

## FATORES ASSOCIADOS À DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO FITOPLÂNCTON EM LAGOS DE INUNDAÇÃO (PANTANAL NORTE, BRASIL)

*Simoni Maria Loverde-Oliveira<sup>1\*</sup>, William Pietro-Souza<sup>2</sup>, Simone Jaqueline Cardoso<sup>3</sup>, Ibraim Fantin-Cruz<sup>4</sup> & Lúcia Aparecida Mateus<sup>5</sup>*

<sup>1</sup>Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Departamento de Ciências Biológicas. Rodovia Rondonópolis-Guiratinga, KM 06 (MT-270), Sagrada Família, Campus Universitário de Rondonópolis, Rondonópolis, MT, Brasil. CEP 78735-910.

<sup>2</sup>Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrária e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Agrícola. Rodovia Rondonópolis-Guiratinga, KM 06 (MT-270), Sagrada Família, Campus Universitário de Rondonópolis, Rondonópolis, MT, Brasil. CEP 78735-910.

<sup>3</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia, Programa de Pós Graduação em Ecologia (PPGE), Departamento de Ecologia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP 21941-902.

<sup>4</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Av. Bento Gonçalves, 9500, Caixa Postal:15029. Porto Alegre, RS, Brasil. CEP 91501-970.

<sup>5</sup>Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade. Av. Fernando Corrêa da Costa, n° 2.367, Boa Esperança, Cuiabá, MT. Brasil. CEP: 78060-90.

E-mails: [loverde@terra.com.br](mailto:loverde@terra.com.br), [william\\_pietro@hotmail.com](mailto:william_pietro@hotmail.com), [simone.jcardoso@gmail.com](mailto:simone.jcardoso@gmail.com), [ibraimfantin@gmail.com](mailto:ibraimfantin@gmail.com), [lmateus@ufmt.br](mailto:lmateus@ufmt.br)

### RESUMO

Atualmente, o conhecimento acerca dos fatores direcionadores das comunidades nos ecossistemas têm se tornado cada vez mais importante para suplementar modelos ecossistêmicos e embasar medidas de manejo e recuperação de habitat. No entanto, esses fatores ainda não são bem conhecidos em ambientes tropicais e especialmente em planícies de inundação. Este estudo teve por objetivo avaliar os efeitos dos fatores locais e espaciais na composição e abundância da comunidade fitoplanctônica em diferentes épocas do período de águas altas. Quatorze lagoas marginais ao rio Cuiabá, Pantanal de Poconé, MT, foram amostradas quinzenalmente entre janeiro e abril de 2007. Para análise do padrão espacial da composição e abundância dos táxons fitoplanctônicos realizou-se um correlograma multivariado de Mantel. Para testar o efeito dos fatores locais foram utilizadas como variáveis as características limnológicas dos sistemas (profundidade, transparência da água, temperatura, condutividade, pH e alcalinidade) e a densidade zooplanctônica. Durante o período de amostragem a comunidade fitoplanctônica esteve representada principalmente pelas classes Cyanophyceae (maior riqueza) e Cryptophyceae (maior abundância). A riqueza e abundância fitoplanctônicas apresentaram valores individualizados nas lagoas. Relações significativas foram encontradas entre a composição fitoplanctônica e as variáveis limnológicas dos sistemas ( $p = 0,003$ ), porém foram fracamente relacionadas à densidade zooplanctônica. De maneira geral, a variação espacial não foi um fator direcionador e os componentes locais se mostraram como os mais importantes para a comunidade fitoplanctônica dos ambientes investigados.

**Palavras-chave:** fitoplâncton; variação espacial; lagos rasos; metacomunidades; Pantanal.

### ABSTRACT

**ASSOCIATED FACTORS TO SPATIAL DISTRIBUTION OF PHYTOPLANKTON IN FLOODPLAIN LAKES (PANTANAL NORTH, BRAZIL).** Currently the knowledge about the factors driving communities in the ecosystems has become increasingly important to supplement ecosystem models and to support management actions and habitat restoration. However, these factors are not well known in tropical environments and especially in flood plains. This study aimed to evaluate the effects of local and spatial factors in the composition and abundance of phytoplankton community at different times during the high water period. Fourteen lagoons along the Cuiaba River, Pantanal of Poconé, MT, were sampled every two weeks between January and April 2007. To analyze the spatial pattern of the composition and abundance of phytoplankton taxa we performed a multivariate Mantel correlogram. To test the effect of local factors

we used as variables the limnological traits (depth, transparency of the water, temperature, conductivity, pH and alkalinity) and also zooplankton density. During the sampling period the phytoplankton community was represented mainly by the classes Cyanophyceae (highest richness) and Cryptophyceae (highest abundance). The phytoplankton richness and abundance showed single values in the lagoons. Significant relationships were found between phytoplankton composition and the limnological variables of the systems ( $p = 0.003$ ), but were weakly related to zooplankton density. In general, the spatial variation was not a driving factor and the local components were more important to phytoplankton community on the studied environments.

**Keywords:** phytoplankton; spatial variation; shallow lakes; metacommunities; Pantanal.

## RESUMEN

**FACTORES ASOCIADOS A LA DISTRIBUCION ESPACIAL DEL FITOPLANCTON EN LLANURAS DE INUNDACION (PANTANAL NORTE, BRASIL).** El conocimiento actual de los factores que rigen a las comunidades en los ecosistemas, se ha vuelto cada vez mas importantes para complementar modelos ecosistémicos y servir de fundamento a las medidas de manejo y recuperación de hábitat. Sin embargo, estos factores aún no son bien conocidos en ambientes tropicales y especialmente en las llanuras de inundación. Este estudio tiene como objetivo evaluar los efectos de los factores locales y espaciales en la composición y abundancia de la comunidad fitoplanctónica en diferentes épocas del periodo de creciente. Catorce lagunas a lo largo del rio Cuiabá, Pantanal de Pocone, MT, fueron muestreadas quincenalmente entre enero y abril del 2007. Para analizar el patrón espacial de composición y abundancia de taxones fitoplanctónicos se realizó un correlograma multivariado de Mantel. Para probar el efecto de los factores locales se utilizaron como variables las características limnológicas (profundidad, transparencia del agua, temperatura, conductividad, pH y alcalinidad) y la densidad zooplantónica. Durante el periodo de muestreo la comunidad fitoplanctónica estuvo representada principalmente por las clases Cyanophyceae (mayor riqueza) y Cryptophyceae (mayor abundancia). La riqueza y abundancia fitoplanctónica presentaron valores singulares en las lagunas. Se hallaron relaciones significativas entre la composición fitoplanctónica y las variables limnológicas de los sistemas ( $p=0,003$ ), pero estuvieron poco relacionadas a la densidad zooplantónica. De manera general, la variación espacial no fue un factor regidor y los componentes locales se mostraron como los mas importantes para la comunidad fitoplanctónica de los ambientes estudiados.

