinhema, Alto Rio Paraná entre Março e Abril/2012.

A Sub-Bacia do rio Ivinhema se situa numa região de intensa exploração agropecuária, favorecida pelas condições de relevo e edáficas. Em relação ao estado de Mato Grosso do Sul apresenta uma expressiva participação no que se refere ao efetivo do rebanho bovino e à utilização de terras e pastagens, de forma complementar é a mais industrializada do estado. Ressalta-se a cidade de Dourados, que concentra a maior parte dos estabelecimentos comerciais e de serviços, Mato Grosso do Sul, (2006).

O rio principal da bacia do Ivinhema apresenta como principais afluentes o rio Dourados, pela margem direita, e o rio Vacaria, pela margem esquerda. A bacia do Ivinhema é formada por 25 municípios, englobando 15 municípios integralmente e 10 parcialmente.

Amostragens

As amostragens foram realizadas em 34 pontos, de modo que abrangessem nascente, curso médio e foz da Bacia do rio Ivinhema. Os locais foram escolhidos de acordo com a facilidade de acesso, formas de uso do solo e posição na bacia. As amostragens das comunidades zooplancônicas foram realizadas sempre na margem entre Março e Abril de 2012.

Para a coleta de zooplâncton foram filtrados 500L de água com o auxílio da rede de plâncton de abertura de malha 50 μm . Em campo, as amostras foram coradas com Rosa de Bengala, e em seguida preservadas em formaldeído com uma concentração final de 4%.

Para cada local amostrado foi obtido um conjunto de variáveis ambientais: pH, condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), oxigênio dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) e turbidez (NTU), utilizando uma sonda multifunção Hanna Instruments HI 93703. Uma amostra de água foi obtida com uma garrafa de Van Dorn e levada ao laboratório para análise de Fósforo Total, Nitrogênio Total, Clorofila- α , Coliformes Fecais e DBO.

A análise de clorofila- a foi obtida através do método espectrofotométrico de acordo com Lorenzen (1967). Para determinação dos nutrientes, fósforo total e nitrogênio total foram utilizadas as metodologias de Murph-Riley (1962) e Valderrama (1981) respectivamente. Para análise de coliformes fecais foi utilizada a técnica dos tubos múltiplos (Rompré et al 2002), a análise de DBO foi realizada segundo a NBR 12.614 (1992).

A identificação dos organismos foi realizada por meio de microscópio óptico binocular Zeiss modelo Primo Star Pack (aumento de até 1000x), com o auxílio de obras especializadas como (Koste 1978; Brandorff et al. 1982; Matsumura-Tundisi 1983; Reid 1985; Ruttner- Kolisco 1972; Elmor-Loreiro 1997; Fernando 2002; Elmor-Loureiro et al 2004) e consulta a especialistas.

A abundância dos diferentes grupos nas amostras com um grande número de indivíduos foi determinada a partir da contagem, em câmaras de Sedgwick-Rafter, de no mínimo 50 indivíduos de cada grupo em sub-amostragens obtidas com pipeta do tipo Stempell. E a fim de registrar as espécies raras foram realizadas análises qualitativas, para isto, foram analisadas sub-amostras subsequentes, em cada uma das amostras, até que nenhuma nova espécie fosse registrada. A densidade final foi estimada em ind/m^3 .

Análise de Dados

Para cada local amostrado foram utilizados a riqueza de espécies, equitabilidade e abundância das espécies (densidade) como descritores das comunidades zooplanctônicas.

A riqueza total da comunidade zooplanctônica na bacia estudada foi estimada utilizando o procedimento de bootstrap (Smith & Van Belle 1984), bem como o seu intervalo de confiança ($\alpha = 0,05$). Este método foi escolhido pela robustez e por utilizar dados de todas as espécies não se restringindo apenas às mais raras.

Foi utilizado o índice de Moran I (riqueza de espécies) e um correlograma de Mantel (composição de espécies) para verificar a dependência espacial entre os pontos. O índice de Moran (I) é a estatística mais difundida e mede a autocorrelação espacial a partir do produto dos desvios em relação à média. Este índice é uma medida global de autocorrelação espacial, pois indica o grau de associação espacial presente no conjunto de dados.

Na análise do uso do solo foram utilizadas imagens LANDSAT 5 sensor *Thematic Mapper*, os dados foram processados através do software SPRING 5.0.6 desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A fim de verificar o uso do solo foram criados buffers de 1, 5 e 10km de raio com as principais formas de uso do solo detectadas na bacia: agropecuária, área edificada, fragmentos florestais e áreas úmidas, a classificação supervisionada foi realizada através do algoritmo de Battacharia (Moreira 2005).

Com o objetivo de verificar qual escala de análise da paisagem melhor explica a diversidade e composição das comunidades zooplanctônicas realizamos uma análise de partição de variância onde os vetores utilizados como variáveis explanatórias foram os percentuais do uso do solo nas três escalas analisadas. Após a seleção da melhor escala (1, 5 ou 10km) para descrever a relação entre a paisagem e as comunidades zooplanctônicas realizamos uma nova partição de variância verificando qual subconjunto de variáveis ambientais melhor explica a distribuição das espécies zooplanctônicas: 1) descritores fisiográficos e limnológicos dos trechos amostrados (pH, condutividade, turbidez, oxigênio, temperatura da água, largura, profundidade, velocidade média da água e altitude); 2) Descritores da paisagem (agricultura, áreas úmidas, fragmentos florestais e áreas edificadas) e 3) Posição na bacia hidrográfica.

