

Fitoplâncton em três lagoas marginais ao Rio Paranapanema e em sua desembocadura no Reservatório de Jurumirim (São Paulo, Brasil) durante um período prolongado de seca

RAOUL HENRY^{1,3}, ÉRIKA USHINOHAMA^{1,2} e ROSA M.R. FERREIRA^{1,2}

(recebido: 5 de maio de 2005; aceito: 27 de julho de 2006)

ABSTRACT – (Phytoplankton in three lateral lakes and in the Paranapanema River in its mouth zone into Jurumirim Reservoir, São Paulo, Brazil, during a long drought period). During a disconnection period (from October 1999 to December 2000) between lateral lakes and the Paranapanema River, the temporal changes on structure of phytoplankton community were examined in samples collected every three months, at the littoral and pelagic zones. A total of 183 algae species was found, being the community predominantly constituted by Chlorophyceae and Bacillariophyceae in the Paranapanema River and in an unique continuously isolated lake; and by Bacillariophyceae and Chlorophyceae in the other two lakes. During the year, a decrease on species richness was only found in the lentic ecosystem with higher connectivity loss. The algae Cryptophyceae were abundant (density higher than mean abundance of phytoplankton) in the three lakes, at both zones and during all the year, except at the littoral zone of the lake with higher loss connectivity in November 1999. In the Paranapanema River, Cryptophyceae predominated during a rainy month (February), being the diversity indexes lower than in the other sampling periods. The severe drought conducted to a significant reduction of volume and surface area of the lakes and, one of them, the isolated lake, was completely extinct in the last study period. Only in this lentic ecosystem, a concentration effect on the abundance of phytoplankton was recorded. The predominance of *Cryptomonas brasiliensis* Castro, C. Bic. & D. Bic., *Chroomonas* spp. and *Chlamydomonas* spp., in the three lakes was attributed to the adverse conditions for the development of other algae. Low depth, great amount of sediments in water resuspended after windy episodes and, in a consequence, high light extinction were the limiting factors for the algae unadapted to these conditions, despite the adequate nutrient contents. In the Paranapanema River, the temporal alterations on the structure of phytoplankton community appear to be linked to water velocity and flux together with hydrological level.

Key words - composition, connectivity, drought, phytoplankton

RESUMO – (Fitoplâncton em três lagoas marginais ao Rio Paranapanema e em sua desembocadura no Reservatório de Jurumirim (São Paulo, Brasil) durante um período prolongado de seca). Durante um período de desconexão (de outubro de 1999 a dezembro de 2000) entre lagoas laterais e o Rio Paranapanema, a estrutura da comunidade fitoplanctônica e suas alterações foram examinadas em amostras coletadas trimestralmente nas zonas litoral e pelágica. Um total de 183 táxons de algas foi encontrado, sendo a comunidade predominante constituída por Chlorophyceae e Bacillariophyceae no Rio Paranapanema e em um ambiente lacustre permanentemente isolado, e por Bacillariophyceae e Chlorophyceae em duas outras lagoas. Ao longo do ano, diminuição na riqueza de espécies foi encontrada somente no ambiente lêntico com maior perda de conectividade. Cryptophyceae foi abundante (densidades maior que a densidade média do fitoplâncton) nas três lagoas, zonas e épocas do ano, exceto na zona litoral da lagoa com maior perda de conectividade em novembro de 1999. No Rio Paranapanema, Cryptophyceae predominou em mês chuvoso (fevereiro), sendo os índices de diversidade mais elevados nos demais períodos. A seca severa acarretou redução significativa do volume e área de superfície das lagoas, uma delas, a lagoa isolada, sendo extinta no último período de amostragem. Somente, nesta última, um efeito de concentração na abundância do fitoplâncton foi evidente. O predomínio em densidade de *Cryptomonas brasiliensis* Castro, C. Bic. & D. Bic., *Chroomonas* spp. e *Chlamydomonas* spp. nas três lagoas foi atribuído às condições adversas para o desenvolvimento das demais algas. A baixa profundidade, a grande quantidade de sedimentos suspensos na água após episódios de ventos fortes e, em consequência, a extinção acentuada da luz, foram fatores limitantes para as algas não adaptadas a essas condições, a despeito das concentrações favoráveis de nutrientes. No Rio Paranapanema, as alterações temporais na estrutura da comunidade fitoplanctônica parecem estar associadas a flutuações de velocidade e fluxo de água bem como ao nível hidrológico.

Palavras-chave - composição, conectividade, fitoplâncton, seca

1. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Zoologia, Caixa Postal 510, 18618-000 Botucatu, SP, Brasil.
2. Escola de Engenharia de São Carlos, Curso de Pós-Graduação Ciências da Engenharia Ambiental, Av. Trabalhador Sancarlense 400, Centro, 13566-590 São Carlos, SP, Brasil.
3. Autor para correspondência: rhenry@ibb.unesp.br

Introdução

A maioria dos trabalhos sobre ecologia do fitoplâncton em áreas alagáveis do Brasil trata dos efeitos de processos naturais de inundação de rios sobre

a estrutura e a composição da comunidade fitoplanctônica em lagoas marginais. Em lagos associados com rio, o aumento de seu nível hidrológico provoca, durante o período chuvoso, um aumento do volume dos ambientes lacustres, como relatado por Ibañez (1998) para o Lago Camaleão na Amazonia.

O pulso lateral de água determina uma introdução de grande carga de sedimentos, aumentando a extinção da luz nos lagos, reduzindo a espessura da zona eufótica e provocando um efeito de diluição com descréscimo na disponibilidade dos nutrientes e na abundância do fitoplâncton. No pico da cheia, a decantação dos sedimentos proporciona melhor disponibilidade luminosa para a comunidade de algas que pode crescer maciçamente visto às condições nutritivas adequadas geradas após solubilização de nutrientes adsorvidos à matéria inorgânica introduzida nos lagos. No início da vazante, ocorre diminuição na abundância e mudança na composição do fitoplâncton devido à redução no conteúdo dos nutrientes solúveis e também por ação de predação por zooplâncton e peixes planctófagos. Na fase de estiagem, a perda de conectividade com o rio ou em casos de lagos permanentemente associados com o curso de água, a retração nas suas dimensões (área, volume e profundidade) determina um efeito de concentração de nutrientes. Nesses lagos mais rasos, a ressuspensão freqüente de sedimentos ocasiona extinção luminosa severa e limitação por luz para o fitoplâncton. Nessa situação ambiental, Ibañez (1998) encontrou predomínio de Bacillariophyceae, com elevada abundância. O quadro, retratado para um lago amazônico, pode alterar-se na dependência da natureza do pulso hidrológico lateral durante o ano (freqüência unimodal, bimodal ou múltiplos).

Conforme a variabilidade anual do nível hidrológico do curso de água, a composição e a abundância do fitoplâncton em lagos marginais podem apresentar modificações substanciais. Na Lagoa Albuquerque no Pantanal, Espíndola *et al.* (1996) encontraram densidade máxima do fitoplâncton no período de águas altas, enquanto abundância mínima foi registrada no período de águas baixas, correspondendo a efeitos de concentração e diluição, respectivamente, com a mudança do nível hidrológico do rio. Entretanto, o predomínio de Bacillariophyceae, Zygnemaphyceae e Chlorophyceae foi mantido nos dois períodos hidrológicos. Relação estreita entre dominância no fitoplâncton com a hidrologia e hidrografia foi relatada, após estudo anual no Lago Batata, na Amazônia (Huszar & Reynolds 1997). Em períodos de águas altas e com grande fluxo, o fitoplâncton desse lago foi constituído

por nanoplâncton de baixa biomassa; com a redução do nível de água, predominaram desmídeas microplanctônicas sendo seguidas por Cyanophyceae filamentosas, quando o lago apresentou baixa profundidade. Com a elevação do nível, as desmídeas novamente dominaram e, quando o lago atingiu a maior profundidade e estabilidade física e a mais baixa turbidez, colônias da Chlorophyceae *Botryococcus fernandoi* Kom. & Marv. predominaram no fitoplâncton. No Rio Baía, na planície do Alto Rio Paraná, Train & Rodrigues (1998) encontraram no período de águas altas, biomassa mais baixa do fitoplâncton, maior riqueza e diversidade, e abundância mais elevada de espécies nanoplanctônicas, enquanto que, no período de águas baixas, a biomassa fitoplanctônica foi mais alta, dominada por Cyanophyceae heterocitadas em época de estabilidade da coluna de água e por Bacillariophyceae em períodos de turbulência. No Lago Castelo, no Pantanal Sul Matogrossense, Oliveira & Calheiros (2000) verificaram máximos de densidade do fitoplâncton, com predominância de Euglenophyceae em época de elevação de nível de água e de Cryptophyceae, em período de redução. Na vazante, táxons de Bacillariophyceae foram também abundantes no fitoplâncton.