**Palabras clave:** fitoplancton; variación espacial; lagos someros; metacomunidades; Pantanal.

## INTRODUÇÃO

Compreender os fatores que controlam a distribuição dos organismos no tempo e no espaço tem sido um fator desafiador desde os primórdios da ciência (O'Malley 2007). Muitos avanços têm sido feitos no campo da macroecologia, especialmente no entendimento da dinâmica de metacomunidades (Leibold *et al.* 2004), que tem apontado padrões de distribuição para plantas, grandes mamíferos, aves, invertebrados (Brown & Lomolino 1998, Magurran 2003, Colwell *et al.* 2004), e mais recentemente para microrganismos (Martiny *et al.* 2006, Barton *et al.* 2010, Stomp *et al.* 2011). No entanto, pouco ainda se conhece sobre a interação entre os processos locais (produtividade, competição, pressão de predação, heterogeneidade espacial, frequência de distúrbios) e espaciais (dispersão) na estruturação das comunidades

(Leibold *et al.* 2004, Cottenie 2005, Beisner *et al.* 2006), e especificamente em comunidades de sistemas de inundação.

Planícies de inundação são consideradas áreas estratégicas para a preservação devido a sua rica biodiversidade e hidrologia marcante (Mitsch & Gosselink 2007). O ciclo sazonal de inundação é apontado como um macrofator determinante dos padrões de variação da composição e abundância das populações aquáticas (Hamilton *et al.* 2002, Zalocar de Domitrovic 2003, Cardoso *et al.* 2012). No entanto, esse macrofator não atua isoladamente, mas associado a outras variáveis locais como a morfometria e a conectividade entre os ambientes, e as características limnológicas dos ecossistemas aquáticos (Fantin-Cruz *et al.* 2008, Tondato *et al. in press*) que por sua vez, mudam em função das flutuações do nível da água (Junk *et al.* 2006).

Efeitos locais decorrentes das flutuações do pulso de inundação, principalmente nos períodos de águas baixas e de águas altas, foram apontados como possíveis fatores direcionadores da comunidade fitoplanctônica em lagoas do Pantanal (Lima 1996, Espíndola *et al.* 1996, Oliveira & Calheiros 2000, Loverde-Oliveira *et al.* 2009). Estes trabalhos observaram um aumento na concentração de nutrientes e turbidez associados a elevadas densidades fitoplanctônicas durante o período de águas baixas e uma diluição de nutrientes e da comunidade planctônica durante as águas altas (Junk *et al.* 2006, Loverde-Oliveira *et al.* 2009). No entanto, a existência de efeitos espaciais estruturadores das comunidades planctônicas em decorrência do pulso de inundação ainda não foi testada. Como durante as águas altas ocorre um fluxo predominantemente unidirecional das águas em decorrência da ação do rio Cuiabá (Pagotto *et al.* 2011), nós esperamos que haja um efeito estruturador das cheias sobre a

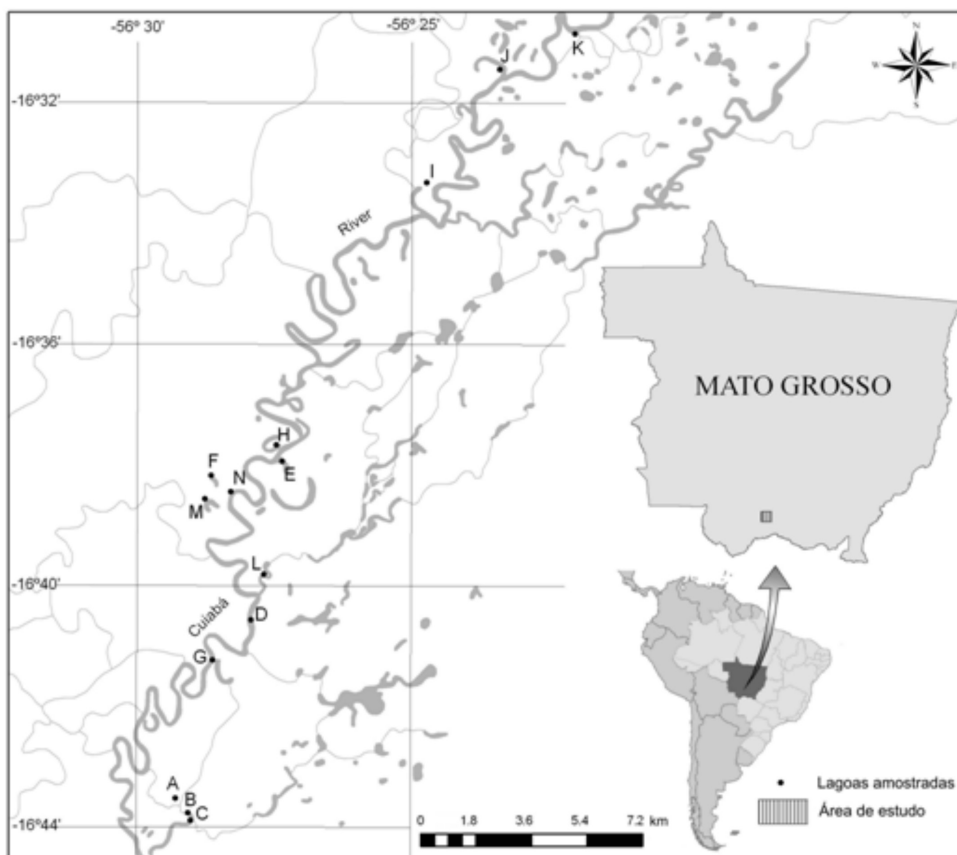
comunidade fitoplanctônica, de forma que, ambientes geograficamente próximos sejam mais similares em composição e abundância fitoplanctônica do que os ambientes mais distantes.

Este trabalho teve por objetivo testar os efeitos dos fatores locais, associados às variáveis limnológicas e densidade zooplânctônica, e espaciais, associados à localização geográfica dos sistemas, na composição e abundância da comunidade fitoplanctônica em quatorze lagoas marginais ao rio Cuiabá ao longo do período de águas altas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### *Local de estudo*

Os sistemas estudados estão localizados às margens do rio Cuiabá, no trecho que compreende a Reserva Particular do Patrimônio Natural SESC-Pantanal (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa da área de estudo evidenciando as estações de coleta. **A-**Lagoa Ribeirão I, **B-** Lagoa Ribeirão II, **C-**Lagoa Ribeirão III, **D-** Lagoa Sucuri, **E-**Lagoa Ilha do Macário, **F-**Lagoa Estiva, **G-**Lagoa Santa Rosa, **H-**Lagoa do Macário, **I-**Lagoa do Corixão, **J-**Lagoa Antônio Alves, **K-**Lagoa Bonita, **L-**Lagoa Conchas, **M-**Lagoa Mussum I, **N-**Lagoa Mussum II.

