

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

GUSTAVO MAYER PAULETO

Ciliados no plâncton da planície de inundação do alto rio Paraná (MS/PR –
Brasil): estrutura e dinâmica da comunidade

Maringá
2009

GUSTAVO MAYER PAULETO

Ciliados no plâncton da planície de inundação do alto rio Paraná (MS/PR –
Brasil): estrutura e dinâmica da comunidade

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais do Departamento de Biologia, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais
Área de Concentração: Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Felipe Machado Velho

Maringá
2009

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

P326c Pauleto, Gustavo Mayer, 1979-
Ciliados no plâncton da planície de inundação do alto rio Paraná (MS/PR - Brasil) :
estrutura e dinâmica da comunidade / Gustavo Mayer Pauleto. -- Maringá, 2009.
85 f. : il. (algumas color.).

Tese (doutorado em Biologia Comparada)--Universidade Estadual de Maringá, Dep. de
Biologia, 2009.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Felipe Machado Velho

1. Ciliados - Ecologia - Pulso de inundação - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 2.
Ciliates (Protozoa) - Ecologia - Pulso de inundação - Planície de inundação - Alto rio
Paraná. I. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-
Graduação em "Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais".

CDD 22. ed. -579.49176409816
NBR/CIP - 12899 AACR

FOLHA DE APROVAÇÃO

GUSTAVO MAYER PAULETO

Ciliados no plâncton da planície de inundação do alto rio Paraná (MS/PR –
Brasil): estrutura e dinâmica da comunidade

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

COMISSÃO JULGADORA

Prof.^a Dr.^a Cláudia Costa Bonecker
Nupelia / Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Fábio Amodeo Lansac-Tôha
Nupelia / Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Alfredo H. Wieloch
Universidade Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Ludgero Cardoso Galli Vieira
Universidade Federal de Goiás

Aprovada em: 07 de agosto de 2009.

Local de defesa: Anfiteatro do Nupelia, Bloco G-90, *campus* da Universidade Estadual de Maringá.

AGRADECIMENTOS

- ✓ À minha família, longe dos olhos, mas perto do coração.
- ✓ Aos amigos em Maringá, aquisições pro resto da vida.
- ✓ Aos amigos fora de Maringá, saudade muito maior que a distância.
- ✓ Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação e do Nupelia.
- ✓ Às secretárias do PEA, Aldenir e Jocemara, pela paciência e simpatia.
- ✓ Ao CNPq, pelo financiamento.
- ✓ Ao professor Alfredo, pela grande hospitalidade e disposição em compartilhar seu conhecimento.
- ✓ Ao Lud (e Vivi), tanto pela companhia mais que agradável, quanto pelo socorro na (bendita) estatística.
- ✓ Ao professor Fábio e os companheiros de laboratório, que foram muitos ao longo destes anos, mas todos com uma parcela de culpa no resultado deste trabalho.
- ✓ À Claudinha, por abraçar a todos nós com carinho de mãe.
- ✓ À Natália e demais pessoas do laboratório de limnologia, pela inestimável ajuda nas análises químicas.
- ✓ Aos companheiros de coleta, Bia, Dani, Vânia, e principalmente Geziele, que sempre fizeram o trabalho parecer diversão!
- ✓ Aos meus dois braços direitos, Arianne e Paulão, sem os quais seria impossível perseguir os ciliados!
- ✓ Aos amigos incondicionais, que moram dentro do meu peito, Anderson, Ju, Mariza, Érica e André, que sempre me apoiaram e fizeram minha vida melhor!!
- ✓ Ao Felipe, mais que um orientador, um amigo. Todo mundo gostaria de ter um chefe assim... Valeu Fê !!
- ✓ A Deus.

Ciliados no plâncton da planície de inundação do alto rio Paraná (MS/PR – Brasil): estrutura e dinâmica da comunidade

RESUMO

Investigação dos padrões temporais e espaciais da composição, riqueza de espécies, abundância e estruturação das comunidades de ciliados planctônicos, ainda pouco estudadas na planície de inundação do alto rio Paraná. Identificação das respostas destes organismos às variações ambientais, tanto espaciais como temporais, neste complexo ecossistema. Para tanto foram realizadas coletas mensais, entre março de 2007 e fevereiro de 2008, em três profundidades da lagoa Guaraná, além de amostragens em doze ambientes, lóticos, semi-lóticos e lênticos, representativos de todo o sistema, durante dois períodos hidrológicos distintos (março e setembro de 2007). Este trabalho foi dividido em três capítulos, sendo o primeiro, intitulado “Alterações espaciais e temporais na composição de espécies de ciliados planctônicos em um ambiente lêntico de planície de inundação no Brasil”, no qual se observaram padrões de variação na composição de espécies de ciliados, aparentemente relacionados ao efeito perturbador do pulso de inundação na estabilidade ambiental. No segundo capítulo, “Alterações espaciais e temporais na estrutura da comunidade de ciliados em uma lagoa de planície de inundação”, verificou-se que a lagoa Guaraná é caracterizada por uma comunidade de ciliados tipicamente lacustres durante o período de limnofase, passando a receber uma influência mais marcante das comunidades provenientes do rio e das regiões bentônica e litorânea no período chuvoso. O terceiro capítulo, “Riqueza de espécies, abundância e estrutura das comunidades de ciliados planctônicos na planície de inundação do alto rio Paraná” evidenciou o efeito da inundação em todo o sistema rio-planície, determinando mudanças sazonais expressivas nas comunidades de ciliados, além de demonstrar que nesse período ocorre uma homogeneização dos atributos destas comunidades entre os diversos ambientes deste ecossistema. Os resultados sugerem uma participação mais efetiva dos ciliados na cadeia tradicional de pastagem, contrapondo-se ao paradigma de que os protozoários participam essencialmente da cadeia microbiana e detritívora, apontando o pulso de inundação como o principal fator estruturador das comunidades de ciliados planctônicos da planície de inundação do alto rio Paraná.

Palavras-chave: Ciliados. Abundância. Estrutura de comunidade. Pulso de inundação. Planície de inundação. Alto rio Paraná.

Ciliates in the plankton of the Upper Paraná River Floodplain (MS/PR- Brazil):
structure and dynamics of the community

ABSTRACT

This study aimed to investigate the main patterns of temporal and spatial composition, species richness, abundance and community structure of planktonic ciliates, still little studied in the Upper Paraná River Floodplain. Furthermore, we set out to identify the responses of these organisms to environmental variations, both spatial and temporal, in this complex ecosystem. So, samples were taken monthly, between March 2007 and February 2008, at three depths of Guaraná Lake, in addition to sampling in twelve environments, lotic, lentic and semi-lentic, representative of the whole system, during two different hydrological periods (March and September 2007). This work was divided into three chapters: the first was entitled “Changes in spatial and temporal composition of species of planktonic ciliates in a lentic environment of the floodplain in Brazil”, in which we observed patterns of variation in the composition of species of ciliates apparently related to the disruptive effect of flood pulses on environmental stability. In the second chapter, "Spatial and temporal changes in community structure of ciliates in a pond in the floodplain", it was found that the Guaraná Lake is characterized by a typical lacustrine ciliate community during the limnofase, going to receive a most significant influence of the communities from the river and benthic and littoral regions, in the rainy season. The third chapter, “Species richness, abundance and community structure of planktonic ciliates in the Upper Paraná River Floodplain” showed the effect of flooding across the floodplain-river system, determining significant seasonal changes of ciliate communities, and demonstrated that in this period there is a homogenization of the attributes of these communities among the different environments of this ecosystem. In general, the results of this study suggest a more effective participation of ciliates in traditional grazing food web, contrasting to the paradigm that protozoa are essentially involved in microbial detritivores food web, and show the flood pulse as the main factor structuring the planktonic ciliates communities of the Upper Paraná River Floodplain.

Keywords: Ciliates. Abundance. Community structure. Flood pulse. Floodplain.

Tese elaborada e formatada conforme as normas da publicação científica *Freshwater Biology*. Disponível em: <<http://www.wiley.com/bw/submit.asp?ref=0046-5070&site=1>>

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	9
METODOLOGIA.....	10
Área de estudo e amostragem.....	10
Análise laboratorial e tratamento dos dados.....	12
RESULTADOS	13
DISCUSSÃO.....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
CAPÍTULO II	30
METODOLOGIA.....	31
Área de estudo e amostragem.....	31
Análise laboratorial e tratamento dos dados.....	33
RESULTADOS	35
DISCUSSÃO.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
CAPÍTULO III	58
METODOLOGIA.....	60
Área de estudo e amostragem.....	60
Análise laboratorial e tratamento dos dados.....	62
RESULTADOS	64
DISCUSSÃO.....	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
ANEXO I – Imagens de algumas das espécies registradas.....	82

CAPÍTULO I

Alterações espaciais e temporais na composição de espécies de ciliados planctônicos em um ambiente lântico de planície de inundação no Brasil

INTRODUÇÃO

Em virtude da dinâmica fluvial, as planícies de inundação são caracterizadas pela existência de muitos corpos aquáticos, apresentando grande diversidade de ambientes lóticos, semilóticos e lânticos, que devem ser analisados integralmente, como uma unidade denominada “sistema rio-planície de inundação” (Junk *et al.*, 1989). Esta diversidade ambiental, somada à conectividade entre estes ambientes e ao intercâmbio de material entre o rio e a planície adjacente, propiciam uma grande biodiversidade, sendo que, a alternância sazonal entre os períodos de seca e cheia estabelece uma situação ambiental única, determinada pelos “pulsos hidrológicos” (Neiff, 1990).

De acordo com Thomaz *et al.* (2004), o pulso de inundação tem um efeito homogeneizador nos ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná, e ainda segundo Thomaz *et al.* (2007), baseado em exemplos observados em diferentes escalas espaciais e várias planícies de inundação, esta “homogeneização de habitats” durante a inundação pode ser considerada um padrão geral.

Reforçando essa idéia, diversos estudos (Train & Rodrigues, 2004; Pauleto *et al.*, 2009; Lansac-Tôha *et al.*, 2009; Behrend *et al.*, 2009; Algarte *et al.*, 2009) têm comprovado a importância do pulso como um fator estruturador das comunidades aquáticas em planícies de inundação.

Esta alteração temporal do regime hidrológico proporciona a ocorrência de espécies evolutivamente adaptadas a essa condição, o que para os protozoários ciliados é facilitado por mecanismos para persistir no ambiente durante períodos desfavoráveis.

O encistamento permite que algumas espécies resistam a estresses físicos e químicos e também reduzam suas perdas metabólicas e o risco de predação (Taylor, 1981). Dessa forma, podemos distinguir a diversidade microbiana entre ativa e passiva, ou seja, aquela relativa aos organismos que encontraram seus nichos, apresentando atividade metabólica e possível crescimento populacional e aquela relativa às espécies que estão aguardando, em formas de

resistência, o surgimento de condições favoráveis ao seu crescimento e reprodução (Finlay & Steban, 1998 a).

Comunidades características de ciliados são encontradas em compartimentos específicos (epilímnio, hipolímnio e região anóxica) de um mesmo ambiente (Finlay & Esteban, 1998b; Zingel & Ott, 2000; Mieczan, 2008). Já temporalmente, ao contrário das regiões temperadas, onde a temperatura é o principal fator estruturador das comunidades de ciliados (Muller *et al.*, 1991; Graham *et al.*, 2004), nas planícies de inundação das regiões tropicais o regime hidrológico, determinado pelo pulso de inundação, se apresenta como uma importante força atuando sobre estes organismos.

Dessa forma, foi sugerida a hipótese de que a composição da comunidade de ciliados nas regiões mais superficiais da coluna de água do ambiente estudado, uma lagoa rasa da planície de inundação do alto rio Paraná, é marcadamente diferente daquela presente em profundidades maiores, principalmente em virtude da maior presença de espécies associadas ao sedimento e menor participação de espécies verdadeiramente pelágicas neste último compartimento.

Além disso, baseado nas alterações sazonais determinadas pelo regime hidrológico, acredita-se que a composição de espécies seja mais semelhante entre os meses de inundação e entre os meses de seca, havendo maior distinção entre a composição de espécies destes dois períodos, em virtude de diferenças nos graus de conectividade com o rio e da influência da região litorânea sobre a região pelágica da lagoa.

METODOLOGIA

Área de estudo e amostragem

A lagoa Guaraná, localizada nas coordenadas 22°43'17"S – 53°18'09"W, está situada na planície de inundação do alto rio Paraná, MS – Brasil (Figura 1). Apresenta forma arredondada, com 386,5m de comprimento, 1058,3m de perímetro e 4,2ha de área e possui um canal de 70m de comprimento e 18m de largura, normalmente tomado por macrófitas aquáticas flutuantes, que a conecta com o rio Baía, este, por sua vez, um ambiente sinuoso, com profundidade média de 3,2m e água moderadamente lótica que se comunica com o rio Paraná (PELD, 2000).

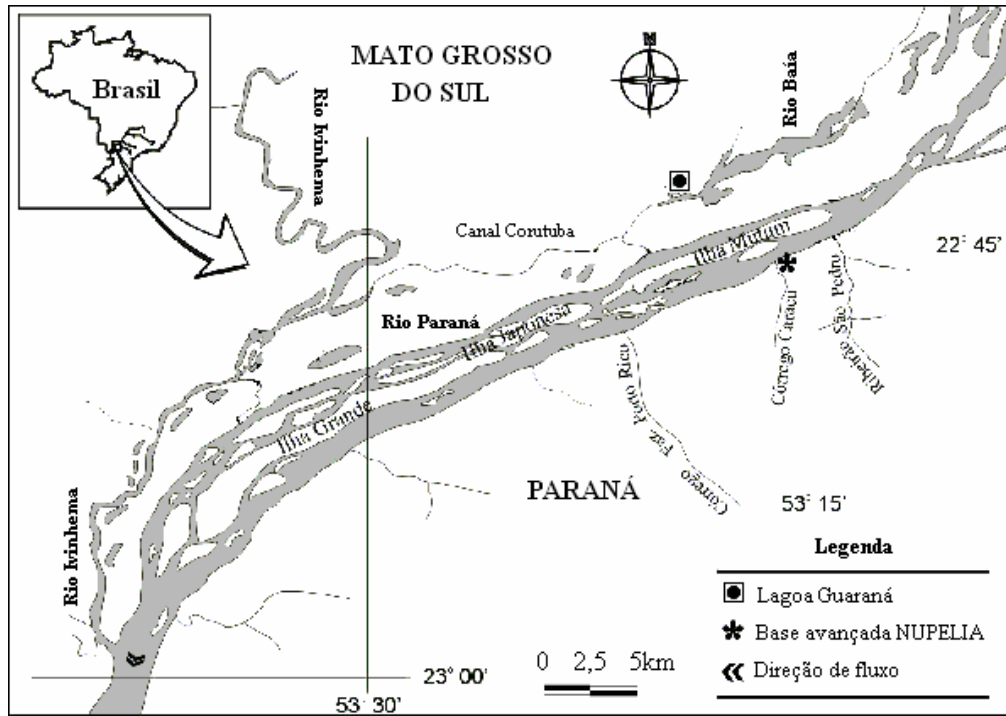


Figura 1 – Localização da área de estudo (Lagoa Guaraná).

Essa lagoa possui suas margens tomadas por gramíneas e arbustos e em sua região litorânea foi constante a presença de macrófitas flutuantes das espécies *Eichhornia crassipes*, e *Pistia stratiotes*, dentre outras, durante o período estudado. Espécies de macrófitas submersas, entretanto, não são frequentes no ambiente. A profundidade média registrada em cada um dos meses de amostragem está registrada na Figura 2.

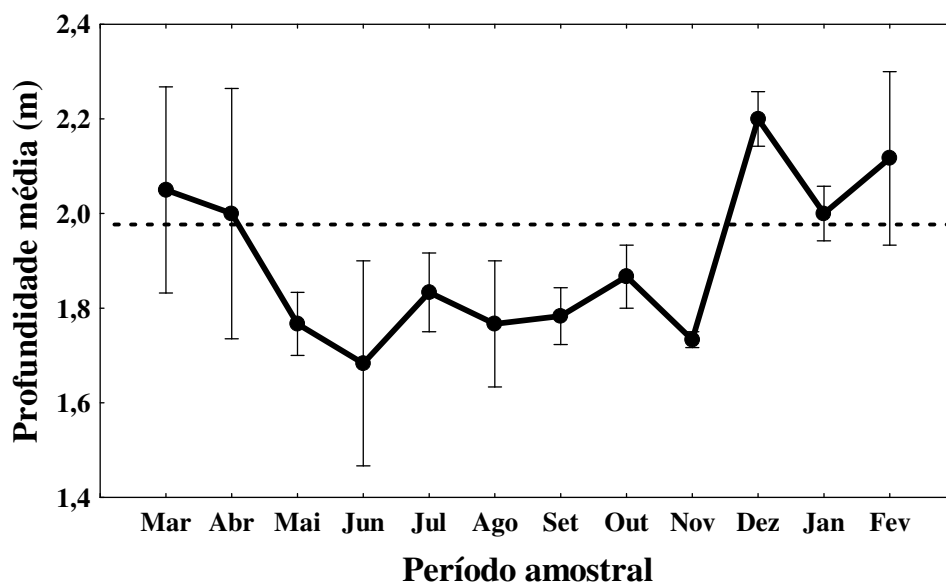


Figura 2 – Profundidades médias registradas na lagoa Guaraná durante o período estudado (● = Médias, — = Erros padrão).

As amostragens foram obtidas na lagoa Guaraná, de março de 2007 a fevereiro de 2008, sendo coletados 2L de água, em triplicata, com auxílio de garrafa de Van Dorn, em três diferentes profundidades, sendo elas, à subsuperfície, próximo ao sedimento da lagoa e aproximadamente na metade da coluna vertical, uma vez que não foi observada, em nenhuma ocasião, estratificação térmica no ambiente. O material coletado foi armazenado em frascos plásticos no interior de caixa térmica e transportado ao laboratório, onde foi concentrado utilizando-se rede de plâncton com malha de 10 µm, acopladas a frascos de 500mL e 10cm de diâmetro.

Considerando os períodos hidrológicos na lagoa Guaraná, em função da média dos valores de profundidade do ambiente (Figura 2), foram considerados como componentes da potamofase os meses de maior profundidade da lagoa (março, abril, dezembro, janeiro e fevereiro), enquanto que os demais (maio a novembro) foram característicos da limnofase.

Análise laboratorial e tratamento dos dados

Os organismos foram analisados *in vivo*, utilizando microscópio óptico (Olympus CX-41), em um período máximo de seis horas após a amostragem, sendo as espécies identificadas, de acordo com bibliografia especializada: Edmondson (1959); Corliss (1979); Dragesco & Dragesco-Kernéis (1986); Foissner *et al.* (1991); Patterson (1992); Foissner *et al.* (1992); Foissner *et al.* (1994); Foissner *et al.* (1995); Foissner & Berger (1996) e Foissner *et al.* (1999).

Com objetivo de estimar a riqueza de espécies de ciliados e analisar qual fração da riqueza total esperada (diversidade gama) foi registrada no presente estudo, foram utilizados diferentes índices de extrapolação não paramétricos, baseados nos dados de incidência. Foram utilizados os estimadores Jackknife 1 e 2 e Bootstrap e o cálculo foi realizado com auxílio do programa EstimateS (Colwell, 2006).

De acordo com os hábitos preferenciais das espécies de ciliados registradas no plâncton, foi realizada uma classificação das mesmas (Berger & Foissner, 2003) como planctônicas (adaptadas ao modo de vida pelágico) ou não planctônicas, que são normalmente associadas a algum tipo de substrato e, provavelmente, provenientes da região litorânea ou bentônica. A frequência de ocorrência das espécies (baseado em Dajoz) foi calculada através da porcentagem de amostras nas quais estas espécies ocorreram ($Fr = n * 100 / N$, onde n = ocorrência da espécie nas amostras analisadas e N = número total de amostras analisadas). De acordo com sua ocorrência, as espécies foram classificadas em um dos quatro grupos

propostos, sendo estes: espécies constantes (ocorrendo entre 76 e 100% das amostras), espécies frequentes (entre 51 e 75% das amostras), espécies acessórias (entre 26 e 50% das amostras) e espécies acidentais (ocorrendo em menos de 25% das amostras).

Uma Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) (Hill & Gauch, 1980), baseada nos dados de presença e ausência, foi aplicada para resumir as alterações espaciais e temporais na composição de espécies de ciliados. Esta análise foi realizada utilizando o programa PC-ORD (version 4.1; McCune & Mefford, 1999).

Para quantificar as alterações espaciais e temporais na composição de espécies de ciliados, o índice de diversidade Beta1 (Harrison *et al.*, 1992) foi estimado através da seguinte expressão: $\beta-1 = \{[(S / \alpha) - 1] / (N-1)\} \times 100$, onde **S** é o número total de espécies de ciliados registradas; **α** é o número médio de espécies encontradas nas amostras; **N** é o número de unidades amostrais.

Análises de Cluster (Hammer *et al.*, 2001), baseadas no índice de Jaccard foram realizadas a fim de verificar as similaridades espaciais e temporais na composição de espécies de ciliados. O Coeficiente de Correlação Cofenética foi calculado para estimar a representatividade dos dendrogramas em relação aos dados originais.

RESULTADOS

Considerando todos os meses e profundidades analisadas, 112 espécies de ciliados foram identificadas (Tabela 1). Os resultados do índice de extrapolação não paramétrica evidenciaram que a riqueza observada representou entre 70 e 90% da riqueza estimada. Bootstrap (124 espécies) foi o índice que melhor refletiu a riqueza de espécies observada (Figura 3).

Entre as espécies identificadas, 13 foram registradas apenas durante a potamofase, enquanto que 39 foram registradas apenas durante a limnofase (Tabela 1). Considerando as profundidades amostradas, nove (9) espécies ocorreram exclusivamente na camada superficial, quatro (4) somente na região intermediária e 21 espécies de ciliados (18,75% do número total) foram registradas apenas na região mais profunda da zona pelágica da lagoa Guaraná.

Um total de 32 espécies estiveram presentes em todas as profundidades da lagoa, em ambos os períodos amostrados. Dentre estas, destacaram-se *Halteria grandinella*, *Urotricha farcta* e *Tintinnidium cf. pusillum*, presentes em mais de 50% das amostras em cada uma dessas profundidades, em ambos os períodos (Tabela 1).

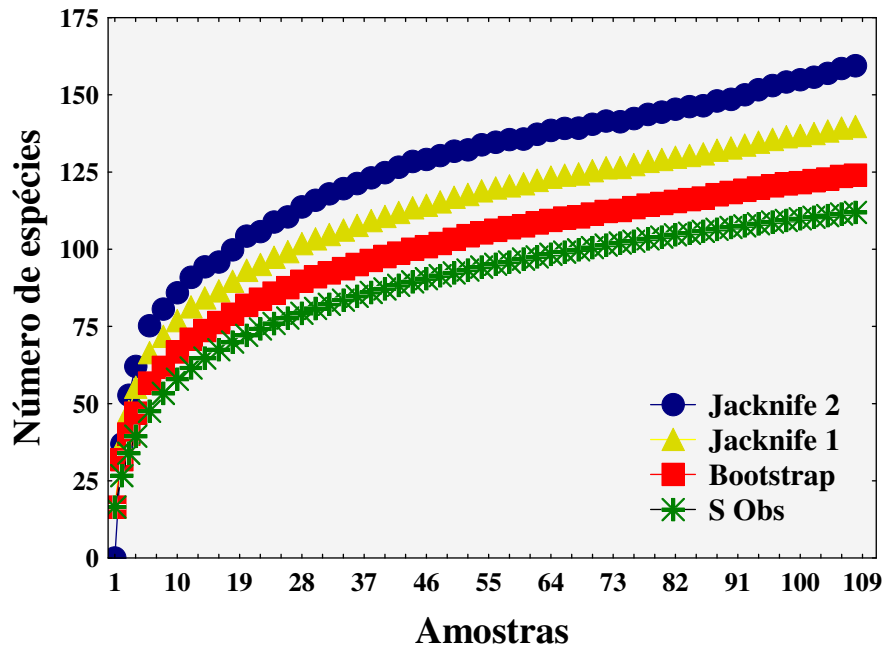


Figura 3 - Resultados do índice de extrapolação não paramétrico para a riqueza de espécies de ciliados planctônicos da lagoa Guaraná.

Tabela 1 - Inventário das espécies de ciliados registradas nas distintas profundidades e períodos hidrológicos estudados na lagoa Guaraná (H = Hábitat; P = espécies planctônicas e N = espécies não planctônicas) (Su = Superfície; Me = Meio; Fu = Fundo) Índice de constância:

Espécies	Potamofase				Limnofase		
	H	Su	Me	Fu	Su	Me	Fu
COLPODIDA							
<i>Colpoda steinii</i> Maupas, 1883	N						
<i>Cyrtolophosis mucicola</i> Stokes, 1885	N						
<i>Platyophrya vorax</i> Kahl, 1926	N						
CYRTOPHORIDA							
<i>Chlamydonella alpestris</i> Foissner, 1979	N						
<i>Odontochlamis alpestris</i> Foissner, 1981	N						
HAPTORIDA							
<i>Actinobolina</i> sp.	P						
<i>Askenasia Volvox</i> (Eichwald, 1852)	P						
<i>Chaenea stricta</i> (Dujardin, 1841)	N						
<i>Didinium nasutum</i> (Mueller, 1773)	N						
<i>Dileptus anatinus</i>	N						
<i>Enchelys gasterosteus</i> Kahl, 1926	N						
<i>Enchelys</i> sp.	N						
<i>Lacrymaria olor</i> Mueller, 1786	N						
<i>Lagynophrya acuminata</i> Kahl, 1935	P						
<i>Mesodinium pulex</i> (Claparède & Lachmann, 1859)	P						
<i>Monilicaryon monilatus</i> (Stokes, 1886)	N						
<i>Paradileptus ellephantinus</i> Svec, 1897	P						
<i>Spathidium</i> sp.	N						

HETEROTRICHIDA					
<i>Bursaridium pseudobursaria</i> (Fauré-Fremiet, 1924)	P	■		■	■
<i>Caenomorpha medusula</i> Perty, 1852	N		■		
<i>Caenomorpha uniserialis</i> Levander, 1894	N		■		
<i>Climacostomum virens</i> (Ehrenberg, 1838)	P	■	■	■	■
<i>Condylostoma</i> sp.	N			■	
<i>Linostomella vorticella</i> (Ehrenberg, 1833)	P			■	■
<i>Phyalina</i> sp.	N			■	
<i>Spirostomum minus</i> Roux, 1901	N		■	■	■
<i>Spirostomum teres</i> Claparède & Lachmann, 1858	N				■
<i>Stentor coeruleus</i> (Pallas, 1766)	N				■
<i>Stentor muelleri</i> (Bory St. Vincent, 1824)	N	■	■		
<i>Stentor multiformis</i> (Mueller, 1786)	N		■		■
<i>Stentor niger</i> (Mueller, 1773)	N			■	
<i>Stentor roeselii</i> Ehrenberg, 1835	N	■			■
HYMENOSTOMATIDA					
<i>Dexyostoma campylum</i> Stokes, 1886	N	■			
<i>Disematostoma buetschilii</i> Lauterborn, 1894	P	■	■	■	■
<i>Epenardia myriophyllii</i> (Penard, 1922)	N				■
<i>Frontonia acuminata</i> Ehrenberg, 1833	N				■
<i>Frontonia leucas</i> Ehrenberg, 1833	N	■	■		
<i>Lembadion lucens</i> (Maskell, 1887)	N	■		■	■
<i>Ophryoglena</i> sp.A	N			■	
<i>Ophryoglena</i> sp.B	N			■	
<i>Paramecium bursaria</i> (Ehrenberg, 1831)	P				■
<i>Paramecium caudatum</i> Ehrenberg, 1833	N			■	
<i>Paramecium putrinum</i> Claparède & Lachmann, 1859	N				■
<i>Stokesia vernalis</i> Wenrich, 1929	P	■	■	■	■
<i>Tetrahymena pyriformis</i> (Ehrenberg, 1830)	N	■	■	■	■
<i>Urocentrum turbo</i> (Mueller, 1786)	N	■	■	■	■
HYPOTRICHIDA					
<i>Aspidisca cicada</i> (Mueller, 1786)	N			■	■
<i>Aspidisca lynceus</i> (Mueller, 1773)	N		■		
<i>Aspidisca turrita</i> (Ehrenberg, 1831)	N				■
<i>Euplotes moebiusi</i> Kahl, 1932	N			■	
<i>Euplotes</i> sp.	N	■	■		
<i>Holosticha monilata</i> Kahl, 1928	N				■
<i>Hypotrichidium conicum</i> Ilowaisky, 1921	P	■		■	■
<i>Oxytricha</i> sp.	N		■		■
<i>Spiretella plancticola</i> (Gelei, 1933)	N			■	■
<i>Steinia platystoma</i> (Ehrenberg, 1831)	N	■	■		
<i>Stichotricha aculeata</i> Wrzesniewski, 1886	N	■	■		
<i>Uroleptus</i> cf. <i>piscis</i> (Mueller, 1773)	N			■	■
<i>Hypotrichida</i> sp.	N				■
KARYORELICTIDA					
<i>Loxodes magnus</i> Stokes, 1887	N	■	■	■	■
NASSULIDA					
<i>Microthorax pusillus</i> Engelmann, 1862	N		■		■
OLIGOTRICHIDA					
<i>Codonella cratera</i> (Leidy, 1877)	P		■	■	■
<i>Halteria grandinella</i> (Mueller, 1773)	P	■	■	■	■
<i>Limnostrombidium</i> sp.	P	■	■	■	■
<i>Pelagostrombidium mirabile</i> (Penard, 1916)	P	■	■	■	■
<i>Rimostrombidium humile</i> (Penard, 1922)	P	■	■	■	■
<i>Rimostrombidium lacustris</i> (Foissner & Pratt, 1988)	P	■	■	■	■
<i>Strobilidium caudatum</i> (Fromental, 1876)	N	■	■	■	■
<i>Tintinnidium</i> cf. <i>pusillum</i> Entz, 1909	P	■	■	■	■
<i>Tintinnidium fluviatile</i> (Stein, 1863)	P			■	■
PERITRICHIDA					
<i>Campanella umbellaria</i> Linnaeus, 1758	N	■	■	■	■