Relativamente, poucos trabalhos tratam dos efeitos da seca sobre o plâncton. Nöges & Nöges (1999), em lago de zona temperada, notaram uma diminuição drástica no volume do ambiente lacustre induzida pela seca, provocando um efeito de aumento de alcalinidade e de concentrações de sílica, de nitrogênio inorgânico, biovolume do fitoplâncton e de aumento na produção primária, além de mudanças na composição de espécies do fitoplâncton. Comparando a riqueza total de espécies do fitoplâncton em quatro lagoas de área alagável do semi-árido da Espanha, durante um período de seca e após inundação, Rojo *et al.* (2000) constataram um aumento no número de espécies (de 20% a 270%) de Euglenophyta, Crysophyceae e de Chlorophyta. Bouvy *et al.* (2003) mostraram, em estudo do regime térmico em ano seco no açude Tapacurá (Pernambuco), dois períodos distintos. No primeiro, caracterizado por seca severa e estratificação térmica e de oxigênio, houve redução gradual do volume do reservatório, aumento no teor de clorofila-a que atingiu valor máximo no final do período, com o fitoplâncton dominado por *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wolos.) Seen. & Subba Raju (61% da biomassa total) e por *Raphidiopsis cf. mediterranea* Skuja (17%). No segundo período, as chuvas intensas propiciaram

elevação do volume do reservatório e circulação da água, um processo de diluição foi detectado, em função do decréscimo nas concentrações de clorofila-a, matéria particulada e nutrientes, com maior número de espécies de algas constituídas por *Cryptophyceae* e *Cyanophyceae*. Em relação ao zooplâncton, predador do fitoplâncton, Crome & Carpenter (1988) observaram aumento das densidades e de diversidade das espécies na fase final de um processo de seca quando as águas eram turvas em lago de planície de inundação na Austrália. Essas elevações foram atribuídas não ao efeito de concentração pela redução do volume do ambiente, mas à diminuição da pressão de predação, por alta taxa de mortalidade dos predadores.

Humphries & Baldwin (2003) definiram seca como um termo para descrever “um período imprevisível de vazão baixa, que é incomum por sua duração, extensão, severidade ou intensidade”. Lake (2003) distinguiu seca sazonal, que ocorre em alguns ambientes aquáticos a cada ano em época de baixa vazão, de seca supra-sazonal, de ocorrência menos freqüente, geralmente em escala de décadas.

Pouco se sabe sobre os efeitos da seca na comunidade de algas em áreas alagáveis no Brasil, quando submetida a essa perturbação. O objetivo deste trabalho é mostrar como efeitos crescentes de uma seca prolongada podem afetar os atributos (composição, riqueza e diversidade específica) da comunidade fitoplanctônica em três ambientes lacustres marginais a um rio e na sua desembocadura em um reservatório.

Material e métodos

O local de estudo foi a área alagável constituída por duas lagoas permanentemente conectadas (Lagoas do Coqueiral e do Camargo) e uma isolada (Lagoa dos Cavalos) do Rio Paranapanema na zona de sua desembocadura no Reservatório de Jurumirim, São Paulo, Brasil (figura 1). Duas estações de amostragem em cada sistema (rio e três lagoas) situadas na zona pelágica e na zona litoral foram selecionadas (figura 1). Foram efetuadas coletas trimestrais entre novembro de 1999 e agosto de 2000, período correspondente a uma limnofase (Neiff 1999), durante o qual as lagoas mantiveram-se isoladas do rio.

Amostras de água foram coletadas com garrafa de Van Dorn para análise de: a) pH, determinado com pHmetro Micronal B-380; b) condutividade corrigida a 25 °C, com condutímetro Hatch; c) oxigênio dissolvido pelo método de Winkler, modificado pela adição da azida (Golterman & Clymo 1969); d) material em suspensão, pelo método gravimétrico; e) fósforo total e nitrogênio total (Valderrama

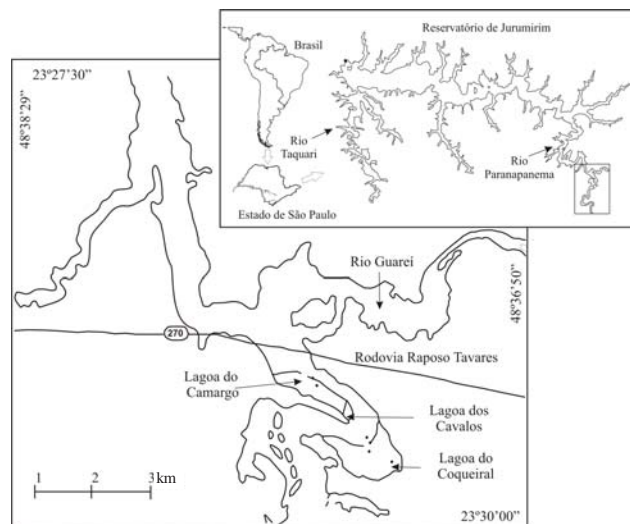


Figura 1. Estações de amostragem (•) nas Lagoas do Coqueiral, do Camargo e dos Cavalos e no Rio Paranapanema em sua desembocadura no Reservatório de Jurumirim, São Paulo, Brasil.

Figure 1. Sampling stations (•) at Coqueiral, Camargo and Cavalos Lakes, and Paranapanema River in the mouth zone into Jurumirim Reservoir, São Paulo, Brazil.

1981); f) sílica solúvel reativa e clorofila-a (Golterman & Clymo 1969). A razão N/P foi calculada a partir da razão entre concentrações de nitrogênio total e fósforo total. A temperatura da água foi medida na superfície com termistor Toho Dentam.

As amostras para análise quantitativa do fitoplâncton foram coletadas na sub-superfície da água dos ambientes e preservadas em lugol acético. As populações foram quantificadas em microscópio invertido Zeiss Axiovert 100 (aumento 630 vezes). Pelo menos 100 indivíduos da espécie mais abundante foram enumerados em cada amostra. As densidades foram expressas em ind mL⁻¹ e o índice de diversidade (H' , bits ind⁻¹), a equidade (E) e o índice de dominância (D), foram calculados segundo as fórmulas de Shannon-Wiener (Krebs 1972) e de Simpson (1949). As classes e os táxons foram considerados dominantes quando apresentaram densidades maiores que 50% da densidade total e quando superaram a densidade média da amostra foram considerados abundantes (Lobo & Leighton 1986).

Dendrogramas de similaridade entre zonas (litoral e pelágica) de cada uma das três lagoas e do Rio Paranapanema foram elaborados para cada um dos quatro períodos de coleta, tendo como descritores as densidades (ind mL⁻¹) das classes e a biomassa fitoplanctônica (clorofila-a). Correlações de Pearson entre fatores abióticos e bióticos (incluindo abundância total, índice de diversidade e equidade) foram calculadas, envolvendo os dados de todos os quatro períodos, duas zonas e quatro ambientes ($n = 32$). A significância foi expressa em nível de $P < 0,05$.

Resultados

Em função da redução (ca. 50%) da precipitação total anual (752,4 mm) de setembro de 1999 a agosto de 2000 em relação ao ano anterior (1.294,5 mm) e ao posterior (1.558,1 mm), a diminuição do nível do rio (para valores de até 3 m abaixo do mínimo anual) provocou, no período de outubro de 1999 a dezembro de 2000, o isolamento das lagoas (Lagoas do Coqueiral e do Camargo) normalmente conectadas (quota > 563,6 m) com o Rio Paranapanema (figura 2). A ocorrência de desconexão das lagoas com o curso de água (quota < 563,6 m) foi limitada a três registros anteriores, desde a formação do Reservatório de Jurumirim em 1962.

A temperatura da água apresentou um padrão sazonal de variação tanto no Rio Paranapanema como nos três ambientes lacustres (tabela 1). O pH da água foi, em geral, circum-neutro na maioria dos sistemas (6,9-7,5), exceto no mês de agosto, quando atingiu condições mais alcalinas (9,3-9,5) na Lagoa do Coqueiral. Condições mais ácidas e com maior variabilidade foram observadas em diferentes épocas e zonas na Lagoa dos Cavalos. O padrão de variação espacial da condutividade da água foi bem evidente (tabela 1). Foram registrados valores similares entre si no Rio Paranapanema e na Lagoa do Camargo. Os maiores valores foram obtidos em todos os períodos na Lagoa do Coqueiral e os menores, nos meses de novembro e fevereiro na Lagoa dos Cavalos. Baixa variação intra-anual foi encontrada no Rio Paranapanema e na Lagoa do Camargo. Tendência a maiores valores de condutividade foi constatada na Lagoa do Coqueiral, em agosto e na Lagoa dos Cavalos, em maio. Nesta última lagoa, antes da sua extinção, os valores triplicaram em relação aos dois períodos anteriores. Menor variação intra-anual no oxigênio dissolvido na água foi registrada no Rio Paranapanema e na Lagoa do Camargo (tabela 1). Entre locais de amostragem (zonas litoral e pelágica), foram encontradas diferenças na oxigenação da água. As concentrações de material em suspensão apresentaram marcadas variações intra-anuais, inter-ambientes e inter-zonas nas Lagoas do Coqueiral e dos Cavalos, onde valores extremamente elevados foram encontrados no último período de amostragem (tabela 1). Menores concentrações de clorofila-a foram encontradas no Rio Paranapanema e na Lagoa do Camargo, em comparação com os dois outros ambientes lênticos (tabela 1). Na Lagoa dos Cavalos, valores extremamente elevados foram obtidos em maio, último período antes de sua extinção.