**Figure 1.** Map of study area showing the sampling stations. **A-**Lake Ribeirão I, **B-** Lake Ribeirão II, **C-**Lake Ribeirão III, **D-** Lake Sucuri, **E-**Lake Ilha do Macário, **F-**Lake Estiva, **G-**Lake Santa Rosa, **H-**Lake do Macário, **I-**Lake do Corixão, **J-**Lake Antônio Alves, **K-**Lake Bonita, **L-**Lake Conchas, **M-**Lake Mussum I, **N-**Lake Mussum II.

A origem destes sistemas está relacionada ao alagamento de depressões ou a meandros abandonados que antes integravam o curso do rio. Estas lagoas possuem profundidades inferiores a 5m, e podem ser conectada ao rio Cuiabá permanentemente ou temporariamente dependendo de suas localizações e da magnitude do alagamento promovido pelo rio Cuiabá. Nesta região, a inundação é predominantemente de origem fluvial, e a conectividade rio-planície pode durar até 160 dias, com períodos de águas altas entre dezembro e março e de águas baixas entre maio a julho (Girard *et al.* 2010). O clima é classificado como Aw (Savana tropical, classificação de Köppen) com temperaturas médias de 28°C e precipitação média anual de 1.400mm, concentradas entre os meses de dezembro a março, o que caracteriza uma marcante sazonalidade no regime fluvial.

#### *Amostragem*

Foram realizadas cinco coletas quinzenais, entre os meses de janeiro e março de 2007 (período de cheia), em quatorze lagoas marginais ao rio Cuiabá (Figura 1). Foram realizadas medidas de profundidade e transparência da água (Disco de Secchi), temperatura da água (MC 126-Metter Toledo), condutividade elétrica (MC126-Metter Toledo), pH (MP120-Metter Toledo) e alcalinidade total (Carmouze 1994).

O material fitoplanctônico foi coletado por meio de passagem de frascos em subsuperfície e preservado com solução de lugol acético. O material zooplanctônico foi coletado por meio de uma bomba de sucção (200L) acoplada a uma rede de plâncton (45µm) e preservado com formalina 4%.

#### *Análise das amostras*

As análises físicas e químicas da água foram realizadas por meio de métodos descritos em Wetzel (1991). As estimativas de abundância fitoplanctônica foram realizadas por meio de contagens a partir de 3 mL da amostra em câmara de Sedgewick-Rafter. Todos os indivíduos (colônias, cenóbios, filamentos, células) encontrados na amostra foram contabilizados. As populações foram quantificadas em microscópio óptico a 400 aumentos. Para a determinação dos grandes grupos taxonômicos de algas foram utilizados os critérios de Van den Hoek *et al.* (1993),

Round *et al.* (1990) e Komárek & Anagnostidis (1999, 2005). Os organismos zooplanctônicos foram avaliados a partir de subamostras de 3mL em câmara de Sedgewick-Rafter sendo que as amostras foram analisadas em sua totalidade em microscópio óptico. Neste estudo foram avaliados somente os grandes grupos (Rotifera, Cladocera e Copepoda (Calanoida e Cyclopoida) e a densidade zooplanctônica total. Os indivíduos foram identificados segundo bibliografia recomendada para cada grupo.

#### *Análise dos dados*

Para análise do padrão espacial da composição (presença e ausência) e abundância dos táxons fitoplanctônicos realizou-se o correlograma multivariado de Mantel (Legendre & Fortin 1989, Legendre 1993). A significância da análise foi testada para cada classe de distância utilizando uma abordagem de aleatorização com 99 permutações e correção de Bonferroni. Foram considerados apenas os táxons mais abundantes da comunidade fitoplanctônica em cada sistema selecionados de acordo com um critério de corte (táxons que contribuíram com mais de 5% para a abundância total em pelo menos uma das lagoas).

Para avaliar a relação entre a composição e a abundância dos táxons fitoplanctônicos com as variáveis limnológicas ambientais e a densidade zooplanctônica, foi realizado um Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) da composição e abundância da comunidade a fim de reduzi-los a uma única dimensão. Na sequência, as variáveis ambientais (profundidade, transparência, temperatura, condutividade, pH e alcalinidade) foram padronizadas entre zero e um, por terem unidades de medidas distintas e reduzidas por uma Análise de Componentes Principais (PCA). Foram aceitos para interpretação os eixos da PCA com autovalores maiores que 1,0 de acordo com o critério de Kaiser-Guttman (Jackson 1993). Apenas variáveis com “loadings” maior que 0,7 foram consideradas como formadoras dos eixos da PCA. Posteriormente, foram feitas duas regressões múltiplas, a primeira utilizando o eixo do NMDS oriundo da ocorrência e a segunda utilizando a abundância de espécies como variáveis descritoras. Para ambos os modelos utilizou-se a densidade zooplanctônica e as variáveis ambientais

(representada pelo primeiro eixo da PCA), como variáveis explanatórias.

## RESULTADOS

### *Variação limnológica e das comunidades planctônicas*

Ao longo do período de amostragem todas as lagoas apresentaram profundidade inferior a 5m, com profundidades médias mínimas de  $1,6\pm 0,15$ m (lagoa M) e máximas de  $4,3\pm 0,68$ m (lagoa E; Tabela 1). Os sistemas apresentaram transparência da água com valores médios variando entre  $0,5\pm 0,31$ m (lagoa N) e  $2,5\pm 1,09$ m (lagoa C). A temperatura da água oscilou em cerca de  $\pm 3^\circ\text{C}$  com média total de  $32^\circ\text{C}$ . A condutividade elétrica média variou de  $38,9\text{mScm}^{-1}$  (lagoa L) a  $45\text{mScm}^{-1}$  (lagoa A). Os menores valores de alcalinidade média ao longo do período foram registrados na lagoa B ( $3,7\text{mgL}^{-1}$ ) e os maiores nas lagoas D e J ( $5\text{mgL}^{-1}$ ). O valores de pH oscilaram

pouco entre os sistemas e ao longo das amostragens apresentando valores médios entre 6,1 (lagoas A, B, C e G) e 6,8 (lagoa F). A comunidade zooplânctônica esteve representada principalmente pelos grupos Rotifera e Cladocera, com abundância zooplânctônica total média variando entre  $370\pm 388\text{ind.m}^{-3}$  (lagoa D) e  $2292\pm 2729\text{ind.m}^{-3}$  (lagoa N; Tabela 1).

A comunidade fitoplânctônica foi representada por 26 táxons, distribuídos entre as classes Cyanophyceae (10), Chlorophyceae (5), Zygnemaphyceae (4), Cryptophyceae (3), Bacillariophyceae (2) e Euglenophyceae (2; Tabela 2). Considerando somente os táxons mais abundantes, a comunidade foi marcada por reduzida riqueza específica (média= $17\pm 3$  táxons/amostra) e variabilidade entre as lagoas, sendo que a lagoa C apresentou o menor número de táxons (12 táxons) e o maior valor foi registrado na lagoa J (22 táxons). O grupo Cyanophyceae contribuiu com maior número de táxons em todas as lagoas amostradas ao longo do estudo (Tabela 2).