<i>Epicarchesium pectinatum</i> (Zacharias, 1897)	P	
<i>Epistylis anastatica</i> (Linnaeus, 1767)	P	
<i>Epistylis pygmauem</i> Ehrenberg, 1838	P	
<i>Opercularia nutans</i> (Ehrenberg, 1831)	N	
<i>Pelagovorticella natans</i> (Fauré-Fremiet, 1924)	P	
<i>Vorticella aquadulcis</i> Stokes, 1885	N	
<i>Vorticella campanula</i> Ehrenberg, 1831	N	
<i>Vorticella convallaria</i> Linnaeus, 1758	N	
<i>Vorticella picta</i> (Ehrenberg, 1831)	N	
<i>Zoothamnium procerus</i> Kahl, 1935	N	
PLEUROSTOMATIDA		
<i>Litonotus alpestris</i> Foissner, 1978	N	
<i>Litonotus crystallinus</i> (Vuxanovici, 1960)	N	
<i>Loxophyllum utricularie</i> (Penard, 1922)	N	
PROSTOMATIDA		
<i>Balanion planctonicum</i> (Foissner, Oleksiv & Mueller, 1990)	P	
<i>Bursellopsis spumosa</i> (Schmidt, 1920)	P	
<i>Coleps elongatus</i> Ehrenberg, 1831	N	
<i>Coleps hirtus</i> (Mueller, 1786)	N	
<i>Coleps</i> sp.	N	
<i>Holophrya discolor</i> Ehrenberg, 1833	N	
<i>Holophrya ovum</i> Ehrenberg, 1831	N	
<i>Holophrya teres</i> (Ehrenberg, 1833)	N	
<i>Placus luciae</i> Kahl, 1926	N	
<i>Plagiocampa rouxi</i> (Kahl, 1926)	N	
<i>Urotricha farcta</i> Claparède & Lachmann, 1859	N	
<i>Urotricha furcata</i> Schewiakoff, 1892	P	
<i>Urotricha platystoma</i> Stokes, 1886	P	
<i>Urotricha</i> sp.	P	
SCUTICOCILIATIDA		
<i>Calyptotricha lanuginosa</i> Penard, 1922	N	
<i>Cinetochilum margaritaceum</i> (Ehrenberg, 1831)	N	
<i>Cristigera</i> cf. <i>phoenix</i> Penard, 1922	N	
<i>Ctedoctema acanthocryptum</i> Stokes, 1884	N	
<i>Cyclidium glaucoma</i> (Mueller, 1773)	N	
<i>Cyclidium heptatricum</i> Schewiakoff, 1893	N	
<i>Dexiotricha granulosa</i> (Kent, 1881)	N	
<i>Dexiotricha</i> sp.	N	
<i>Histiobalantium</i> sp.	P	
<i>Loxocephalus luridus</i> Eberhard, 1862	N	
<i>Philasterides armatus</i> Kahl, 1926	N	
<i>Platynematum sociale</i> Penard, 1922	N	
<i>Pleuronema</i> cf. <i>smalli</i> Borrer, 1972	N	
SYNHYMENIIDA		
<i>Chilodontopsis depressa</i> (Perty, 1852)	N	

As espécies de ciliados registradas pertencem a 14 ordens, sendo que dentre estas, Heterotrichida, Hymenostomatida e Prostomatida foram as mais especiosas (14 espécies, cada), seguidas por Haptorida, Hypotrichida, Scuticociliatida (13 espécies, cada) e Peritrichida (11 espécies). Entretanto, considerando apenas as espécies frequentes ou constantes, as ordens mais especiosas passam a ser Oligotrichida e Prostomatida (com oito espécies cada) e Peritrichida, com seis (6) espécies. (Tabela 1).

Considerando a contribuição das espécies para a composição da comunidade de ciliados em cada um dos meses analisados, as ordens mais importantes foram Prostomatida, Oligotrichida e Scuticociliatida. Em todos os meses analisados uma ou mais destas ordens representaram o maior número de espécies da lagoa Guaraná. A primeira foi a mais especiosa nos meses de abril, julho, dezembro e janeiro, enquanto Oligotrichida foi a ordem com maior número de espécies nas amostragens de setembro, outubro e fevereiro (mês em que representou 35,3% das espécies de ciliados). Outras ordens com grande número de espécies foram Haptorida e Peritrichida (Figura 4).

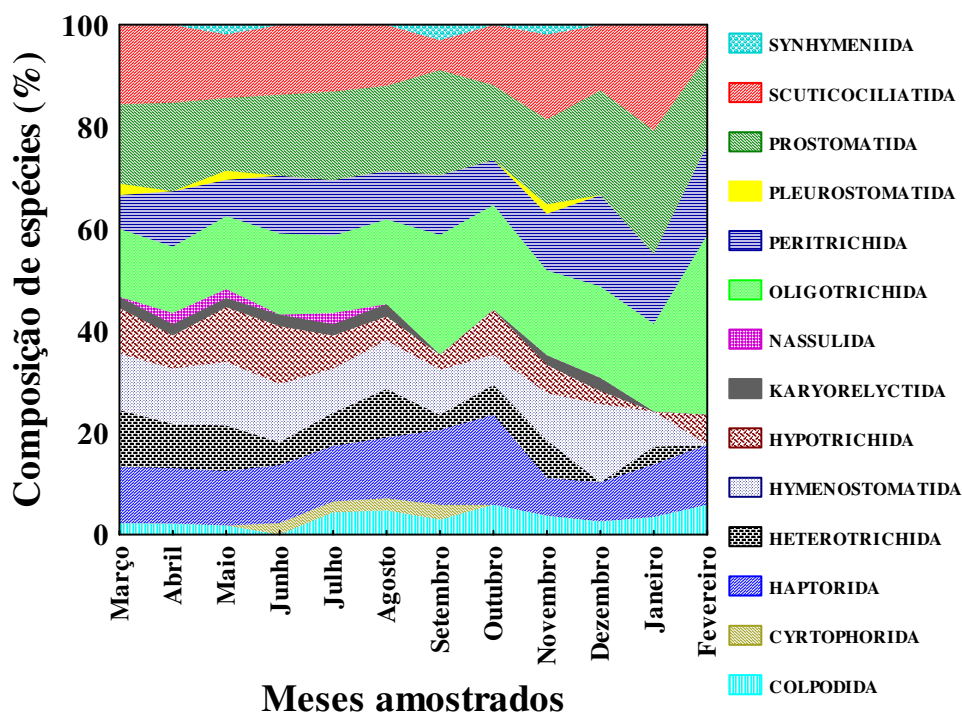


Figura 4 - Composição do número de espécies de ciliados por ordem (%), registradas nos meses analisados, na lagoa Guaraná.

Em relação às diferentes profundidades analisadas separadamente, novamente Prostomatida foi a ordem mais especiosa, em cada um dos compartimentos verticais, especialmente na profundidade intermediária da lagoa, com 18% das espécies. Outras ordens importantes, em todas as profundidades foram Scuticociliatida, Haptorida e Oligotrichida, ocorrendo, de maneira geral, um padrão similar na distribuição das espécies entre as ordens, para todas as profundidades, com exceção de Nassulida, presente apenas na profundidade intermediária, Pleurostomatida, somente no fundo, e Synhymeniida, ausente na camada superficial da zona pelágica (Figura 5).

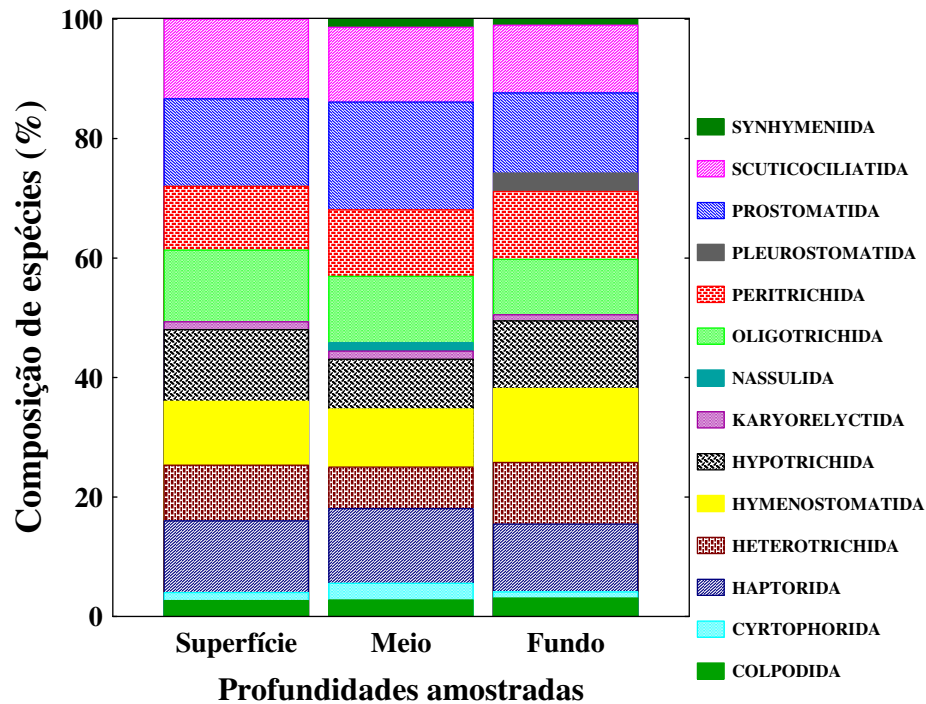


Figura 5 - Composição relativa do número de espécies por ordem, registradas nas diferentes profundidades analisadas na lagoa Guaraná.

Dentre as espécies de ciliados registradas na lagoa Guaraná, durante o período estudado, 82 (73,2%) podem ser consideradas como associadas a algum tipo de substrato, enquanto que apenas 30 (26,8%) são verdadeiramente pelágicas.

O resultado de distribuição destas espécies durante os meses amostrados evidencia um predomínio de espécies normalmente associadas a substratos durante todo o período, especialmente em março e maio, quando esses organismos representaram mais de 66% do número total de espécies do ambiente.

Exceções foram registradas nos meses de setembro (com 18 espécies planctônicas e 16 não planctônicas) e fevereiro, quando ocorreram 11 espécies planctônicas e apenas seis (6) não planctônicas (Figura 6).

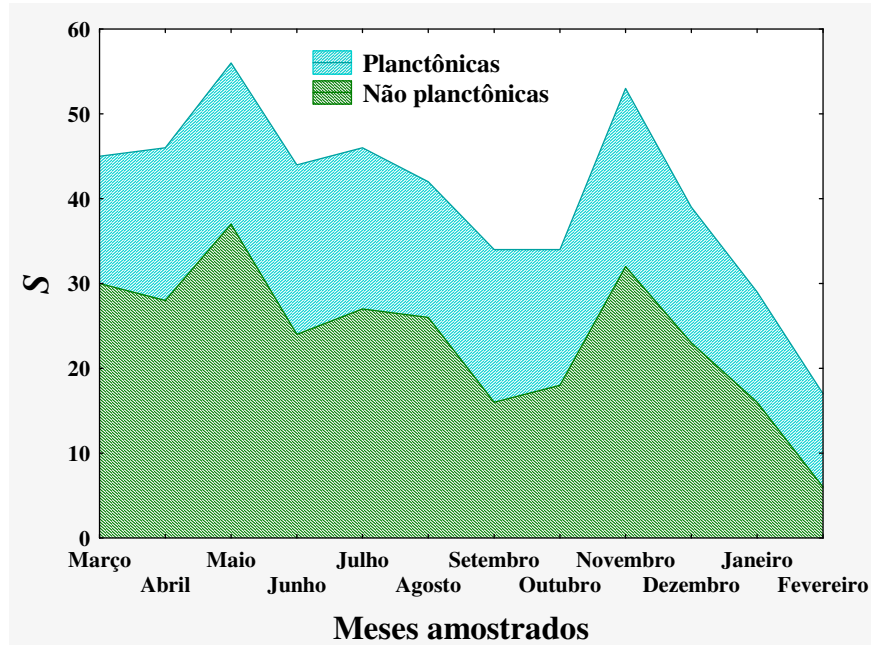


Figura 6 – Riqueza de espécies, planctônicas e não planctônicas, dos ciliados, analisados mensalmente na lagoa Guaraná.

Quando considerados os conjuntos de amostras de cada um dos períodos hidrológicos, permanece o predomínio do número de espécies não planctônicas, sendo mais pronunciado na limnofase, quando foram registradas 71 espécies não planctônicas (71,7%) e 28 planctônicas (28,3%), do que no período de potamofase, com 49 (67,1%) espécies não planctônicas e 24 (32,9%) verdadeiramente planctônicas (Figura 7A).

A análise da relação entre os hábitos dos ciliados presentes nas diferentes profundidades do ambiente, revelou novamente um número maior de espécies preferencialmente associadas a substratos. As diferenças entre esta relação em cada uma das profundidades foram sutis, sendo que na região mais profunda se registrou a maior quantidade de espécies não planctônicas (70 espécies, correspondendo a 72,2% do total), seguida pela superfície (54, ou 67,5% do total) e região intermediária (47 espécies, equivalentes a 65,3% do número total de espécies neste compartimento) – (Figura 7B).

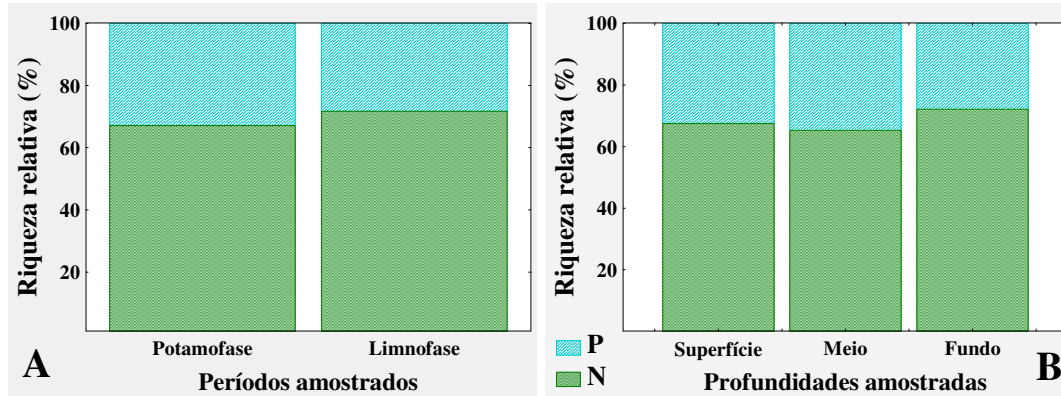


Figura 7 – Valores relativos (%) de Riqueza de espécies de ciliados planctônicos (P) e não planctônicos (N), nos distintos períodos (A) e profundidades (B) amostradas na lagoa Guaraná.

A variação da composição de espécies de ciliados, quantificada pelo índice Beta1, indica que a alteração da composição entre as profundidades durante a limnofase foi ligeiramente maior do que a registrada durante a potamofase, respectivamente 26% e 20,2% (Figura 8A).

Já, considerando as alterações na composição, em cada profundidade, entre os dois períodos hidrológicos, as diferenças foram bem mais acentuadas, com maior alteração na composição registrada no fundo (33,8%), seguido pela camada intermediária (26,3%) e região mais superficial da zona pelágica (21%) – (Figura 8B).

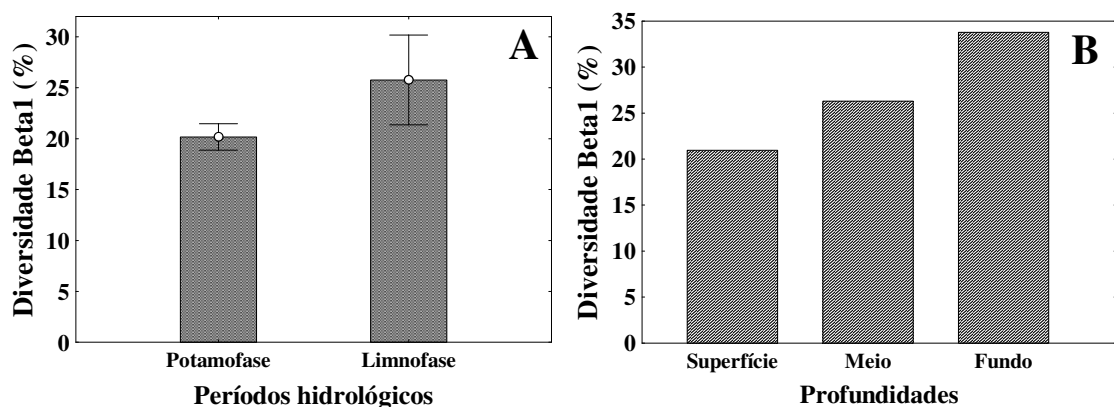


Figura 8 - Índice de diversidade Beta1, mostrando a alteração na composição de espécies (%) entre as profundidades nos períodos hidrológicos (A) e entre os períodos nas distintas profundidades estudadas.

Os resultados de uma análise de agrupamento (análise de Cluster) para a composição das espécies (Coeficiente de Correlação Cofenética = 0,79) entre as distintas profundidades, considerando todo o período analisado, evidenciaram maior similaridade entre a região mais superficial e a profundidade intermediária da lagoa Guaraná (similaridade próxima de 0,7), enquanto que entre estas e a região mais profunda foi mais distinta das demais (aproximadamente 0,62) - Figura 9.

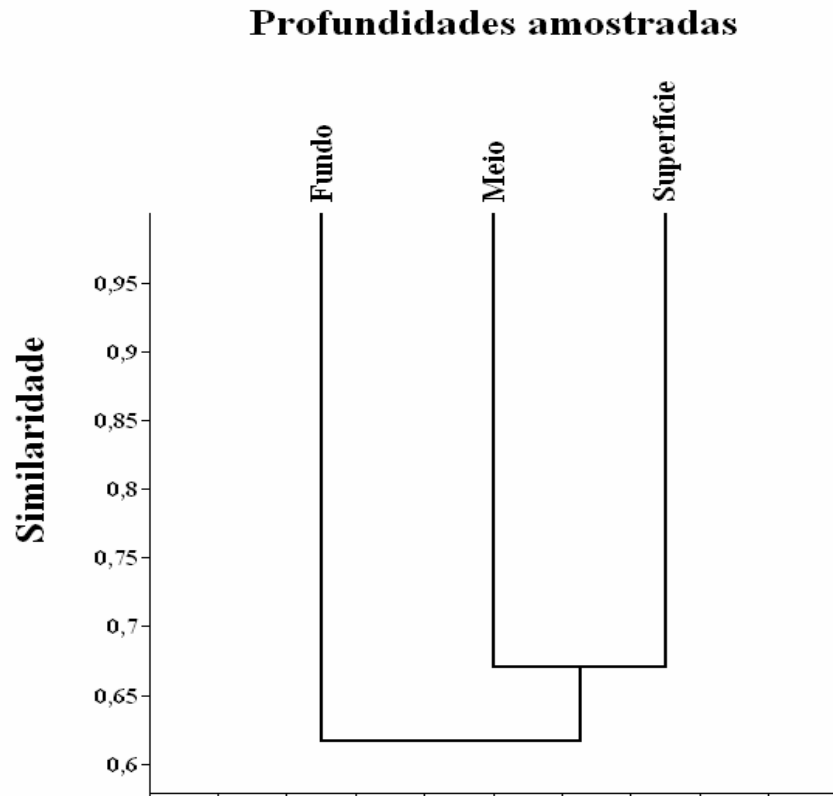


Figura 9 - Análise de Cluster baseada na ocorrência das espécies de ciliados nas distintas profundidades da lagoa Guaraná durante o período estudado.

A análise de Cluster (Coeficiente de Correlação Cofenética = 0,87) evidenciou uma maior dissimilaridade das composições das espécies de ciliados entre os períodos (potamofase e limnofase) do que entre as amostras das diferentes profundidades. Desta forma, a análise discriminou dois grupos, sendo um composto pelas unidades amostrais da limnofase e outro pelas amostras obtidas durante o período de potamofase. Além disso, observou-se maior similaridade entre a região mais superficial e a intermediária (0,64) durante a limnofase e, entre o meio e a região mais profunda (0,71) durante a potamofase (Figura 10).

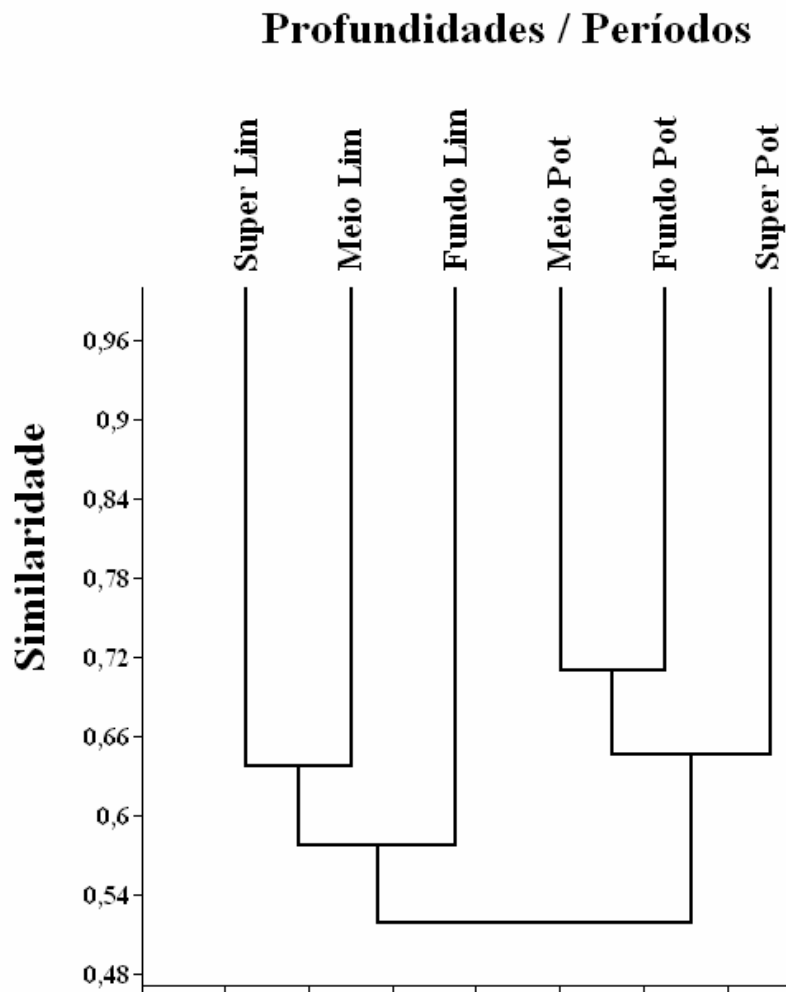


Figura 10 - Análise de Cluster baseada na ocorrência das espécies de ciliados nas distintas profundidades (Super = Superfície) e períodos hidrológicos (Lim = Limnofase; Pot = Potamofase) estudados na lagoa Guaraná.

Os resultados de uma DCA baseada na composição de espécies discriminaram as unidades amostrais dos períodos de potamofase e limnofase. Não foram observados agrupamentos em relação às diferentes profundidades, mas sim em relação aos meses consecutivos no período amostrado (Figura 11).

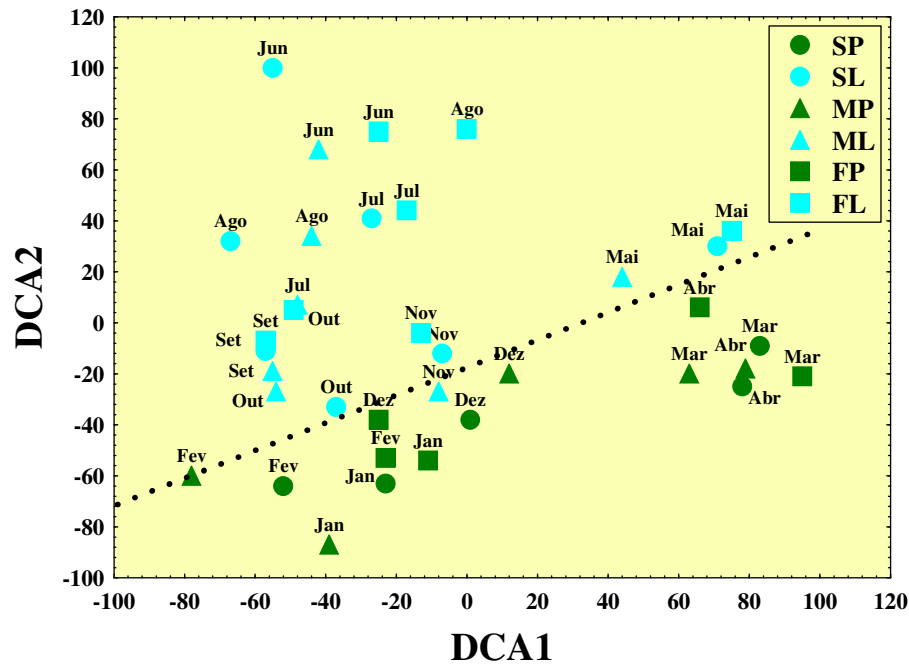


Figura 11 - Distribuição dos scores das amostras obtidas nas diferentes profundidades, durante os meses compreendidos pelos dois períodos hidrológicos, nos eixos da DCA, definidos pela composição das espécies de ciliados na lagoa Guaraná (SP = Superfície na Potamofase; SL = Superfície na Limnofase; MP = Meio na Potamofase; ML = Meio na Limnofase; FP = Fundo na Potamofase; FL = Fundo na Limnofase).

DISCUSSÃO

As planícies de inundação caracterizam-se pela presença de ambientes pequenos e rasos com grande interação entre seus diferentes compartimentos, resultando em grande biodiversidade.

O elevado número de espécies de ciliados planctônicos registrado neste estudo não apenas supera a diversidade gama destes organismos em diversos ambientes brasileiros (Bossolan & Godinho, 2000; Gomes & Godinho, 2003; Cardoso, 2007; Dias *et al.*, 2008) e de outras regiões do globo (Mayer *et al.*, 1997; Song, 2000a; Wiackowski, 2001; Carrick, 2005; Muki *et al.*, 2005), como se aproxima do número de espécies observadas por Madoni & Braghiroli (2007), no conjunto de seis locais de amostragem em um sistema fluvial, e por Pfister *et al.* (2002) em um estudo englobando 58 lagos com diferentes características físicas e químicas.

Este resultado evidencia a grande biodiversidade dos sistemas de planície de inundação e determinada em grande parte pela contribuição dos organismos não planctônicos,

originários, certamente, da região litorânea ou do sedimento, os quais constituíram maioria das espécies registradas na região pelágica da lagoa Guaraná.

Segundo Lansac-Tôha *et al.* (2004), a presença de diversas espécies de invertebrados provenientes de outros compartimentos na região pelágica é comum na planície de inundação do alto rio Paraná. Além disso, a riqueza de espécies de ciliados é, em geral, favorecida pela presença de macrófitas aquáticas (Song, 2000b), confirmando a importância da região litorânea, que apresenta grande presença de macrófitas flutuantes no ambiente estudado, para a composição de espécies de ciliados planctônicos.

Os resultados de pesquisa com apenas dois períodos amostrais nesta mesma lagoa, evidenciaram a ocorrência de somente 36 espécies de ciliados (Pauleto *et al.*, 2009), indicando que, a fim de determinar a diversidade total (que engloba diversidade ativa e passiva, segundo Finlay & Steban, 1998a), de ambientes dinâmicos, se fazem necessárias abordagens de longo prazo com maior esforço amostral.