Menor variação intra-anual nos teores de nitrogênio total foi encontrada no Rio Paranapanema (tabela 1), a qual foi também pouco expressiva entre as zonas litoral e pelágica nos quatro ambientes estudados. Maior variabilidade temporal aparentemente ocorreu na Lagoa do Coqueiral e um efeito de concentração foi observado comparando os três períodos sucessivos de estudo na Lagoa dos Cavalos.

Elevada variação temporal no conteúdo de fósforo total (P total) foi detectada na Lagoa do Coqueiral, onde variações espaciais foram também importantes

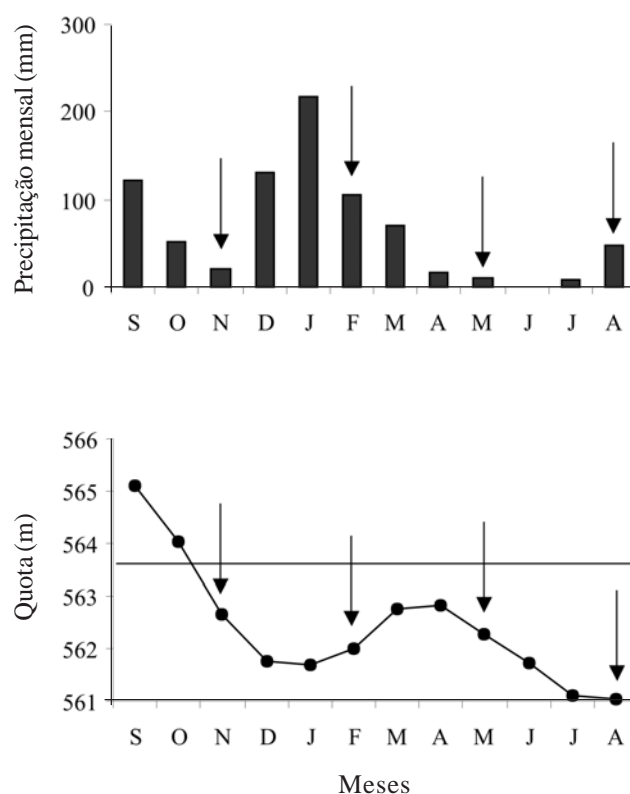


Figura 2. Precipitação total na região de estudo e variação anual (setembro de 1999 a agosto de 2000) de médias mensais de quota do Rio Paranapanema na sua desembocadura no Reservatório de Jurumirim, São Paulo. A linha horizontal contínua na quota de 563,6 m representa o nível hidrométrico de separação entre transbordamento e isolamento das lagoas marginais com o rio; as setas indicam os meses de amostragens.

Figure 2. Total rainfall in the study area and annual variation (from September 1999 to August 2000) of the monthly means of Paranapanema River water levels in the mouth zone into Jurumirim Reservoir, São Paulo. The continuous horizontal line at the 563.6 m water level reproduces the hydrometric level of a frontier between overflow and disconnection of lateral lakes with the river; the arrows indicate sampling months.

Tabela 1. Temperatura (T, °C), pH, condutividade (K_{25} , $\mu\text{S cm}^{-1}$), oxigênio dissolvido (O_2 , mg L^{-1}), material em suspensão (MS, mg L^{-1}), clorofila-a (Clor.-a, mg m^{-3}), nitrogênio total (NT, $\mu\text{g L}^{-1}$), fósforo total (PT, $\mu\text{g L}^{-1}$) e sílica solúvel reativa (SiH_4O_4 , mg L^{-1}) nas zonas litoral (L) e pelágica (P) do Rio Paranapanema e em três lagoas marginais de novembro de 1999 a agosto de 2000.

Table 1. Water temperature (T, °C), pH, conductivity (K_{25} , $\mu\text{S cm}^{-1}$), dissolved oxygen (O_2 , mg L^{-1}), suspended matter (MS, mg L^{-1}), chlorophyll-a (Clor.-a, mg m^{-3}), total N and P ($\mu\text{g L}^{-1}$), and soluble reactive silicon (SiH_4O_4 , mg L^{-1}) at littoral (L) and pelagic (P) zones of Paranapanema River and three lateral lakes from November 1999 to August 2000.

Local	Mês	Zona	T	pH	K_{25}	O_2	MS	Clor.-a	NT	PT	SiH_4O_4
Rio Paranapanema	Novembro	L	19,3	7,3	82	7,3	23,2	12	479	26	3,9
		P	19,4	7,4	82	7,4	18,6	17	488	22	4,0
	Fevereiro	L	24,7	7,1	64	6,2	44,0	9	593	45	5,8
		P	24,6	7,2	64	5,8	41,2	19	544	20	4,2
	Maio	L	18,6	7,3	78	8,4	19,2	6	504	16	3,8
		P	18,4	7,3	78	8,4	12,8	8	513	19	4,4
Agosto	L	17,7	7,1	91	8,7	11,4	10	547	23	5,4	
	P	17,5	6,9	92	8,7	8,7	10	539	17	5,2	
Lagoa do Coqueiral	Novembro	L	17,2	7,1	147	7,0	31,9	22	420	34	1,2
		P	17,2	7,3	149	7,1	28,8	21	420	50	1,0
	Fevereiro	L	25,0	7,0	115	4,9	77,0	33	700	51	5,8
		P	25,0	7,3	115	5,5	111,5	33	560	29	5,5
Maio	L	16,0	7,5	191	7,7	14,0	34	700	117	3,8	
	P	14,6	7,5	198	6,5	9,3	9	616	50	4,0	
Agosto	L	-	9,5	275	5,9	420,4	34	1.204	512	3,8	
	P	-	9,3	270	7,2	46,6	11	616	50	1,5	
Lagoa do Camargo	Novembro	L	20,2	7,1	80	8,0	10,2	16	336	25	3,2
		P	18,5	7,0	82	8,2	10,7	10	224	25	2,8
	Fevereiro	L	25,7	7,1	73	6,7	26,6	6	112	32	6,8
		P	25,5	7,3	73	6,1	13,8	14	364	22	7,0
Maio	L	20,4	7,1	82	8,2	70,9	55	476	92	3,0	
	P	19,6	7,2	86	7,7	21,6	15	308	25	3,8	
Agosto	L	18,1	7,1	74	8,8	48,1	13	560	83	3,3	
	P	19,7	6,6	73	8,0	47,8	21	616	92	7,5	
Lagoa dos Cavalos	Novembro	L	18,5	6,9	58	5,8	2,7	3	224	9	0,7
		P	18,5	7,2	58	7,0	1,7	3	336	5	0,8
	Fevereiro	L	25,5	6,8	50	5,3	22,3	26	728	15	2,8
		P	25,5	7,0	45	4,3	17,4	14	616	5	1,7
Maio	L	-	6,1	135	8,1	664,6	358	952	575	0,0	
	P	-	5,5	122	7,1	1.313,0	580	1.176	542	2,5	

(tabela 1). Na Lagoa Camargo, foi detectada tendência a elevação crescente nas concentrações de P total nos quatro períodos sucessivos. Na Lagoa dos Cavalos, o teor de P total foi extremamente baixo em novembro 1999 e marcadamente elevado no período que antecedeu a seca (maio 2000). Menor variação intra-anual de P total foi encontrada no Rio Paranapanema. As razões N/P (por peso) foram de 8,6 e de 13,1 respectivamente nas zonas litoral e pelágica na Lagoa do Coqueiral (médias anuais). Na Lagoa do Camargo, as médias anuais das razões N/P foram 7,2 e 11,1 nas zonas litoral

e pelágica, respectivamente. Na Lagoa dos Cavalos, as médias das razões N/P na zona litoral (25,0) e pelágica (64,2) diferiram amplamente, mas no Rio Paranapanema, essa diferença foi menor (zona litoral 21,7 e pelágica 27,0). Na Lagoa dos Cavalos, a razão N/P foi extremamente baixa ($< 2,5$) no último período de coleta.

Menor variabilidade anual e espacial foi encontrada nas concentrações de sílica solúvel reativa no Rio Paranapanema e maior variabilidade temporal nas Lagoas do Camargo e do Coqueiral. Valores baixos entre zonas e nos três períodos sucessivos foram constatados

na Lagoa dos Cavalos (tabela 1).