Por fim, uma árvore de regressão foi utilizada visando explicar a influência dos descritores ambientais sobre a riqueza e equitabilidade das comunidades estudadas, onde riqueza e equitabilidade foram utilizadas como variáveis respostas e os descritores ambientais como variáveis explanatórias.

Logo após as análises de Partição de Variância foram realizadas Análises de correspondência canônica CCA (Legendre & Legendre 1998), como uma forma de medir a influência dos descritores ambientais sobre a distribuição em abundância das principais espécies de zooplâncton (com ocorrência em ao menos 3 locais). Afim de minimizar os resíduos da análise foi adotada como critério a seleção das espécies mais abundantes, possivelmente resultante de espécies acidentais nas comunidades analisadas.

Resultados

Características abióticas

Através dos dados abióticos constatamos que os maiores valores de temperatura foram de 14.4 a 25 (média=22.5, DP=2.21). Os valores encontrados para o pH estiveram entre 5.7 e 7.3 (média=6.73, DP=0.44) durante o período estudado. Já a condutividade elétrica da água variou entre 4 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e 395 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (média=47, DP=67.21). Para turbidez os valores variaram entre 5 e 728 NTU (média=70, DP=125.06). Os locais amostrados tiveram variação do oxigênio dissolvido entre 0.8mg/L⁻¹ e 8.11mg/L⁻¹ (média=7.1, DP=11.33). A quantidade de coliformes termotolerantes variou entre 3NMP e 2400NMP/mL (média=150.8, DP=446.09), e para DBO os valores variaram entre 1mg/L⁻¹ e 4,87mg/L⁻¹ (média=2.6, DP=0.84).

Para fósforo total o menor valor apresentado foi de 10.62 $\mu\text{g}/\text{L}^{-1}$ e o valor máximo foi a de 101.42 $\mu\text{g}/\text{L}^{-1}$ e para nitrogênio total foi obtido um valor baixo de 8.28 $\mu\text{g}/\text{L}^{-1}$ e o maior valor encontrado foi de 79.8 $\mu\text{g}/\text{L}^{-1}$. A clorofila- α diferiu pouco entre os ambientes amostrados, apresentando um pico de 24.5 $\mu\text{g}/\text{L}^{-1}$. O maior valor obtido em clorofila-a foram de 24.5 $\mu\text{g}/\text{L}^{-1}$ e o menor valor foi de 0.83 $\mu\text{g}/\text{L}^{-1}$.

Assembleias zooplancônicas

Para os três grupos estudados Rotifera, Cladocera e Copepoda, 137 táxons foram identificados com uma riqueza estimada de 154 espécies ($\text{CI}_{(\alpha=0.05)}=152$ a 156), portanto aproximadamente 89% das espécies estimadas foram amostradas. Os Rotifera apresentaram o maior número de táxons (80 táxons), seguida dos Cladocera (50 táxons), e Copepoda (7 táxons), os Calanoida e os Cyclopoida apresentaram 3 gêneros cada.

Entre os Rotifera se destacam os Lecanidae (34 táxons), Brachionidae (17 táxons) e Lepadellidae (12 táxons). Para os cladóceros destacaram os Chidoridae (22 táxons), seguidos de Daphnidae (10 táxons) e Bosminidae (6 táxons). Os Copepodas foram representados por 6 táxons, sendo 3 representadas para família Cyclopidae e 3 táxons para a família Diatomidae.

A comunidade apresentou muitos táxons raros que apresentaram frequência de ocorrência baixa e poucos táxons comuns com elevada frequência de ocorrência. As espécies mais comuns dentre os cladóceras foram *Daphnia gessneri*, *Moinodaphia macleayi*, *Chydorus parvareticulatus*, dentre os rotíferos: *Keratella cochlearis*, *Lecane bulla*, *Lecane lunaris*,

Brachiounus bidentata e dentre os copépodes: *Termocyclops decipiens*, *Notodiaptomus* sp., e *Mesocyclops* sp.

Importância dos descritores ambientais

Através da partição de variância constatamos que o buffer com 5km de raio é o mais indicado para mostrar a distribuição das espécies em função das variáveis limnológicas/ambientais, explicando 14.6% enquanto os Buffers de 1 e 10km explicaram 11.2% e 6.7% respectivamente. Ao analisar os buffers de 5km percebemos que a principal forma de uso do solo é a agropecuária (76.1%), seguida por fragmentos florestais (16.7%), áreas úmidas (4.3%), e área edificada (2.3%).

Constatamos através da análise de partição de que a distribuição das espécies é influenciada primariamente pelas características limnológicas e fisiográficas: ($r^2=42.5\%$), seguidas das características de paisagem ($r^2=14.7\%$) e posição na bacia hidrográfica ($r^2=8.9\%$), assim, as características locais dos riachos são mais importantes que as regionais sobre a distribuição das espécies zooplanctônicas (Fig. 2).

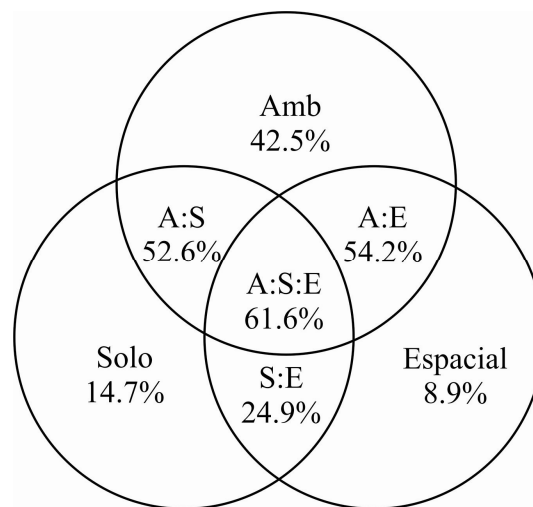


Fig 2. Diagrama de Venn com a porcentagem de variação explicando a composição da comunidade zooplanctônica baseada na partição de variância baseada em: limnológicos e fisiográficos, ou seja: ambientais (A), posição geográfica (E), uso do solo (S), fração explicada para ambientais e uso do solo (A:S), fração explicada por ambientais e uso do solo (A:S), fração explicada por ambientais e posição geográfica (A:E), fração explicada pelos fatores ambientais, uso do solo e posição geográfica (A:S:E).