As espécies com maior frequência de ocorrência na lagoa Guaraná, a maioria das quais verdadeiramente planctônicas, são, em geral, cosmopolitas e comumente registradas em ambientes lacustres (Pfister *et al.*, 2002). *Urotricha farcta* apesar de estar frequentemente associada a ambientes efêmeros ou de água parada, e por isso ser considerada preferencialmente bentônica, também é comumente encontrada na região pelágica de lagos e rios de fluxo lento (Berger & Foissner, 2003). Os organismos do gênero *Urotricha*, que apesar de seu tamanho reduzido são eficientes predadores, são altamente adaptáveis e tolerantes, o que se confirma por serem umas das poucas espécies a estar presentes mesmo em lagos de elevada acidez (Packroff, 2000).

Halteria grandinella e *Tintinnidium* cf. *pusillum*, além de outras espécies comuns no presente estudo, como *Rimostrombidium humile* e *Pelagostrombidium mirabile*, pertencem a ordem de ciliados mais característica do compartimento planctônico de ambientes lênticos, Oligotrichida (Müller, 1989; Mieczan, 2007). Estes organismos são filtradores que se alimentam de bactérias ou pequenas algas, totalmente adaptados ao hábito de vida pelágico.

O grande número de espécies das ordens Prostomatida e Scuticociliatida, muito importantes no metalímnio e hipolímnio de lagos estratificados (Zingel, 2005), reafirma a influência das regiões litorânea e bentônica sobre a composição das espécies de ciliados na região pelágica da lagoa, uma vez que a presença constante de organismos destas ordens, em sua maioria onívoros ou bacterívoros, sugere um aporte contínuo de matéria orgânica das regiões marginais para toda a extensão do lago, facilitado em um ambiente de dimensões reduzidas como a lagoa Guaraná.

A maior alteração entre as composições específicas de cada uma das profundidades durante a limnofase do que na potamofase, evidenciada pela diversidade Beta1, indica que no período de seca, com maior estabilidade do ambiente, ocorre uma maior diferenciação na composição das espécies presentes em cada um dos extratos verticais do mesmo.

Da mesma forma, a alteração temporal na composição de espécies maior na região mais profunda do que nas demais profundidades, aponta a formação de uma comunidade característica no fundo da lagoa em determinadas fases do ano, enquanto que nos períodos de maior homogeneização do ambiente, provavelmente durante as cheias, se observa a distribuição de várias espécies por toda a região pelágica.

Tais constatações são reforçadas pelos resultados das análises de agrupamento (ver figura 10), que apontam a similaridade entre o fundo e as demais regiões do ambiente durante a limnofase como a mais baixa dentre as profundidades analisadas.

A maior similaridade entre a composição específica da superfície e região intermediária da lagoa do que destas com o fundo da região pelágica, somada ao grande número de espécies exclusivas desta última profundidade, a maioria normalmente associada a substratos, confirma a hipótese de que a comunidade de ciliados na região mais profunda se distingue, em relação a sua composição, dos demais compartimentos verticais da região pelágica.

Já a hipótese de maior distinção das comunidades de ciliados entre os períodos de cheia (potamofase) e seca (limnofase) pode ser confirmada pela evidente dissimilaridade entre as composições de espécies das amostras obtidas em cada um dos períodos hidrológicos, evidenciada na análise de agrupamento. Entretanto, o maior número de espécies normalmente associadas a substratos, durante o período de limnofase, sugere que o aporte de espécies alóctones durante o período de cheia não é o principal fator determinante para a alteração na composição de espécies de ciliados, ao menos para este ambiente em particular.

Outra constatação interessante foi que, a despeito da rápida taxa reprodutiva dos ciliados, que segundo Fenchel (1987) levam de 2,5 a 20 horas para dobrar sua população, a composição específica de suas comunidades, na lagoa Guaraná, apresentou alterações mensais, determinando uma variação anual aparentemente cíclica, como observado na análise de correspondência, indicando a forte influência dos fatores sazonais sobre estes organismos.

Por fim, pode-se concluir que, mesmo na região pelágica de um ambiente lêntico raso, podem existir padrões de variações espaciais e temporais na composição de espécies de ciliados, que parecem estar relacionados ao efeito perturbador do pulso de inundação na estabilidade dos corpos aquáticos da planície de inundação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Algarte V.M., Siqueira N.S., Murakami E.A. & Rodrigues L. (2009) Effects of Hydrological regime and connectivity on the interannual variation in taxonomic similarity of periphytic algae. *Brazilian Journal of Biology*, **69**, 609-616.
- Behrend R.D.L., Fernandes S.E.P., Fujita D.S. & Takeda A.M. (2009) Eight years of monitoring aquatic Oligochaeta from the Baía and Ivinhema Rivers. *Brazilian Journal of Biology*, **69**, 559-571.
- Berger H. & Foissner W. (2003) Illustrated guide and ecological notes to ciliate indicator species (Protozoa, Ciliophora) in running waters, Lakes, and Sewage Plants. In: *Handbuch Angewandte Limnologie* (Eds C. Steinberg, W. Calmano, H. Klapper & R. Wilken) Erg.Lfg. Verlagsgesellschaft, Landsberg am Lech.
- Bossolan N.R.S. & Godinho M.J.L. (2000) Abundância numérica e composição do protozooplâncton na lagoa do Infernã, SP. In: *Estudos integrados em ecossistemas: Estação Ecológica de Jataí* (Eds J.E. Santos, J.S.R. Pires), pp. 523-536. Rima, São carlos.
- Cardoso L. (2007) Protozooplâncton e Rotifera. In: *Biodiversidade das regiões da Lagoa do Casamento e dos Butiazais de Tapes, Planície Costeira do Rio Grande do Sul*. (Eds F.G. Becker, R.A. Ramos & L.A. Moura), pp. 130-143. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Carrick H.J. (2005) An under-appreciated component of the biodiversity in plankton communities: the role of protozoa in Lake Michigan (a case study). *Hydrobiologia*, **551**, 17-32.
- Corliss J.O. (1979) *The ciliated protozoa – Characterization, Classification and Guide to the Literature*. Pergamon Press, Oxford.
- Colwell R.K. (2006) *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared samples*. Version 8. Persistent URL <purl.accl.org/estimates>.
- Dias R.J.P., Wieloch A.H. & D'Agosto M. (2008) The influence of environmental characteristics on the distribution of ciliates (Protozoa, Ciliophora) in an urban stream of southeast Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, **68**, 287-295.
- Dragesco J. & Dragesco-Kernéis A. (1986) Ciliés libres de l'Afrique intertropicale. Introduction à la connaissance et à l'étude des ciliés. *Faune tropicale*, **26**, 1-559.
- Edmondson W.T. (1959) *Fresh-Water Biology*. John Wiley & Sons, New York.
- Finlay B.J. & Esteban G.F. (1998a) Planktonic Ciliate Species Diversity as an Integral Component of Ecosystem Function in a Freshwater Pond. *Protist*, **149**, 155-165.
- Finlay B.J. & Esteban G.F. (1998b) Freshwater protozoa: biodiversity and ecological function. *Biodiversity and Conservation*, **7**, 1163-1186.
- Foissner W., Blatterer H., Berger H. & Kohmann F. (1991) Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band I: Cytrophorida, Oligotrichida,

Hypotrichia, Colpodea. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft*, **1/91**, 1-478.

Fenchel, T. (1987) *The Biology of Free-Living Phagotrophic Protists*. Science Tech, Madison, USA.

Foissner W., Berger H. & Kohmann F. (1992) Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band II: Peritrichia, Heterotrichida, Odontostomatida. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft*, **5/92**, 1-502.

Foissner W., Berger H. & Kohmann F. (1994) Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band III: Hymenostomata, Prostomatida, Nassulida. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft*, **1/94**, 1-548.

Foissner W., Blatterer H., Berger H. & Kohmann F. (1995) Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band IV: Gymnostomatea, Loxodes, Suctoria. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft*, **1/95**, 1-540.

Foissner W. & Berger H. (1996) A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes and waste waters, with notes on their ecology. *Freshwater Biology*, **35**, 375-482.

Foissner W., Berger H. & Schaumburg J. (1999) *Identification and Ecology of Limnetic Plankton Ciliates*. Bavarian State Office for Water Management, Munich.

Gomes E.A.T. & Godinho M.J.L. (2003) Structure of the protozooplankton community in a tropical shallow and eutrophic lake in Brazil. *Acta Oecologica*, **24**, 153-161.

Graham J.M., Kent A.D., Lauster G.H., Yannarell A.C., Graham L.E. & Triplett E.W. (2004) Seasonal Dynamics of Phytoplankton and Planktonic Protozoan Communities in a Northern Temperate Humic Lake: Diversity in a Dinoflagellate Dominated System. *Microbial Ecology*, **48**, 528-540.

Hammer O., Harper D.A.T. & Ryan P.D. (2001) PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica*, **4**, 1-9.

Harrison S., Ross S.J. & Lawton J.H. (1992) Beta diversity on geographic gradients in Britain. *Journal of Animal Ecology*, **61**, 151-158.

Hill M.O. & Gauch H.E. (2004) Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Plant Ecology*, **42**, 47-58.

Junk W.J., Bailey P.B. & Sparks R.E. (1989) The flood pulse concept in river-floodplain systems. In: *Proceedings of the International Large River Symposium* (Ed D. Dodge), pp.110-127. Department of Fisheries and Aquatic Sciences, Ottawa. (Canadian special publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 106).

Lansac-Tôha F.A., Velho L.F.M. & Bonecker C.C. (2004) Composition, species richness and abundance of the zooplankton community. In: *The Upper Paraná River and its Floodplain:*

physical aspects, ecology and conservation. (Eds S.M. Thomaz, A.A. Agostinho & N.S. Hahn), pp. 103-124. Backhuys Publishers, Leiden.

Lansac-Tôha F.A., Bonecker C.C., Velho L.F.M., Simões N.R., Dias J.D., Alves G.M. & Takahashi E.M. (2009) Biodiversity of zooplankton communities in the Upper Parana River Floodplain: interannual variation from long-term studies. *Brazilian Journal of Biology*, **69**, 539-549.

Madonni P. & Braghirolli S. (2007) Changes in the ciliate assemblage along a fluvial system related to physical, chemical and geomorphological characteristics. *European Journal of Protistology*, **43**, 67-75.

Mayer J., Dokulil M.T., Salbrechter M., Berger M., Posch T., Pfister G., Kirschner A.K.T., Velimirov B., Steitz A. & Ulbricht T. (1997) Seasonal successions and trophic relations between phytoplankton, zooplankton, ciliate and bacteria in a hypereutrophic shallow lake in Vienna, Austria. *Hydrobiologia*, **342/343**, 165-174.

McCune B. & Mefford M.J. (1999) *PC-ORD for Windows – Multivariate Analysis of Ecological data* Version 4.01. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, USA.

Mieczan T. (2007) Size spectra and abundance of planktonic ciliates within various habitats in a macrophytes-dominated lake (Eastern Poland). *Biologia Bratislava*, **62**, 189-194.

Mieczan T. (2008) Diversity and vertical distribution of planktonic ciliates in a stratified mesotrophic lake: relationship to environmental conditions. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, **37**, 83-95.

Muki X., Hong C., Ping X., Daogui D., Weisong F. & Jian X. (2005) The temporal and spatial distribution, composition and abundance of Protozoa in Chaohu Lake, China: Relationship with eutrophication. *European Journal of Protistology*, **41**, 183-192.

Müller H. (1989) The Relative Importance of Different Ciliate Taxa in the Pelagic Food Web of Lake Constance. *Microbial Ecology*, **18**, 261-273.

Müller H., Schöne A., Pinto-Coelho R.M., Schweizer A. & Weisse T. (1991) Seasonal Succession of Ciliates in Lake Constance. *Microbial Ecology*, **21**, 119-138.

Neiff J.J. (1990) Ideas para la interpretación ecológica del Parana. *Interciencia*, **15**, 424-439.

Packroff G. (2000) Protozooplankton in acidic mining lakes with special respect to ciliates. *Hydrobiologia*, **433**, 157-166.

Patterson D.J. (1992) *Free-living freshwater protozoa – a color guide*. CRC Press, Boca Raton.

Pauleto G.M., Velho L.F.M., Buosi P.R.B., Brão A.F.S., Lansac-Tôha F.A. & Bonecker C.C. (2009) Spatial and temporal patterns of ciliate species composition (Protozoa: Ciliophora) in the plankton of the Upper Paraná River floodplain. *Brazilian Journal of Biology*, **69**, 517-527.

PELD (2002), *Pesquisas ecológicas de longa duração – A Planície Alagável do Rio Paraná: Estrutura e Processos Ambientais*. (<http://www.peld.uem.br/>).

Pfister G., Auer B. & Arndt H. (2002) Pelagic ciliates (Protozoa, Ciliophora) of different brackish and freshwater lakes – a community analysis at the species level. *Limnologia*, **32**, 147-168.

Song B. (2000a) A comparative study on planktonic ciliates in two shallow mesotrophic lakes (China): species composition, distribution and quantitative importance. *Hydrobiologia*, **427**, 143-153.

Song B. (2000b) Planktonic protozoa (ciliates, heliozoans and testaceans) in two shallow Mesotrophic lakes in China – a comparative study between a macrophytes-dominated lake (Biandantang) and an algal lake (Houhu). *Hydrobiologia*, **434**, 151-163.

Taylor W. D. (1981) Temporal heterogeneity and the ecology of lotic ciliates. In: *Perspectives in running water ecology* (Eds M.A. Lock & D.D. Williams). Plenum Publishing corporation.

Thomaz S.M., Pagioro T.A., Bini L.M., Roberto M.C. & Rocha R.R.A. (2004) Limnological characterization of the aquatic environments and the influence of hydrometric levels. In: *The Upper Paraná River and its Floodplain* (Eds S.M. Thomaz, A.A. Agostinho & N.S. Hahn), pp. 75-102. Backhuys, Leiden.

Thomaz S.M., Bini L.M. & Bozelli R.L. (2007) Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia*, **579**, 1-13.

Train S. & Rodrigues L.C. (2004) Phytoplanktonic Assemblages. In: *The Upper Paraná and its Floodplain* (Eds S.M. Thomaz, A.A. Agostinho & N.S. Hahn), pp. 103-124. Backhuys, Leiden.

Wiackowski K., Ventela A., Moilanen M., Saarikari V., Vuorio K. & Sarvala J. (2001) What factors control planktonic ciliates during summer in a highly eutrophic lake? *Hydrobiologia*, **443**, 43-57.

Zingel P. (2005) Vertical and seasonal dynamics of planktonic ciliates in a strongly stratified hypertrophic lake. *Hydrobiologia*, **547**, 163-174.

Zingel P. & Ott I. (2000) Vertical distribution of planktonic ciliates in strongly stratified temperate lakes. *Hydrobiologia*, **435**, 19-26.

CAPÍTULO II

Alterações espaciais e temporais na estrutura da comunidade de ciliados em uma lagoa de planície de inundação

INTRODUÇÃO

Diversos estudos têm evidenciado o relevante papel do elo microbiano no metabolismo dos ecossistemas aquáticos (Thouvenot *et al.*, 1999a; Thouvenot *et al.*, 1999b; Carrick, 2005). Callieri *et al.* (2002) destacam a importância dos protozoários na transferência de carbono entre as picocianofíceas e o zooplâncton. De acordo com Auer *et al.* (2004), a produção bacteriana é controlada pelos protozoários, dentre os quais os ciliados representam, normalmente, mais de 70% da biomassa.

Segundo Hartmann *et al.* (1993), os ciliados planctônicos são importantes mediadores da transferência de energia da cadeia microbiana para níveis tróficos superiores em ambientes dulcícolas, podendo, de acordo com Hadas *et al.* (1998) utilizar tanto a fração autotrófica quanto a heterotrófica do picoplâncton como recurso alimentar.

Os principais fatores reguladores das populações de protozoários são a qualidade e quantidade de alimento, disponibilidade de habitats, temperatura e predação, sendo o recurso alimentar provavelmente o fator mais importante (Song, 2000a). Além disso, a estrutura das comunidades de ciliados pode apresentar grandes variações sazonais (Mayer, 1997; Pfister, 2002; Graham, 2004) ou espaciais (Zingel & Ott, 2000; Gomes & Godinho, 2003; Muki *et al.*, 2005) em um mesmo ambiente.

Mieczan (2008) aponta a qualidade e quantidade de alimento disponível, temperatura, oxigênio dissolvido e matéria orgânica como importantes fatores limitando a distribuição vertical dos ciliados planctônicos. Outros trabalhos (i.e. Muller *et al.*, 1991; Zingel, 2005; Tirok & Gaedke, 2006) têm estudado a distribuição vertical das comunidades de ciliados, porém, por se tratar de grandes ambientes de regiões temperadas, os atributos dessas comunidades tendem a seguir padrões sazonais relacionados aos períodos de estratificação e desestratificação.

Em planícies de inundação, os sistemas aquáticos estão sujeitos a uma alternância sazonal entre períodos de seca e cheia que, segundo Neiff (1990), é determinada pelos pulsos hidrológicos. Essa sazonalidade, entretanto, diferentemente do observado nas regiões temperadas, nem sempre proporciona estratificação térmica, especialmente nos ambientes mais rasos.

O presente estudo teve como objetivo principal analisar a variação temporal e espacial (vertical) das comunidades de ciliados na região pelágica da lagoa Guaraná, um ambiente lântico da planície de inundação do alto rio Paraná, verificando a distribuição dos principais atributos destas comunidades, como riqueza, abundância e estrutura de dominância de espécies.

Buscou-se ainda, investigar a importância do pulso de inundação como fator estruturador das comunidades de ciliados neste ambiente, por se tratar de um componente de um sistema rio-planície de inundação (Junk *et al.*, 1989). Para tanto, verificou-se também a contribuição dos ciliados euplanctônicos, mais adaptados ao modo de vida pelágico, e das espécies não planctônicas, em distintas profundidades durante os períodos de cheia (potamofase) e seca (limnofase).

METODOLOGIA

Área de estudo e amostragem

A lagoa Guaraná, localizada nas coordenadas 22°43'17"S – 53°18'09"W, está situada na planície de inundação do alto rio Paraná, MS – Brasil (Figura 1). Apresenta forma arredondada, com 386,5m de comprimento, 1058,3m de perímetro e 4,2ha de área e possui um canal de 70m de comprimento e 18m de largura, normalmente tomado por macrófitas aquáticas flutuantes, que a conecta com o rio Baía, que, por sua vez, é um ambiente sinuoso, com profundidade média de 3,2m e água moderadamente lótica e que se comunica com o rio Paraná (PELD, 2000).

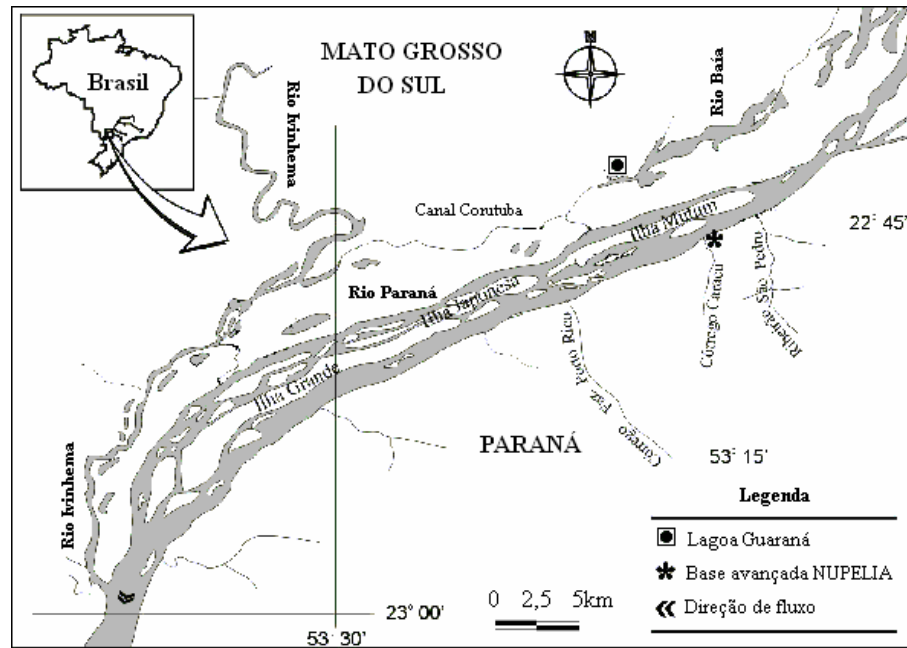


Figura 1 – Localização da área de estudo (Lagoa Guaraná).

Essa lagoa possui suas margens tomadas por gramíneas e arbustos e em região litorânea foi constante a presença de macrófitas flutuantes das espécies *Eichhornia crassipes*, e *Pistia stratiotes*, dentre outras, durante o período estudado. Espécies de macrófitas submersas, entretanto, não são frequentes no ambiente. A profundidade média registrada em cada um dos meses de amostragem está registrada na Figura 2.

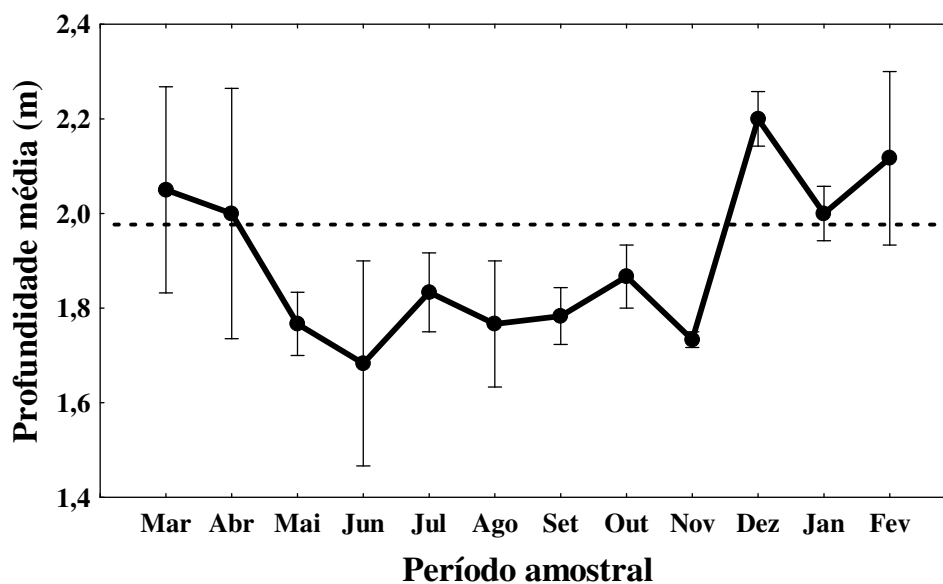


Figura 2 – Profundidades médias registradas na lagoa Guaraná durante o período estudado (● = Médias, ┆ = Erros padrão).

As amostragens foram obtidas na lagoa Guaraná, mensalmente, entre março de 2007 e fevereiro de 2008, sendo coletados 2L de água, em triplicata, com auxílio de garrafa de Van Dorn, em três diferentes profundidades: i) à subsuperfície; ii) próximo ao sedimento da lagoa; e iii) aproximadamente na metade da coluna vertical, uma vez que não foi observada, em nenhuma ocasião, estratificação térmica no ambiente.

Amostras de 1,0L de água, em triplicata, foram também coletadas e fixadas com solução de formalina a 2%, para quantificação das bactérias planctônicas, bem como triplicatas adicionais de 1,0L de água foram mantidas sem adição de fixador, para determinação da quantidade de Clorofila *a* ($\mu\text{g.L}^{-1}$) e Matéria Orgânica em Suspensão (MOS – mgC.L^{-1}).

Simultaneamente às coletas, foram ainda realizadas medidas de variáveis físicas e químicas da água, sendo elas: oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) e temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), com oxímetro portátil marca/modelo YSI55, condutividade (mS.cm^{-1}), com condutivímetro portátil Digimed, pH, com pHmetro portátil Digimed e transparência da água (cm), utilizando Disco de Secchi.

Os períodos hidrológicos foram determinados em função da média dos valores de profundidade do ambiente (Figura 2), sendo considerados períodos de potamofase os meses de maior profundidade da lagoa (março, abril, dezembro, janeiro e fevereiro), enquanto que os demais (maio a novembro) foram categorizados como limnofase.

Análise laboratorial e tratamento dos dados

O material coletado para análise da comunidade de ciliados foi armazenado em frascos plásticos, no interior de caixa térmica, e transportado ao laboratório, onde foi concentrado utilizando-se rede de plâncton ($10\ \mu\text{m}$). Estes organismos foram analisados in vivo, utilizando microscópio óptico (Olympus CX-41), sendo as espécies identificadas, de acordo com a seguinte bibliografia especializada: Corliss (1979); Dragesco & Dragesco-Kernéis (1986) Foissner *et al.* (1991); Patterson (1992); Foissner *et al.* (1992); Foissner *et al.* (1994); Foissner *et al.* (1995); Foissner & Berger (1996) e Foissner *et al.* (1999). Os organismos foram quantificados, para determinação da sua densidade e tiveram suas imagens capturadas e arquivadas em computador, por meio de câmara digital Motic, acoplada ao microscópio, para posterior mensuração, através de um programa de análise de imagens (Motic, 2001), a fim da obtenção das medidas de suas dimensões celulares para estimativa do

biovolume celular (em μm^3 , a partir da forma geométrica aproximada - Wetzel & Likens, 1991) e biomassa da comunidade de ciliados (considerando que $1 \mu\text{m}^3 = 110 \text{ fg C}$ - Weisse, 1991).

A densidade e biomassa do bacterioplâncton foram determinadas a partir da filtração de alíquotas de 0,1mL de água em membrana de policarbonato preta (Nucleopore/Whatman) com 0,2 μm de abertura de poro, previamente coradas com aproximadamente 1 mL do fluorocromo 4,6'-diamidino-2-fenil-indole (Dapi), a 0,1 %, no escuro. Os filtros foram montados em lâminas, armazenados em geladeira por 24 horas e posteriormente estocados em freezer a -8°C . As bactérias foram quantificadas e mensuradas com aumento de 1000X em microscópio de epifluorescência (Olympus BX51) sob luz UV, tendo seu biovolume determinado através da equação proposta por Fry (1990): $v = (\pi/4).w^2(l - w/3)$, onde: v = volume celular; l = comprimento e w = largura. Para a conversão de biovolume em biomassa, foi considerado que $1\mu\text{m}^3 = 3.5 \times 10^{-13} \text{ gC}$ (Bjornsen, 1986).

Os valores de Clorofila *a* dos pontos amostrais foram determinados após filtração do material coletado em filtros Whatman GF/C, segundo metodologia proposta por Golterman *et al.* (1978).

De acordo com os hábitos preferenciais das espécies de ciliados registradas no plâncton, foi realizada uma categorização das mesmas (de acordo com Berger & Foissner, 2003) como planctônicas (adaptadas ao modo de vida pelágico) ou não planctônicas, que são normalmente associadas a algum tipo de substrato e, provavelmente, provenientes da região litorânea ou bentônica.

Visando eliminar o efeito da densidade sobre a riqueza de espécies de ciliados, foram realizadas análises de rarefação, que possibilita a comparação da riqueza entre os diversos compartimentos analisados, para uma mesma densidade. Para tal foi utilizado o programa estatístico BioDiversity Professional Beta (McAleece, 1997).

Uma análise em escala dimensional não métrica (NMDS), baseada na matriz de distância de Bray-Curtis, foi utilizada para realizar uma ordenação dos dados de densidade das 108 unidades amostrais. Para testar a significância do resultado dessa matriz de distância foi realizada uma PERMANOVA (Anderson, 2005).

Foram realizadas análises de correlação de Pearson (Statsoft, 2000), com nível de significância $< 0,05$, a fim de verificar a relação entre os atributos das comunidades de ciliados e as variáveis físico-químicas da água.

Com objetivo de testar a significância estatística das diferenças espaciais e temporais (períodos) dos atributos das comunidades de ciliados analisadas, foram realizadas ANOVAS fatoriais (Statsoft, 2005) com os dados log-transformados, considerando $p < 0,05$ como nível de significância.

Finalmente, baseando-se nos valores de densidade das espécies de ciliados, foram traçadas as estruturas de dominância em cada um dos tipos de ambiente, para ambos os períodos hidrológicos analisados.

RESULTADOS

Foi registrado um total de 112 táxons, sendo que o número de espécies registradas nos diversos pontos amostrais, variou entre 04 (quatro), em uma amostra realizada na profundidade intermediária da lagoa, no mês de agosto, e 29, valor observado em amostras obtidas em maio e novembro, ambas na região mais profunda desse ambiente.