O fitoplâncton do Rio Paranapanema e das três lagoas laterais foi constituído por 183 táxons, distribuídos entre Chlorophyceae (66 táxons), Bacillariophyceae (47 táxons), Zygnemaphyceae (25 táxons), Euglenophyceae (19 táxons), Cyanophyceae (10 táxons), Chrysophyceae (7 táxons), Cryptophyceae (5 táxons), Dinophyceae (2 táxons), Rhodophyceae (1 táxon) e Xanthophyceae (1 táxon) (tabela 2). O maior número de táxons do fitoplâncton foi encontrado no Rio Paranapanema (94) sendo seguido, em ordem decrescente, pelos números das Lagoas dos Cavalos (73), do Coqueiral (35) e do Camargo (33) (tabela 3). Ao longo do ano, no Rio Paranapanema e na Lagoa dos Cavalos, houve um predomínio de Chlorophyceae e Bacillariophyceae, ocorrendo o inverso nas lagoas do Coqueiral e do Camargo. A terceira classe mais importante em termos de número de táxons foi Zygnemaphyceae no Rio Paranapanema e Euglenophyceae nas Lagoas do Coqueiral e dos Cavalos, e Cryptophyceae na Lagoa do Camargo (tabela 3).

Os táxons comuns, encontrados no Rio Paranapanema e nas três lagoas marginais em pelo menos um período de amostragem e uma zona (litoral e pelágica), totalizaram 21 componentes, distribuídos entre as Euglenophyceae (*Euglena* spp. e *Trachelomonas cervicula*), Bacillariophyceae (*Achnanthes minutissima*, *Cyclotella* sp., *Cymbella* sp., *Discotella stelligera*, *Eunotia monodon*, *Navicula* sp., *Nitzschia acicularis*, *Pinnularia* sp. e *Ulnaria ulna*), Cyanophyceae (*Pseudanabaena catenata*), Chlorophyceae (*Crucigenia tetrapedia*, *Micractinium pulsillum*, *Monoraphidium arcuatum*, *M. kormakovae*, *M. tortile*, *Scenedesmus bijugatus*) e Cryptophyceae (*Cryptomonas brasiliensis*, *C. marsonii* e *Rhodomonas* spp.). O Rio Paranapanema apresentou o maior número de táxons exclusivos (54), seguido das Lagoas dos Cavalos (14), do Coqueiral (9) e do Camargo (1) (tabela 2).

A abundância média do fitoplâncton nas duas zonas do Rio Paranapanema foi mais elevada em agosto e novembro do que nos demais meses (tabela 4) e, em geral, mais elevada também na zona litoral. Nas lagoas do Coqueiral e do Camargo, a maior abundância de fitoplâncton foi também encontrada na zona litoral, exceto em agosto na Lagoa do Camargo. Contudo, na Lagoa dos Cavalos, o fitoplâncton apresentou a menor (novembro) e a maior (maio) abundância, em comparação com os outros ambientes (tabela 4).

A classe Cryptophyceae foi dominante (densidade > 50% da densidade total) em todas as três lagoas, zonas (litoral e pelágica) e épocas do ano, exceto em novembro

de 1999 no Rio Paranapanema e na Lagoa do Coqueiral e em maio e agosto de 2000 no Rio Paranapanema (figura 3). No curso de água, a classe Chlorophyceae predominou nos dois períodos, exceto na zona litoral em maio, quando a classe Bacillariophyceae foi a mais abundante. No Rio Paranapanema, a classe Bacillariophyceae apresentou densidade > 50% do total somente em fevereiro (figura 3), com Chlorophyceae dominando nos demais períodos. O número de espécies abundantes foi reduzido em todos os sistemas, variando entre cerca de três a cinco espécies nas lagoas e de oito a nove espécies no Rio Paranapanema.

Chlamydomonas spp., *Chroomonas* spp. e *Cryptomonas brasiliensis* foram táxons abundantes no fitoplâncton (tabela 5). *Rhodomonas* spp. foi abundante nas zonas litoral e pelágica das três lagoas somente em novembro de 1999. Neste mês, *Cryptomonas* spp. e *Dinobryon bavaricum* Imhof foram também abundantes nas duas zonas, mas limitados à Lagoa do Coqueiral. Os outros táxons abundantes foram de ocorrência episódica. *Chlamydomonas* spp. foi dominante (densidade > 50% da densidade total) na Lagoa do Coqueiral (zona litoral) somente em novembro. *Chroomonas* spp. dominou em maio e agosto nas Lagoas do Coqueiral e do Camargo nas zonas litoral e pelágica, respectivamente (tabela 5). *Cryptomonas brasiliensis* dominou nas Lagoas do Coqueiral e Camargo, em agosto e novembro, na zona litoral. No Rio Paranapanema, *Chlamydomonas* spp., *Chroomonas* spp. e *Cryptomonas brasiliensis* foram também abundantes em ambas as zonas, em todos os períodos. Entretanto, somente espécies de *Chroomonas* apresentaram abundância relativa > 50% da densidade total no mês de fevereiro (tabela 5).

Em fevereiro e nas duas zonas, a diversidade de espécies no Rio Paranapanema foi cerca da metade dos valores dos outros três períodos de estudo (tabela 4). Conseqüentemente, foram registradas baixas equidades em fevereiro e elevadas dominâncias, quando comparadas aos valores dos outros três períodos (tabela 4). Na Lagoa Coqueiral, a diversidade de espécies variou de 1,73 a 2,76 bits ind⁻¹ na zona litoral, enquanto a equidade foi de 0,37 a 0,60 e o índice de dominância de 0,23 a 0,46 (tabela 4). Na zona pelágica, a amplitude da diversidade (1,52-3,37 bits ind⁻¹) e da equidade (0,46-0,66) foi maior. Na Lagoa do Camargo, foram registradas as diversidades mais alta e mais baixa em agosto nas zonas litoral e pelágica, respectivamente (tabela 4). Na Lagoa dos Cavalos, a diversidade de espécies decresceu em ambas as zonas de novembro a maio (tabela 4).

Tabela 2. Composição do fitoplâncton no Rio Paranapanema e lagoas marginais de novembro de 1999 a agosto de 2000, assinalando os táxons exclusivos de cada sistema (a = Rio Paranapanema; b = Lagoa do Coqueiral; c = Lagoa do Camargo; d = Lagoa dos Cavalos).

Table 2. Phytoplankton species composition in Paranapanema River and lateral lakes from November 1999 to August 2000, showing the exclusive taxa for each system (a = Paranapanema River; b = Coqueiral Lake; c = Camargo Lake; d = Cavalos Lake).

BACILLARIOPHYCEAE	CHLOROPHYCEAE
<i>Achnanthes</i> sp.	a <i>Actinastrum</i> sp.
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn.	a <i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs
<i>Amphipleura</i> sp.	<i>A. gracilis</i> (Reinsch) Korš.
b <i>Amphora ovalis</i> Kütz.	<i>Botryococcus braunii</i> Kütz.
<i>Amphora</i> sp.	<i>Chlamydomonas</i> spp.
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grun.) Sim. var. <i>ambigua</i>	<i>Chlorella vulgaris</i> Beij.
<i>A. distans</i> (Ehr.) Sim.	<i>Chodatella</i> sp.
<i>A. granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>angustissima</i> (O. Müll.) Sim.	<i>Choricystis minor</i> (Skuja) Fott
<i>A. granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>granulata</i>	a <i>Choricystis</i> sp.
<i>Aulacoseira</i> sp.	<i>Cladophora</i> sp.
<i>Cocconeis</i> cf. <i>placentula</i> Ehr.	<i>Closteriopsis acicularis</i> (G.M. Smith) Belch. & Swale
b <i>Craticula cuspidata</i> (Kütz.) D. G. Mann	<i>Closteriopsis</i> sp.
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	<i>Coelastrum cambricum</i> Archer
<i>Cyclotella</i> sp.	<i>C. microporum</i> Näg.
<i>Cymatopleura</i> sp.	a <i>C. palii</i> Venk. & Goyal
a <i>Cymbella cuspidata</i> Kütz.	<i>Crucigenia fenestrata</i> (Schmidle) Schmidle
<i>Cymbella</i> sp.	<i>C. tetrapedia</i> (Kirchn.) West & West
a <i>Diatoma</i> sp.	a <i>Crucigenia</i> sp. 1
<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grun.) Houk & Klee	<i>Desmodesmus abundans</i> (Kirchn.) Hegew.
a <i>Eunotia asterionelloides</i> Hust.	<i>Desmodesmus armatus</i> (R. Chod.) Hegew.
d <i>E. flexuosa</i> Bréb. ex Kütz.	<i>D. armatus</i> (R. Chod.) Hegew. var. <i>bicaudatus</i>
<i>E. monodon</i> Ehr.	(Gugl.) Hegew.
<i>Eunotia</i> spp.	<i>D. armatus</i> (R. Chod.) Hegew. var. <i>spinusus</i> (Fritsch &
a <i>Frustulia rhomboides</i> (Ehr.) De Toni	Rich) Hegew.
d <i>Gomphonema gracile</i> Ehr. emend. van-Heurck	a <i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Näg.
<i>G. parvulum</i> Kütz.	a <i>D. pulchellum</i> Wood
a <i>Gomphonema</i> sp.	<i>Dictyosphaerium</i> spp.
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kütz.) Rabenh.	a <i>Elakatothrix gelatinosa</i> Wille
a <i>Gyrosigma</i> sp.	<i>Elakatothrix</i> spp.
<i>Melosira</i> sp.	<i>Eudorina unicocca</i> Smith
<i>M. varians</i> C. A. Agardh	a <i>Eutetramorus</i> sp.
<i>Navicula</i> sp.	a <i>Gloeocystis</i> sp.
<i>Nitzschia acicularis</i> (Kütz.) W. Smith	<i>Golenkinia paucispina</i> West & West
<i>Pinnularia</i> sp.	a <i>G. radiata</i> Chod.
<i>Stauroneis</i> sp.	a <i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchn.) Möb.
a <i>Stephanodiscus</i> spp.	a <i>K. obesa</i> (W. West) Schmidle
b <i>Surirella biseriata</i> Bréb.	a <i>K. roselata</i> Hind.
<i>S. linearis</i> W. Smith	<i>Micractinium pusillum</i> Fres.
<i>S. robusta</i> Ehr.	<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Korš.) Hind.
<i>Synedra goulardii</i> Bréb.	<i>M. circinale</i> (Nyg.) Nyg.
<i>Synedra</i> sp.	<i>M. contortum</i> (Thur.) Kom.-Legn.
<i>Synedra</i> spp.	<i>M. komarkovae</i> Nyg.
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Ehr.	<i>M. nanum</i> (Ettl) Hind.
a <i>Urosolenia longiseta</i> (Zach.) Round & Crawf.	<i>M. tortile</i> (West & West) Kom.-Legn.
a <i>U. eriensis</i> (H. L. Smith) Torg. & Beck.	a <i>Oocystis lacustris</i> Chod.
a <i>Tabellaria</i> sp.	<i>O. solitaria</i> Witttr.
b <i>Thalassiosira</i> sp.	<i>Oocystis</i> sp.