O índice de autocorrelação espacial de Moran I não mostrou evidência de padrão espacial na riqueza de espécies de zooplâncton nas classes de distância analisados (Fig. 3). Já

através do correlograma de mantel verificamos que a composição de espécies apresenta autocorrelação espacial em três das maiores classes de distância (5, 9 e 10).

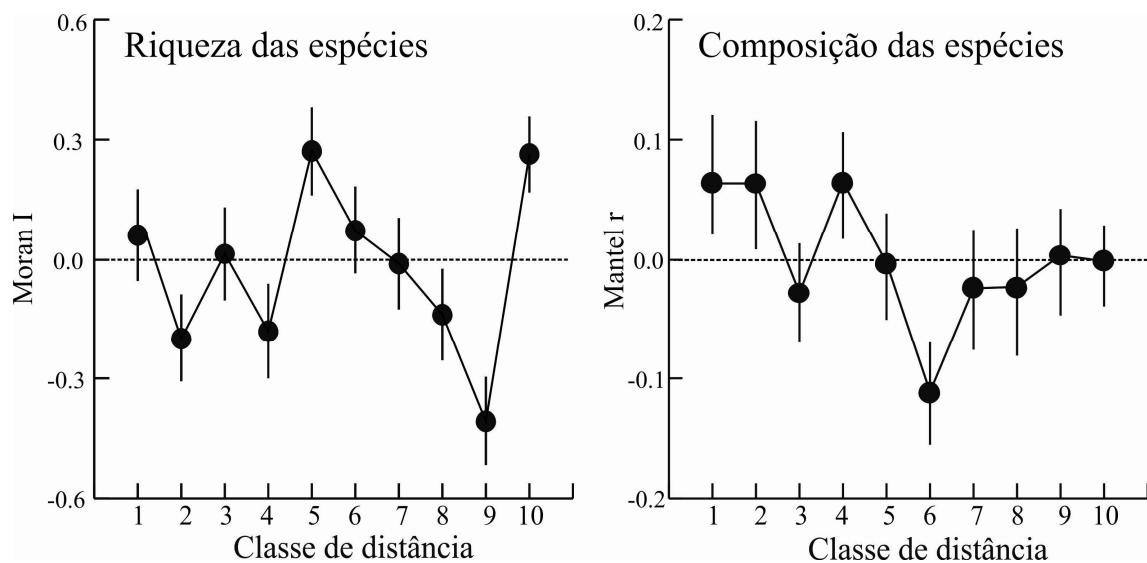


Fig 3. Alto correlação para a riqueza de espécies (Moran I) e composição (correlograma de Mantel) na bacia do rio Ivinhema, Alto Rio Paraná.

Os resultados da árvore de regressão mostraram que em média as amostras possuem 26 ($sd=5.29$) espécies. Os resultados da análise permitiram identificar o percentual de fragmentos florestais em cada buffer como principal preditor da riqueza e equitabilidade das espécies, seguido de DBO, turbidez e agricultura para riqueza, e fragmentos florestais e altitude para Equitabilidade. Desta forma, a maior riqueza de espécies foi observada quando o percentual de fragmentos florestais é maior e a DBO é menor que 2,47. Por outro lado, a combinação de maior percentual de fragmentos florestais, mesmo com DBO maior que 2,47, mas acompanhada de turbidez maior que 33,4 e percentual de área de agricultura menor que 74,2% também apresentam elevada riqueza de espécies. Para a equitabilidade constatamos que os maiores valores foram observados em locais com menor percentual de fragmentos florestais (Fig. 4).