Como observado na Figura 3A, os valores médios de riqueza de espécie apresentaram uma tendência de maiores valores na região mais profunda da lagoa. Já em relação à variação temporal, foram registrados picos nos meses de maio e novembro, e valores mais baixos em agosto e fevereiro.

Considerando os períodos hidrológicos na lagoa Guaraná, os valores médios de riqueza de espécies registrados durante a limnofase foram significativamente superiores aos observados na potamofase ($F = 4,779$; $p = 0,031$). Já em relação às diferentes profundidades, apesar de valores bem mais elevados de riqueza na região mais profunda nos meses de limnofase, não foram registradas diferenças estatisticamente significativas (Figura 3B).

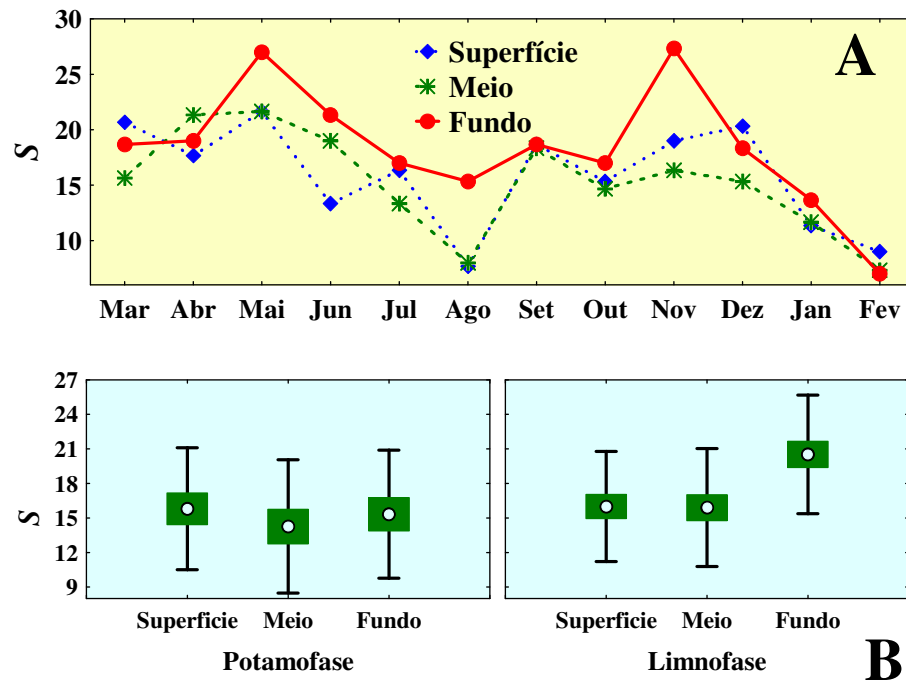


Figura 3 – Valores médios de Riqueza de espécies de ciliados, registrados no decorrer do período amostral (A) e nos distintos períodos hidrológicos e profundidades analisadas (B) da lagoa do Guaraná (\square = Média, \square = Média \pm Erro padrão, \square = Média \pm Desvio padrão).

De acordo com análise de rarefação, realizada utilizando os dados de densidade e riqueza das amostras analisadas, para um mesmo valor de densidade, a maior riqueza de espécies de ciliados da lagoa Guaraná se encontra na região mais profunda do ambiente, no período de limnofase. Em relação às diferentes profundidades em ambos os períodos, os maiores valores de riqueza para uma mesma densidade são observados no fundo e os menores na região intermediária da lagoa. Da mesma forma, os valores registrados durante a limnofase, em todas as profundidades, são maiores que aqueles do período de potamofase (Figura 4).

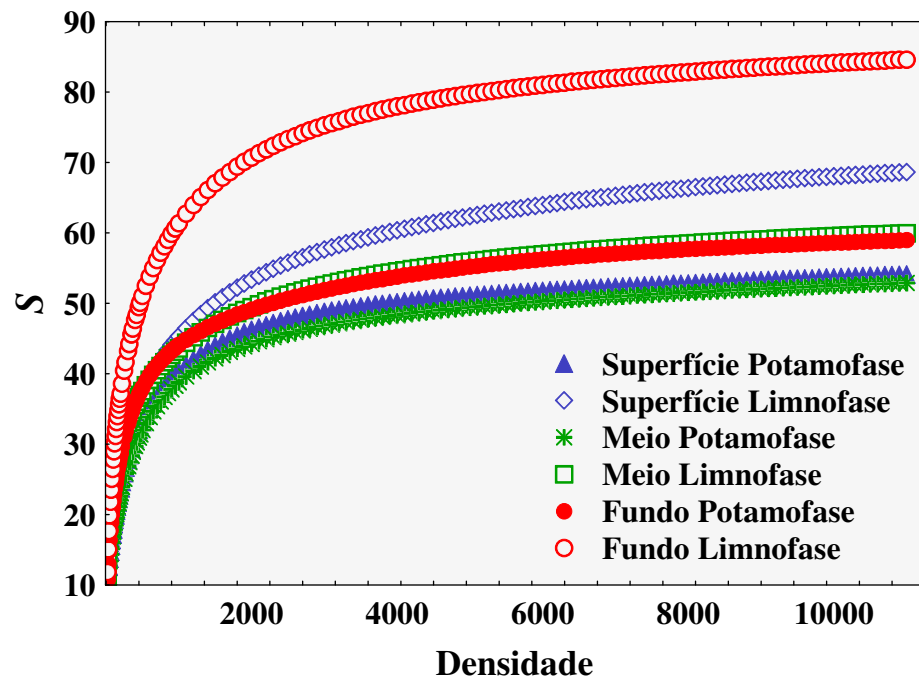


Figura 4 – Análise de rarefação de espécies realizada para as amostras obtidas em diferentes períodos e profundidades da Lagoa Guaraná.

A densidade de ciliados no período estudado variou entre 2100 cels.L^{-1} , em uma amostra de agosto, obtida na profundidade intermediária da lagoa, e 29550 cels.L^{-1} , registrado em amostra da superfície, em outubro.

Em relação à variação mensal dos valores médios da densidade de ciliados durante o período amostrado, diferentemente da tendência apresentada pelos valores de riqueza, não ocorreram diferenças entre as profundidades da lagoa, sendo registrados picos nos meses de maio e outubro, e baixos valores em agosto (Figura 5A).

Os valores de densidade (cels. L^{-1}) não apresentaram diferenças significativas entre os períodos hidrológicos ou profundidades amostradas. Observou-se que, no período de potamofase, as amostras obtidas no fundo da lagoa apresentaram menor densidade de ciliados do que as demais profundidades, enquanto que, durante a limnofase, nas amostras da região mais profunda foram registrados os maiores valores deste atributo (Figura 5B).

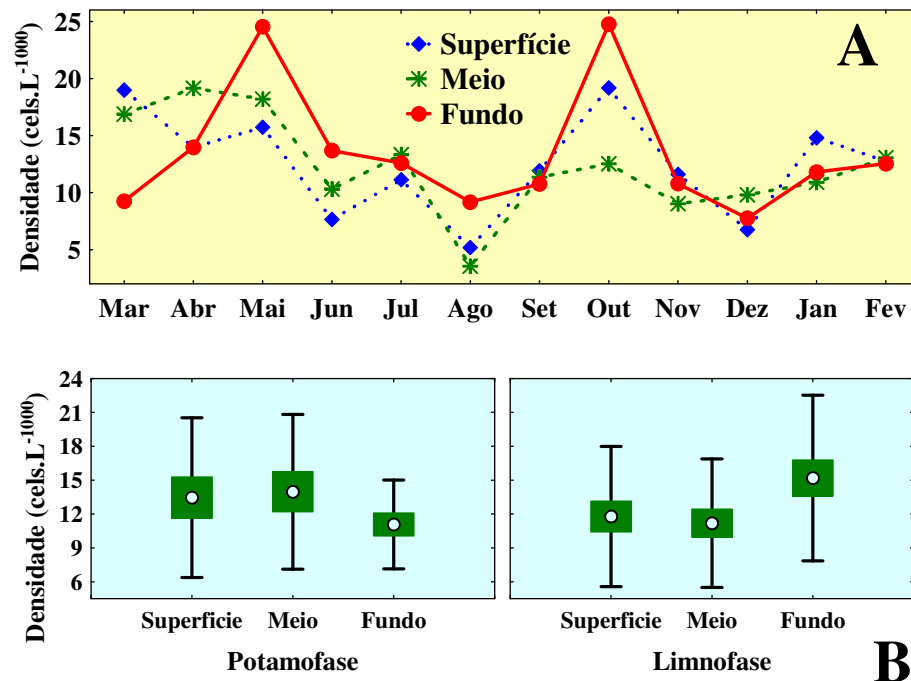


Figura 5 – Valores médios de Densidade de ciliados, registrados no decorrer do período amostral (A) e nos distintos períodos hidrológicos e profundidades analisadas (B) da lagoa do Guaraná (\square = Média, \square = Média \pm Erro padrão, \square = Média \pm Desvio padrão).

Em relação à biomassa, foi observada uma tendência de valores mais elevados na região mais profunda da lagoa, porém somente nas amostras obtidas durante a limnofase (que englobou o período de maio a novembro), enquanto que nos demais meses não houve um padrão de maiores valores deste atributo em nenhuma das profundidades (Figura 6A).

Assim como para riqueza de espécies e densidade, foi registrado um pico de biomassa na região mais profunda da lagoa, no mês de maio, com uma amostragem registrando 103,93 $\mu\text{gC.L}^{-1}$. Também como ocorrido com os demais atributos, o menor valor de biomassa foi observado em uma amostra obtida na profundidade intermediária, em agosto (2,9 $\mu\text{gC.L}^{-1}$).

Considerando-se os valores médios de biomassa ($\mu\text{gC.L}^{-1}$), foi registrada uma alteração significativa entre os períodos analisados ($F = 7,084$; $p = 0,009$), com as amostras obtidas nos meses da limnofase apresentando valores superiores aos da potamofase. Por outro lado, com relação às distintas profundidades, apesar da média dos valores ter sido superior nas amostras obtidas na região mais profunda da lagoa, especialmente durante a limnofase, os resultados não comprovaram estatisticamente esta tendência (Figura 6B).

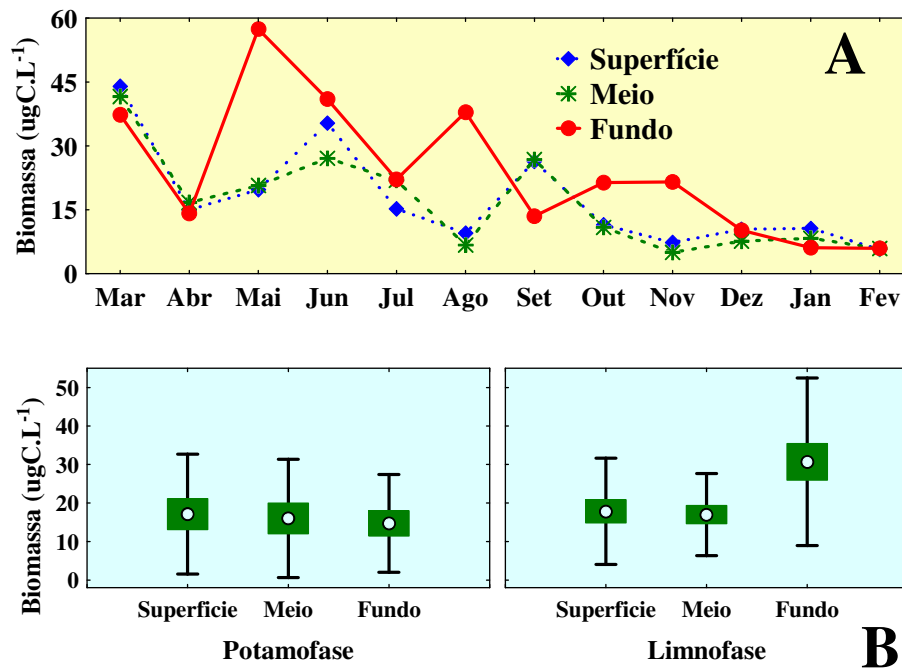


Figura 6 – Valores médios de Biomassa de ciliados, registrados no decorrer do período amostral (A) e nos distintos períodos hidrológicos e profundidades analisadas (B) da lagoa do Guaraná (\square = Média, \square = Média \pm Erro padrão, \square = Média \pm Desvio padrão).

A análise da contribuição das espécies de ciliados de acordo com seu hábito, evidenciou que a densidade de organismos verdadeiramente planctônicos foi superior aos valores registrados pelas espécies não planctônicas durante a maior parte do período analisado, excetuando-se os meses de abril, julho, novembro e fevereiro. Os maiores picos na densidade desses organismos ocorreram em maio ($15464 \text{ cels.L}^{-1}$) e outubro ($15382 \text{ cels.L}^{-1}$), representando respectivamente 79,4% e 81,6% da densidade total em cada um desses períodos (Figura 7A).

Ao considerar os dados mensais reunidos em períodos hidrológicos, foi observado um predomínio das espécies planctônicas em ambos os períodos, sendo um pouco mais evidente na limnofase (67% da densidade total) do que na potamofase (64,7% do total).

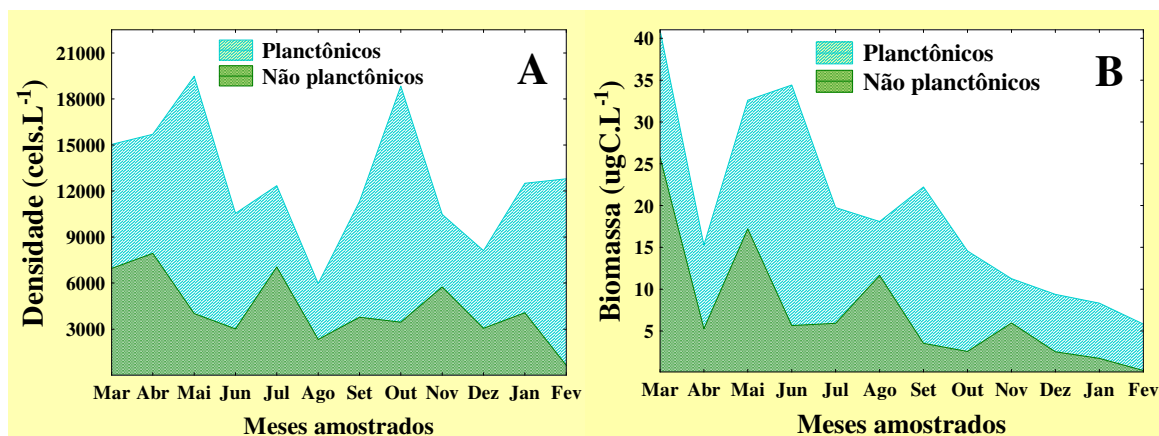


Figura 7 – Densidade (A) e Biomassa (B) de ciliados planktônicos e não planktônicos, durante os meses analisados na lagoa Guaraná.

Os resultados da biomassa seguem a mesma tendência da densidade de ciliados, com os organismos planktônicos sendo os mais representativos deste atributo da comunidade na maioria dos meses amostrados, com destaque para junho, quando alcançaram 28,77 ugC.L⁻¹, 83,6% da biomassa do mês. Os organismos não planktônicos foram os mais importantes para a biomassa total dos ciliados nos meses de março, maio, agosto e novembro (Figura 7B).

Para a análise das amostras de acordo com o período hidrológico, seguiu-se a mesma tendência observada para a densidade, com a biomassa dos organismos de hábito planktônico representando a maior parte da biomassa da comunidade de ciliados em ambos os períodos, representando 65,7% da biomassa total durante a limnofase e 55,4% na potamofase.

Analisando-se a distribuição dos ciliados conforme seu hábito nas distintas profundidades amostradas (Figura 8), foi observada a mesma tendência registrada para a distribuição temporal das mesmas (Figura 7), ou seja, predomínio de espécies planktônicas.

Entretanto, a biomassa das espécies planktônicas foi superior à das demais na superfície e no meio da lagoa, enquanto que na região mais profunda as espécies não planktônicas foram mais importantes, representando 52,2% da biomassa nesta profundidade (Figura 8B).

Quanto à densidade, os valores das espécies não planktônicas, registrados no fundo do ambiente (37,4% da densidade total) foram ligeiramente superiores aos das demais profundidades (34,3% no meio e 30% na superfície) - Figura 8A.

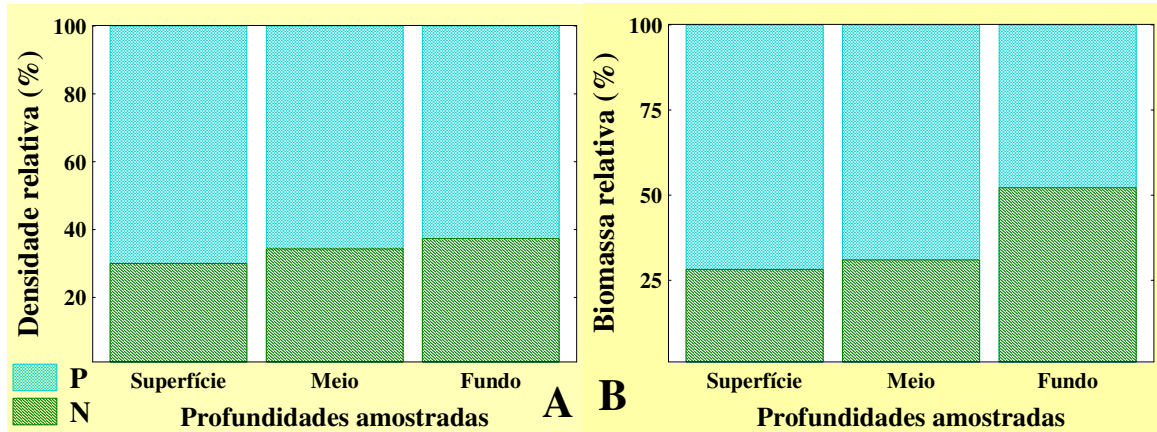


Figura 8 – Valores relativos (%) de Densidade (A) e Biomassa (B), das espécies de ciliados planctônicos (P) e não planctônicos (N), nas distintas profundidades amostradas na Lagoa Guaraná.

De maneira geral, a distribuição das ordens de ciliados em relação à densidade apresentou o mesmo padrão espacial e temporalmente. Oligotrichida foi a ordem mais importante em todas as profundidades, durante ambos os períodos estudados, especialmente na superfície durante a limnofase, onde representou mais da metade (52,9%) dos organismos registrados. Outras espécies presentes em grande número pertencem às ordens Prostomatida, Scuticociliatida, Colpodida e Haptorida, sendo as duas primeiras mais abundantes durante a potamofase e as últimas no período de limnofase (Figura 9).

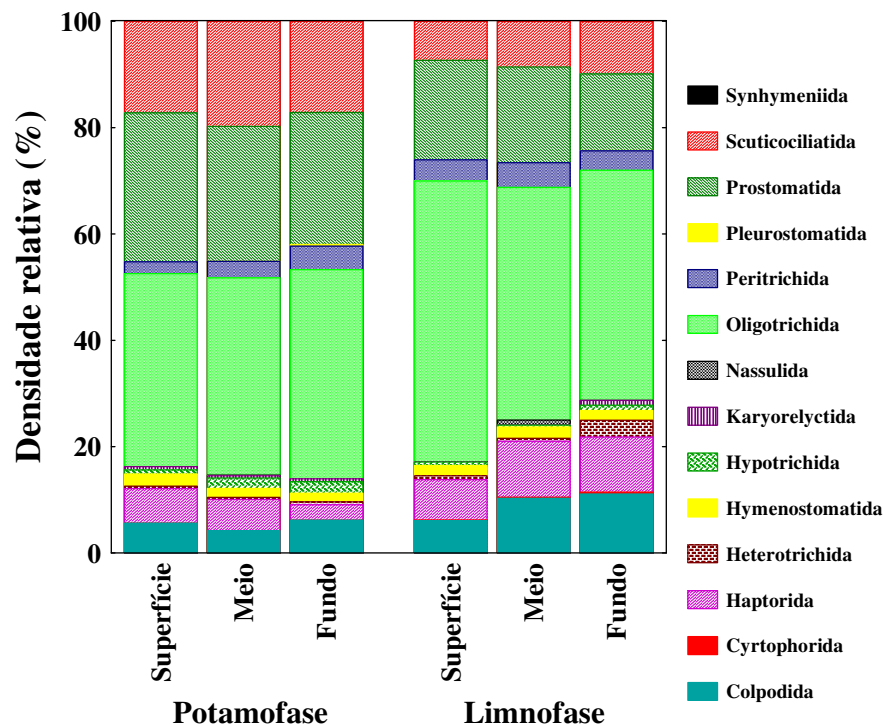


Figura 9 - Densidade relativa (%) das ordens de ciliados, registradas nas diferentes profundidades durante os períodos hidrológicos analisados na Lagoa Guaraná.

Assim como para a densidade, Oligotrichida foi a ordem mais importante também em relação à biomassa ($\mu\text{gC.L}^{-1}$) dos ciliados da lagoa Guaraná. Este grupo dominou este atributo em todas as profundidades, em ambos os períodos hidrológicos, exceto na região mais profunda durante a limnofase, onde a maior parte da biomassa foi representada pela ordem Heterotrichida (24,2% do total).

Porém, diferentemente daquele atributo, a distribuição da biomassa entre as ordens foi diferenciada em cada um dos períodos hidrológicos. Além de Oligotrichida, Hymenostomatida e Scuticociliatida foram importantes em todas as ocasiões, contudo durante a potamofase se destacaram Hypotrichida e Karyorelyctida, enquanto Heterotrichida e Haptorida apresentaram maior contribuição na limnofase (Figura 10).

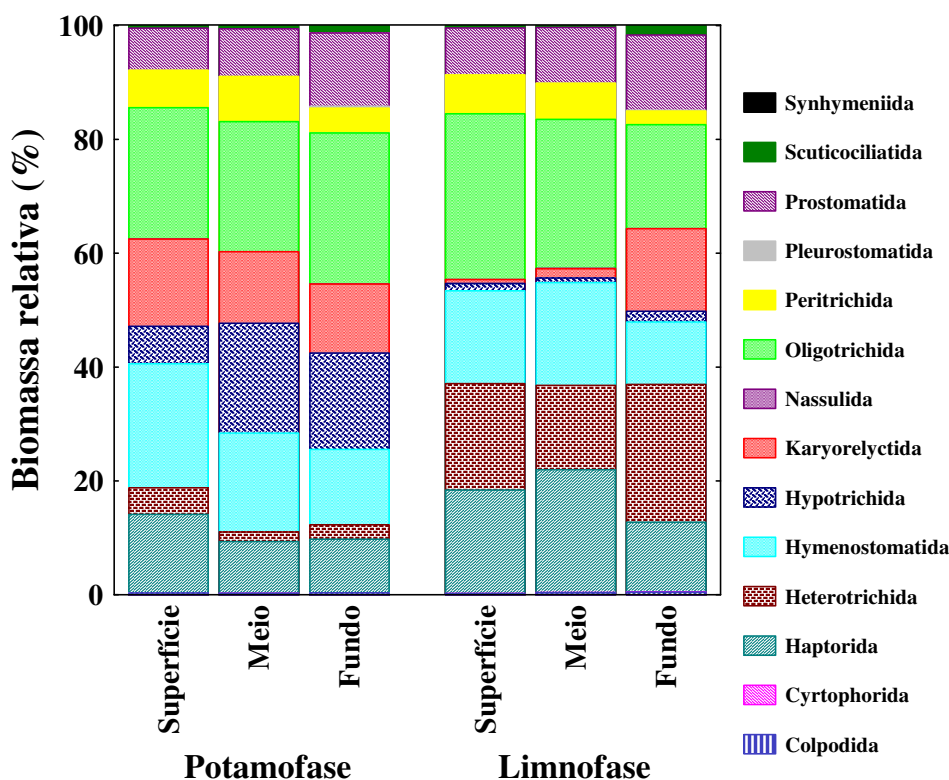


Figura 10 - Biomassa relativa (%) das ordens de ciliados, registradas nas diferentes profundidades durante os períodos hidrológicos analisados.

A análise da contribuição de cada uma das espécies de ciliados para a densidade destes organismos, evidenciou a importância de *Tintinnidium cf. pusillum*, que chegou a atingir $22000 \text{ cels.L}^{-1}$, em uma amostra da superfície no mês de outubro. Esta espécie apresentou valores elevados deste atributo em todas as profundidades durante praticamente todo o período amostral, sendo dominante nos meses de maio, outubro, novembro e dezembro (Figura 11).

Outras espécies de ciliados com grandes valores de densidade foram *Balanion planctonicum*, abundante em grande parte do período de estudo, especialmente em janeiro e

fevereiro e *Cyclidium glaucoma*, a mais abundante nos meses de março e abril. Outros táxons numericamente importantes, na maioria dos meses amostrados, foram *Halteria grandinella* e *Mesodinium pulex*, sendo esta última a espécie dominante em setembro (Figura 11).

Codonella cratera, assim como *T. pusillum* uma espécie loricaada de Oligotrichida, apesar de ausente durante praticamente todos os meses da potamofase, apresentou elevados valores de densidade durante a limnofase, sendo a espécie mais abundante no ambiente entre junho e agosto (Figura 11).

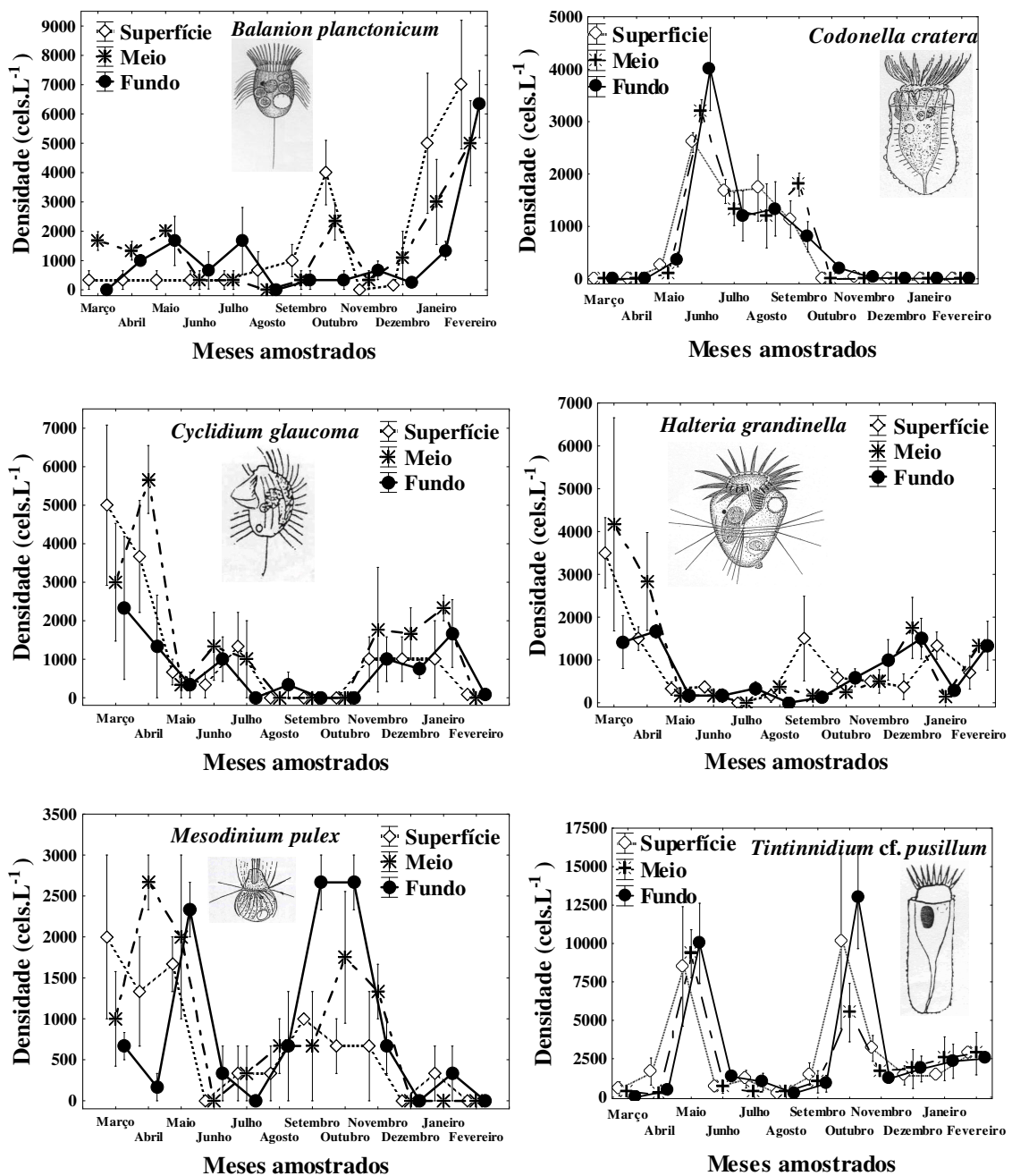


Figura 11 – Alteração temporal e espacial dos valores de densidade (cels.L⁻¹) das espécies de ciliados que mais contribuíram para este atributo na lagoa Guaraná durante o período estudado (Ilustrações das espécies retiradas de Berger & Foissner, 2003).