continua

continuação

-
- a *Pediastrum duplex* Meyen
P. tetras (Ehr.) Ralfs
- a *Phytelios* sp.
Planktosphaeria gelatinosa G. M. Smith
Scenedesmus acuminatus (Lag.) Chod.
- d *S. acuminatus* var. *elongatus* G. M. Smith
- a *S. acuminatus* var. *maximus* Uherk.
- a *S. acutus* Meyen
- a *S. arcuatus* Lemm.
S. bijugatus (Turp.) Kütz.
- a *S. opoliensis* Richt.
- a *S. ovalternus* Chod.
S. quadricauda (Turp.) Bréb.
Schroederia setigera (Schröd.) Lemm.
- a *Tetraëdron gracile* (Reinsch) Hansg.
- a *T. incus* (Teil.) G. M. Smith
T. minimum (A. Braun) Hansg.
Tetraëdron sp.
Tetrastrum heteracanthum (Nordst.) Chod.
- a *Tetrastrum* spp.
Treubaria sp.
- CHRYSOPHYCEAE
Dinobryon bavaricum Imhof
D. divergens Imhof
D. sertularia Ehr.
Mallomonas tonsurata Teiling
Mallomonas sp.
- a *Synura uvella* Ehr.
- a *Synura* sp.
- CRYPTOPHYCEAE
Chroomonas spp.
Cryptomonas brasiliensis Castro, C. Bic. & D. Bic.
C. marsonii Skuja
Cryptomonas spp.
Rhodomonas spp.
- CYANOPHYCEAE
d *Anabaena constricta* (Szaf.) Geitl.
A. spiroides Klebanh.
- a *Cylindrospermopsis raciborskii* (Wol.) Seen. & S. Raju
- a *Merismopedia tenuissima* Lemm.
- a *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz.
- d *Oscillatoria* sp.
Phormidium sp.
- a *Planktothrix* sp.
Pseudanabaena catenata Laut.
- d *Synechocystis* sp.
- DINOPHYCEAE
Peridinium umbonatum Stein
Peridinium sp.
- EUGLENOPHYCEAE
Euglena acus Ehr.
E. oxyuris Schmarda
E. spirogyra Ehr.
Euglena spp.
- a *Phacus longicauda* (Ehr.) Duj.
- b *P. pleuronectes* (O. F. Müll.) Duj.
- b *Phacus* sp.
Strombomonas fluviatilis (Lemm.) Defl.
S. gibberosa (Playf.) Defl.
S. girardiana (Playf.) Defl.
S. ovalis (Playf.) Defl.
- c *S. triquetra* (Playf.) Defl.
S. verrucosa (Daday) Defl.
Trachelomonas cervicula Stokes
- b *T. lacustris* Drez.
T. ovata Roll
T. sydneyensis Playf.
T. pulcherrima Playf.
- d *Trachelomonas* sp.
- RHODOPHYCEAE
Audouinella sp.
- XANTHOPHYCEAE
Rhizochloris congregata Ettl
- ZYGNEMAPHYCEAE
d *Closterium parvulum* Näg.
- a *C. acutum* (Lyngb.) Bréb. ex Ralfs
- a *C. aciculare* T. West
- b *Closterium* sp.
Cosmarium granatum Bréb. ex Ralfs
C. pseudoexigum Rac.
- a *C. reticulatum* Borge
- a *Cosmarium* cf. *reniforme* (Ralfs) Arch.
- a *Cosmarium* sp.
- d *Desmidium* sp.
Euastrum sp.
- d *Gonatozygon monotaenium* De Bary
- a *Mougeotia* sp.
- b *Spirogyra* sp.
- a *Spondylosum* sp.
- a *Staurastrum rotula* Nordst.
- d *S. subanchora* Grönbl.
S. americanum (West & West) G. M. Smith
- d *S. acanthocephalum* Skuja
- d *S. pseudotetracerum* (Nordst.) West & West
- d *S. tetracerum* (Kütz.) Ralfs
- a *Staurastrum* sp.
Stauroidesmus glaber (Ehr.) Teil.
Stauroidesmus sp.
- a *Teilingia* sp.
-

Tabela 3. Número de táxons de cada classe do fitoplâncton encontrado no Rio Paranapanema, nas Lagoas do Coqueiral, do Camargo e dos Cavalos durante o período prolongado de seca.

Table 3. Taxons number of each phytoplankton class recorded in Paranapanema River, Coqueiral, Camargo and Cavalos Lakes during the long drought period.

Classes	Rio Paranapanema	Lagoa do Coqueiral	Lagoa do Camargo	Lagoa dos Cavalos
Bacillariophyceae	27	13	16	16
Chlorophyceae	41	10	7	20
Chrysophyceae	0	0	0	1
Cryptophyceae	5	3	4	4
Cyanophyceae	4	1	1	6
Dinophyceae	0	0	1	2
Euglenophyceae	5	6	3	10
Rhodophyceae	1	0	0	0
Xanthophyceae	1	0	0	0
Zygnemaphyceae	10	2	1	14
Total	94	35	33	73

Os dendrogramas revelaram que as duas zonas da Lagoa dos Cavalos foram mais similares quanto às biomassa e abundância das classes das algas, sendo seguidas por aquelas da Lagoa do Camargo em novembro (figura 4A), e as duas zonas da Lagoa do Coqueiral assemelharam-se ao Rio Paranapanema (zona litoral) em relação às suas densidades e à concentração de clorofila-a. Em fevereiro, distinguiram-se dois grupos, um envolvendo as Lagoas dos Cavalos e do Camargo e outro, a Lagoa do Coqueiral e o Rio Paranapanema (figura 4B). Em maio, as duas zonas da Lagoa dos Cavalos foram consideradas similares em termo de abundância e biomassa, enquanto elevada similaridade foi constatada entre a zona pelágica da Lagoa do Coqueiral e o Rio Paranapanema (figura 4C). Em agosto, as duas zonas do Rio Paranapanema formaram um grupo em separado com a Lagoa do Camargo (zona litoral), tendo maior similaridade em abundância e biomassa (figura 4D). Nesse último período de coleta, as duas zonas da Lagoa do Coqueiral formaram um grupo separado associado à Lagoa do Camargo (zona pelágica).

A biomassa (clorofila-a) apresentou correlação positiva elevada com a abundância total do fitoplâncton ($r^2 = 0,94$), bem como com as densidades de Euglenophyceae, Chlorophyceae e Cryptophyceae (tabela 6). Essas três classes e o fitoplâncton total apresentaram correlações significativas positivas com as concentrações do material em suspensão ($r^2 = 0,79-0,85$), com o fósforo total ($r^2 = 0,42-0,67$) e com o nitrogênio total ($r^2 = 0,25-0,31$). Os índices de

diversidade de algas e respectivas equidades estiveram correlacionados positivamente com oxigênio, pH e temperatura da água (tabela 6).