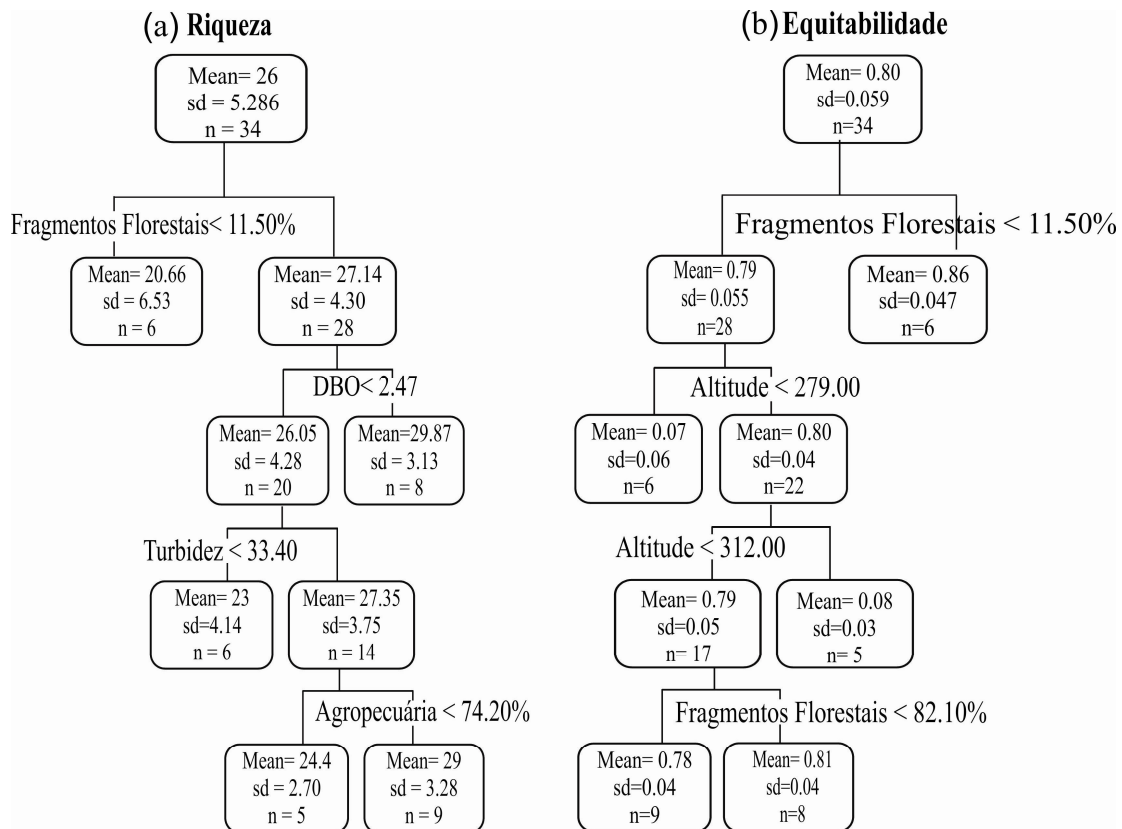


Fig 4. Árvore de regressão das características limnológicas, ambientais e de paisagem sobre a riqueza (a) e equitabilidade (b) da comunidade zooplânctônica estudadas na Bacia do Ivinhema, Alto Rio Paraná.

Os primeiros dois eixos da análise de correspondência canônica explicaram 42.1% da variação na distribuição em abundância das espécies de zooplâncton (Tab.1) Este diagrama mostra os padrões de variação na composição da comunidade, que pode ser explicado pelas cinco variáveis ambientais, e também mostra os padrões de distribuição das espécies ao longo de cada variável ambiental ou gradiente. Os descritores ambientais, considerados como significativos na distribuição das espécies, foram o percentual de áreas edificadas, altitude, concentração de coliformes fecais, percentual de fragmentos florestais e de Agropecuária. Desta forma constata-se que *Moina micrura*, *Filinia longiseta*, *Brachionus havanaensis*, *Moinodaphnia macleayi* e *Notodiptumus* sp. tiveram sua ocorrência positivamente relacionada com alta concentração de agricultura no local amostrado. Por outro lado, as espécies *Cephalodella* sp., *Alona dentifera*, *Termocyclops minutus*, *Proales* sp., e *Lindia* sp. foram influenciadas negativamente onde existiram concentrações de fragmentos florestais, áreas urbanas, coliformes fecais e altitude (Fig. 5).

Tabela 1. Resultados da Análise de Correspondência Canônica (ACC) para as comunidades zooplanctônicas da bacia do rio Ivinhema, Alto Rio Paraná. * = Significativo para $\alpha = 0.05$; *** = Significativo para $\alpha = 0.001$.

| Características Ambientais | Eixo 1 | Eixo 2 | r² |
|------------------------------------|---------------|---------------|----------------------|
| Largura | -0.24 | 0.97 | 0.06 |
| Profundidade | -0.56 | 0.82 | 0.08 |
| Velocidade | 0.92 | 0.36 | 0.20 |
| Altitude | -0.68 | -0.73 | 0.71** |
| pH | 0.36 | -0.92 | 0.09 |
| Oxigênio Dissolvido | -0.43 | -0.89 | 0.00 |
| Condutividade | -0.49 | -0.87 | 0.31 |
| Turbidez | -0.65 | -0.75 | 0.23 |
| DBO | -0.96 | 0.26 | 0.20 |
| Coliformes fecais(%) | -0.42 | -0.90 | 0.64* |
| Fósforo | -0.43 | 0.90 | 0.11 |
| Nitrogênio | -0.99 | -0.01 | 0.05 |
| Clorofila | 0.68 | -0.72 | 0.02 |
| Agropecuária (%) | 0.83 | 0.54 | 0.59* |
| Fragmentos Florestais (%) | -0.92 | -0.36 | 0.42* |
| Áreas úmidas | -0.55 | 0.83 | 0.09 |
| Área Edificada (%) | -0.44 | -0.89 | 0.59* |
| ----- | | | |
| Resumo estatístico dos eixos 1 e 2 | | | |
| ----- | | | |
| Porcentagem de Explicação (%) | 26.9% | 15.2% | |