O maior valor de biomassa foi atingido por *Loxodes magnus* em uma amostra da região profunda da lagoa no mês de maio, 60,3 $\mu\text{gC.L}^{-1}$ (Figura 12).

Tintinnidium cf. pusillum, apesar de seu pequeno tamanho celular, foi a espécie com maior contribuição para a biomassa dos ciliados nos meses de outubro, novembro e fevereiro, em virtude de sua grande densidade em todas as profundidades analisadas, durante esses meses (Figura 12).

Paradileptus ellephantinus apresentou elevados valores de biomassa durante boa parte do período analisado, sendo a espécie mais representativa em setembro e janeiro, enquanto *Bursaridium pseudobursaria*, apesar de presente apenas durante um curto período do ano, foi a mais importante nos meses de junho e julho (Figura 12).

Nos outros meses amostrados, outras espécies abundantes em raras ocasiões foram as mais expressivas em termos de biomassa, sendo elas *Euplotes* sp., em março e *Disematostoma buetschilii* em abril, ambas mais abundantes na profundidade intermediária e *Spirostomum minus* com grandes valores na região profunda durante o mês de agosto (Figura 12).

Stokesia vernalis, que teve considerável contribuição para a biomassa total de ciliados em todas as profundidades da lagoa em várias ocasiões, foi a espécie com maiores valores deste atributo no mês de dezembro (Figura 12).

Considerando a participação das espécies em cada uma das profundidades durante todo o período, o maior valor médio de biomassa na região mais profunda da lagoa foi registrado para *Loxodes magnus*, enquanto que nas demais profundidades e no conjunto das amostras de todo o ambiente, a espécie mais importante para este atributo foi *Paradileptus ellephantinus* (Figura 12).

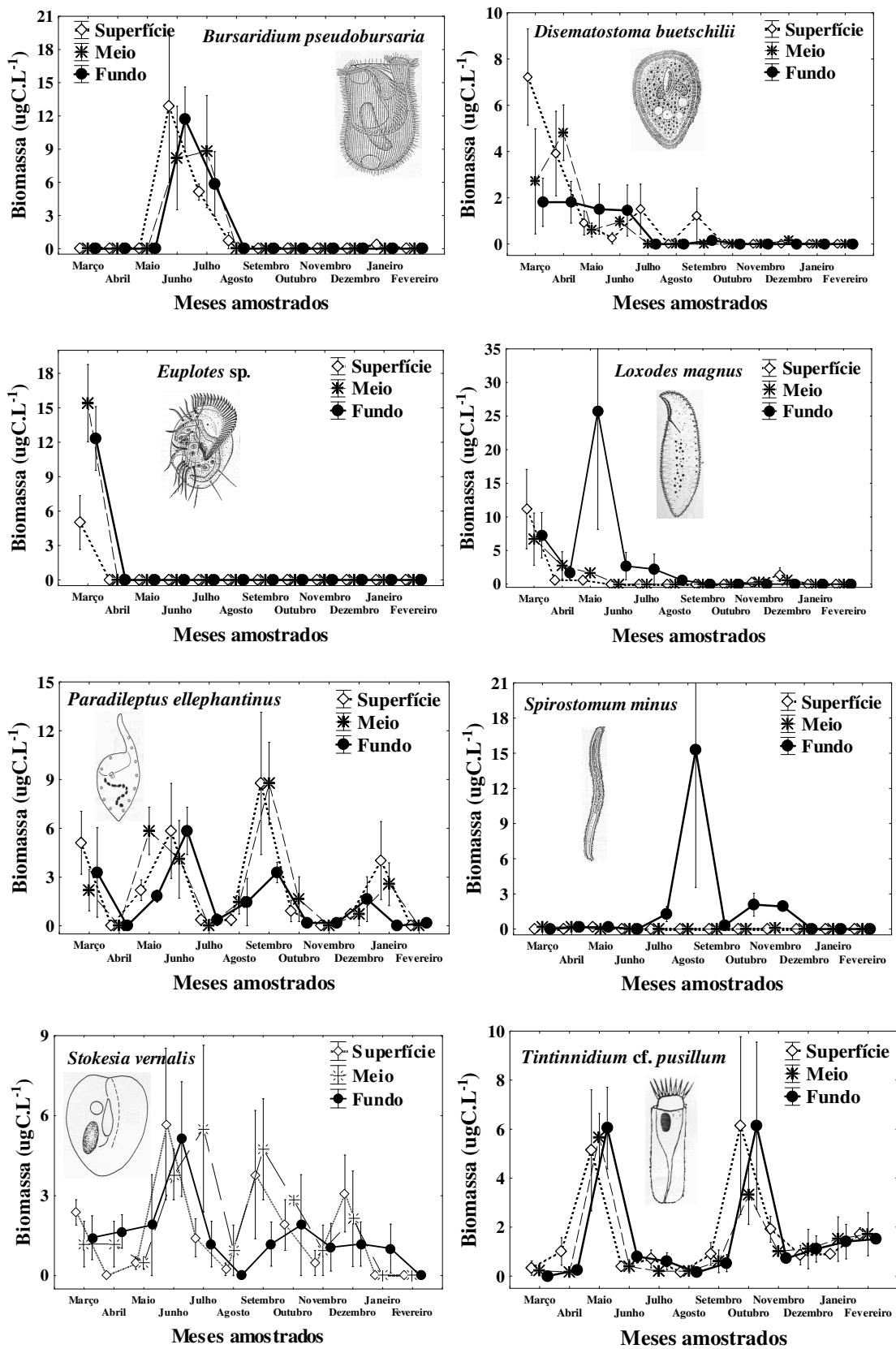


Figura 12 – Alteração temporal e espacial dos valores de biomassa (ngC.L⁻¹) das espécies de ciliados que mais contribuíram para este atributo na lagoa Guaraná durante o período estudado (Ilustrações das espécies retiradas de Berger & Foissner, 2003).

A estrutura de distribuição da abundância das espécies evidenciou uma dominância muito clara durante o período de limnofase, quando *Tintinnidium* cf. *pusillum* apresentou densidades muito superiores às demais espécies em todas as profundidades da lagoa Guaraná. *Codonella cratera*, apesar de ser a mais abundante durante alguns meses deste período, não comprometeu a dominância de *T. pusillum* considerando o período de seca como um todo (Figura 13).

Por outro lado, durante a potamofase, apesar do domínio de *Balanion planctonicum* na superfície e fundo da lagoa e de *Cyclidium glaucoma* na região intermediária, a estrutura da comunidade não apresentou um padrão tão claro de dominância, apresentando maior equitabilidade do que a observada na limnofase.

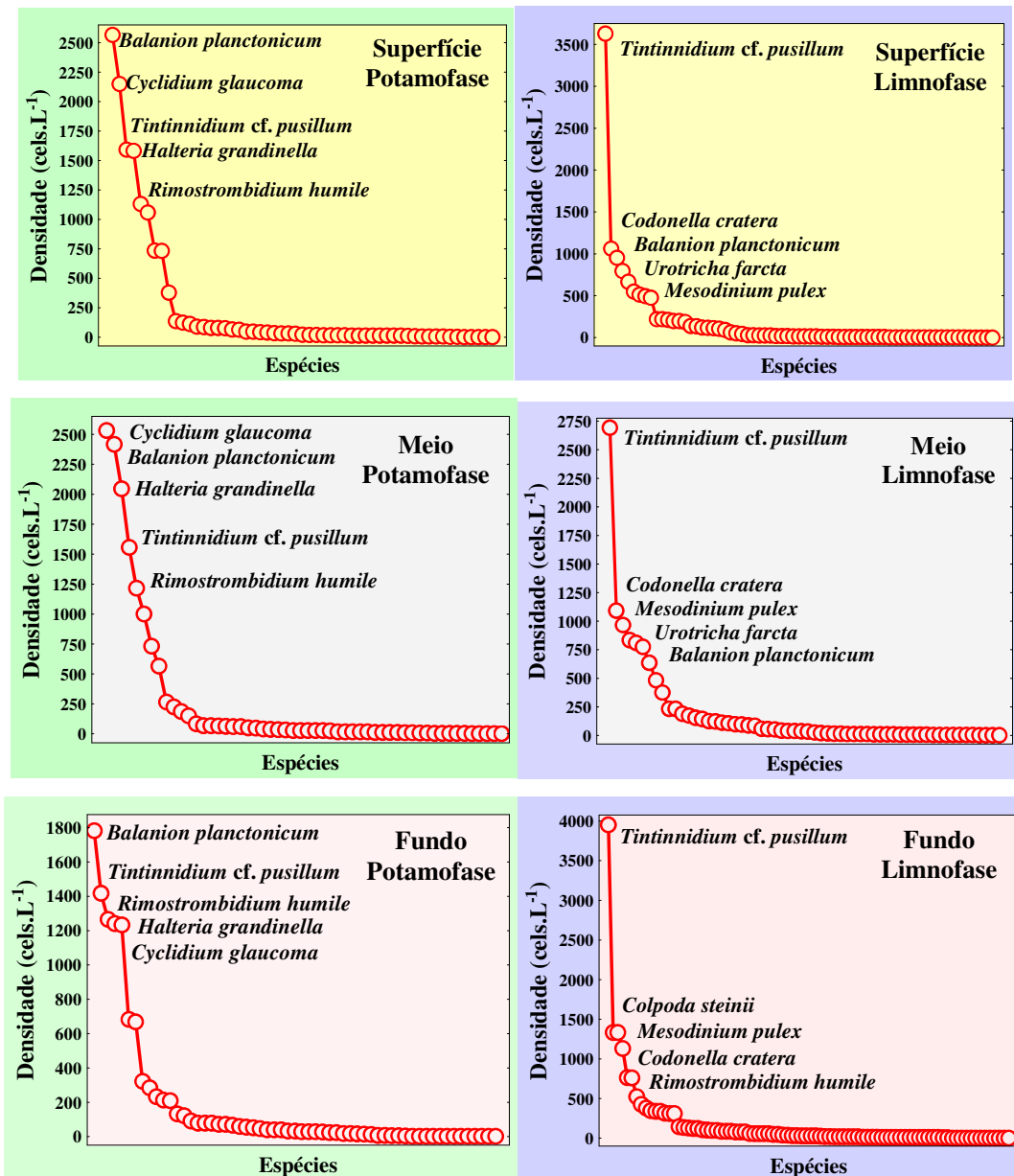


Figura 13 – Estrutura de dominância de espécies de ciliados em ambos os períodos hidrológicos analisados nas diversas profundidades analisadas da lagoa Guaraná.

Uma análise NMDS evidenciou que a estrutura da comunidade de ciliados baseada na ocorrência e abundância das espécies, na lagoa Guaraná, apresentou uma distinção entre cada um dos períodos hidrológicos analisados, observando-se que as amostras obtidas durante a potamofase, especialmente nas regiões superficial e intermediária do ambiente, se encontram positivamente relacionadas ao eixo 1. Por outro lado, as amostras obtidas no fundo da lagoa, em ambos os períodos, apresentam-se muito mais dispersas, com uma tendência de estarem mais negativamente correlacionadas com esse eixo (Figura 14).

Os resultados desta NMDS são corroborados pela análise PERMANOVA, que aponta diferenças significativas na estrutura da comunidade entre as profundidades ($F = 2,3856$; $p = 0,0006$) e meses analisados ($F = 6,6687$; $p = 0,0002$), porém, com interação entre estes fatores ($F = 3,6363$; $p = 0,0002$). Esse resultado sugere que a estrutura da comunidade de ciliados é estatisticamente diferente entre as profundidades apenas durante determinados períodos do ano e que é significativamente distinta temporalmente somente em certas profundidades do ambiente.

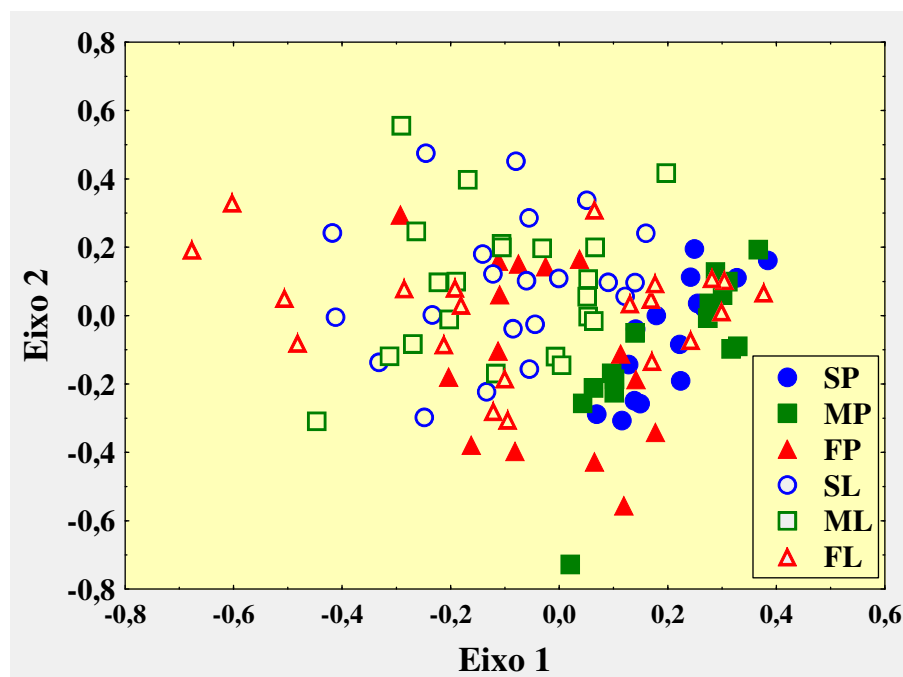


Figura 14 – NMDS dos valores de densidade obtidos em ambos os períodos hidrológicos, nas diversas profundidades estudadas na lagoa Guaraná (SP = superfície potamofase; MP = meio potamofase; FP = fundo potamofase; SL = superfície limnofase; ML = meio limnofase; FL = fundo limnofase).

As análises de correlação de Pearson entre as variáveis bióticas e abióticas, na lagoa Guaraná, apontam uma relação direta entre os principais atributos das comunidades de ciliados (riqueza de espécies, densidade e biomassa) e os valores de clorofila *a*, sendo que a relação riqueza x clorofila *a* foi a mais significativa. A biomassa de ciliados apresentou ainda correlação positiva com os valores de matéria orgânica em suspensão, condutividade e pH e uma relação inversa com a temperatura (Tabela 1).

Por outro lado, as demais variáveis mensuradas, incluindo a biomassa bacteriana, não apresentaram correlações significativas com os atributos das comunidades de ciliados. Entretanto, considerando a relação com a densidade das espécies mais abundantes da lagoa, os valores de oxigênio dissolvido estiveram inversamente correlacionados com *Cyclidium glaucoma* ($r = -0,31$) e fortemente correlacionados com *Codonella cratera* ($r = 0,68$) e, sendo que esta espécie apresentou correlação negativa ainda mais marcante com a temperatura ($r = -0,90$).

Tabela 1 – Valores significativos (*R* de Pearson) das matrizes de correlação entre os tributos das comunidades de ciliados e as demais variáveis analisadas na lagoa Guaraná.

	Riqueza	Densidade	Biomassa
Temperatura (°C)	---	---	-0,36
Condutividade (mS.cm⁻¹)	---	---	0,24
pH	---	---	0,23
MOS (mgC.L⁻¹)	---	---	0,28
Clorofila <i>a</i> (ug.L⁻¹)	0,48	0,35	0,26

Considerando os resultados das variáveis que apresentaram algum tipo de correlação com os dados dos atributos das comunidades de ciliados, verificou-se que os valores de clorofila *a* (ug. L⁻¹) registrados na lagoa Guaraná foram significativamente ($F = 18,950$; $p = 0,000$) mais elevados durante os meses da limnofase do que no restante do período estudado. Já com relação às diferentes profundidades não houve diferenças marcantes, a despeito da média dos valores dessa variável na região mais profunda ser superior a das demais profundidades (Figura 15A), principalmente durante os meses de limnofase, assim como observado para os atributos das comunidades de ciliados.

Para os valores de matéria orgânica em suspensão (mgC.L^{-1}) seguiu-se a mesma tendência observada para a clorofila *a* (ug.L^{-1}), com valores mais elevados na limnofase e na região mais profunda da lagoa, porém, nesse caso as diferenças estatisticamente significativas ($F = 4,439$; $p = 0,014$) se deram entre as profundidades e não entre os períodos analisados (Figura 15B). Além disso, como observado para os valores de clorofila *a* e dos atributos das comunidades de ciliados, o maior valor médio de matéria orgânica foi registrado nas amostras da região mais profunda da lagoa durante o período de limnofase.

A temperatura ($^{\circ}\text{C}$) variou significativamente entre os períodos hidrológicos ($F = 140,2$; $p = 0,000$), entretanto os valores médios desta variável permaneceram praticamente os mesmos entre nas diferentes profundidades amostradas (Figura 15C). Resultados semelhantes foram registrados para os valores de pH, praticamente sem variação entre as profundidades e significativamente ($F = 30,7$; $p = 0,000$) distintos entre os períodos hidrológicos, porém neste caso, ao contrário da temperatura, os valores mais elevados foram registrados durante a limnofase (Figura 16E).

Por fim, a condutividade (mS.cm^{-1}) não apresentou diferenças significativas entre períodos hidrológicos ou profundidades, observando-se, porém, uma tendência de valores mais elevados deste atributo nas amostras da região profunda, e, menores, na superfície da lagoa Guaraná (Figura 16D).

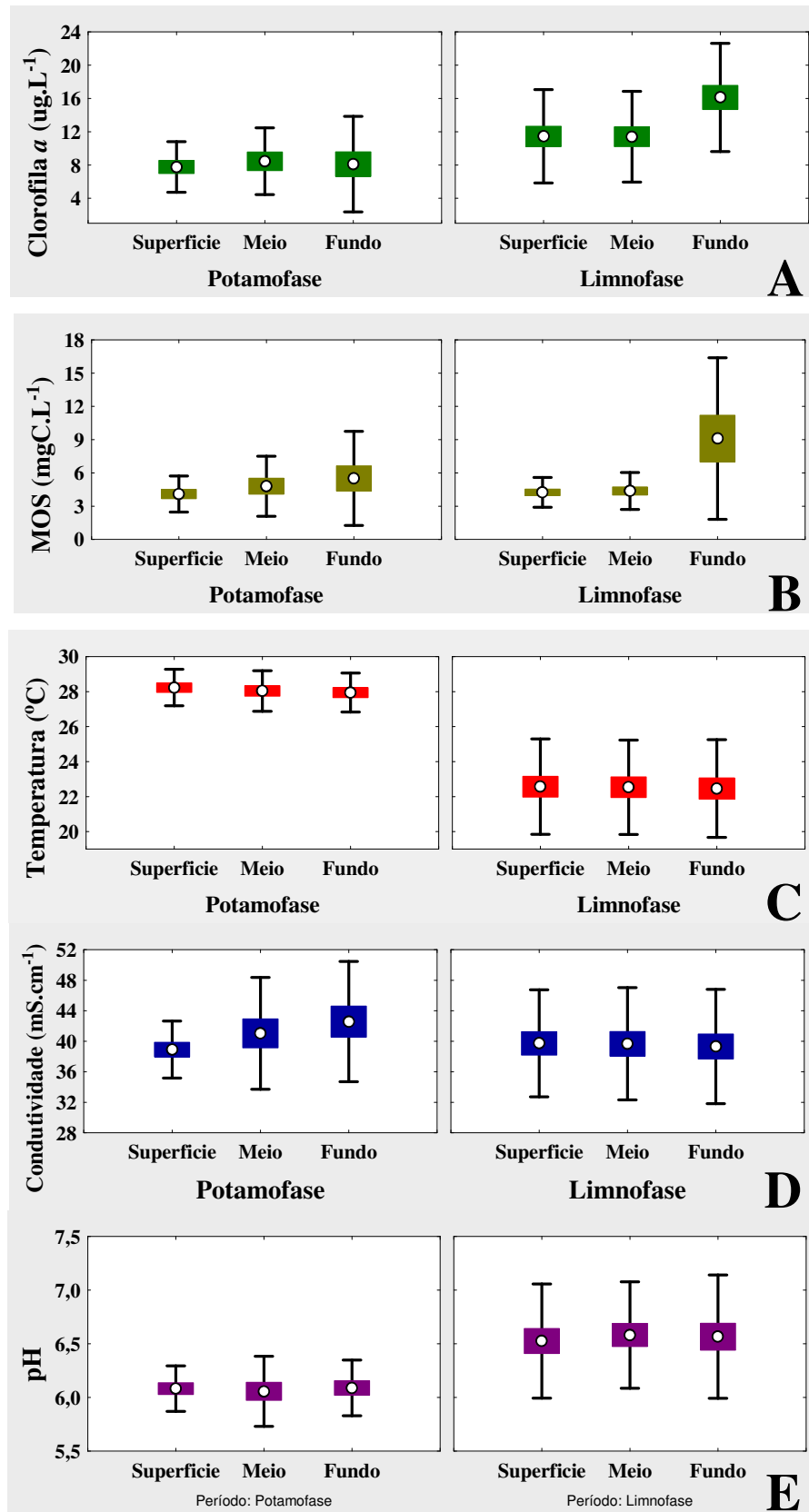


Figura 15 – Valores médios de Clorofila *a* (A), Matéria Orgânica em Suspensão (B), Temperatura (C), Condutividade (D) e pH (E), registrados na lagoa Guaraná nos distintos períodos hidrológicos e profundidades analisadas (○ = Média, □ = Média ± Erro padrão, ▭ = Média ± Desvio padrão).

DISCUSSÃO

Song (2000b) aponta relação entre as concentrações de clorofila e a abundância dos ciliados planctônicos. Segundo Carrias *et al.* (1994), abundâncias máximas de ciliados podem ser associadas com o pico máximo de fitoplâncton e, de acordo com Conty *et al.* (2007), em lagos rasos da região mediterrânea não foram encontradas relações entre os atributos das comunidades de bactérias e ciliados. Por outro lado, foram registradas correlações altamente positivas entre ciliados e fitoplâncton, podendo indicar que os ciliados estão utilizando as algas como seu principal recurso alimentar naqueles lagos.

Os resultados registrados no presente estudo, similares aos citados acima, sugerem que, na lagoa Guaraná, os ciliados estão mais inseridos na cadeia alimentar tradicional do que participando efetivamente na transferência de energia dentro do elo microbiano (Pomeroy, 1974; Azam *et al.*, 1983) para os níveis tróficos superiores. Tal evidência é corroborada pelos valores de riqueza significativamente mais elevados durante a limnofase, a despeito do aporte de espécies alóctones que ocorre na potamofase que, de acordo com a correlação entre este atributo e os valores de clorofila *a* (significativamente maiores no período seco), indicam a presença de um grande número de espécies algóvoras no ambiente.

Entretanto, a correlação positiva da biomassa com os valores de MOS indicam que os ciliados podem estar realizando também, como sugere Scherwass (2005), uma utilização direta de detrito como alimento, formando um caminho alternativo para o carbono.

Todavia, apesar da grande disponibilidade de recursos alimentares para a procta ciliada nas regiões mais profundas da lagoa Guaraná, em virtude da grande quantidade de matéria orgânica proveniente do sedimento e de uma penetração suficiente de luz, que também determinou elevados valores de clorofila nesta profundidade.

Por outro lado, a biomassa marcadamente mais elevada, bem como a tendência de maiores valores de todos os atributos das comunidades de ciliados no fundo da região pelágica durante todo o período analisado, especialmente nos meses da limnofase, acenam positivamente para uma hipótese de que na camada mais profunda da lagoa se reuniriam as condições mais favoráveis para o desenvolvimento destes organismos.

A distribuição das densidades entre as espécies de ciliados conforme o hábito sugere que o ambiente estudado, apesar de suas dimensões reduzidas e da grande presença de macrófitas aquáticas em suas margens, apresenta a influência das comunidades litorâneas em sua região pelágica, mas é caracterizada pela presença de organismos tipicamente planctônicos (Berger & Foissner, 2003).

Além disso, enquanto que estes organismos euplanctônicos dominaram numericamente as três profundidades da lagoa, os valores de biomassa dos organismos não planctônicos foram os mais elevados no fundo, sugerindo que nesta profundidade a estrutura da comunidade pelágica é influenciada pela presença de grandes ciliados bentônicos, como, por exemplo, *Loxodes magnus* e *Spirostomum minus*, enquanto que nas camadas menos profundas da coluna de água as espécies não planctônicas devem ser provenientes da região marginal.

A grande contribuição das ordens Oligotrichida e Prostomatida para a densidade dos ciliados planctônicos no ambiente analisado corrobora os resultados de diversos estudos (Zingel & Ott, 2000; Zingel, 2005; Szeląg-Wasilewska & Fyda 2006; Mieczan, 2008) que apontam estas ordens como as mais abundantes no epilímnio e mesmo no metalímnio de ambientes lênticos estratificados.

Da mesma forma, considerando-se o acréscimo de Prostomatida e Scuticociliatida no período de potamofase e a maior contribuição destas ordens para a abundância dos ciliados no meta e hipolímnio dos trabalhos acima citados, pode-se traçar um paralelo entre a distribuição vertical dos ciliados em lagos estratificados e a distribuição temporal destes organismos na lagoa Guaraná.

Isto aponta a de inundação como um fator desestruturador das comunidades de ciliados no ambiente estudado, as quais apresentaram, durante o período de seca, um amplo predomínio de espécies características de ambientes lacustres (Berger & Foissner, 2003), como os oligotrichideos *Tintinnidium* cf. *pusillum* e *Codonella cratera*, e que passam a apresentar, durante a potamofase, um acréscimo nas densidades dos organismos tipicamente associados a substratos, como *Cyclidium glaucoma*, um bacterívoro filtrador, que dominou na profundidade intermediária da lagoa.

Esta variação sazonal, entretanto, não é diferente daquela observada em lagos temperados. Segundo Zingel (1999), enquanto os grandes ciliados herbívoros apresentam as maiores densidades na primavera, os bacterívoros de pequeno porte são os mais importantes no pico de abundância do verão.

Balanion planctonicum, um importante componente das cadeias alimentares em lagos (Müller, 1989; Sommaruga & Psenner, 1993), apesar de abundante durante praticamente todo o estudo, foi dominante apenas durante a potamofase, quando os oligotrichideos lorícos apresentaram valores reduzidos de densidade. Este fato sugere que a competição interespecífica parece ser limitante para o desenvolvimento de *B. planctonicum* durante a limnofase.

Da mesma forma, a alternância entre o domínio de *T. pusillum* e *C. cratera* nos meses de limnofase e a forte correlação negativa da última com os valores de temperatura sugere que esta variável abiótica exerce certa limitação sobre *C. cratera*, atuando como um fator regulador da competição entre estas espécies.

É provável que na limnofase o alimento de origem algal se encontre distribuído de uma forma homogênea no ambiente, em virtude da maior produtividade autóctone neste período. Por outro lado, durante a potamofase, o grande aporte de matéria orgânica de origem alóctone estimula o desenvolvimento de bactérias decompositoras junto a este material, que se encontra distribuído de forma agregada em diferentes pontos da coluna de água. Dessa forma, o aumento dos valores de densidade de *B. planctonicum* e *C. glaucoma* durante o período de cheia parece indicar que estas espécies, respectivamente algívora raptora e bacterívora filtradora, são favorecidas pelas condições ambientais deste período, provavelmente por obterem alimento de forma mais eficaz do que *T. pusillum* (algívoro filtrador) nestas condições, possivelmente pela alteração na distribuição do recurso alimentar.

Enquanto na limnofase, a biomassa relativa das ordens Heterotrichida e Karyorelictida, com espécies tipicamente bentônicas é maior no fundo da lagoa do que nas regiões menos profundas, durante a potamofase a biomassa de ordens tipicamente associadas a substratos (como Karyorelictida e Hypotrichida), é grande em todas as profundidades, indicando maior presença dos ciliados bentônicos na região pelágica. Dessa forma, pode-se afirmar que enquanto no período de seca ocorre uma moderada estratificação entre as comunidades de ciliados na região pelágica, durante as cheias ocorre uma mistura vertical mais pronunciada entre estas comunidades.

Portanto, conclui-se que, a lagoa Guaraná, fortemente caracterizada por uma comunidade de ciliados tipicamente lacustres durante o período de limnofase, passa a receber uma influência mais marcante das comunidades provenientes do rio e das regiões bentônica e marginal no período chuvoso, apresentando uma estrutura de dominância de espécies menos definida, que sugere maior quantidade de fatores influenciando a comunidade de ciliados e indicando menor estabilidade ambiental na potamofase.