**Tabela 1.** Média e desvio padrão de fatores ambientais amostrados nas lagoas marginais ao rio Cuiabá entre janeiro e março de 2007. **Prof.**-profundidade; **transp.**-transparência da água; **temp.**-temperatura da água; **alca.**-alcalinidade; **zoo.**-abundância zooplânctônica.

**Table 1.** Mean and standard deviation values of environmental factors sampled in the marginal lakes along Cuiabá river between January and March of 2007. **Prof** = water depth; **transp** = water transparency; **temp** = water temperature; **alca** = alkalinity; **zoo** = zooplankton abundance.

Lagoas	Coordenadas	Prof. (m)	Transp. (m)	Temp. ( $^\circ\text{C}$ )	Cond. ( $\text{mS cm}^{-1}$ )	Alca. ( $\text{mg L}^{-1}$ )	pH	Zoo. ( $\text{ind.m}^{-3}$ )
A-Ribeirão I	16°44'22,1"S; 56°29'17,3"W	3,1±1,00	2,0±0,69	28,9±1,03	45,0±10,20	4,4±1,00	6,1±0,45	557±398
B-RibeirãoII	16°44'37,8"S; 56°29'03,6"W	3,1±0,50	2,2±0,98	29,3±0,94	43,5±20,20	3,7±1,10	6,1±0,30	963±627
C-RibeirãoIII	16°44'45,4"S; 56°29'01,0"W	3,3±0,61	2,5±1,09	29,6±0,97	42,6±21,40	4,2±2,10	6,1±0,17	966±941
D- Sucuri	16°41'13,7"S; 56°27'55,2"W	3,3±0,62	1,3±0,77	30,0±1,19	43,5±4,30	5,0±1,40	6,3±0,30	370±388
E- Macário	16°38'26,3"S; 56°27'21,1"W	4,3±0,68	0,9±0,21	30,9±1,63	44,3±4,30	4,4±0,80	6,4±0,31	1313±608
F- Estiva	16°39'05,9"S; 56°28'46,0"W	3,4±0,54	0,9±0,20	31,4±1,41	43,7±4,20	4,1±0,60	6,8±0,64	503±57
G-Santa Rosa	16°41'56,2"S; 56°28'37,3"W	3,2±0,58	1,2±0,21	29,0±2,30	44,7±5,80	4,6±0,70	6,1±0,36	860±1001
H- Macário	16°38'09,0"S; 56°27'27,9"W	3,6±1,00	1,3±0,44	31,3±1,72	44,6±7,10	4,6±1,20	6,4±0,40	680±773
I- Corixão	16°33'31,8"S; 56°24'44,1"W	3,0±0,25	2,3±0,73	29,9±0,96	38,9±11,90	4,1±1,50	6,4±0,63	570±229
J-Antônio Alves	16°31'32,1"S; 56°23'24,5"W	4,2±0,37	1,1±0,35	29,2±1,32	44,1±3,80	4,9±1,40	6,3±0,52	660±424
K- Bonita	16°30'54,4"S; 56°22'02,4"W	4,1±1,25	0,9±0,22	29,4±0,80	44,5±3,80	5,0±1,20	6,4±0,35	1170±985



Continuação Tabela 1

Lagoas	Coordenadas	Prof. (m)	Transp. (m)	Temp. (°C)	Cond. (mS cm <sup>-1</sup> )	Alca. (mg L <sup>-1</sup> )	pH	Zoo. (ind.m <sup>-3</sup> )
L- Conchas	16°40'25,5"S; 56°27'41,0" W	2,7±1,33	1,1±0,99	29,6±0,83	43,4±4,70	4,3±0,40	6,4±0,33	1246±1162
M-Mussum I	16°38'41,3"S; 56°28'39,1"W	1,6±0,15	0,8±0,23	30,2±1,30	43,3±3,90	4,7±1,20	6,4±0,36	933±654
N-Mussum II	16°38'58,5"S; 56°28'17,6"W	1,8±0,21	0,5±0,31	32,0±3,48	42,5±4,70	4,6±1,20	6,5±0,34	2292±2729

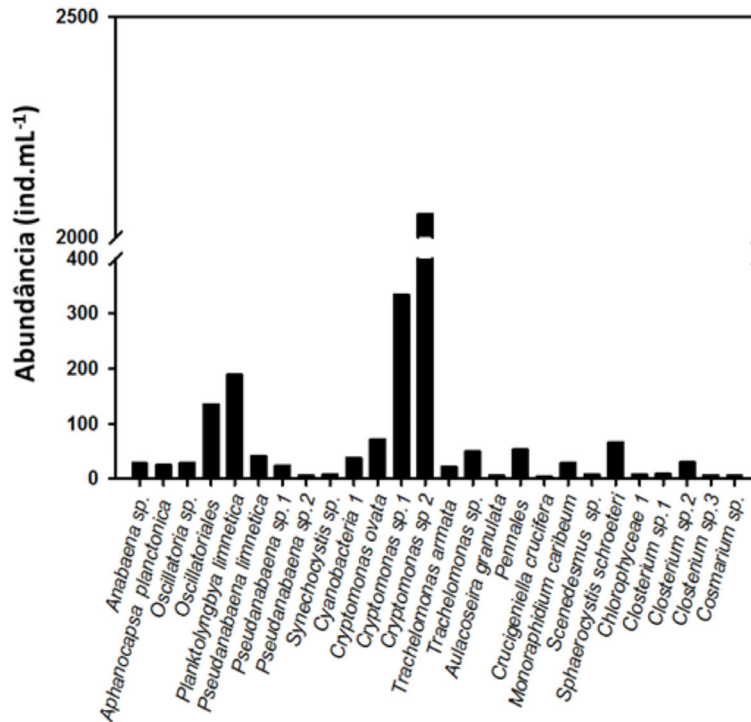
**Tabela 2.** Composição de táxons do fitoplâncton nas lagoas marginais ao rio Cuiabá. **A**-Lagoa Ribeirão I, **B**-Lagoa Ribeirão II, **C**-Lagoa Ribeirão III, **D**- Lagoa Sucuri, **E**-Lagoa Ilha do Macário, **F**-Lagoa Estiva, **G**-Lagoa Santa Rosa, **H**-Lagoa do Macário, **I**-Lagoa do Corixão, **J**-Lagoa Antônio Alves, **K**-Lagoa Bonita, **L**-Lagoa Conchas, **M**-Lagoa Mussum I, **N**-Lagoa Mussum II.