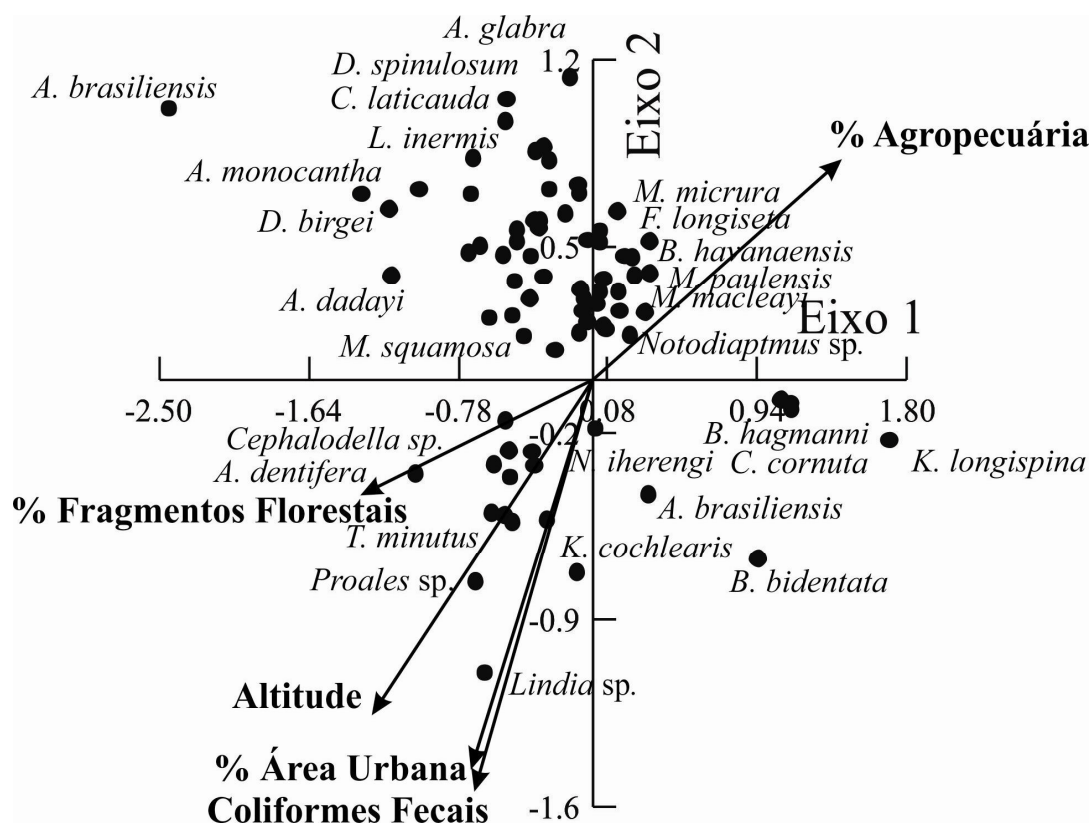


Fig 5. Diagrama de dispersão da análise de correspondência canônica (CCA) entre a abundância das principais espécies zooplantônicas (círculos) e os descritores na bacia do rio Ivinhema (setas), alto rio Paraná entre Março, Abril e Maio/2012.

Discussão

De acordo com a legislação brasileira pertinente ao enquadramento de corpos hídricos e formas de uso da água pertinentes a essas classes a bacia do rio Ivinhema é tida como de Classe 2 (Brasil 2005). Ao comparar a DBO com a Legislação mencionada e pertinente a um rio de Classe 2, os valores encontrados estiveram dentro do permitido que é de até 2mg/L O₂, o menor valor encontrado foi em um local de água mais parada, muita matéria orgânica em decomposição, tal ponto está situado na porção baixa da bacia, o maior valor encontrado foi em um ponto próximo a nascente, onde a água é bem transparente, e existe uma pequena corredeira. Os resultados encontrados para coliformes termotolerantes tiveram uma grande variação, no entanto o menor valor encontrado foi em uma região de mata íntegra e com pouca influência antrópica, o ponto com maior quantidade de coliformes foi próximo a uma área urbana, dois pontos amostrais estiveram o número de coliformes acima do permitido para rio de Classe 2 por Brasil (2005).

A condutividade elétrica da água apresentou também grande variação entre os pontos, o ponto com maior condutividade está localizado próximo a uma área urbana. Não foram observadas diferenças na concentração de oxigênio, mantendo-se bem oxigenado na maioria dos pontos de coleta, e estando abaixo do limite aceitável para rio de Classe 2 em pontos, que estão localizados na porção baixa da bacia e possuem muita matéria orgânica em decomposição.

Estudos realizados por Thomaz et al. (1991) e Bonecker & Lansac-Toha (1996), o rio Ivinhema tem pH neutro a alcalino, temperatura da água estável na maioria dos pontos de coleta, alta condutividade, clorofila- α em baixas concentrações, o que corrobora com os resultados do presente estudo.

A riqueza encontrada durante o presente estudo representa cerca de 50% da comunidade zooplanctônica registrada na bacia do alto rio Paraná (Lansac-Tôha 2009; Simões 2012). A Bacia do Ivinhema representa cerca de 5% da área total da Alto Rio Paraná (Langeani et al., 2007), em termos de proporção, esta riqueza pode ser considerada elevada se considerada a pouca representatividade espacial desta microbacia, ainda mais considerando que no presente estudo a amostragem foi realizada em apenas uma época do ano.

A assembleia zooplanctônica na Bacia do rio Ivinhema demonstrou o predomínio de rotíferos (80 táxons), principalmente Lecanidae, Brachionidae e Lepadellidae. Estas famílias vêm sendo comumente registradas em ambientes aquáticos dulcícolas brasileiros, assim como em outros ambientes sazonalmente alagáveis na América do Sul (eg. Paggi & Paggi 2007; Lansac-Tôha 2009; Takahashi *et al.*, 2009; Simoes *et al.*, 2012).

A predominância de rotíferos dos gêneros *Lepadella* e *Lecane* é característica de ambientes aquáticos tropicais (Green 1972; Dussart et al., 1984). O gênero *Lecane* é o mais diversificado da planície de inundação da Bacia do Alto Paraná com 45 espécies registradas (Joko et al 2008). Freitas e Joko (2009) também encontraram muitas espécies de *Lecane* no vale do rio Paraná (bacia Amazônica) e esta predominância é atribuída à habilidade de apresentar crescimento populacional mesmo em condições de fluxo de água (Picard & Lair 2003).