Assim, o presente estudo corrobora os resultados de outros trabalhos na planície de inundação do alto rio Paraná (Lima et al, 1998; Bonecker *et al.*, 2005; Pereira *et al.*, 2007), que comprovam a grande influência do pulso de inundação sobre as comunidades aquáticas deste complexo ecossistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson M.J. (2005) *Permutational Multivariate analysis of variance*. A computer program. Department of Statistics, University of Auckland.
- Auer B., Elzer U. & Arndt H. (2004) Comparison of a pelagic food webs in lakes along a trophic gradient and with seasonal aspects: influence of resource and predation. *Journal of Plankton Research*, **26**, 697-709.
- Azam F., Fenchel T., Field J.G., Gray J.S., Meyer-Reil L.A. & Thingstad F. (1983) The ecological role of water-column microbes in the sea. *Marine Ecology Progress Series*, **10**, 257-263.
- Berger H. & Foissner W. (2003) Illustrated guide and ecological notes to ciliate indicator species (Protozoa, Ciliophora) in running waters, Lakes, and Sewage Plants. In: *Handbuch Angewandte Limnologie* (Eds C. Steinberg, W. Calmano, H. Klapper & R. Wilken) Erg.Lfg. Verlagsgesellschaft, Landsberg am Lech.
- Bonecker C.C., Costa C.L., Velho L.F.M. & Lansac-Tôha F.A. (2005) Diversity and abundance of planktonic rotifers in different environments of the Upper Paraná River floodplain (Paraná State - Mato Grosso do Sul State, Brazil). *Hydrobiologia*, **546**, 405-414.
- Bjornsen P.K. (1986) Automatic determinations of bacterioplankton biomass by means of image analyses. *Applied and Environmental Microbiology*, **51**, 1199-1204.
- Callieri C., Karjalainen S.M. & Passoni S. (2002) Grazing by ciliates and heterotrophic nanoflagellates on picocyanobacteria in Lago Maggiore, Italy. *Journal of Plankton Research*, **24**, 785-796.
- Carrias J.F., Amblard C. & Bourdier G. (1994) Vertical and temporal heretogeneity of planktonic ciliated protozoa in a humic lake. *Journal of Plankton research*, **16**, 471-485.
- Carrick H.J. (2005) An under-appreciated component of the biodiversity in plankton communities: the role of protozoa in Lake Michigan (a case study). *Hydrobiologia*, **551**, 17-32.
- Conty A., García-Criado F. & Bécares E. (2007) Changes in bacterial and ciliate densities with trophic status in Mediterranean shallow lakes. *Hydrobiologia*, **584**, 327, 335.
- Corliss J.O. (1979) *The ciliated protozoa – Characterization, Classification and Guide to the Literature*. Pergamon Press, Oxford.
- Dragesco J. & Dragesco-Kernéis A. (1986) Ciliés libres de l'Afrique intertropicale. Introduction à la connaissance et à l'étude des ciliés. *Faune tropicale*, **26**, 1-559.
- Foissner W., Blatterer H., Berger H. & Kohmann F. (1991) Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band I: Cyrtophorida, Oligotrichida, Hypotrichia, Colpodea. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft*, **1/91**, 1-478.

Foissner W., Berger H. & Kohmann F. (1992) Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band II: Peritrichia, Heterotrichida, Odontostomatida. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft*, **5/92**, 1-502.

Foissner W., Berger H. & Kohmann F. (1994) Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band III: Hymenostomata, Prostomatida, Nassulida. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft*, **1/94**, 1-548.

Foissner W., Blatterer H., Berger H. & Kohmann F. (1995) Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band IV: Gymnostomatea, Loxodes, Suctoria. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft*, **1/95**, 1-540.

Foissner W. & Berger H. (1996) A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes and waste waters, with notes on their ecology. *Freshwater Biology*, **35**, 375-482.

Foissner W., Berger H. & Schaumburg J. (1999) *Identification and Ecology of Limnetic Plankton Ciliates*. Bavarian State Office for Water Management, Munich.

Fry J.C. (1990) Direct Methods and Biomass Estimation. *Methods in Microbiology*, **22**, 41-85.

Golterman H.L. (1978) *Methods for physical and chemical analysis of freshwater*. Blackwell Scientific Publication, Oxford.

Gomes E.A.T. & Godinho M.J.L. (2003) Structure of the protozooplankton community in a tropical shallow and eutrophic lake in Brazil. *Acta Oecologica*, **24**, 153-161.

Graham J.M., Kent A.D., Lauster G.H., Yannarell A.C., Graham L.E. & Triplett E.W. (2004) Seasonal Dynamics of Phytoplankton and Planktonic Protozoan Communities in a Northern Temperate Humic Lake: Diversity in a Dinoflagellate Dominated System. *Microbial Ecology*, **48**, 528-540.

Hadas O., Malinsky-Rushansky N., Pinkas R. & Cappenberg T.E. (1998) Grazing on autotrophic and heterotrophic picoplankton by ciliates isolated from Lake Kinneret, Israel. *Journal of Plankton Research*, **20**, 1435-1448.

Hartmann H.J., Taleb H., Aleya L. & Lair N. (1993) Predation on Ciliates by the Suspension-Feeding Calanoid Copepod *Acanthodiaptomus denticornis*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **50**, 1382-1393.

Junk W.J., Bailey P.B. & Sparks R.E. (1989) The flood pulse concept in river-floodplain systems. In: *Proceedings of the International Large River Symposium* (Ed D. Dodge), pp.110-127. Department of Fisheries and Aquatic Sciences, Ottawa. (Canadian special publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 106).

Lima A.F., Lansac-Tôha F.A., Velho L.F.M. & Bini L.M. (1998) Environmental influence on planktonic cladocerans and copepods in the floodplain of the upper river Paraná, Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, **33**, 87-99.

Mayer J., Dokulil M.T., Salbrechter M., Berger M., Posch T., Pfister G., Kirschner A.K.T., Velimirov B., Steitz A. & Ulbricht T. (1997) Seasonal successions and trophic relations between phytoplankton, zooplankton, ciliate and bacteria in a hypereutrophic shallow lake in Vienna, Austria. *Hydrobiologia*, **342/343**, 165-174.

McAleece N. (1997) *BioDiversity Professional Beta*. The Natural History Museum & The Scottish Association for Marine Science (<http://www.nhm.ac.uk>).

Mieczan T. (2008) Diversity and vertical distribution of planktonic ciliates in a stratified mesotrophic lake: relationship to environmental conditions. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, **37**, 83-95.

Motic (2001) *Motic Images Plus 2.0 ML*. Motic China Group Co. Ltd.

Muki X., Hong C., Ping X., Daogui D., Weisong F. & Jian X. (2005) The temporal and spatial distribution, composition and abundance of Protozoa in Chaohu Lake, China: Relationship with eutrophication. *European Journal of Protistology*, **41**, 183-192.

Müller H. (1989) The Relative Importance of Different Ciliate Taxa in the Pelagic Food Web of Lake Constance. *Microbial Ecology*, **18**, 261-273.

Müller H., Schöne A., Pinto-Coelho R.M., Schweizer A. & Weisse T. (1991) Seasonal Succession of Ciliates in Lake Constance. *Microbial Ecology*, **21**, 119-138.

Neiff J.J. (1990) Ideas para la interpretacion ecologica del Parana. *Interciencia*, **15**, 424-439.

Patterson D.J. (1992) *Free-living freshwater protozoa – a color guide*. CRC Press, Boca Raton.

PELD (2002), *Pesquisas ecológicas de longa duração – A Planície Alagável do Rio Paraná: Estrutura e Processos Ambientais*. (<http://www.peld.uem.br/>).

Pereira S.R.S., Bonecker C.C. & Rodrigues L. (2007) Influence of waterlevel on periphytic meiofaunal abundance in six lagoons of the Paraná River floodplain, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, **19**, 273-283.

Pfister G., Auer B. & Arndt H. (2002) Pelagic ciliates (Protozoa, Ciliophora) of different brackish and freshwater lakes – a community analysis at the species level. *Limnologica*, **32**, 147-168.

Pomeroy L.R. (1974) The ocean's food web, a changing paradigm. *Bioscience Journal*, **24**, 499-504

Scherwass A., Fischer Y. & Arndt H. (2005) Detritus as a potential food source for protozoans: utilization of fine particulate plant detritus by a heterotrophic flagellate, *Chilomonas paramecium*, and a ciliate, *Tetrahymena pyriformis*. *Aquatic Ecology*, **39**, 439-445.

Sommaruga R. & Psenner R. (1993) Nanociliates of the order Prostomatida: Their relevance in the microbial food web of a mesotrophic lake. *Aquatic Sciences*, **55**, 179-187.

Song B. (2000a) Planktonic protozoa (ciliates, heliozoans and testaceans) in two shallow Mesotrophic lakes in China – a comparative study between a macrophytes-dominated lake (Biandantang) and an algal lake (Houhu). *Hydrobiologia*, **434**, 151-163.

Song B. (2000b) A comparative study on planktonic ciliates in two shallow mesotrophic lakes (China): species composition, distribution and quantitative importance. *Hydrobiologia*, **427**, 143-153.

Statsoft, Inc. (2005), *STATISTICA for Windows* (computer program manual). <http://www.statsoft.com>

Szelaż-Wasilewska E. & Fyda J. (2006) Pelagic biocoenosis in a stratified eutrophic lake: vertical variation in the microbial loop and phytoplankton. *Limnological Review*, **6**, 269-275.

Thouvenot A., Debroas D., Richardot M. & Devaux J. (1999a) Impact of the natural metazooplankton assemblage on planktonic microbial communities in a newly flooded reservoir. *Journal of Plankton Research*, **21**, 179-199.

Thouvenot A., Debroas D., Richardot M. & Devaux J. (1999b) Bacterivory of metazooplankton, ciliates and flagellates in a newly flooded reservoir. *Journal of Plankton Research*, **21**, 1659-1679.

Tirok K. & Gaedke U. (2006) Spring weather determines the relative importance of ciliates, rotifers and crustaceans for the initiation of the clear-water phase in a large, deep lake. *Journal of Plankton Research*, **28** 361-373.

Weisse T. (1991) The annual cycle of heterotrophic freshwater nanoflagellates. Role of bottom-up versus top-down control. *Journal of Plankton Research*, **13**, 167-185.

Wetzel R.G. & Likens G.E. (1991) *Limnological Analyses*. Springer-Verlag, New York.

Zingel P. (1999) Pelagic ciliated protozoa in a shallow eutrophic lake: community structure and seasonal dynamics. *Archiv für Hydrobiologie*, **146**, 495-511.

Zingel P. (2005) Vertical and seasonal dynamics of planktonic ciliates in a strongly stratified hypertrophic lake. *Hydrobiologia*, **547**, 163-174.

Zingel P. & Ott I. (2000) Vertical distribution of planktonic ciliates in strongly stratified temperate lakes. *Hydrobiologia*, **435**, 19-26.

CAPÍTULO III

Riqueza de espécies, abundância e estrutura das comunidades de ciliados planctônicos na planície de inundação do alto rio Paraná

INTRODUÇÃO

As planícies de inundação são áreas sazonalmente inundadas pela enchente lateral de rios e lagos, precipitação direta, ou ainda por água subterrânea que costumam englobar vários corpos aquáticos com diferentes dimensões e velocidades de corrente, mas que devem ser analisadas como um sistema “rio-planície de inundação” (Junk *et al.*, 1989).

Os “pulsos hidrológicos” (Neiff, 1990), que determinam alternâncias sazonais entre períodos de cheia (potamofase) e seca (limnofase) e os diferentes graus de conectividade entre os ambientes das planícies de inundação (Ward *et al.*, 1999; Velho *et al.*, 2004; Higuti *et al.*, 2007) são os macrofatores que mais influenciam a dinâmica espaço-temporal destes sistemas.

A planície de inundação do alto rio Paraná engloba três grandes rios que, por sua vez, estão conectados permanente ou sazonalmente com uma grande variedade de corpos de água com distintas características geomorfológicas, constituindo um amplo sistema composto pelos rios principais, canais e lagoas, onde diversos estudos sobre a biodiversidade e diferentes aspectos da ecologia de diversas comunidades aquáticas, incluindo as comunidades planctônicas, têm sido realizados ao longo de vários anos (Thomaz *et al.*, 2004).

Porém, dentre os diversos componentes bióticos de sistemas de planícies de inundação, poucos estudos, especialmente no Brasil (onde podemos citar Hardoim & Heckman, 1996), têm sido voltados para o estudo da comunidade de ciliados planctônicos, que são organismos que alcançam elevadas densidades populacionais, desempenhando importante papel no metabolismo dos ecossistemas aquático (Gomes, 2003).

De acordo com Pauli *et al.* (2001), os protozoários constituem o maior elo entre o altamente produtivo e retentor de nutrientes loop microbiano e os metazoários da cadeia alimentar clássica, e, além disso, são os mais importantes predadores de micróbios em ambientes aquáticos, balanceando a produção bacterioplanctônica. Segundo Zingel & Haberman (2008), em grandes lagos eutróficos, quando a cadeia alimentar de pastagem é mais representativa, crustáceos e rotíferos são os grupos dominantes, porém quando a cadeia de detritivoria predomina, os ciliados se tornam o grupo mais importante do zooplâncton, podendo representar dois terços da biomassa total destas comunidades.

Amplas evidências apontam para uma forte relação entre a abundância dos ciliados planctônicos e as concentrações de clorofila (Song, 2000). Outros estudos apontam um acréscimo na abundância da maioria das espécies de ciliados de acordo com a quantidade de matéria orgânica, que se reflete no incremento da densidade bacteriana (Blatterer, 2002).

De acordo com Taylor (1981), os atributos que mais diferenciam os ciliados dos demais consumidores zooplancctônicos são o tamanho e taxa de multiplicação e, em ambientes de intensa heterogeneidade espacial e temporal das comunidades, os organismos mais favorecidos são aqueles de crescimento rápido.

No presente estudo buscou-se analisar a alteração da riqueza de espécies e abundância de ciliados planctônicos registrados em diversos ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná.

Partiu-se da hipótese de que a abundância e riqueza de espécies são maiores nos ambientes lânticos, em virtude da maior estabilidade das comunidades planctônicas e que estes atributos apresentam valores mais elevados nas lagoas abertas do que nas fechadas, devido à maior conectividade das primeiras com os rios, o que determina maior entrada de material alóctone e intercâmbio de espécies.

Além disso, em uma abordagem temporal, analisou-se a influência do pulso de inundação sobre os atributos das comunidades de ciliados. Pressupôs-se a ocorrência de maiores valores de abundância durante a potamofase, em virtude da maior disponibilidade de recursos alimentares, propiciada pelo incremento de carbono orgânico e bactérias neste período e, por outro lado, uma estrutura de dominância de espécies mais bem estabelecida nos ambientes lânticos, durante o período de limnofase.

METODOLOGIA

Área de estudo e amostragem

Com o objetivo de investigar os padrões de variação espacial em grande escala e variação sazonal das comunidades de ciliados planctônicos, da planície de inundação do alto rio Paraná, foram realizadas coletas em 12 ambientes, pertencentes aos sistemas Paraná, Baía e Ivinhema. Em cada sistema, quatro ambientes foram selecionados, incluindo o rio principal, um canal, uma lagoa aberta e uma lagoa fechada (Figura 1).

O sistema Paraná é composto pelo rio Paraná (22°45'40"S – 53°15'07"W) e lagoas de planície de inundação associadas, em ilhas e várzeas. Neste sistema, além do rio principal, de largura variável e profundidade média de 4m (máxima ultrapassando 15m), foram selecionados o canal Cortado com profundidade média de 1,3m, a lagoa das Garças com profundidade média de 2m e 14,1ha de área, e conectada com o rio através de um canal de aproximadamente 5m de largura e a lagoa do Osmar (22°46'27"S – 53°19'56"W), ambiente fechado com profundidade média de 1,1m e 0,006ha de área (PELD, 2000).

O sistema Baía engloba o rio Baía, um ambiente sinuoso e de baixa velocidade de fluxo, com profundidade média de 3,2m e várias lagoas associadas através de seu curso. O canal estudado foi o canal Curutuba, que liga o rio Baía ao Ivinhema e possui profundidade média de 2,7m. Foi analisada ainda a lagoa Guaraná, que apresenta forma arredondada, com 386,5m de comprimento e 4,2ha de área e que possui um canal de 70m de comprimento e 18m de largura que a conecta com o rio Baía e, por fim, a lagoa Fechada, que apresenta forma alongada e possui profundidade média de 2,46m, comprimento de 624,4m e 7,5ha de área, apresentando conexão com o rio apenas no período de águas altas, através de um estreito canal (PELD, 2000).

O rio Ivinhema, que dá nome ao sistema analisado, apresenta águas turbulentas, profundidade média de 3,9m e está localizado na margem direita do Rio Paraná, com o qual está conectado através do canal Ipoitã, um ambiente sinuoso com profundidade média de 3,2m. A lagoa dos Patos possui profundidade média de 3,5m, 113,8ha de área, 2065,6m de comprimento e uma conexão de 8m com o rio. A lagoa Ventura, de água caracteristicamente escura, possui forma alongada, 3,9m de profundidade média, 755,4m de comprimento e 2,7ha de área, distando 100m do rio Ivinhema (PELD, 2000).

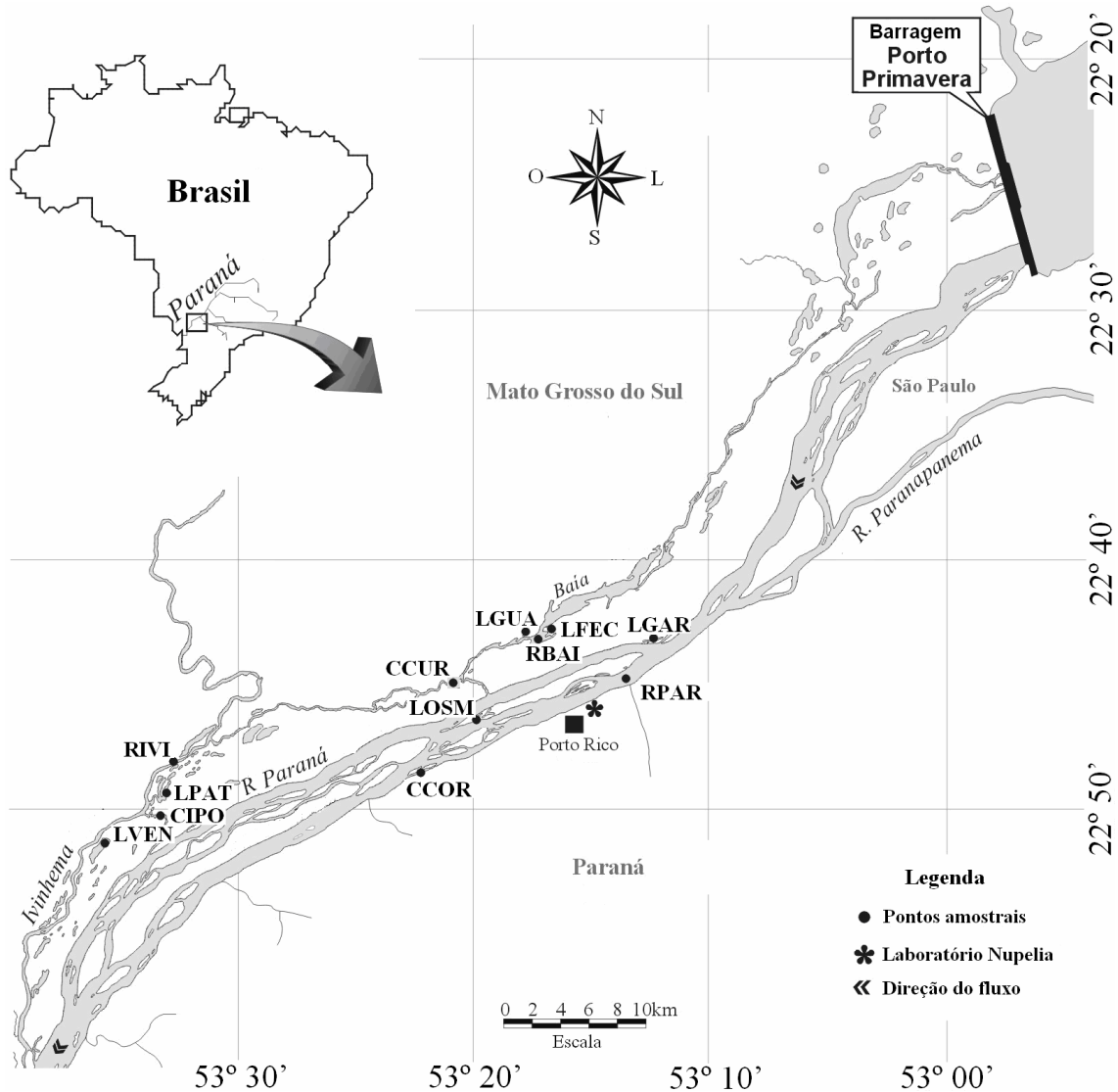


Figura 1 - Área de estudo com a localização dos locais de amostragem: Rio Paraná (RPAR); Rio Baía (RBAI); Rio Ivinheima (RIVI); Canal Ipoitã (CIPO); Canal Curutuba (CCUR); Canal Cortado (CCOR); Lagoa das Garças (LGAR); Lagoa dos Patos (LPAT); Lagoa Fechada (LFEC); Lagoa Guaraná (LGUA); Lagoa Ventura (LVEN) e Lagoa do Osmar (LOSM).

As amostragens (2,0L de água) foram obtidas em triplicata, na subsuperfície, com auxílio de garrafa de Van Dorn, na região pelágica de cada um dos 12 ambientes selecionados, nos períodos de potamofase (março de 2007) e limnofase (setembro de 2007).

Amostras de 1,0L de água, em triplicata, foram também coletadas e fixadas com solução de formalina a 2%, para quantificação das bactérias planctônicas, bem como triplicatas adicionais de 1,0L de água foram mantidas sem adição de fixador, para determinação da quantidade de Clorofila *a*.

Simultaneamente às coletas, foram ainda realizadas medidas de variáveis físicas e químicas da água, sendo elas: oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) e temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), com oxímetro portátil marca/modelo YSI55, condutividade (mS.cm^{-1}), com condutivímetro portátil Digimed, pH, com pHmetro portátil Digimed e transparência da água (cm), medida com Disco de Secchi.

Análise laboratorial e tratamento dos dados

O material coletado para análise da comunidade de ciliados foi armazenado em frascos plásticos no interior de caixa térmica e transportado ao laboratório, onde foi concentrado utilizando-se rede de plâncton ($10\ \mu\text{m}$). Estes organismos foram analisados in vivo, utilizando microscópio óptico (Olympus CX-41), em um período máximo de seis horas após a amostragem, sendo as espécies identificadas, de acordo com bibliografia especializada: Corliss (1979); Dragesco & Dragesco-Kernéis (1986) Foissner *et al.* (1991); Patterson (1992); Foissner *et al.* (1992); Foissner *et al.* (1994); Foissner *et al.* (1995); Foissner & Berger (1996) e Foissner *et al.* (1999).

Os organismos foram quantificados, para determinação da sua densidade e tiveram suas imagens capturadas e arquivadas em computador, por meio de câmara digital Motic, acoplada ao microscópio, para posterior mensuração, através de um programa de análise de imagens (Motic, 2001), a fim da obtenção das medidas de suas dimensões celulares para estimativa do biovolume celular (em μm^3 , a partir da forma geométrica aproximada - Wetzel & Likens, 1991) e biomassa da comunidade de ciliados (considerando que $1\ \mu\text{m}^3 = 110\ \text{fgC}$ – Weisse, 1991).

A densidade e biomassa do bacterioplâncton foram determinadas a partir da filtragem de alíquotas de 0,1mL de água em membrana de policarbonato preta (Nucleopore/Whatman) com $0,2\ \mu\text{m}$ de abertura de poro, previamente coradas com aproximadamente 1 mL do fluorocromo 4,6'-diamidino-2-fenil-indole (Dapi), a 0,1 %, no escuro. Os filtros foram montados em lâminas, armazenados em geladeira por 24 horas e posteriormente estocados em freezer a -8°C . As bactérias foram quantificadas e mensuradas com aumento de 1000X em microscópio de epifluorescência (Olympus BX51) sob luz UV, tendo seu biovolume determinado através da equação proposta por Fry (1990): $v = (\pi/4).w^2(1 - w/3)$, onde: v = volume celular; l = comprimento e w = largura. Para a conversão de biovolume em biomassa, foi considerado que $1\ \mu\text{m}^3 = 3.5 \times 10^{-13}\ \text{gC}$ (Bjornsen, 1986).

Os valores de Clorofila *a* dos pontos amostrais foram determinados após filtração do material coletado em filtros Whatman GF/C, segundo metodologia proposta por Golterman *et al.* (1978).

Visando eliminar o efeito da densidade sobre a riqueza de espécies de ciliados, foram realizadas análises de rarefação, comparando a riqueza entre os diversos ambientes analisados, para uma mesma densidade. Para tal foi utilizado o programa estatístico BioDiversity Professional Beta (McAleece, 1997).

Uma análise em escala dimensional não métrica (NMDS), baseada na matriz de distância de Bray-Curtis, foi utilizada para realizar uma ordenação dos dados de densidade das 24 unidades amostrais. Para testar a significância do resultado dessa matriz de distância foi realizada uma PERMANOVA (Anderson, 2005).

Foram realizadas análises de correlação de Spearman (Statsoft, 2000), com nível de significância $< 0,05$, a fim de verificar a relação entre os atributos das comunidades de ciliados e as variáveis ambientais físico-químicas.

Com objetivo de testar a significância estatística das diferenças espaciais e temporais dos atributos das comunidades de ciliados analisadas, foram utilizadas Kruskal-Wallis ANOVAS fatoriais (Zar, 1984), uma vez que os dados obtidos não atenderam os pressupostos da ANOVA, considerando $p < 0,05$ como nível de significância.

Finalmente, baseando-se nos valores de densidade das espécies de ciliados, foram traçadas as estruturas de dominância em cada um dos tipos de ambiente, para ambos os períodos hidrológicos analisados (Statsoft, 2005).

RESULTADOS

O maior valor de riqueza entre todas as amostras analisadas foi registrado na Lagoa Osmar, no período de limnofase (21). No mesmo período, a menor riqueza (apenas duas espécies) foi observada em uma amostra do Rio Ivinhema e, durante a potamofase o valor máximo desse atributo (13) foi registrado no Canal Curutuba.

O menor valor de riqueza foi observado em uma amostra obtida no Rio Paraná no período de potamofase, onde não foi registrada a ocorrência de nenhuma espécie de ciliado, dessa forma, o valor mínimo registrado para densidade, biomassa e riqueza de espécies de ciliados no período de cheia foi 0 (zero).

A diferença entre os valores médios de riqueza de espécies foi estatisticamente significativa tanto entre os períodos hidrológicos ($H = 446,335$) quanto entre os tipos de ambiente ($H = 512,542$). Entretanto, a forte interação entre períodos e ambientes ($H = 493,896$) indica que essas diferenças são significantes apenas no período de limnofase entre os ambientes lênticos e lóticos, enquanto que, por outro lado, observou-se uma tendência muito clara de homogeneização entre os valores médios de riqueza dos diversos ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná durante o período de potamofase (Figura 2).

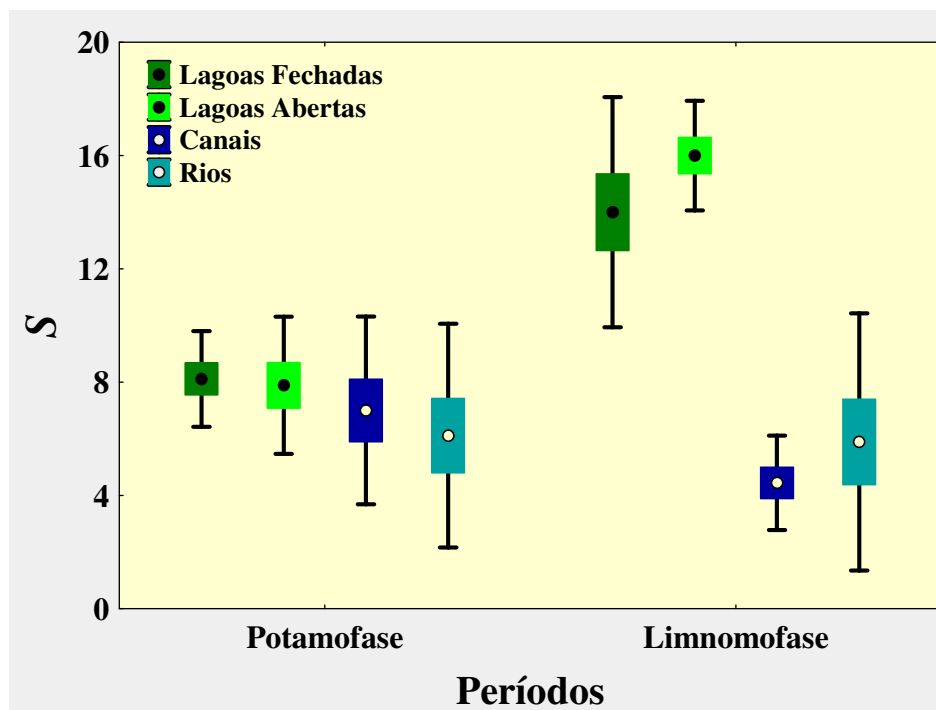


Figura 2 – Valores médios de riqueza de espécies de ciliados, registrados durante os distintos períodos hidrológicos, nos ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná (\bullet = Média, \square = Média \pm Erro padrão, --- = Média \pm Desvio padrão).