Discussão

Em relação aos grandes grupos taxonômicos, a composição do fitoplâncton em lagos de planícies de inundação do Brasil é relativamente similar. É constituída predominantemente pelas classes Euglenophyceae e Chlorophyceae, como no Lago Camaleão na Amazônia (Ibanez 1998) e no Lago Castelo e no Rio Paraguai (Oliveira & Calheiros 2000), por Chlorophyceae e Bacillariophyceae como no Rio Baía no Alto Paraná (Train & Rodrigues 1998), por Chlorophyceae e Zygnemaphyceae no Lago Batata na Amazônia (Melo & Huszar 2000) e por Zygnemaphyceae e Chlorophyceae na Lagoa Albuquerque no Pantanal (Espíndola *et al.* 1996).

Na zona de transição entre o Rio Paranapanema e o Reservatório de Jurumirim, não há informações sobre o fitoplâncton em período de conexão das lagoas com o Rio Paranapanema. Na época de seca prolongada, foi constituído predominantemente por Chlorophyceae e Bacillariophyceae. Componentes dessas classes prevaleceram, nesta ordem, no ecossistema lótico e na Lagoa dos Cavalos (ambiente isolado), enquanto nos dois outros ambientes lacustres, predominaram as Bacillariophyceae seguidas por Chlorophyceae.

Em termos de composição florística, o Rio Paranapanema apresentou, em média, cerca de três

Tabela 4. Atributos da comunidade do fitoplâncton nas zonas litoral (L) e pelágica (P) do Rio Paranapanema e das Lagoas do Coqueiral, do Camargo e dos Cavalos de novembro de 1999 a agosto de 2000.

Table 4. Phytoplankton attributes at littoral (L) and pelagic (P) zones of Paranapanema River, and Coqueiral, Camargo and Cavalos Lakes from November 1999 to August 2000.

Local	Mês	Zona	Abundância (ind mL ⁻¹)	Nº de táxons/amostra	Diversidade (bit ind ⁻¹)	Equidade	Dominância de espécies
Rio Paranapanema	Novembro	L	1.043	46	4,48	0,81	0,09
		P	744	38	4,25	0,81	0,07
	Fevereiro	L	876	23	1,66	0,38	0,44
		P	629	21	1,96	0,45	0,37
	Maio	L	360	35	3,49	0,68	0,15
		P	315	36	3,92	0,76	0,10
	Agosto	L	868	42	3,99	0,74	0,11
		P	1.005	40	4,25	0,80	0,07
Lagoa do Coqueiral	Novembro	L	2.173	31	2,45	0,50	0,38
		P	1.753	35	3,37	0,66	0,17
	Fevereiro	L	1.322	23	2,76	0,60	0,23
		P	643	15	1,90	0,47	0,37
	Maio	L	2.392	25	1,73	0,37	0,46
		P	195	16	2,63	0,64	0,43
	Agosto	L	1.816	15	2,01	0,52	0,41
		P	1.512	10	1,52	0,46	0,41
Lagoa do Camargo	Novembro	L	723	10	2,05	0,62	0,33
		P	457	16	2,44	0,58	0,23
	Fevereiro	L	460	15	2,18	0,56	0,33
		P	377	12	2,05	0,57	0,33
	Maio	L	7.710	25	2,12	0,45	0,36
		P	1.079	11	1,88	0,54	0,31
	Agosto	L	435	19	3,13	0,74	0,18
		P	1.481	9	1,64	0,52	0,43
Lagoa dos Cavalos	Novembro	L	211	23	2,55	0,57	0,24
		P	222	23	3,55	0,74	0,15
	Fevereiro	L	465	33	2,54	0,50	0,32
		P	387	23	2,60	0,57	0,28
	Maio	L	20.115	25	2,30	0,49	0,29
		P	23.644	20	3,47	0,56	0,27

vezes mais táxons que as Lagoas do Coqueiral (ambiente com grande influência do rio) e dos Cavalos. Já na Lagoa do Camargo, o número de táxons fitoplanctônicos foi bastante baixa com um quinto do número médio anual de táxons do rio. O elevado número de espécies do curso de água em relação aos ambientes lacustres marginais pode ser atribuído à instabilidade hidrológica decorrente da variabilidade da velocidade da corrente de água durante o ano (0,3 a 1,2 m s⁻¹, Henry *et al.* 2005). Essa condição ambiental proporcionou elevados índices de diversidade do fitoplâncton, conseqüência da reduzida dominância de espécies, exceto em fevereiro quando *Chroomonas* spp. prevaleceu amplamente na

comunidade de algas. O escoamento hidráulico pode também funcionar como mecanismo de arrasto de espécies de ambientes aquáticos a montante e das zonas litorais, propiciando turbulência e favorecendo a manutenção em suspensão de Bacillariophyceae, por exemplo, onde os níveis de iluminação e as condições nutritivas são adequados.

Considerando a escala temporal, a Lagoa do Coqueiral foi o único ambiente onde a composição do fitoplâncton inicial (32 táxons, dois meses após a desconexão com o rio) sofreu redução acentuada (12 táxons, 11 meses de isolamento). Em anos normais, esse ecossistema lacustre mantém-se permanentemente

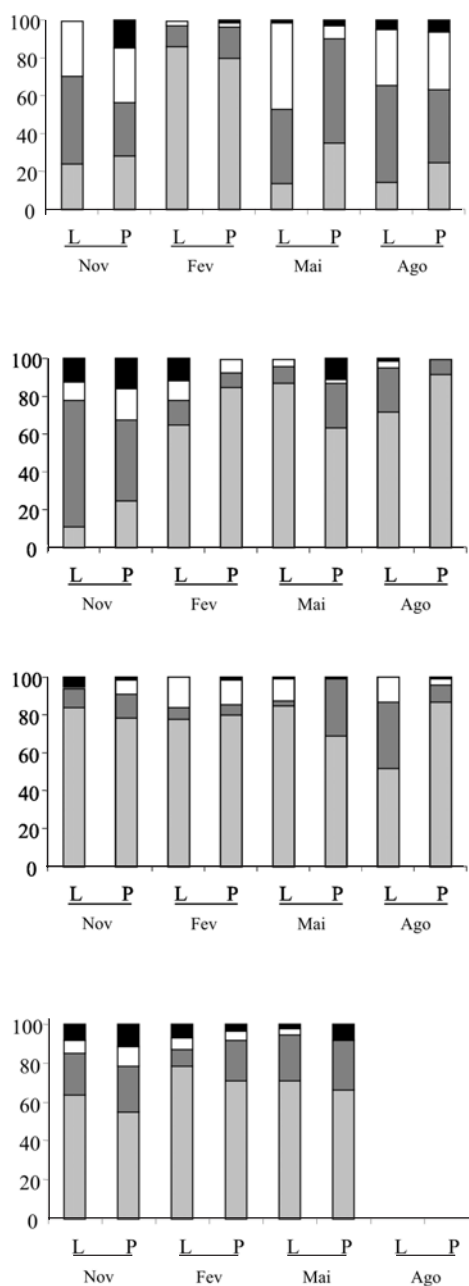


Figura 3. Abundâncias relativas (%) de Cryptophyceae (■), Chlorophyceae (■), Bacillariophyceae (□) e Xanthophyceae, Rhodophyceae, Dinophyceae, Chrysophyceae, Euglenophyceae, Cyanophyceae e Zygnemaphyceae (■) nos períodos de estudo e nas zonas litoral (L) e pelágica (P) do Rio Paranapanema (A) e das Lagoas do Coqueiral (B), do Camargo (C) e dos Cavalos (D).

Figure 3. Relative abundances (%) of Cryptophyceae (■), Chlorophyceae (■), Bacillariophyceae (□) and Xanthophyceae, Rhodophyceae, Dinophyceae, Chrysophyceae, Euglenophyceae, Cyanophyceae and Zygnemaphyceae (■) in study periods at the littoral (L) and pelagic (P) zones of Paranapanema River (A), and Coqueiral (B), Camargo (C) and Cavalos (D) Lakes.

associado ao Rio Paranapanema, apresenta oscilação de nível de 2 m, atingindo um nível máximo na estação chuvosa (Henry 2005). O isolamento da Lagoa do Coqueiral, com a mudança de instabilidade para estabilidade hidrológica, acarretou o empobrecimento na composição de algas, um aumento na dominância de espécies e uma redução dos índices de diversidade, em comparação com o Rio Paranapanema. Já nas Lagoas do Camargo e dos Cavalos, com menor ou sem intercâmbio de água, a variabilidade anual do número de espécies foi pequena (coeficientes de variação de 39% e 9%, respectivamente).

Na Lagoa dos Cavalos, não foi constatada nenhuma espécie dominante e, entre os três ambientes lânticos, os índices de diversidade foram os mais elevados. A perda de conectividade entre as Lagoas do Coqueiral e do Camargo e o Rio Paranapanema durante o período de estudo e a ausência dos efeitos dos pulsos hidrológicos laterais possivelmente constituíram-se nos fatores determinantes dos índices de diversidade mais baixos, quando comparados com os valores do curso de água. No período de associação com o rio (anterior a setembro de 1999), foi também encontrada maior riqueza de espécies da comunidade zooplânctônica no Rio Paranapanema, seguida pelas Lagoas do Coqueiral, do Camargo e dos Cavalos, em ordem decrescente (Casanova 2000, Henry 2003, Panarelli 2004). Comparando a riqueza de espécies do zooplâncton entre períodos de isolamento das lagoas (julho a dezembro de 2000) e de restauração da conectividade (janeiro a julho de 2001), Panarelli (2004) encontrou maior número de taxons após aumento do nível do Rio Paranapanema.