**Table 2.** Composition of phytoplankton taxa in the marginal lakes of Cuiabá river. **A**-Lake Ribeirão I, **B**-Lake Ribeirão II, **C**-Lake Ribeirão III, **D**-Lake Sucuri, **E**-Lake Ilha do Macário, **F**-Lake Estiva, **G**-Lake Santa Rosa, **H**-Lake do Macário, **I**-Lake do Corixão, **J**-Lake Antônio Alves, **K**-Lake Bonita, **L**-Lake Conchas, **M**-Lake Mussum I, **N**-Lake Mussum II.

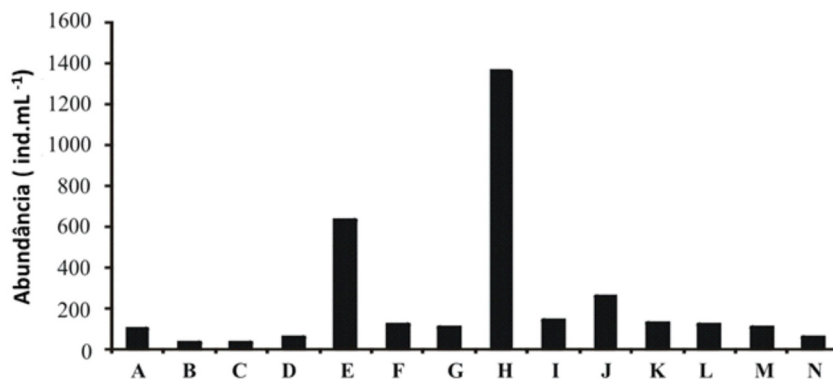
Lagoas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
<b>Cyanophyceae</b>														
<i>Anabaena</i> sp.	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
<i>Aphanocapsa planctonica</i>	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
<i>Oscillatoria</i> sp.	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Oscillatoriales	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Planktolyngbya limnetica</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Pseudanabaena limnetica</i>	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x
<i>Pseudanabaena</i> sp1					x			x	x					
<i>Pseudanabaena</i> sp2		x				x				x		x		x
<i>Synechocystis</i> sp.				x				x	x	x				
Cyanobacteria 1	x	x		x	x	x	x	x		x	x			x
<b>Bacillariophyceae</b>														
<i>Aulacoseira granulata</i>				x			x			x	x		x	
Pennales 1	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>Cryptophyceae</b>														
<i>Cryptomonas ovate</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Cryptomonas</i> sp1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Cryptomonas</i> sp2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>Euglenophyceae</b>														
<i>Trachelomonas armata</i>	x			x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Trachelomonas</i> sp.	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<b>Chlorophyceae</b>														
<i>Crucigeniella crucifera</i>	x			x									x	x
<i>Monoraphidium caribeum</i>	x	x		x		x	x	x		x	x	x	x	x
<i>Scenedesmus</i> sp.	x			x	x						x			x
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	x		x	x		x	x				x			x
Chlorophyceae sp1			x	x			x	x		x			x	x
<b>Zygnemaphyceae</b>														
<i>Closterium</i> sp1	x		x	x		x				x			x	
<i>Closterium</i> sp2	x	x		x		x	x	x		x		x	x	x
<i>Closterium</i> sp3	x	x	x				x		x		x		x	
<i>Cosmarium</i> sp.	x						x				x	x	x	
<b>Riqueza</b>	<b>21</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>22</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>19</b>

Considerando todas as lagoas, as espécies que em média mais contribuíram para a abundância total foram: *Cryptomonas* sp2 (2053 ind.mL<sup>-1</sup>), *Cryptomonas* sp1 (334 ind.mL<sup>-1</sup>), *Planktolyngbya limnetica* (189 ind.mL<sup>-1</sup>), Oscillatoriales (135 ind.mL<sup>-1</sup>) e *Cryptomonas ovata* (71 ind.mL<sup>-1</sup>), seguidas por menores proporções

dos outros táxons (Figura 2). A maioria das lagoas, exceto as E e H (Figura 3), apresentou abundância reduzida (média=234±360 ind.mL<sup>-1</sup>) e expressiva variabilidade numérica, com menor valor médio na lagoa C (27 ind.mL<sup>-1</sup>) e maior valor médio na lagoa H (1366 ind.mL<sup>-1</sup>).



**Figura 2.** Abundância média dos principais táxons fitoplânctônicos (ind.mL<sup>-1</sup>) nas lagoas marginais ao rio Cuiabá entre janeiro e março de 2007.  
**Figure 2.** Mean of the main phytoplankton abundance taxa (ind.mL<sup>-1</sup>) in the marginal lakes of Cuiabá river between January and March of 2007.



**Figura 3.** Abundância total do fitoplâncton (ind.mL<sup>-1</sup>) por lagoa marginal ao rio Cuiabá entre janeiro e março de 2007.  
**Figure 3.** Total phytoplankton abundance (ind.mL<sup>-1</sup>) found in each marginal lakes sampled along Cuiabá river between January and March of 2007.

#### *Padrão espacial da ocorrência e abundância fitoplânctônica*

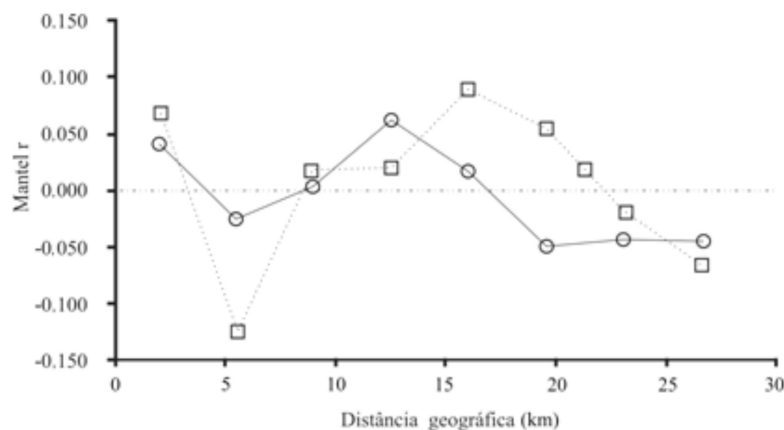
De acordo com correlograma multivariado de Mantel, os dados de composição e de abundância das espécies fitoplânctônicas não apresentam um padrão

significativo de distribuição espacial, indicando independência em relação à distância entre as lagoas (Figura 4).

A ordenação das lagoas baseada na composição de espécies explicou 88% dos dados originais em um eixo, e a ordenação com base na abundância explicou

73% desta variação. A redução da dimensionalidade das variáveis limnológicas ambientais, obtidas através da Análise de Componentes Principais (PCA), explicou em seu primeiro eixo 49,3% da variabilidade dos dados. As variáveis que melhor

representaram esse eixo foram condutividade (0,93), pH (0,82) e transparência da água (-0,91). O segundo eixo explicou 26,8% da variação, onde a temperatura (-0,85) e a profundidade da coluna d'água (0,71) foram as variáveis mais representativas.