Uma análise de rarefação indicou que, para um mesmo valor de densidade, considerando, por exemplo, 715 cels.L^{-1} , as maiores riquezas de espécies de ciliados ocorreriam nas Lagoas Abertas e Fechadas durante o período de potamofase, enquanto que o menor valor seria esperado nos canais durante a limnofase (Figura 3).

Foi observada também uma tendência geral de maiores valores de riqueza nos ambientes lânticos, e de valores da potamofase superiores aos da limnofase (Figura 3). Estes resultados sugerem, portanto, uma influência da densidade sobre a riqueza de espécies de ciliados nos ambientes lânticos durante a limnofase, tendo em vista estes serem os ambientes com maior densidade quando o efeito da densidade sobre a riqueza não é controlado (Figura 2).

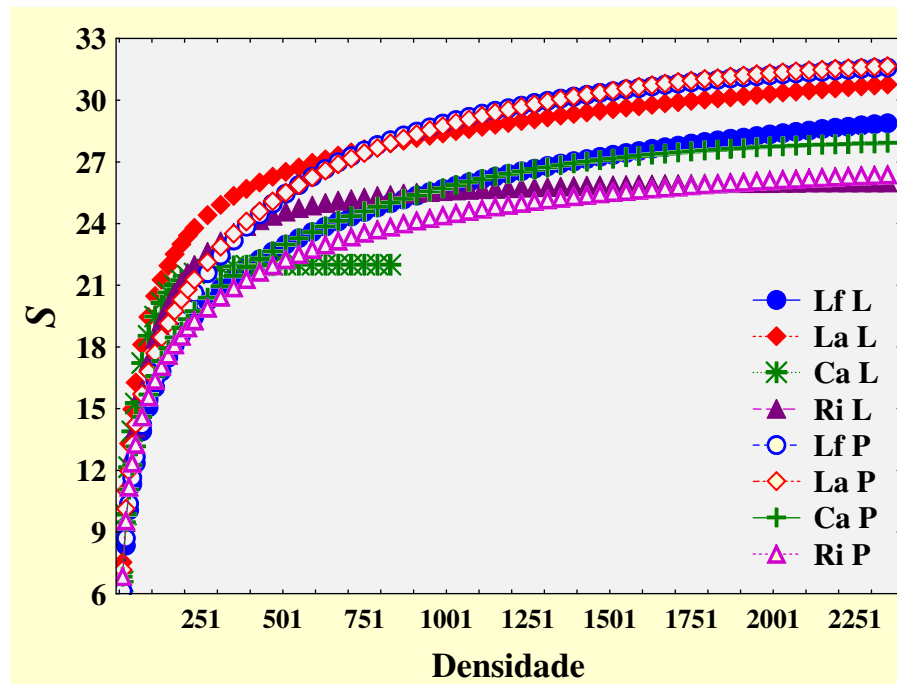


Figura 3 – Análise de rarefação de espécies realizada para as amostras obtidas nos distintos períodos hidrológicos em diferentes ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná (Lf L = Lagoas fechadas Limnofase; La L = Lagoas abertas Limnofase; Ca L = Canais Limnofase; Ri L = Rios Limnofase; Lf P = Lagoas fechadas Potamofase; La P = Lagoas abertas Potamofase; Ca P = Canais Potamofase; Ri P = Rios Potamofase).

A densidade de ciliados planctônicos da planície de inundação do alto rio Paraná variou, durante a limnofase, entre 350 cels.L^{-1} no Rio Ivinheima e 30450 cels.L^{-1} na Lagoa Ventura, sendo este o maior valor registrado neste estudo. Durante a potamofase o maior valor foi de 12150 cels.L^{-1} , também na Lagoa Ventura.

Foram registradas diferenças significativas nas densidades médias de ciliados entre os períodos ($H = 443,571$) e ambientes analisados ($H = 526,389$) e, assim como observado para a riqueza de espécies, esses resultados dependem da interação significativa entre ambientes e períodos ($H = 488,297$). Isto indica que as densidades são estatisticamente diferentes entre os ambientes lânticos e os lóticos durante a limnofase, representando, respectivamente, os maiores e menores valores deste atributo no presente estudo, enquanto que no período de potamofase, em todos os ambientes foram registrados valores intermediários, com uma ligeira tendência de valores mais elevados nas lagoas fechadas e menores nos canais (Figura 4).

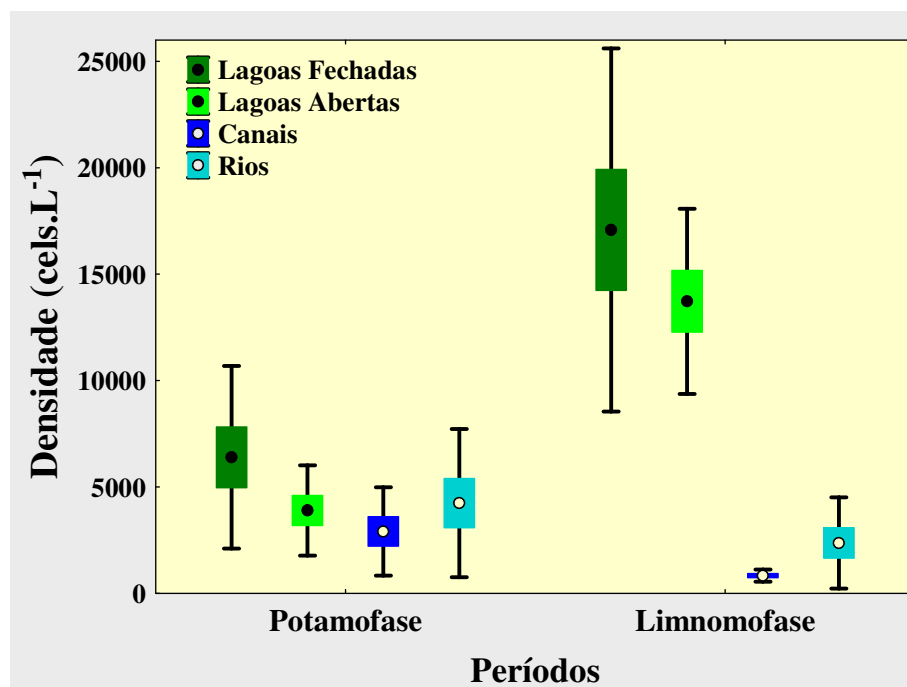


Figura 4 – Valores médios de densidade (cels.L^{-1}) de ciliados, registrados durante os distintos períodos hidrológicos, nos ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná (= Média, = Média \pm Erro padrão, = Média \pm Desvio padrão).

Assim como para riqueza de espécies e densidade, o maior valor de biomassa de ciliados, no presente estudo, foi registrado durante a limnofase, porém em um ambiente lótico, o Rio Baía ($81,19 \text{ ugC.L}^{-1}$), enquanto que a menor biomassa desse período hidrológico foi observada em uma amostra do Canal Curutuba ($0,29 \text{ ugC.L}^{-1}$). Já durante a potamofase a biomassa atingiu um valor máximo de $60,18 \text{ ugC.L}^{-1}$ no Rio Ivinheima.

Novamente, foram registradas diferenças significativas entre os ambientes ($H = 503, 517$) e períodos ($H = 447,863$) analisados, com interações significativas ($H = 481,908$) entre estes dois fatores. Porém, em relação à biomassa, os valores obtidos nos rios foram próximos aos registrados nas lagoas, em ambos os períodos hidrológicos, caracterizando, então, não uma distinção entre ambientes lóticos e lênticos, mas sim entre os canais e os demais ambientes durante a limnofase. Os valores (elevados) das lagoas fechadas e (baixos) dos canais na limnofase também diferiram significativamente dos valores (intermediários) registrados em todos os ambientes durante a potamofase (Figura 5).

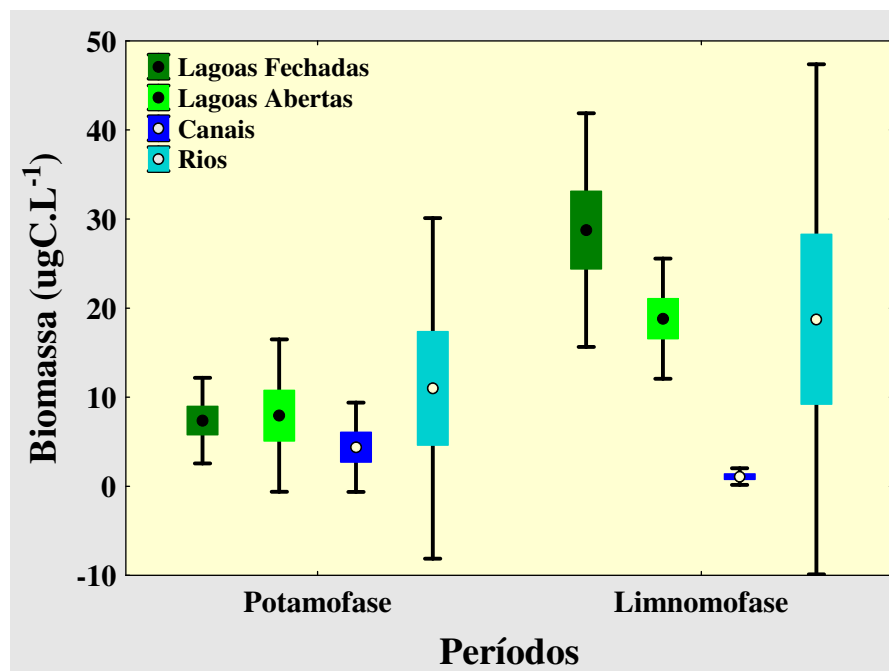


Figura 5 – Valores médios de biomassa (ugC.L^{-1}) de ciliados, registrados durante os distintos períodos hidrológicos nos ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná (= Média, = Média \pm Erro padrão, = Média \pm Desvio padrão).

Com relação à contribuição das ordens de ciliados para a densidade dessa comunidade, observou-se que Oligotrichida foi a mais importante em todos os tipos de ambientes durante a limnofase, com destaque para as lagoas fechadas, onde representou 73,14% da densidade total. Esta ordem foi também a mais importante nos canais durante a potamofase (42,38%), porém, nos demais tipos de ambiente nesse período, apesar da grande contribuição de Oligotrichida, foram os organismos da ordem Prostomatida os que apresentaram a maior densidade relativa, especialmente nas lagoas fechadas (49,34%).

Outras ordens representativas foram Haptorida, Scuticociliatida e Peritrichida, esta última especialmente nos rios durante a limnofase, com 39,45% da densidade total de ciliados (Figura 6).

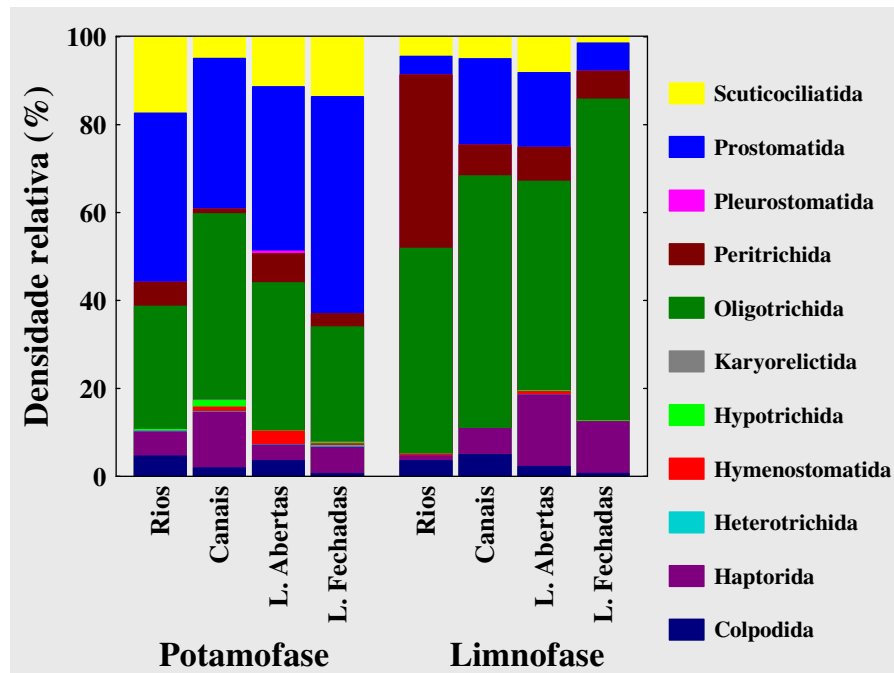


Figura 6 – Densidades relativas das ordens de ciliados registrados durante os distintos períodos hidrológicos nos ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná.

De maneira geral, as ordens mais importantes para a densidade foram também as mais relevantes para a biomassa total de ciliados, com exceção de Scuticociliatida, que é composta apenas por organismos de pequeno porte. Porém, em relação a este atributo, a contribuição relativa dessas ordens foi muito melhor distribuída.

Oligotrichida representou a maior quantidade da biomassa nas lagoas abertas e fechadas na limnofase (respectivamente 28,95% e 50,99% da biomassa total) e nos canais em ambos os períodos. Nos rios, houve predomínio de organismos da ordem Heterotrichida na potamofase (45,46%) e de Peritrichida na limnofase (88,19%).

Peritrichida foi também a mais importante nas lagoas abertas durante a potamofase (31,67% do total), enquanto nas lagoas fechadas, durante esse período, Haptorida apresentou a maior biomassa relativa (Figura 7).

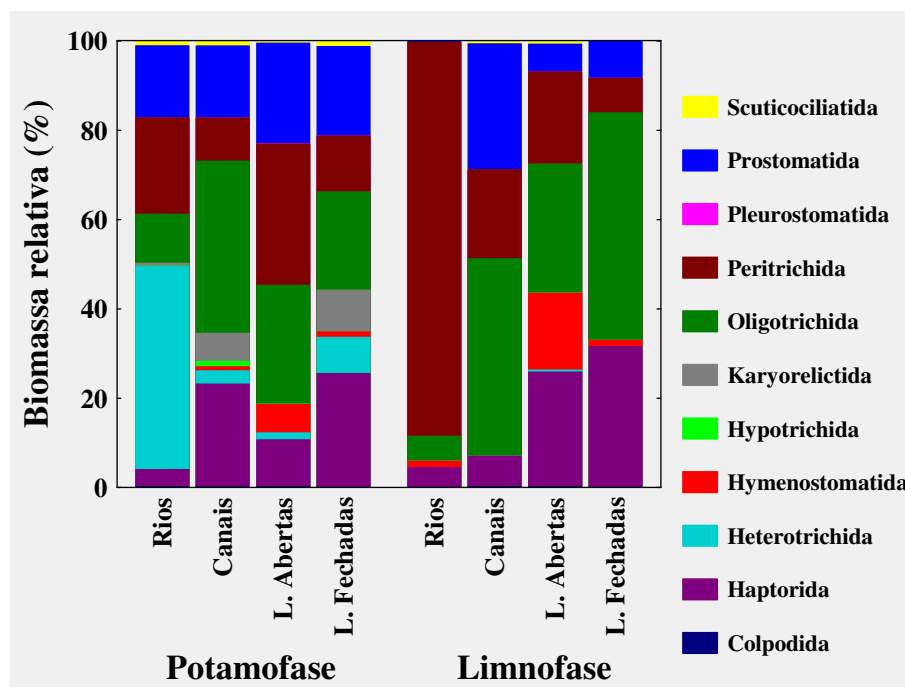


Figura 7 – Biomassas relativas das ordens de ciliados registrados durante os distintos períodos hidrológicos nos ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná.

A espécie com maior densidade na planície de inundação do alto rio Paraná durante o período de potamofase, foi *Balanion planctonicum*, com valor médio de 1041,67 cels.L⁻¹ e um pico de 6000 cels.L⁻¹ em uma amostra da Lagoa Fechada.

Na limnofase, o maior valor médio deste atributo foi registrado para *Tintinnidium* cf. *pusillum*, com 2500 cels.L⁻¹ e atingindo um máximo de 17500 cels.L⁻¹ na Lagoa Ventura. Esta espécie foi também a mais numerosa quando considerados ambos os períodos hidrológicos, com uma média de 1448,61 cels.L⁻¹.

Dentre as dez espécies mais importantes em termos de densidade, observou-se que a maioria apresentou maiores valores deste atributo durante o período de limnofase (Figura 8).

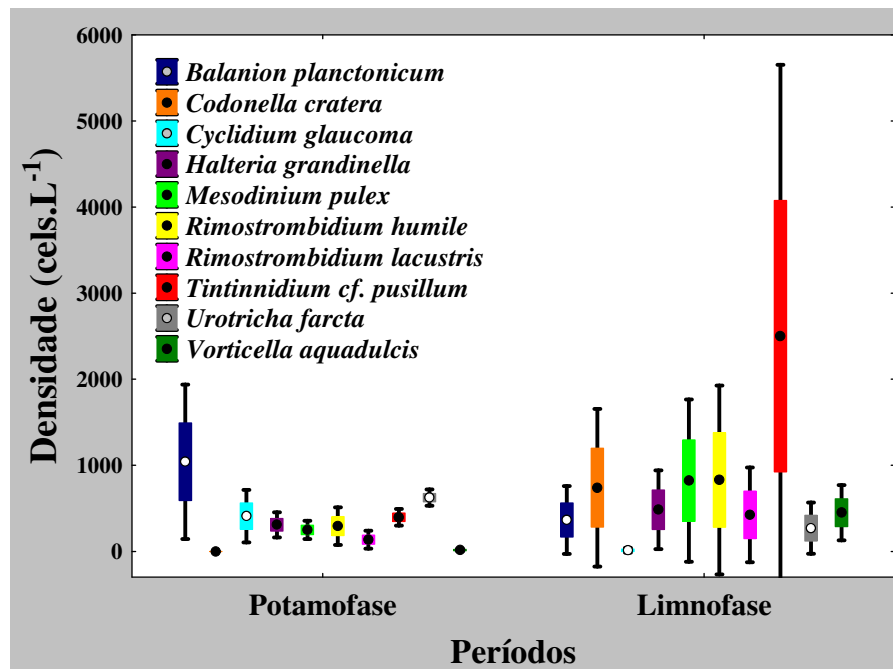


Figura 8 – Valores médios das espécies de ciliados mais importantes em termos de densidade (cels.L⁻¹), registrados durante os distintos períodos hidrológicos na planície de inundação do alto rio Paraná (= Média, = Média ± Erro padrão, = Média ± Desvio padrão).

A espécie mais importante em termos de biomassa, durante o período de estudo, foi *Campanella umbellaria*, com uma média de 2,41 $\mu\text{gC.L}^{-1}$ e um pico de 74,67 $\mu\text{gC.L}^{-1}$ no rio Baía durante a limnofase, período hidrológico no qual apresentou uma média de 4,15 $\mu\text{gC.L}^{-1}$.

Considerando apenas o período de potamofase, a espécie com o maior valor médio de biomassa foi *Stentor roeselii* (1,22 $\mu\text{gC.L}^{-1}$). Entretanto somente um exemplar foi registrado, em uma amostra do rio Ivinhema, representando, sozinho, um elevado valor de biomassa.

Assim como observado para a densidade, a maioria das espécies de maior contribuição para a biomassa apresentou maiores valores deste atributo durante a limnofase (Figura 9).

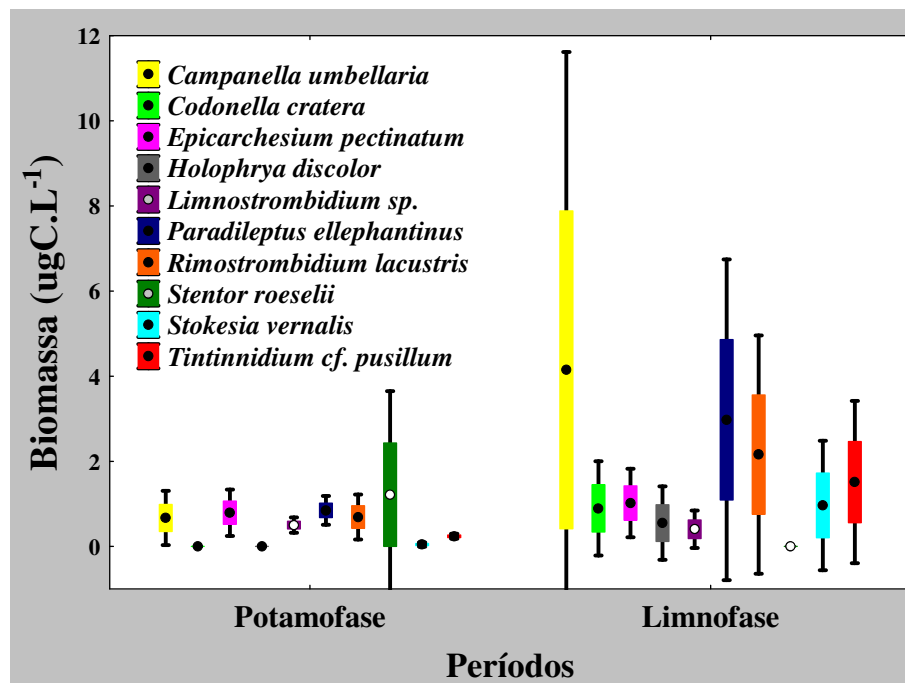


Figura 9 – Valores médios das espécies de ciliados mais importantes em termos de biomassa ($\mu\text{gC.L}^{-1}$), registrados durante os distintos períodos hidrológicos na planície de inundação do alto rio Paraná (= Média, = Média \pm Erro padrão, = Média \pm Desvio padrão).

Os resultados de uma análise NMDS, levando em consideração as densidades das diversas espécies de ciliados registradas nos distintos ambientes e períodos amostrados, evidenciaram uma discriminação entre as amostras de potamofase e limnofase, sendo que as maiores distâncias parecem ocorrer entre as lagoas fechadas de cada um desses períodos (Figura 10).

Os resultados da PERMANOVA corroboram esta separação, apontando, entretanto, como significativas ($F = 2,545$; $p = 0,002$) somente as diferenças entre as densidades registradas em cada um dos períodos hidrológicos.

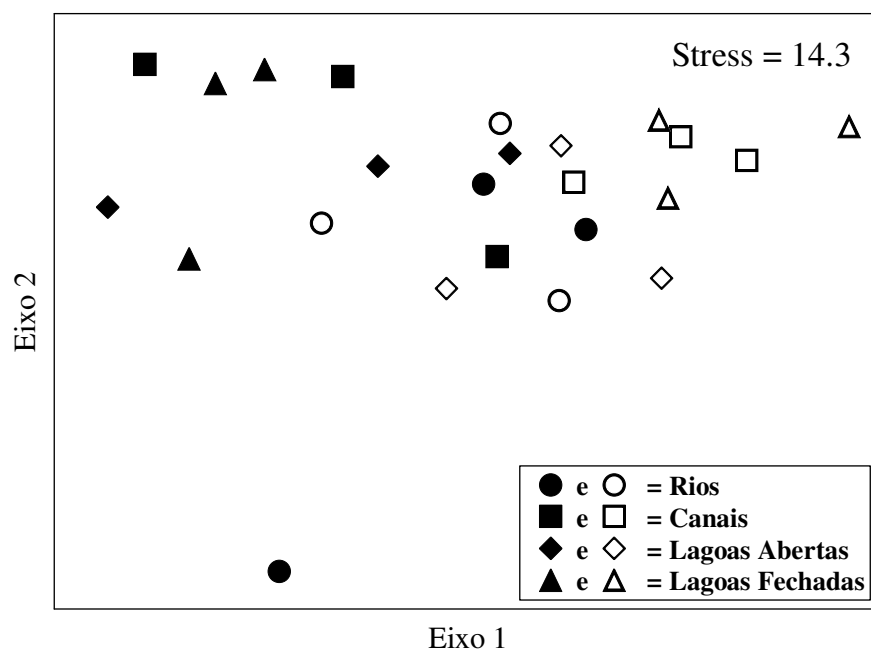


Figura 10 – Ordenação dos valores de densidade obtidos em ambos os períodos hidrológicos estudados nos diversos tipos de ambiente da planície de inundação do alto rio Paraná (símbolos preenchidos representam a potamofase e símbolos vazados representam o período de limnofase).

Durante o período de limnofase, de maneira geral, as comunidades de ciliados apresentaram padrões de dominância mais claros do que na potamofase. Considerando os tipos de ambientes analisados, estruturas com dominância mais definida foram observadas nos canais durante a limnofase e nas lagoas fechadas em ambos os períodos hidrológicos (Figura 11).

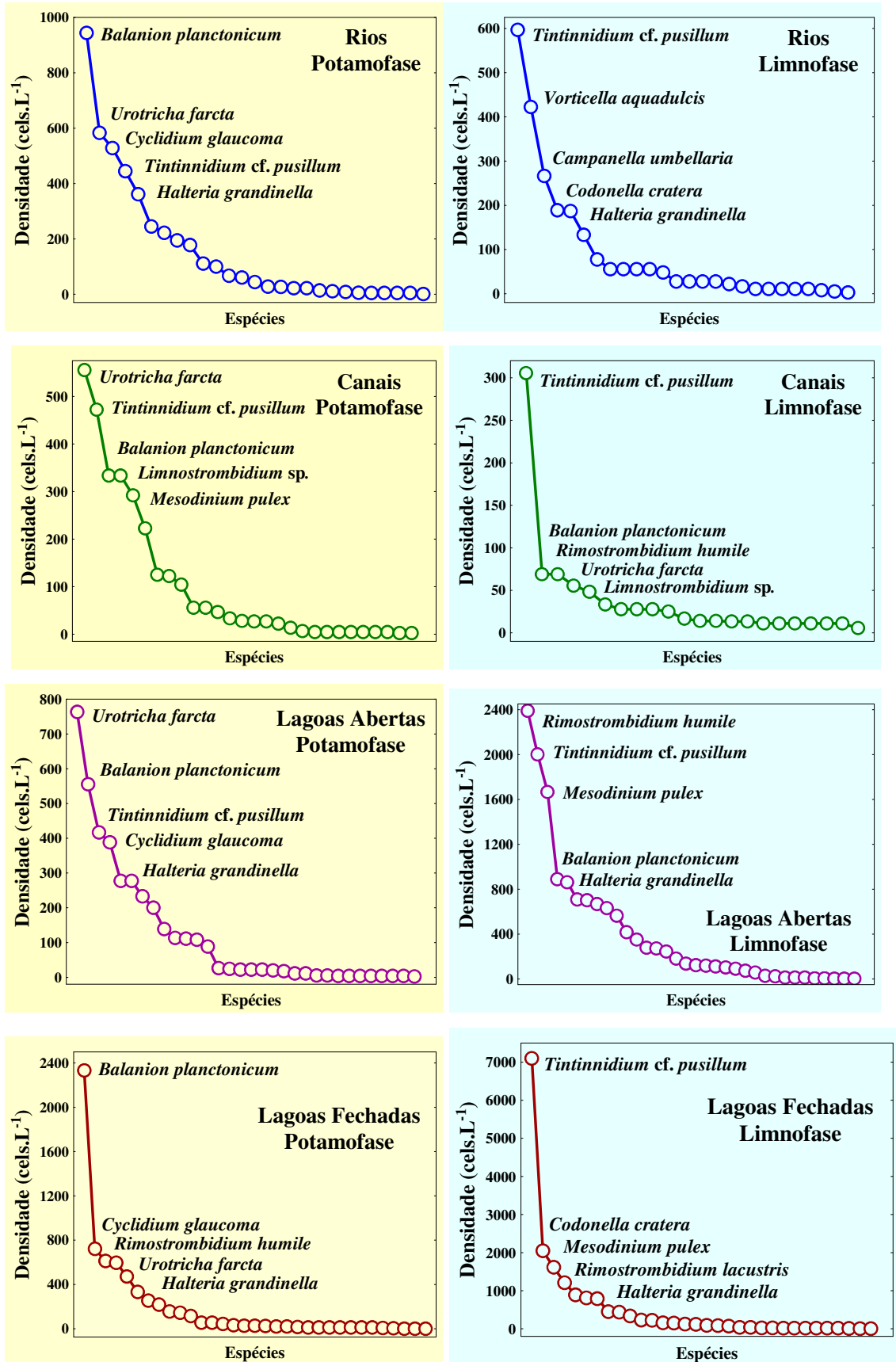


Figura 11 – Estrutura de dominância de espécies de ciliados em ambos os períodos hidrológicos analisados nos diversos tipos de ambiente da planície de inundação do alto rio Paraná.