Podemos associar a grande contribuição de espécies de rotíferos tanto na riqueza quanto na abundância da comunidade zooplanctônica, às características oportunistas deste grupo (Paggi e Paggi 2007). Também associamos a alta concentração de Rotifera a nossas amostras pela dominância deste grupo em ambientes tropicais, provavelmente esteja associado ao ciclo biológico de menor duração destes organismos, que atingem a maturidade rapidamente e apresentam maior taxa de reposição que os microcrustáceos. Tal característica

permite ao grupo se estabelecer em sistemas nos quais prevalecem condições de instabilidade física, como é de se esperar nos ambientes lóticos.

Dentre os 50 táxons de Cladocera encontrados, *Daphnia gessneri* foi a espécie mais frequente, a sua frequência está relacionada diretamente a uma maior produtividade nos ambientes naturais. (Matsumura Tundisi-1984; Lopes et al. 1997; Lima et al. 1998; Branco et al. 2000; Rejas et al. 2005). Daphnidae é tipicamente planctônica e registrada na maioria dos ambientes de água doce (Lima et al., 1996; Lopes et al., 1997). Esse grupo tem ampla distribuição em sistemas aquáticos continentais, especialmente ambientes lênticos.

Cyclopidae e Diatomidae foram as famílias mais representativas dentre os copépodos. Essas famílias constituem os principais grupos de copépodos no plâncton da planície de inundação do alto rio Paraná, bem como a maioria das espécies identificadas (Lansac-Tôha et al., 1992; 1993; 1997; Lima et al., 1996; 1998). *Termocyclops minutus* foi a espécie dominante em todas as amostras, é uma espécie restrita à região neotropical, ocorrendo principalmente em ambientes oligo-mesotróficos (Dabés 1995). Os Cyclopoidas em geral são organismos filtradores, com facilidade na captura de algas cianofíceas filamentosas ou coloniais e predominam em ambientes eutrofizados.

O correlograma de Mantel nos indicou que não houve tendência espacial muito forte entre as classes de distância para composição das espécies, sugerindo que a comunidade varia independentemente da composição espacial. Já para riqueza de espécies houve uma correlação nas classes maiores (5, 9 e 10) o que está diretamente associada ao gradiente longitudinal onde há uma diferença na composição da nascente à foz do rio.

Para árvore de regressão, os fragmentos florestais, DBO, turbidez e agropecuária foram os fatores que melhor explicaram a variação na diversidade de espécies (riqueza e equitabilidade) nos ambientes amostrados. O número de espécies e equitabilidade amostrada nos pontos da Bacia do Ivinhema sugerem que a diferença na integridade dos ambientes, concentração de fragmentos florestais e ocupação do solo para agropecuária foram determinantes na diversidade das espécies zooplanctônicas.

Em pontos onde a concentração de fragmentos florestais foi maior, há um aumento no número de espécies presentes nos ambientes amostrados. Tal fato pode ser explicado pela entrada de nutrientes na água que são responsáveis pelo aumento da comunidade fitoplânctonica que é um dos principais itens alimentares do zooplâncton. Já no caso da turbidez, onde valores mais elevados levam a um aumento na riqueza da diversidade de

espécies, é explicado pela redução na competição de alimento, permitindo que espécies menos abundantes coexistam na comunidade.

Segundo Krienitz et al., 1996, o processo de eutrofização além de alterar a riqueza das espécies, ela também modifica a estrutura das comunidades, como por exemplo a abundância, dominância e equitatividade. No presente estudo foi constatado que em locais com maiores concentrações de agropecuária há uma redução das espécies, devido à entrada contínua de adubo e/ou inseticida no solo, influenciando diretamente o fitoplâncton. Relyea (2005) pôde concluir em estudos que alguns pesticidas diminuem a riqueza de espécies de comunidades aquáticas como a comunidade zooplanctônica, como por exemplo, o glifosato.

Logo, o aumento da degradação ambiental, leva a uma homogeneização das comunidades aquáticas, que muitas vezes passa pela perda das espécies nativas mais generalistas e pelo aumento da abundância de espécies tolerantes à perda de qualidade da água.

A ordenação da comunidade zooplanctônica mostrou que a distribuição das espécies foi significativamente relacionada com os padrões de ocupação do solo nos ambientes estudados. A variável ambiental mais importante foi a altitude do trecho amostrado, sugerindo que a diferenciação ao longo do gradiente longitudinal é o principal determinante da organização das assembléias zooplanctônicas. Esse resultado corrobora com a teoria proposta por Vanotte et al., (1980), a “Teoria do Rio Contínuo” onde as variáveis físicas de um rio natural apresentam gradiente contínuo de montante para jusante, com as comunidades biológicas se ajustando, através da substituição de espécies, no sentido de usar com maior eficiência a energia.

As demais variáveis consideradas importantes na CCA são todas relacionadas ao uso do solo (concentração de coliformes fecais, % de área de agropecuária, % de fragmentos florestais e % de área edificada) e desta forma refletem a influência antrópica sobre a distribuição das espécies. A exemplo, temos o estudo de Ejsmont- Karabin & Kruk (1998), que concluíram a diminuição da diversidade e densidade de rotíferos estudando pequenos rios que drenam áreas agrícolas na Polônia.