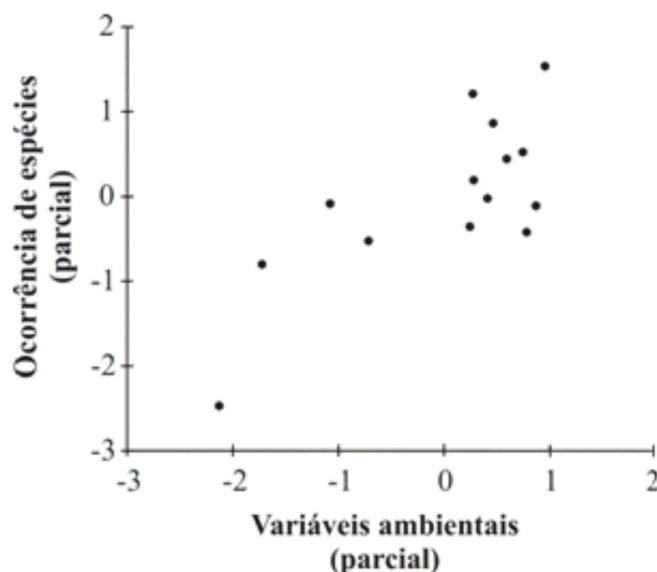


**Figura 4.** Correlograma multivariado de Mantel para a ocorrência (presença e ausência) e abundância de espécies fitoplanctônicas em lagoas marginais ao rio Cuiabá. Círculos e quadrados abertos significam respectivamente, abundância e composição de espécies. Ambos apresentaram correlações não significativas ( $p > 0,05$ , após correção de Bonferroni).

**Figure 4.** Mantel Correlogram of occurrence (presence and absence) and abundance of phytoplankton species found in the marginal lakes along Cuiabá river. Open circles and open squares mean respectively, abundance and species composition. Both symbols shows not significant correlations ( $p > 0,05$ , after Bonferroni correction).

O efeito conjunto das variáveis ambientais (representada pelo primeiro eixo da PCA) e da densidade zooplanctônica sobre a ocorrência de espécies (eixo do NMDS) foi significativo ( $F_{2,11} = 8,58$ ;  $R^2 = 0,61$ ;  $p = 0,006$ ), porém, analisando as parciais deste

modelo, apenas a composição de espécies contribuiu significativamente ( $p = 0,003$ ; Figura 5). O mesmo não aconteceu em relação à abundância de espécies (eixo do NMDS), que não foi influenciada pelas variáveis analisadas ( $F_{2,11} = 2,77$ ;  $R^2 = 0,33$ ;  $p = 0,10$ ).



**Figura 5.** Regressão parcial mostrando o efeito das variáveis ambientais sobre a ocorrência de espécies fitoplanctônicas em lagoas marginais. Foram mostradas apenas as relações significativas ( $p < 0,05$ ).

**Figure 5.** Partial regression showing the effect of environmental variables on the phytoplankton species occurrence along Cuiabá river. Only significant relations are shown ( $p < 0,05$ ).



## DISCUSSÃO

O fitoplâncton das lagoas marginais ao rio Cuiabá esteve composto por espécies cuja ocorrência foi praticamente constante e comum a todas as lagoas ao longo do período de águas altas. Padrões semelhantes foram encontrados por Cardoso *et al.* (2012) durante o período de águas baixas, também em lagoas marginais ao rio Cuiabá. A elevação dos níveis hidrométricos e o estabelecimento da conexão entre os sistemas rio-lagoas-planície podem ser responsáveis por facilitar a colonização das mesmas espécies nos diferentes habitats em um primeiro momento. No entanto, a permanência e dominância das mesmas espécies ao longo de todo o período de águas altas se mostram como algo não esperado, uma vez que este período é também considerado como um distúrbio intermediário, responsável pela elevação da diversidade planctônica em alguns sistemas de inundação (Garcia de Emiliani 1993, Loverde-Oliveira 2005, Granado & Henry 2012,). De acordo com o proposto pelo “Paradoxo do Plâncton” (Hutchinson 1961), muitas espécies tenderiam a coexistir em um mesmo ambiente, aparentemente homogêneo e isotrópico e com competição por recursos, devido a um permanente fracasso das comunidades fitoplanctônicas em alcançar o equilíbrio em situações adversas. Este fracasso por sua vez, estaria associado às mudanças externas, que segundo Harris (1986) seriam as variações ambientais, e que no presente estudo se mostram como as variações do nível da água nas lagoas. Ao longo do período amostrado esse efeito promotor de maior diversidade fitoplanctônica não foi constatado.

Para as lagoas de inundação esperava-se que durante o período de águas altas o fluxo de água predominantemente unidirecional criasse uma estrutura espacial na composição e na abundância de organismos planctônicos, que são transportados a deriva (Pagotto *et al.* 2011). O que, conseqüentemente faria com que ambientes geograficamente próximos fossem mais similares que os distantes. No entanto, na análise espacial, a distância entre as lagoas, que influencia o processo de colonização e similaridade entre ambientes, não foi suficiente para determinar a composição e a abundância, resultando em uma distribuição aleatória da composição dos táxons fitoplanctônicos no espaço. Esta dissimilaridade

aleatória entre os sistemas sugere que a conectividade entre ambientes da planície promovida pela inundação não determina que lagoas mais próximas sejam mais semelhantes em composição e abundância. Este resultado suporta as conclusões de Fernandes *et al.* (2010), Pagotto *et al.* (2011) e Tondato *et al.* (*in press*), que em estudos na planície de inundação do rio Cuiabá (Pantanal) relatam que a composição de peixes e de sementes no solo variam de forma aleatória entre ambientes, mesmo quando eles estão muito próximos. Assim, a falta de um padrão espacial mostrou que processos espaciais relacionados aos limites de dispersão do fitoplâncton não apresentaram efeitos significativos sobre a distribuição da comunidade, onde os fatores locais parecem ser os principais direcionadores.

Neste estudo, a densidade zooplanctônica foi menos importante para a composição geral do modelo em comparação com as demais condicionantes locais como disponibilidade de luz e condutividade da água. O efeito da herbívora zooplanctônica, ao contrário do que é observado em regiões temperadas, não foi evidenciado. Experimentos de exclusão do zooplâncton realizado por Silveira *et al.* (2010) em lagoas do Pantanal Norte, também observaram que o controle descendente, realizado pelo zooplâncton, não é capaz de regular o fitoplâncton no período de águas altas. Estudos sugerem a ausência do controle exercido pelo zooplâncton durante o período de águas altas é decorrente das baixas densidades de médios filtradores (cladóceros e calanoidas) registrados neste período (Loverde-Oliveira 2009, Fantin-Cruz *et al.* 2010, Fantin-Cruz *et al.* 2011).