Relação inversa entre nível hidrológico e densidades das populações fitoplanctônicas, caracterizando um efeito de diluição decorrente de pulsos de inundação, é comumente observada em lagos conectados a cursos de água, como por exemplo a Lagoa Albuquerque no Pantanal (Espíndola *et al.* 1996), o Lago do Camaleão (Ibanez 1998) e o Lago Batata, ambos na Amazônia (Melo & Huszar 2000), e o Rio Baía no Alto Paraná (Train & Rodrigues 1998). Entretanto, em outro ambiente lacustre associado a rio, um quadro oposto foi identificado, isto é, o aumento do nível hidrométrico proporcionou aumento na abundância de algas, como na Lagoa do Diogo, associada ao Rio Mogi-Guaçu (Peres & Senna 2000). Uma terceira categoria de ambientes lânticos laterais apresentou densidades fitoplanctônicas máximas nas fases enchente e vazante, como foi o caso do Lago Castelo, no Rio Paraguai (Oliveira & Calheiros 2000). Além da variabilidade temporal nos máximos de densidades na dependência da fase hidrológica do pulso

Tabela 5. Abundância relativa (%) de *Chlamydomonas* spp., *Chroomonas* spp. e *Cryptomonas brasiliensis* nas Lagoas do Coqueiral, do Camargo e dos Cavalos e no Rio Paranapanema em novembro (N) de 1999 e fevereiro (F), maio (M) e agosto (A) de 2000 nas zonas litoral (L) e pelágica (P) (em negrito, táxons dominantes).

Table 5. Relative abundance (%) of *Chlamydomonas* spp., *Chroomonas* spp. and *Cryptomonas brasiliensis* in Coqueiral, Camargo and Cavalos Lakes, and in Paranapanema River on November (N) 1999, February (F), May (M) and August (A), at litoral (L) and pelagic (P) zones (in bold, dominant taxa).

Local	Mês	Zona	<i>Chlamydomonas</i> spp.	<i>Chroomonas</i> spp.	<i>Cryptomonas brasiliensis</i>	Total
Rio Paranapanema	N	L	18,4	16,8	6,3	41,5
		P	4,2	16,0	2,6	22,8
	F	L	6,2	61,2	25,2	92,6
		P	12,5	54,1	25,9	92,5
	M	L	18,5	13,6	29,7	61,8
		P	20,7	4,5	21,4	46,6
A	L	3,5	1,9	12,0	17,4	
	P	13,3	7,2	12,5	33,0	
Lagoa do Coqueiral	N	L	60,0	0,2	0,0	60,2
		P	34,3	3,0	14,0	51,3
	F	L	10,2	38,0	0,0	48,3
		P	5,3	45,8	0,0	51,1
	M	L	5,2	63,8	22,6	91,6
		P	15,3	26,7	36,9	78,9
A	L	8,8	9,3	61,5	79,6	
	P	6,7	43,5	46,8	97,0	
Lagoa do Camargo	N	L	9,7	13,8	52,5	76,0
		P	10,9	21,6	25,1	57,6
	F	L	1,5	28,6	49,5	79,6
		P	4,4	42,1	37,6	84,1
	M	L	2,9	49,5	34,0	86,4
		P	26,7	29,1	39,6	95,4
A	L	13,9	16,8	34,7	65,4	
	P	6,6	59,7	27,1	93,4	
Lagoa dos Cavalos	N	L	20,3	0,0	26,8	47,5
		P	15,1	5,2	21,5	41,8
	F	L	3,2	27,0	49,7	79,9
		P	11,4	21,9	46,4	79,7
	M	L	15,4	42,8	28,5	86,7
		P	16,8	44,1	21,6	82,2

de inundação, variações na composição fitoplanctônica foram também relatadas. Por exemplo, Bacillariophyceae predominaram nos períodos de maior estabilidade hidrológica no Rio Baía, no Alto Paraná, seguidas pelas Cyanophyceae (Train & Rodrigues 1998). Predominância de Bacillariophyceae foi também reportada para a Lagoa Albuquerque no Pantanal (Espíndola *et al.* 1996), sendo contudo Zygnemaphyceae e Chlorophyceae a segunda e terceira classes mais abundantes. Na Lagoa do Diogo, as Cryptophyceae constituíram a classe mais numerosa, enquanto Euglenophyceae e Chlorophyceae foram a segunda e a

terceira classes mais abundantes, respectivamente (Peres & Senna 2000). Tanto na área alagada (Lago Castelo), como no curso de água (Rio Paraguai), Cryptophyceae predominou nas fases de enchente e águas altas, enquanto na vazante, foram encontrados máximos de densidades de Bacillariophyceae no rio e desta classe junto com Cryptophyceae e Euglenophyceae, na área alagada (Oliveira & Calheiros 2000).

O episódio de seca severa (outubro de 1999 a dezembro de 2000) na região estudada provocou desconectividade prolongada das Lagoas do Coqueiral

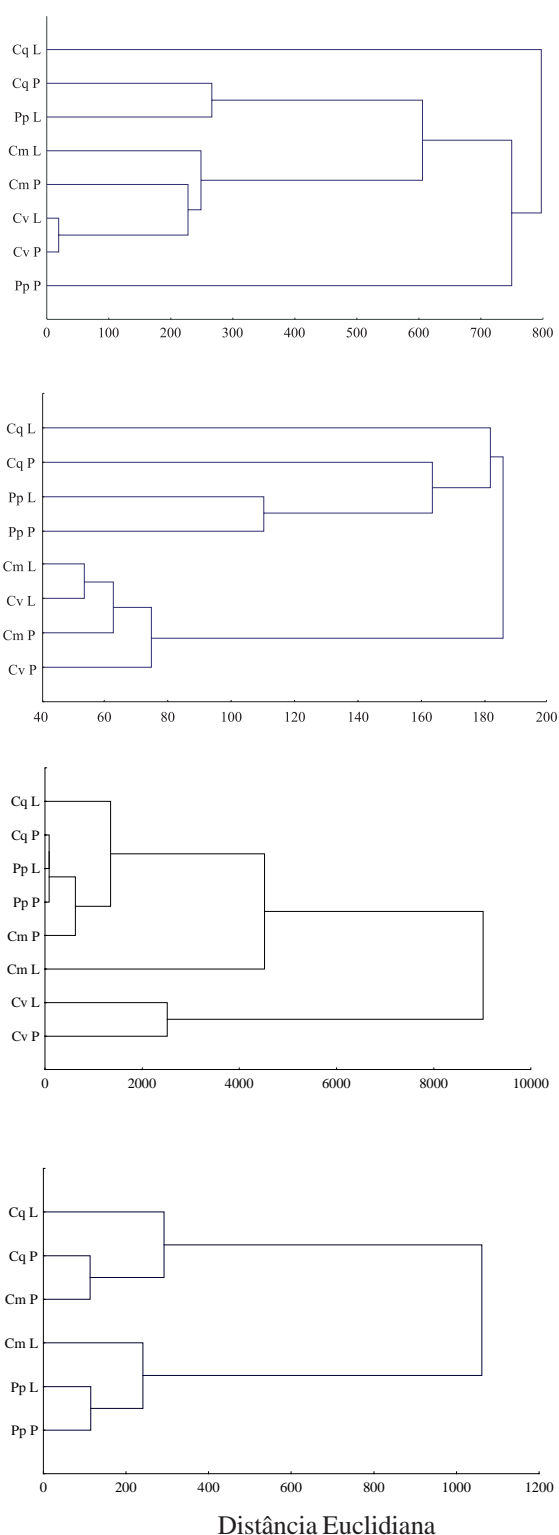


Figura 4. Dendrogramas de similaridade de abundâncias (ind mL^{-1}) das classes fitoplantônicas e da clorofila-a entre as Lagoas do Coqueiral (Cq), do Camargo (Cm) e dos Cavalos (Cv) e do Rio Paranapanema (Pp) nas zonas litoral (L) e pelágica (P) em novembro de 1999 (A), fevereiro (B), maio (C) e agosto (D) de 2000.

A e Camargo com relação ao Rio Paranapanema, passando os ambientes aquáticos laterais do regime de potamofase para limnofase (Neiff 1999). Isto implicou, após dez meses, em redução acentuada nas profundidades das lagoas (90%-95% nas Lagoas do Coqueiral e do Camargo e 100% na Lagoa dos Cavalos) e de seus volumes (87%, 95% e 100%, Lagoas de Coqueiral, do Camargo e dos Cavalos, respectivamente) (Henry 2005).