Assim, os padrões de distribuição de espécies ao longo dos principais gradientes ambientais mostrou que *Lindia sp.* tinha picos de abundância em ambientes de áreas edificadas e com concentrações altas de coliformes fecais, isto é, ambientes com maior interferência do homem e mais eutrofizado. Um conjunto maior se concentrou onde as áreas de agropecuárias eram mais elevadas *Notodiptumus sp.*, *M. macleayi*, *M. paulensis*, *B. havanaensis*, *F.longiseta* e *M.micrura*. A partir dos dados obtidos de uso e ocupação do solo,

podemos constatar que o uso predominante na bacia é a agricultura, já que este exerce um papel fundamental nas atividades da região. A agricultura é responsável pela maioria parte da transformação paisagística em amplas áreas, visto que, substituem a cobertura vegetal original por pastagens, deixando o solo desprotegido, afetando os índices de sedimentos presentes no canal, uma vez que estes são desagregados pela ação das águas pluviais e carreados pelos cursos d'água até perderem sua competência para o transporte e serem depositados no leito causando o assoreamento do canal (Marques & Souza 2005).

Conclusão

O presente trabalho sugere que a diferença na integridade dos ambientes foi o fator que mais influenciou o número de espécies e equitabilidade nos locais amostrados, visto que a forma de ocupação do solo foi o principal determinante na diversidade das espécies. Os locais onde tinha grande utilização do solo para agropecuária e grande interferência antrópica apresentaram redução da riqueza e equitabilidade.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pelo conselho Nacional de Desenvolvimento de Pesquisa (CNPq), Fundação de apoio do desenvolvimento ao ensino, ciências e tecnologia. (Fundect) e Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Agradecemos a Marcelo Maldonado de Souza e Gabriel Nakamura de Souza pelo auxílio em campo. A Dr^a. Lucí Helena Zanata, Dr. Willian Marcos da Silva, Dr^a Claudia Bonecker, pelo auxílio taxonômico.

Referências

- Brandorff GO. 1982. The composition and structure of rotiferan and crustacean communities of the lower Rio Nhamundá, Amazonas, Brazil. *Stud. Neotrop. Fauna Environm., Lisse*. 17: 69-121.
- Coelho-Botelho MJ. 2003. Dinâmica da Comunidade Zooplanctônica e sua relação com o grau de trofia em reservatórios. In: *Simpósio de Avaliação do Programa Biota/Fapesp, IV, 2003, Águas De Lindóia. Anais*. São Paulo: Fapesp. 1-5.
- Bonecker CC. & Lansac-Tôha FA. 1996. Community structure of rotifers in two compartments of the upper Paraná. Effects of eutrophication on tropical lake mesozooplankton in River Paraná floodplain (MS)–Brazil. *Hydrobiologia*. 325.137–150.
- Branco C, Esteves FA and Kozlowsky-Suzuki B. 2000. The zooplankton and other limnological features of a humic coastal lagoon (Lagoa Comprida, Mace, RJ) in Brazil. *Hydrobiologia* 437: 71-81.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, nº 53 de 18 de março de 2005, Seção 1, p. 58-63.

Dussart B, Fernando CH, Matsumura T, and Tundisi JG, Shiel R. 1984. A review of systematics, distribution and ecology of tropical freshwater zooplankton. *Hydrobiologia*. 113:77-91.

Eijsmont-Karabin J, Kruk M. 1998. Effects of contrasting land use on free-swimming rotifer communities of streams in Masurian Lake District, Poland. *Hydrobiologia*, 387/388, 241-249.

Elmoor-Loureiro LMA. 1997. Manual de Identificação de Cladóceros ,Límnicos do Brasil. Editora Universa. Brasília, 156.

Esteves FA. 1998. Fundamentos de Limnologia. 2ed. Rio de Janeiro: Interciencia/FINEP. 575.

Fernando CH. 2002. A Guide to Tropical Freshwater Zooplankton. Identification, Ecology and Impacts Fisheries. Backhuys Publishers. Leiden 291.

Freitas JS, Joko CY. 2008. Comunidade zooplanctônica do vale do Paranã. In Silva, MJM, (org). Inventário da biota aquática com vistas a conservação e utilização sustentável do Bioma Cerrado (Serra e Vale do rio Paranã). Brasília, 105-110.

Green, J. 1972. Latitudinal variations in association of planktonic rotifera. *Jornal of Zoology*, 167, 31-39.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2010. SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>> Acesso em: 15 fevereiro 2013.

Joko CY, Lansac-Tôha FA, Murakami EA, and Bonecker CC. 2008. Novas ocorrências de Lecane no plâncton de distintos ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 30, 2, 165-171.

Koste W. 1978. Rotatoria: Die Radertiere mitteleuropas, begründer von Max Voigt Monogononta. Berlin: Gebrüder Bornetraeger. 673.

Krienitz L, Hehmann A, and Casper SJ. 1997. The unique phytoplankton community of a highly acid bog lake in German. *Nova Hedwigia*. 65, 1/4 , 411-430.

Langeani F, Castro RMC, Oyakama OT, Shibatta OA, Pavanelli CS, and Casatti L. 2007. Diversidade da ictiofauna do Alto Rio Paraná: composição atual e perspectivas futuras. *Biota Neotropica* 7: 1-17.

Lansac-Tôha FA, Lima AF, Thomaz SM, and Roberto MC. 1992. Zooplâncton de uma planície de inundação do rio Paraná. I. Análise qualitativa e estrutura da comunidade. *Revista Unimar*, Maringá 14: 35-55.

Lansac-Tôha FA, Lima AF, Thomaz SM, e Roberto MC. 1993. Zooplâncton de uma planície de inundação do rio Paraná. II. Variação sazonal e influência dos níveis fluviométricos sobre a comunidade. *Acta Limnologica Brasiliensia* 6: 42-55.

Lansac-Tôha FA, Bonecker CC, e Velho LFM. 1997. LIMA, A.F. Composição, distribuição e abundância da comunidade zooplânctônica. In: Vazzoler AEAM, Agostinho AA, e Hahn NS. A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos limnológicos e sócio-econômicos. Maringá: Eduem: 115-153.