As espécies de ciliados mais importantes foram *Tintinnidium* cf. *pusillum*, que dominou rios, canais e lagoas fechadas durante a limnofase, *Balanion planctonicum*, dominando rios e lagoas fechadas na potamofase, *Urotricha farcta*, com maiores densidades nos canais e lagoas abertas durante a potamofase e *Rimostrombidium humile*, que dominou as lagoas abertas durante a limnofase (Figura 11).

As análises de correlação entre as variáveis bióticas e abióticas, dos ambientes amostrados da planície de inundação do alto rio Paraná, apontam uma relação inversa entre os principais atributos das comunidades de ciliados (riqueza de espécies, densidade e biomassa) e os valores de condutividade (mS.cm^{-1}), pH, oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}) e transparência da água (cm). Por outro lado, correlações ainda maiores foram observadas, diretamente, entre aqueles atributos das comunidades e os valores de clorofila *a* (mg.L^{-1}) - Tabela 1.

Tabela 1 – Valores significativos (*R* de Spearman) das matrizes de correlação entre as variáveis analisadas nos ambientes e períodos analisados da planície de inundação do alto rio Paraná.

	Riqueza	Densidade	Biomassa
Riqueza de espécies	---	0,825	0,847
Densidade (cels.L^{-1})	0,825	---	0,847
Biomassa (ngC.L^{-1})	0,847	0,847	---
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	---	---	---
Condutividade (mS.cm^{-1})	-0,388	-0,458	-0,426
pH	-0,271	-0,295	-0,341
O₂ dissolvido (mg.L^{-1})	-0,318	-0,348	-0,336
Transparência (cm)	-0,430	-0,489	-0,460
Biom. bacteriana (ngC.L^{-1})	---	---	---
Clorofila <i>a</i> (ug.L^{-1})	0,608	0,698	0,630

DISCUSSÃO

Os resultados da riqueza de espécies de ciliados, independente do efeito que a densidade exerceu sobre esta variável, confirmaram a hipótese de maiores valores deste atributo nos ambientes lênticos, especialmente durante a limnofase. Ainda, de acordo com o esperado, durante a limnofase foram observados valores de riqueza ligeiramente maiores nas

lagoas abertas do que nas fechadas, enquanto que no período de potamofase os valores foram praticamente os mesmos para ambos os tipos de lagoa.

Os valores de biomassa e densidade de ciliados (que por sua vez influenciaram os valores de riqueza de espécies) registrados nos ambientes lênticos durante a potamofase foram inferiores àqueles observados durante a limnofase. Estes resultados sugerem que uma maior estabilidade hidrológica no período de limnofase, juntamente com o efeito de diluição na potamofase, são fatores aparentemente mais importantes para o desenvolvimento da comunidade de ciliados do que o maior aporte de matéria orgânica alóctone no período de cheia.

Segundo Wiackowski *et al.* (2001), como ciliados bacterívoros somente atingem a saciedade com altas concentrações de alimento disponível no meio, eles raramente conseguem atingir sua taxa máxima de crescimento no plâncton, mesmo em águas eutróficas. Assim, mesmo com o acréscimo de material orgânico proveniente da região marginal durante a potamofase, sua contribuição como fonte alimentar para os ciliados na coluna de água seria atenuada pelo efeito de diluição neste período.

A maior abundância de ciliados nas lagoas do que em rios e canais parece estar associada à maior estabilidade dos ambientes e ao efeito de carreamento, diretamente influenciados pela velocidade do fluxo de água, uma vez que Baldock *et al.* (1983) aponta maiores densidades de protozoários onde a velocidade de corrente é menor. Já de acordo com Primc-Habdija *et al.* (1998), em ecossistemas com maior fluxo de água ficam ausentes os ciliados perifíticos de grande tamanho e, dessa forma, pode-se esperar que a contribuição destes organismos na região pelágica fique também reduzida nos ambientes lóticos.

Para Zingel *et al.* (2007) a ausência de controle top-down em ambientes aquáticos turbidos favoreceria o desenvolvimento dos ciliados. De fato, a correlação inversa entre os valores do disco de Secchi e os atributos das comunidades de ciliados indica que estes organismos são beneficiados sob estas condições. Porém, segundo Wiackowski *et al.* (2001) e Ventella (2002), a predação seletiva do metazooplâncton sobre alguns ciliados e a competição entre estes protozoários e os metazoários de pequeno tamanho seriam determinantes na estruturação da comunidade de ciliados, enquanto que a abundância total dessa comunidade seria mais associada à disponibilidade de recurso alimentar.

A ausência de relação entre a biomassa bacteriana e os atributos das comunidades de ciliados e a correlação positiva destes com os valores de clorofila *a*, estão de acordo com o registrado por Conty *et al.* (2007), que em estudo em lagos rasos da região do mediterrâneo, sugeriu que os ciliados utilizam preferencialmente as algas como seu principal recurso

alimentar. Wiackowski *et al.* (2001) também observaram valores de clorofila *a* como o melhor preditor da biomassa total de ciliados, e ainda Carrias *et al.* (1994), apontaram que abundâncias máximas de ciliados podem ser associadas com o pico máximo do fitoplâncton.

Estes resultados sugerem que na região pelágica dos ambientes da planície de inundação as comunidades de ciliados estão mais relacionadas à cadeia alimentar clássica do que à cadeia de detritivoria, especialmente durante a limnofase.

A estruturação dessas comunidades confirma esta tendência, pois, sete dentre as dez espécies mais importantes em termos de densidade foram mais abundantes durante a limnofase, sendo que com a exceção de *Vorticella aquadulcis*, todas são tipicamente pelágicas. Dentre estas, destacaram-se *Rimostrombidium humile*, que dominou as lagoas abertas neste período hidrológico e *Tintinnidium cf. pusillum*, dominante em rios, canais e lagoas fechadas no mesmo período. Ambas estas espécies, além de *Codonella cratera*, também muito abundante na limnofase, são filtradores tipicamente pelágicos e tem as algas como sua fonte de alimento preferencial (Berger & Foissner, 2003).

Por outro lado, *Urotricha farcta*, dominante em canais e lagoas abertas durante a potamofase e *Cyclidium glaucoma*, que também apresentou elevadas densidades neste período, apesar de se adaptarem às condições pelágicas, são preferencialmente bacterívoras e normalmente associadas a substratos (Berger & Foissner, 2003), indicando uma elevada participação dos ciliados na cadeia alimentar de detritivoria durante este período hidrológico.

Balanion planctonicum, abundante durante todo o período analisado, e a espécie mais importante para a densidade de ciliados durante a potamofase, sendo dominante em rios e lagoas fechadas, é considerada euplanctônica e preferencialmente algívora (Berger & Foissner, 2003). Macek *et al.* (1996), estudando lagos europeus, registraram maiores abundâncias desta espécie no metalímnio do que no epilímnio daqueles ambientes. Assim, o acréscimo na densidade desta espécie no período de cheias sugere que durante a limnofase seu desenvolvimento é limitado por competição com outros ciliados pelágicos e que ela se beneficie da desestruturação na dominância das espécies de ciliados que ocorre no período de potamofase.

Dentre as espécies com maior contribuição para a biomassa, sete apresentam hábito tipicamente pelágico (Berger & Foissner, 2003), *Codonella cratera*, *Epicarchesium pectinatum*, *Limnostrombidium sp.*, *Paradileptus ellephantinus*, *Rimostrombidium lacustris*, *Stokesia vernalis* e *Tintinnidium cf. pusillum*, sugerindo que estes organismos não foram carreados de algum outro compartimento, mas que estão de fato se desenvolvendo na região pelágica, explicando porque os valores deste atributo tendem a diminuir na potamofase.

A distribuição da densidade entre as ordens de ciliados foi fortemente influenciada pelas espécies dominantes em cada um dos períodos, determinando Oligotrichida (com *Codonella cratera*, *Rimostrombidium humile* e *Tintinnidium cf. pusillum*) como a ordem mais abundante na limnofase e Prostomatida (principalmente devido a *Balanion planctonicum* e *Urotricha farcta*), como a mais importante durante a potamofase. Esta última ordem provavelmente se adapte melhor ao período de cheia devido ao seu hábito raptorial, mais eficiente em buscar alimento nas condições geradas pelo efeito da diluição, enquanto que os organismos da ordem Oligotrichida, com hábito filtrador, parecem ser mais limitados pela distinta distribuição do recurso alimentar neste período.

Apesar de Madoni & Braghiroli (2007) apontarem comunidades de ciliados típicas de diferentes regiões de um mesmo sistema fluvial, tendo em vista que alterações graduais nas características físicas, químicas e geomorfológicas do sistema produzem uma mudança gradual na estrutura da comunidade, as diferenças estruturais nas comunidades de ciliados entre os tipos de ambientes não foram tão evidentes quanto o esperado.

Com exceção da grande importância da ordem Peritrichida nos rios durante a limnofase (*Vorticella aquadulcis* para a densidade e *Campanella umbellaria* para a biomassa total de ciliados), nos demais ambientes observou-se uma distribuição igualitária entre as ordens e mesmo entre as espécies mais importantes, sendo que nem mesmo a estrutura de dominância se apresentou de forma mais marcadamente definida nos ambientes lênticos do que nos lóticos, uma vez que esta dominância pareceu bem mais clara nas lagoas fechadas e canais, do que nas lagoas abertas e rios.

Por outro lado, a modificação na estrutura de dominância de espécies entre os dois períodos hidrológicos, apoiada pela alteração nos atributos das comunidades de ciliados entre estes períodos, reforça a idéia de que durante a potamofase ocorre uma perturbação na estabilidade destas comunidades, corroborando o sugerido em outros estudos (Lima et al, 1998; Bonecker *et al.*, 2005; Pereira *et al.*, 2007) que apontam o pulso de inundação como o principal macrofator estruturador das comunidades aquáticas na planície de inundação do alto rio Paraná.

Considerando ainda, de acordo com os valores dos atributos das comunidades de ciliados, a proximidade observada entre os diferentes tipos de ambiente durante a potamofase, contrastada com a diferença registrada entre os ambientes lóticos e lênticos durante o período de limnofase, concluímos que, assim como sugerido por Thomaz *et al.* (2007), o pulso de inundação atua como um fator homogeneizador dos habitats aquáticos nos sistemas rios-planícies de inundação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson M.J. (2005) *Permutational Multivariate analysis of variance*. A computer program. Department of Statistics, University of Auckland.
- Baldock B.M., Baker J.H. & Sleigh M.A. (1983) Abundance and productivity of protozoa in chalk streams. *Holarctic Ecology*, **6**, 238-246.
- Berger H. & Foissner W. (2003) Illustrated guide and ecological notes to ciliate indicator species (Protozoa, Ciliophora) in running waters, Lakes, and Sewage Plants. In: *Handbuch Angewandte Limnologie* (Eds C. Steinberg, W. Calmano, H. Klapper & R. Wilken) Erg.Lfg. Verlagsgesellschaft, Landsberg am Lech.
- Bjornsen P.K. (1986) Automatic determinations of bacterioplankton biomass by means of image analyses. *Applied and Environmental Microbiology*, **51**, 1199-1204.
- Blatterer H. (2002) Some conditions for the distribution and abundance of ciliates (Protozoa) in running waters – Do we really find every species everywhere? *Verh Internat Verein Limnol*, **28**, 1046-1049.
- Bonecker C.C., Costa C.L., Velho L.F.M. & Lansac-Tôha F.A. (2005) Diversity and abundance of planktonic rotifers in different environments of the Upper Paraná River floodplain (Paraná State - Mato Grosso do Sul State, Brazil). *Hydrobiologia*, **546**, 405-414.
- Carrias J.F., Amblard C. & Bourdier G. (1994) Vertical and temporal heretogeneity of planktonic ciliated protozoa in a humic lake. *Journal of Plankton research*, **16**, 471-485.
- Conty A., García-Criado F. & Bécares E. (2007) Changes in bacterial and ciliate densities with trophic status in Mediterranean shallow lakes. *Hydrobiologia*, **584**, 327, 335.
- Corliss J.O. (1979) *The ciliated protozoa – Characterization, Classification and Guide to the Literature*. Pergamon Press, Oxford.
- Dragesco J. & Dragesco-Kernéis A. (1986) Ciliés libres de l’Afrique intertropicale. Introduction à la connaissance et à l’étude des ciliés. *Faune tropicale*, **26**, 1-559.
- Foissner W., Blatterer H., Berger H. & Kohmann F. (1991) Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band I: Cyrtophorida, Oligotrichida, Hypotrichia, Colpodea. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft*, **1/91**, 1-478.
- Foissner W., Berger H. & Kohmann F. (1992) Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band II: Peritrichia, Heterotrichida, Odontostomatida. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft*, **5/92**, 1-502.
- Foissner W., Berger H. & Kohmann F. (1994) Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band III: Hymenostomata, Prostomatida, Nassulida. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft*, **1/94**, 1-548.

Foissner W., Blatterer H., Berger H. & Kohmann F. (1995) Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems – Band IV: Gymnostomatea, Loxodes, Suctoria. *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft*, **1/95**, 1-540.

Foissner W. & Berger H. (1996) A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes and waste waters, with notes on their ecology. *Freshwater Biology*, **35**, 375-482.

Foissner W., Berger H. & Schaumburg J. (1999) *Identification and Ecology of Limnetic Plankton Ciliates*. Bavarian State Office for Water Management, Munich.

Fry J.C. (1990) Direct Methods and Biomass Estimation. *Methods in Microbiology*, **22**, 41-85.

Golterman H.L. (1978) *Methods for physical and chemical analysis of freshwater*. Blackwell Scientific Publication, Oxford.

Gomes E.A.T. & Godinho M.J.L. (2003) Structure of the protozooplankton community in a tropical shallow and eutrophic lake in Brazil. *Acta Oecologica*, **24**, 153-161.

Hardoim, E.L. & Heckman, C.H. (1996) The Seasonal Succession of Wetlands of the Tropical Wet-and-Dry Climatic Zone: IV. The Free-Living Sarcodines and Ciliates of the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *International Revue Gesanten Hydrobiologie*, **81**, 367-384.

Higuti J., Velho L.F.M., Lansac-Tôha F.A. & Martens K. (2007) Pleuston communities are buffered from regional flood pulses: the example of ostracodes in the Paraná River floodplain, Brazil. *Freshwater Biology*, **52**, 1930-1943.

Junk W.J., Bailey P.B. & Sparks R.E. (1989) The flood pulse concept in river-floodplain systems. In: *Proceedings of the International Large River Symposium* (Ed D. Dodge), pp.110-127. Department of Fisheries and Aquatic Sciences, Ottawa. (Canadian special publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 106).

Lima A.F., Lansac-Tôha F.A., Velho L.F.M. & Bini L.M. (1998) Environmental influence on planktonic cladocerans and copepods in the floodplain of the upper river Paraná, Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, **33**, 87-99.

Macek M., Simek K., Pernthaler J., Vyhnálek V. & Psenner R. (1996) Growth rates of dominant planktonic ciliates in two freshwater bodies of different trophic degree. *Journal of Plankton Research*, **18**, 463-481.

Madonni P. & Braghirolli S. (2007) Changes in the ciliate assemblage along a fluvial system related to physical, chemical and geomorphological characteristics. *European Journal of Protistology*, **43**, 67-75.

McAleece N. (1997) *BioDiversity Professional Beta*. The Natural History Museum & The Scottish Association for Marine Science (<http://www.nhm.ac.uk>).

Motic (2001) *Motic Images Plus 2.0 ML*. Motic China Group Co. Ltd.

- Neiff J.J. (1990) Ideas para la interpretacion ecologica del Parana. *Interciencia*, **15**, 424-439.
- Patterson D.J. (1992) *Free-living freshwater protozoa – a color guide*. CRC Press, Boca Raton.
- Pauli, W., Jax K. & Berger S. (2001) Protozoa in Wastewater Treatment: Function and Importance. In: *The Handbook of Environmental Chemistry* (Ed B. Beek) Springer-Verlag, Berlin.
- PELD (2002), *Pesquisas ecológicas de longa duração – A Planície Alagável do Rio Paraná: Estrutura e Processos Ambientais*. (<http://www.peld.uem.br/>).
- Pereira S.R.S., Bonecker C.C. & Rodrigues L. (2007) Influence of waterlevel on periphytic meiofaunal abundance in six lagoons of the Paraná River floodplain, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, **19**, 273-283.
- Primc-Habdija B., Habdija I. & Radanović I. (1998) Seazonal changes in trophic structure of periphytic ciliates in relation to discharge regime. *Verhandlungen Internationale Vereinigen Limnologie*, **26**, 1116-1119.
- Statsoft, Inc. (2005), *STATISTICA for Windows* (computer program manual). <http://www.statsoft.com>
- Song B. (2000) A comparative study on planktonic ciliates in two shallow mesotrophic lakes (China): species composition, distribution and quantitative importance. *Hydrobiologia*, **427**, 143-153.
- Taylor W. D. (1981) Temporal heterogeneity and the ecology of lotic ciliates. In: *Perspectives in running water ecology* (Eds M.A. Lock & D.D. Williams). Plenum Publishing Corporation.
- Thomaz S.M., Pagioro T.A., Bini L.M., Roberto M.C. & Rocha R.R.A. (2004) Limnological characterization of the aquatic environments and the influence of hydrometric levels. In: *The Upper Paraná River and its Floodplain* (Eds S.M. Thomaz, A.A. Agostinho & N.S. Hahn), pp. 75-102. Backhuys, Leiden.
- Thomaz S.M., Bini L.M. & Bozelli R.L. (2007) Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia*, **579**, 1-13.
- Velho L.F.M., Bini L.M. & Lansac-Tôha F.A. (2004) Testate amoeba (Rhizopoda) diversity in plankton of the Upper Paraná River Floodplain, Brazil. *Hydrobiologia*, **523**, 103-111.
- Ventelä A., Wiackowski K., Moilanen M., Saarikari V., Vuorio K. & Sarvala J. (2002) The effect of small zooplankton on the microbial loop and the edible algae during a cyanobacterial bloom. *Freshwater Biology*, **47**, 1807-1819.
- Ward, J. V.; Tockner, K. & Schiemer, F. (1999), Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity. **Regul. Rivers Res. Manage.**, **15**, 125–139.
- Weisse T. (1991) The annual cycle of heterotrophic freshwater nanoflagellates. Role of bottom-up versus top-down control. *Journal of Plankton Research*, **13**, 167-185.

Wetzel R.G. & Likens G.E. (1991) *Limnological Analyses*. Springer-Verlag, New York.

Wiackowski K., Ventela A., Moilanen M., Saarikari V., Vuorio K. & Sarvala J. (2001) What factors control planktonic ciliates during summer in a highly eutrophic lake? *Hydrobiologia*, **443**, 43-57.

Zar J. (1984) *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs.

Zingel P., Agasild H., Nõges T. & Kisand V. (2007) Ciliates are the dominant grazers on pico- and nanoplankton in a shallow, naturally highly eutrophic lake. *Microbial Ecology*, **53**, 134-142.

Zingel P. & Haberman J. (2008) A comparison of zooplankton densities and biomass in lakes Peipsi and Võrtsjärv (Estonia): rotifers and crustaceans versus ciliates. *Hydrobiologia*, **599**, 153-159.

ANEXO I – Imagens de algumas das espécies registradas

Observação: as imagens se encontram em escalas distintas.



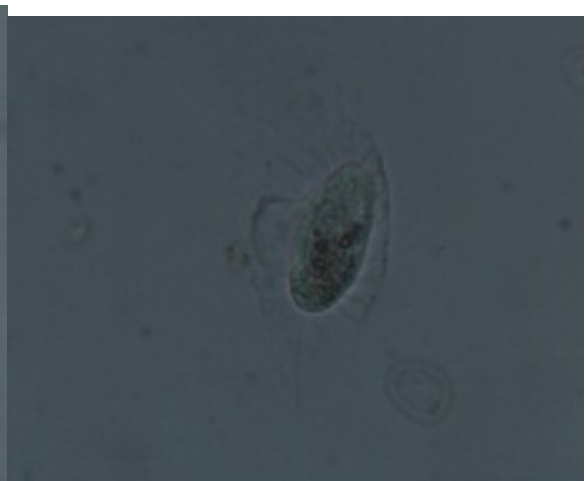
Actinobolina sp.



Aspidisca turrata



Bursaridium pseudobursaria



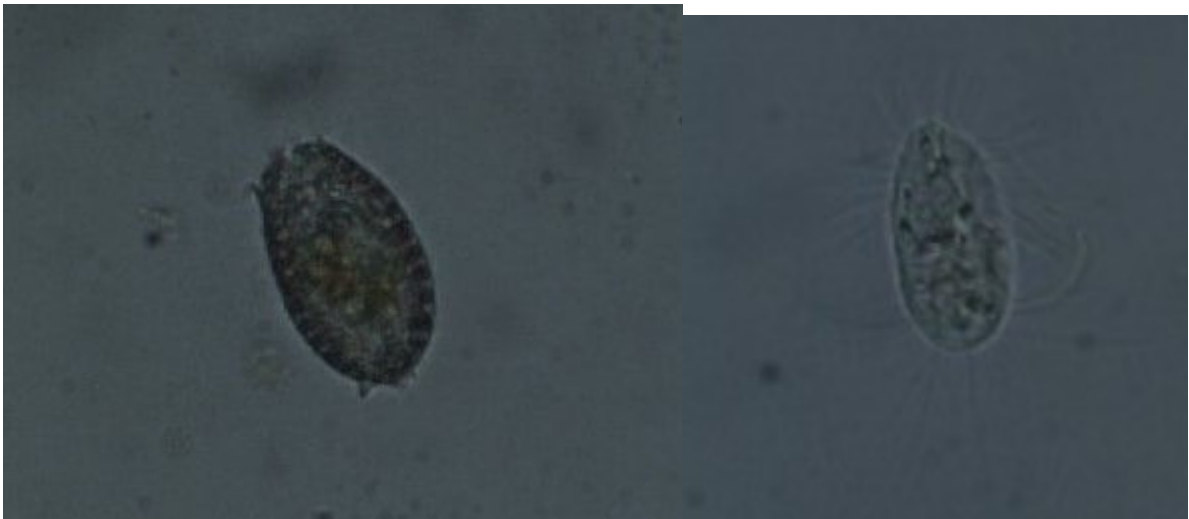
Calyptotricha lanuginosa



Campanella umbellaria



Coleps elongatus

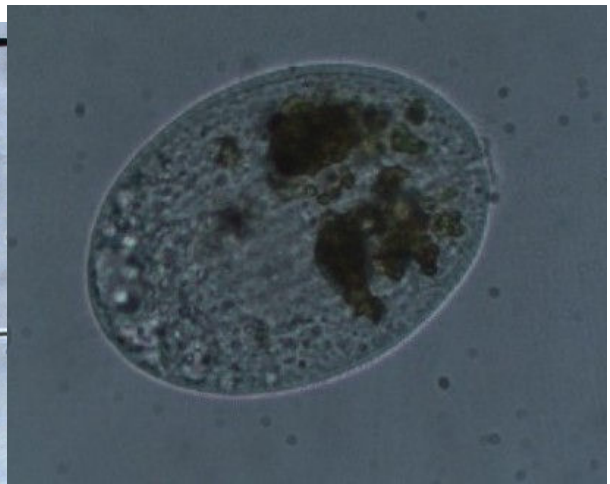


Coleps hirtus

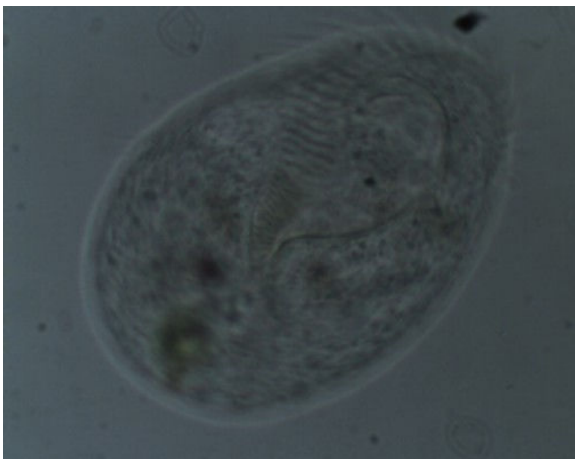
Cyclidium heptatricum



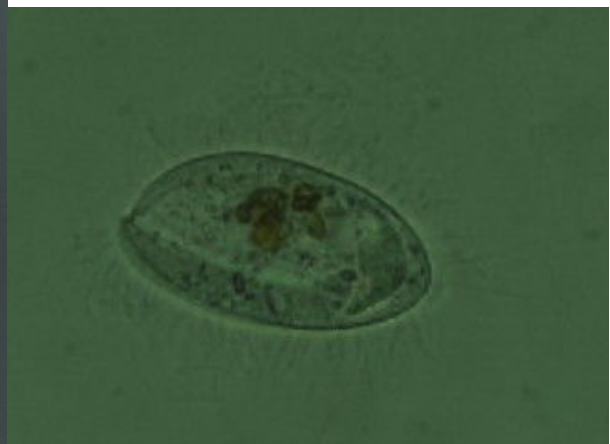
Epicarchesium pectinatum



Holophrya discolor



Hypotrichidium conicum



Lembadion lucens



Loxodes magnus



Opercularia nutans



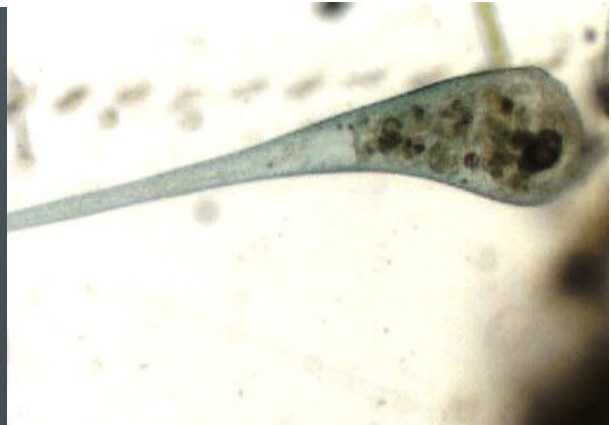
Paradileptus ellephantinus



Rimostrombidium lacustris



Spiretella plancticola



Stentor coeruleus



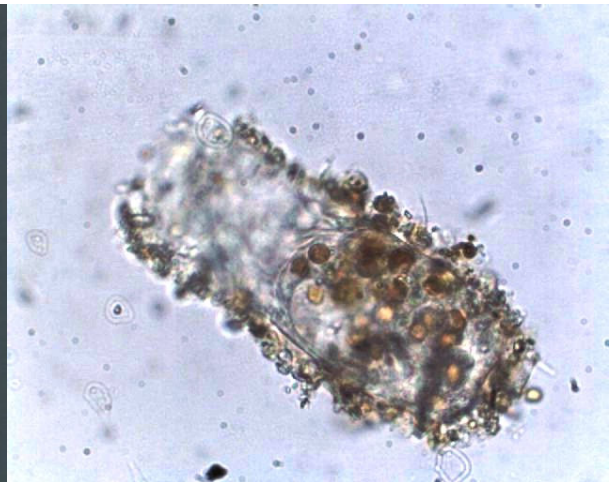
Stentor muelleri



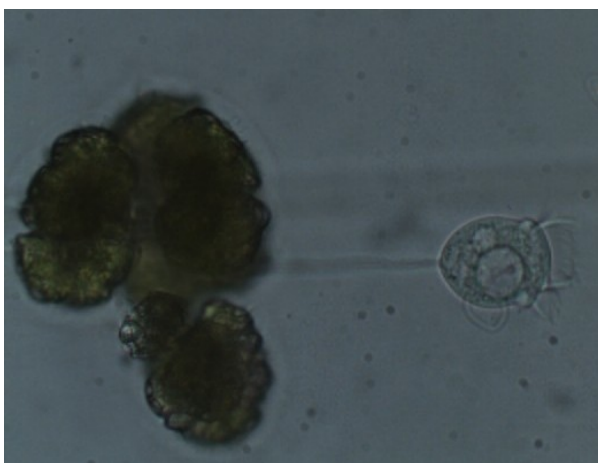
Stokesia vernalis



Tintinnidium cf. pusillum



Tintinnidium fluviatile



Vorticella aquadulcis



Vorticella campanula