Deste modo, as condicionantes locais do habitat, como a transparência da água, que na maioria das lagoas foi elevada, e a condutividade elétrica, que é uma expressão da quantidade de íons dissolvidos na água, foram os fatores mais importantes para composição taxonômica e as diferentes abundâncias fitoplanctônicas de cada lagoa. Ambos os fatores estão relacionados à disponibilidade de luz e nutrientes nos sistemas, que são condicionantes essenciais para a produção primária e crescimento do fitoplâncton (Reynolds 2006). Portanto, a composição da comunidade fitoplanctônica nas lagoas marginais ao rio Cuiabá, apresentou forte relação com a qualidade do habitat, demonstrando que sua distribuição não ocorre aleatoriamente, mas sim determinada por

ele, seguindo a teoria de nicho. Os componentes limnológicos monitorados apresentaram relações positivas significativas com a ocorrência de espécies, expressas por meio da regressão parcial, de forma a qualificar o efeito das condicionantes locais sobre a distribuição do fitoplâncton. Cardoso *et al.* (2012) encontraram no período de águas baixas ampla complexidade espacial na comunidade fitoplanctônica de algumas das lagoas marginais do rio Cuiabá.

Muito se tem avançado sobre o conhecimento a cerca da ecologia de planícies alagáveis em regiões tropicais. Porém, trabalhos que considerem a estruturação das comunidades aquáticas nestes sistemas ainda são escassos, especialmente na região do Pantanal. Para essa região, os trabalhos de caracterização das comunidades são reduzidos e traduzem uma abordagem temporal curta (Loverde-Oliveira *et al.* 2011, Lima *et al. in press*). Ressaltamos a necessidade de mais estudos testando o efeito da variação espacial como o isolamento entre os habitats, promovido pelos períodos de águas baixas, e o efeito diluidor das águas altas, por um período de tempo mais longo para que as relações entre o pulso de inundação e as comunidades planctônicas sejam melhor compreendidas.

## CONCLUSÃO

Nossos resultados indicam que durante o período de águas altas não há um padrão de distribuição espacial da comunidade fitoplanctônica nos ambientes investigados. Entre os parâmetros de abundância e composição da comunidade no período de cheia do Pantanal, apenas a composição é controlada por fatores locais como a condutividade, transparência e temperatura da água.

**AGRADECIMENTOS:** Ao Centro de Pesquisas do Pantanal (CPP), PELD/CNPq site 12 e ao SESC Pantanal pelo suporte financeiro e apoio logístico nas coletas. Ao CNPq por fornecer bolsa de iniciação científica do William Pietro de Souza. Também agradecemos a Alessana Schlichting, Elder Rogério Pamplona e Milena Leite de Oliveira pelo auxílio nas análises dos organismos planctônicos.

## REFERÊNCIAS

BARTON, A.D.; DUTKIEWICZ, S.; FLIERL, G.; BRAGG, J. & FOLLOWS, M.J. 2010. Patterns of diversity in marine phytoplankton. *Science*, 327: 1509-1511, <http://dx.doi.org/10.1126/science.1184961>

BEISNER, B.E.; PERES-NETO, P.R.; LINDSTROM, E.S.; BARNETT, A. & LONGHI, A.L. 2006. The role of environmental and spatial processes in structuring lake communities from bacteria to fish. *Ecology*, 87: 2985-2999, [http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[2985:TROEAS\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[2985:TROEAS]2.0.CO;2)

BROWN, J.H. & LOMOLINO, M.V. 1998. *Biogeography*. Second Edition. Sinauer Associates, Sunderland, MA. 590p.

CARDOSO, S.J.; ROLAND, F.; LOVERDE-OLIVEIRA, S.M. & HUSZAR, V.L.M. 2012. Phytoplankton abundance, biomass and diversity within and between Pantanal wetland habitats. *Limnologia*, 42: 235-241, <http://dx.doi.org/10.1016/j.limno.2012.01.002>

CARMOUZE, J.P. 1994. *O metabolismo dos ecossistemas aquáticos. Fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas*. Edgard Blücher, São Paulo, SP. 254p.

COLWELL, R.K.; MAO, C.X. & CHANG, J. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*, 85: 2717-2727, <http://dx.doi.org/10.1890/03-0557>

COTTENIE, K. 2005. Integrating environmental and spatial processes in ecological community dynamics. *Ecology Letters*, 8: 1175-1182, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00820.x>

ESPÍNDOLA, E.G., MATSUMURA-TUNDISI T. & MORENO, I.H. 1996. Estrutura da comunidade fitoplanctônica da lagoa Albuquerque (Pantanal Matogrossense), Mato Grosso do Sul, Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 8: 13-27.

FANTIN-CRUZ, I.; LOVERDE-OLIVEIRA, S.M. & GIRARD, P. 2008. Caracterização morfométrica e suas implicações na limnologia de lagoas do Pantanal Norte. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 30: 133-140, <http://dx.doi.org/10.4025/actasciobiolsci.v30i2.3628>

FANTIN-CRUZ, I.; LOVERDE-OLIVEIRA, S.M.; BONECKER, C.C.; GIRARD, P. & MOTTA-MARQUES, D. 2010. Zooplankton density prediction in a flood lake (Pantanal – Brazil) using artificial neural networks. *International Review of Hydrobiology*, 95: 330-342, <http://dx.doi.org/10.1002/iroh.201011205>

FANTIN-CRUZ, I.; LOVERDE-OLIVEIRA, S.M.; BONECKER, C.C.; GIRARD, P. & MOTTA-MARQUES, D. 2011. Relationship between the structure of zooplankton community and the water level in a floodplain lake from the Pantanal, Mato Grosso State, Brazil. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 33: 271-279, <http://dx.doi.org/10.4025/actasciobiolsci.v33i3.6975>

FERNANDES, I. M.; MACHADO, F.A. & PENHA, J. 2010. Spatial pattern of a fish assemblage in a seasonal tropical wetland:

- effects of habitat, herbaceous plant biomass, water depth, and distance from species sources. *Neotropical Ichthyology*, 8: 289-298.
- GARCIA DE EMILIANI, M. O. 1993. Seasonal succession of phytoplankton in a lake of the Paraná River floodplain, Argentina. *Hydrobiologia*, 264: 101 - 114.
- GIRARD, P.; FANTIN-CRUZ, I.; LOVERDE-OLIVEIRA, S.M. & HAMILTON S.K. 2010. Small-scale spatial variation of inundation dynamics in a floodplain of the Pantanal (Brazil). *Hydrobiologia*, 638: 223-233, <http://dx.doi.org/10.1007/s10750-009-0046-9>
- GRANADO, D.C. & HENRY, R. 2012. Changes in abiotic characteristics of water in the Paranapanema River and three lateral lagoons at mouth zone of the Jurumirim Reservoir during the flood period, São Paulo, Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40: 79-89. <http://dx.doi.org/103856/vol40-issue4-fulltext-1>
- HAMILTON, P.B.; LEY, L.M.; ALLOWAY, C.; PICK, F.R. & POULIN, M. 2002. Plankton Densities and Biomass in the Rideau River, Ottawa River, Constance Lake, Mud Lake and McKay Lake during the year 2001. *Technical Report*. Research Division, Centre for Aquatic Biology and Environmental Research (CABER), Canadian Museum of Nature. 311p.
- HARRIS, G.P. 1986. *Phytoplankton Ecology: Structure, function and fluctuation*. Chapman & Hall, London. 384p.
- HUTCHINSON, G. E. 1961. The paradox of the plankton. *The American Naturalist*, 45: 137-145.
- JACKSON, D.A. 1993. Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches. *Ecology*, 74: 2204-2214.
- JUNK, W.J.; CUNHA, C.N.; WANTZEN, K.M.; PETERMANN, P.; STRUSSMANN, C.; MARQUES, M.I. & ADIS, J. 2006. Biodiversity and its conservation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Aquatic Sciences*, 68: 278-309, <http://dx.doi.org/10.1007/s00027-006-0851-4>
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 2005. Cyanoprokaryota. 2. Oscillatoriales. Pp. 1-759. In: B. Büdel, L. Krienitz L., G. Gärtner & M. Schagerl. *Subwasserflora von Mitteleuropa 19 (2)*. Gustav Fischer, Stuttgart, BW. 759p.
- KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 1999. Cyanoprokaryota I. Teil Chroococcales. Pp. 1-548. In: H. Ettl, G. Gärtner, H. Heynig & D. Mollenhauer (eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, 19(1). Gustav Fischer, Stuttgart, BW. 548p.
- LEGENDRE, P. & FORTIN, M. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. *Vegetatio*, 80: 107-138.
- LEGENDRE, P. 1993. Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? *Ecology*, 74: 1659-1673.
- LEIBOLD, M.A.; HOLYOAK, M.; MOUQUET, N.; AMARASEKARE, P.; CHASE, J.M.; HOOPEES, M.F.; HOLT, R.D.; SHURIN, J.B.; LAW, R.; TILMAN, D.; LOREAU, M. & GONZALEZ, A. 2004. The metacommunity concept: a framework for multi-scale community ecology. *Ecology Letters*, 7: 601-613, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00608.x>
- LIMA, D. 1996. Estrutura das comunidades zooplanctônica e fitoplanctônica do Lago Recreio, Pantanal de Barão de Melgaço, MT. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, SP, Brasil. 209 p.
- LIMA, P.V.; LOVERDE-OLIVEIRA, S.M.; SILVA, M.C. & OLIVEIRA, V.A. Variação na riqueza das espécies zooplanctônicas em lagoas marginais do rio Cuiabá (Pantanal - MT). *Revista Biodiversidade*. (*in press*).
- LOVERDE-OLIVEIRA, S.M. Implicações da complexidade hidrológica sobre padrões limnológicos na lagoa do Coqueiro, Pantanal de Mato Grosso: alternância de estados estáveis. *Tese de Doutorado*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2005. 140p
- LOVERDE-OLIVEIRA, S.M.; HUSZAR, V.L.M.; MAZZEO, N. & SCHEFFER, M. 2009. Hydrology-driven regime shifts in a shallow tropical lake. *Ecosystems*, 12: 807-819, <http://dx.doi.org/10.1007/s10021-009-9258-0>
- LOVERDE-OLIVEIRA, S.M.; ADLER, M. & SILVA, V.P. 2011. Phytoplankton, periphyton and metaphyton of the Pantanal floodplains: species composition and richness, density, biomass and primary production. Pp. 235-256. In: W. Junk, C.J. da Silva, C.N. Cunha & K. Wantzen. (orgs.). *The Pantanal Ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland*. Pensoft Publishers, Moscou. 870p.
- MAGURRAN, A.E. 2003. *Measuring Biological Diversity*, Wiley-Blackwell, Oxford, UK. 256p.
- MARTINY, J.B.H.; BOHANNAN, B.J.M.; BROWN, J.H.; COLWELL, R.K.; FUHRMAN, J.A.; GREEN, J.L.; HORNER-DEVINE, M.C.; KANE, M.; KRUMINS, J.A.; KUSKE, C.R.; MORIN, P.J.; NAEEM, S.; OVREAS, L.; REYSENBACH, A.L.; SMITH, V.H. & STALEY, J.T. 2006. Microbial biogeography: putting microorganisms on the map. *Nature*, 6: 102-112, <http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro1341>

MITSCH, W.J. & GOSSELINK, J.G. 2007. *Wetlands*. Fourth Edition. John Wiley, New York. 582p.

OLIVEIRA, M.D. & CALHEIROS, D. 2000. Flood pulse influence on phytoplankton communities of the south Pantanal, Brasil. *Hydrobiologia*, 427:101-112.

O'MALLEY M.A. 2007. The nineteenth-century roots of Everything is everywhere. *Nature Reviews Microbiology*, 5: 647-651.

PAGOTTO, M.A.; SILVEIRA, R.M.L.; CUNHA, C.N & FANTIN-CRUZ, I. 2011. Distribution of herbaceous species in the soil seed bank of a flood seasonality area, northern Pantanal, Brazil. *International Review of Hydrobiology*, 96: 149-163, <http://dx.doi.org/10.1002/iroh.201111315>

REYNOLDS, C.S. 2006. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press. New York. 535p.

ROUND F.E., CRAWFORD R.M. & MANN, D.G. 1990. *The diatoms. Biology and morphology of genera*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 747p.

SILVEIRA, R.M.L.; PAIVA, L.L.A.R. & CAMARGO, J.C. 2010. Top-down control in a tropical shallow lake of Northern Pantanal, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 22: 455-465, <http://dx.doi.org/10.4322/actalb.2011.009>

STOMP, M.; HUISMAN, F.; MITTELBAACH, G.G; LITCHMAN, E. & KLAUSMEIER, C.A. 2011. Large-scale biodiversity patterns in freshwater phytoplankton. *Ecology*, 92: 2096-2107, <http://dx.doi.org/10.1890/10-1023.1>

TONDATO, K.K.; FANTIN-CRUZ, I.; PEDROLLO, O.C. & SÚARES, Y.R. Spatial distribution of fish assemblages along environmental gradients in the temporary ponds of northern Pantanal, Brazil. *Journal of Limnology*. (in press).

VAN DEN HOECK, C.; MANN, D.G. & JAHNS, H.M. 1993. *Algae: an introduction to Phycology*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 627p.

WETZEL, R.G. & Likens, G.E. 1991. *Limnological analyses*. Springer-Verlag, New York, NY. 391p.

ZALOCAR DOMITROVIC, I. 2003. Effect of fluctuations in water level on phytoplankton development in three lakes of the Paraná river floodplain (Argentina). *Hydrobiologia*, 510: 175-193.

Submetido em 30/03/2012

Aceito em 20/12/12