Lansac-Tôha FA, Bonecker CC, Velho LFM, Simões NR, Dias JD, Alves GM, e Takahashi GM. 2009. Biodiversity of zooplankton communities in the Upper Paraná River floodplain: interannual variation from long-term studies. *Braz. J. Biol.* 69: 539-549.

Legendre P, e Legendre L. 1998. *Numerical Ecology*. 2. Elsevier, Amsterdam: 20.

Lima AF, Lansac-Tôha FA, e Bonecker CC. 1996. Zooplankton in the floodplain of a tributary to the Paraná river in Mato Grosso do Sul, Brazil. *Stud. Neotrop. Fauna Environm* 31: 112-116.

Lima AF, Lansac-Tôha FA, Velho LFM, e Bini LM. 1998. Environmental influence on planktonic cladocerans and copepods in the floodplain of the Upper River Paraná, Brazil. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.* 33: 188-196.

Lopes RM, Lansac-Tôha FA, Vale R, e Serafim MJR. 1997. Comunidade zooplânctônica do reservatório de Segredo. In: Agostinho AA, e Gomes LC. Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá: 39-60.

Marques R, Souza LC. 2005. Matas ciliares e áreas de recarga hídrica. In: Andreoli CV, Carneiro C. *Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados*. Curitiba: Sanepar: 161-188.

Matsumura-Tundisi T, e Rocha O. 1983. Occurrence of Copepod (Calanoida Cyclopoida and Harpacticoida) from "Broa" Reservoir (São Carlos, São Paulo, Brazil). *Revta bras. Biol.* 43:1-17.

Matsumura-Tundisi T. 1997. Estudo de diversidade de espécies de zooplâncton lacustre do Estado de São Paulo. [S.l. : s.n.]. 19p. Disponível em: <[HTTP://www.biota.org.br/info.historico/workshop/revisoes/zooplancton.pdf](http://www.biota.org.br/info.historico/workshop/revisoes/zooplancton.pdf)> acesso em novembro de 2012.

Matsumura-Tundisi T. 2008. Rectification of description of *Notodiatomus spinuliferus* Dussart and Matsumura-Tundisi. *Braz.J. Biol.* 68(3): 683-684.

Moreira MA. 2005. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação, Ed. UFV 3: 320.

Murphy J, e Riley JP. 1962. A modified single method for determination of phosphates in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, Amsterdan 27: 31-36.

- Nogueira MG, Jorcín A, Vianna NC, e Britto YC. 2006. Reservatórios em cascata e os efeitos na limnologia e organização das comunidades bióticas (fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos): Um estudo de caso no rio Paranapanema (SP/PR). In: Nogueira MG, Henry R, Jorcín A. editores. *Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. 2a ed. São Carlos: Rima: 435-59.
- Paggi SJ, e Paggi JC. 2008. Hydrological connectivity as a shaping force in the zooplankton community of two lakes in the Paraná River floodplain. *International Review Hydrobiology* 93: 659-678.
- Picard V, e Lair N. 2003. Laboratory approach of the growth of rotifers sampled in the Middle Loire (France) under turbulence. *Journal de Recherche Oceanographique* 28:196-199.
- Rejas D., Declerck S, Auwerkerken J, Tak P, and L. Meester. 2005. Plankton dynamics in a tropical floodplain lake: fish, nutrients, and the relative importance of bottom-up and top-down control. *Freshwater Biol.* 50: 52-69.
- Relyea RA, 2005. The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities. *Ecological Applications*, 15, 2, 618–627.
- Reid JW. 1985. Chave de identificação e lista de referências bibliográficas para as espécies continentais sulamericanas de vida livre da Ordem Cyclopoida (Crustacea, Copepoda). *Bolm.Zool.*, São Paulo 9: 17-143.
- Rompré A, Servais P, Baudart J, De-Roubin MR, e Laurent P. 2002. Detection and enumeration of coliforms in drinking water: current methods and emerging approaches. *Journal of Microbiological Methods* 49: 31-54.
- Ruttner-Kolisko A. 1972. Rotaria. In. Elster, H.J; Ohle, W. (orgs). *Das zooplankton der Binnengewasser*. Band XXVI, Teil 1. Stuttgart: E. Scheizerbart' sche. 99-234.
- Schaefer A. *Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais*. Porto Alegre: Editora da Universidade, UFRGS: 295-241.
- Simões NR, Lansac-Tôha FA, Velho LFM, e Bonecker CC. 2012. Intra and inter-annual structure of zooplankton communities in floodplain lakes: a long-term ecological research study. *Revista de Biologia Tropical* 60: 1819-1836.
- Smith EP, e Van Belle G. 1984. Nonparametric estimation of species richness. *Biometrics* 40:119-129. <<http://dx.doi.org/10.2307/2530750>> acesso em outubro de 2012.
- Súarez YR, Souza MM, Ferreira FS. 2011. Patterns of species richness and composition of fish assemblages of streams of the Ivinhema River basin, Upper Paraná River. *Acta Limnologica Brasiliensia*. 23, 2, 177-188
- Tundisi JG. 1999. *Limnologia do século XXI: perspectivas e desafios*. São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, IIE. 24.
- Tundisi JG, e & Matsumura-Tundisi T. 2008. *Limnologia*. Oficina de Textos, 632.

Valderrama JC. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. *Mar. Chem.* 10: 109-122.

Vannote RL, Minshall GW, Cummins KW., Sedell JR, and Cushing CE. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of fisheries and Aquatic Science* 37:130-137.