B A despeito da diminuição drástica das dimensões das lagoas, não foi observado um efeito de concentração nas densidades das populações fitoplantônicas, exceto na Lagoa dos Cavalos em maio, período anterior à extinção do ambiente lacustre. A predominância do fitoplâncton foi constituída por algas da classe Cryptophyceae (*Chroomonas* spp. e *Cryptomonas brasiliensis*) e Chlorophyceae (*Chlamydomonas* spp.) nas três lagoas e em todos os períodos de amostragem, sem alterações evidentes com o avançar da seca. O Rio Paranapanema, na zona de sua desembocadura no Reservatório de Jurumirim, apresentou redução significativa de suas profundidades (de 8-10 m para 3,5 m) durante o período de estudo (Henry 2005). O predomínio de *Chroomonas* spp. e *Cryptomonas brasiliensis* juntamente com *Chlamydomonas* spp. no rio foi limitado ao mês de fevereiro (92% do total), enquanto que nos demais períodos não ultrapassou 60%.

C Comparando as abundâncias do zooplâncton, Panarelli (2004) obteve maiores valores nas Lagoas do Coqueiral e Camargo na seca (julho a dezembro de 2000), enquanto que as mais altas densidades no Rio Paranapanema foram registradas no período de cheia (janeiro a julho de 2001), após a restauração da conectividade. Maiores quantidades de organismos zooplantônicos, no período de isolamento das duas lagoas, foram atribuídas ao efeito de concentração (em função da redução acentuada dos volumes dos ambientes lacustres), mas poderiam também ter sido devidas ao efeito de predação intensa sobre o fitoplâncton. De fato, a despeito da ocorrência de comunidades diversificadas de algas nas lagoas, o número de táxons abundantes foi reduzido e limitado a espécies de fitoflagelados *Chlamydomonas* spp.,

Figure 4. Similarity dendrograms of abundances (ind mL^{-1}) of phytoplanktonic classes and chlorophyll-a between Coqueiral (Cq), Camargo (Cm) and Cavalos (Cv) Lakes and Paranapanema (Pp) River at the littoral (L) and pelagic (P) zones in November 1999 (A), February (B), May (C) and August (D) 2000.

Tabela 6. Correlações de Pearson entre variáveis abióticas (siglas, ver tabela 1) e bióticas (AB = abundância total, ind mL⁻¹; H' = índice de diversidade, bits ind⁻¹; E = equidade; Eu, Bac, Cya, Chl, Zyg, Cry, Chr e Din = densidades (ind mL⁻¹) de Euglenophyceae, Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Chlorophyceae, Zygnemaphyceae, Cryptophyceae, Chrysophyceae e Dinophyceae) das três lagoas e do Rio Paranapanema, nos quatros períodos de estudo e nas duas zonas ($n = 32$, em negrito $P < 0,05$).

Table 6. Pearson correlations between abiotic (abbreviations, see table 1) and biotic variables (AB = total abundance, ind mL⁻¹; H' = diversity index, bits ind⁻¹; E = equitability; Eu, Bac, Cya, Chl, Zyg, Cry, and Din = densities (ind mL⁻¹) of Euglenophyceae, Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Chlorophyceae, Zygnemaphyceae, Cryptophyceae, Chrysophyceae and Dinophyceae) of the three lakes and Paranapanema River in the four sampling periods and at the two zones ($n = 32$, in bold $P < 0.05$).

	AB	H'	E	Eu	Bac	Cya	Chl	Zyg	Cry	Chr	Din
T	-0,04	0,40	0,55	-0,05	0,05	0,05	-0,08	0,06	-0,03	-0,07	0,20
pH	-0,07	0,54	0,71	-0,12	0,09	0,07	-0,08	0,12	-0,07	0,07	0,02
K ₂₅	0,18	0,06	0,16	0,10	0,04	-0,03	0,18	-0,02	0,18	0,19	-0,18
O ₂	0,19	0,68	0,79	0,06	0,30	0,07	0,17	0,20	0,18	0,09	-0,09
MS	0,91	-0,05	-0,03	0,92	0,12	-0,02	0,92	-0,21	0,89	-0,09	-0,08
SiH ₄ O ₄	-0,24	0,23	0,36	-0,13	-0,08	0,03	-0,27	0,11	-0,23	-0,25	-0,13
PT	0,82	-0,08	-0,04	0,65	0,22	-0,01	0,80	-0,24	0,82	-0,09	-0,11
NT	0,57	0,22	0,26	0,50	0,14	0,03	0,55	0,07	0,56	-0,09	0,10
NT/PT	-0,24	0,34	0,30	-0,17	-0,15	0,01	-0,22	0,33	-0,25	-0,08	0,33
Clor.-a	0,97	-0,03	-0,03	0,92	0,20	0,01	0,97	-0,17	0,95	-0,07	-0,05

Cryptomonas brasiliensis, *Cryptomonas* spp. e *Rhodomonas* spp.

Entretanto, as características ambientais peculiares das lagoas durante o período de seca, isto é, extinção luminosa elevada (baixa transparência), a despeito das condições nutritivas aparentemente adequadas em termos de concentrações de N e P total, mas com baixas razões N/P, concorreram para o desenvolvimento maciço dos fitoflagelados. Cryptophyceae são consideradas “oportunistas” aumentando em quantidade quando as densidades das demais algas decrescem ou após perturbações ambientais (Klaveness 1988). São fagótrofos, apresentam tolerâncias a baixas luminosidades, sendo geralmente encontrados em rios e lagos pequenos (Isaksson 1998).

Em pequenos corpos de água de planícies de inundação da Bohemia (República Tcheca), os fitoflagelados constituíram, no verão, os táxons predominantes no fitoplâncton, tanto em termos de biomassa quanto em riqueza de espécies (Pithart 1999, Bily & Pithart 2002, Kylbergerová *et al.* 2002). As dimensões reduzidas desses ambientes lacustres e a baixa iluminação, devida à presença de vegetação terrestre circundante e vegetação flutuante e à cor da água (decorrente da decomposição incompleta da vegetação), bem como ausência de circulação favoreceram o desenvolvimento de Cryptophyceae (Pithart 1999, Bily & Pithart 2000). Estratificação

térmica nesses lagos não favoreceu as formas não móveis de algas como as Chlorococcales, Cyanophyceae e Bacillariophyceae. Entretanto, devido ao fato das Cryptophyceae serem excelentes migradoras, apresentarem ficoeritrina como pigmento acessório para o sistema fotossintetizante, podem ter vantagens no seu crescimento em zonas hipolimnéticas com pouca luz mas com disponibilidade adequada em nutrientes (Pithart 1999, Bily & Pithart 2000). Entretanto, a abundância e a dominância de Cryptophyceae no Pantanal foram atribuídas a condições adversas para o desenvolvimento de outros grupos, isto é, baixa disponibilidade de nutrientes e elevada transparência em período de águas altas (Oliveira & Calheiros 2000).

Na zona de transição Rio Paranapanema - Reservatório de Jurumirim, o episódio de seca prolongada ocasionou um estresse ambiental evidente. Em função da perda da conectividade das lagoas com o rio e da redução das dimensões dos ambientes lacustres, foi constatado um efeito de concentração no conteúdo de nitrogênio e fósforo total e na quantidade de material em suspensão (em especial nos dois últimos períodos de coleta). O seu aumento por concentração e/ou ressuspensão freqüente durante episódios de fortes ventos em ambientes lacustres de dimensões cada vez menores determinou aumento aparente na abundância total do fitoplâncton e da biomassa (clorofila-a) nas lagoas com condições nutritivas adequadas para os

fitoflagelados. As baixas razões N/P (médias anuais) nas Lagoas do Coqueiral e do Camargo são indícios de limitação por nitrogênio para as demais algas, enquanto no Rio Paranapanema um quadro oposto foi encontrado. Huszar *et al.* (2005) assinalaram uma razão N/P média de 30, para nove lagos de inundação estudados no Brasil, com consequente indício de limitação do fitoplâncton por fósforo. Os dados relativos às Lagoas do Coqueiral e do Camargo diferem, contudo foram obtidos em condição ambiental distinta (perda de conectividade entre lagoas e rio e seca prolongada).

Em síntese, em nível de escala temporal, a lagoa do Coqueiral foi o único ambiente com redução do número de espécies, aparentemente em decorrência de mudança de regime hidrológico instável (efeitos dos pulsos laterais) para uma estabilidade (na época de limnofase). A supressão do efeito de pulso lateral durante o período de seca prolongada provocou uma redução da diversidade de espécies (ainda não detectada em novembro) no segundo período de amostragem, bem como o desenvolvimento de populações esparsas de fitoflagelados adaptados às condições ecológicas alteradas, em função da redução volume da lagoa e da diminuição da penetração de luz na coluna de água. A Lagoa do Camargo, mesmo quando em associação com o Rio Paranapanema, apresentou maior estabilidade hidrológica, em função de suas maiores dimensões (Panarelli 2004). A desconectividade com o ecossistema lótico provocou, de imediato, o crescimento maciço de *Chlamydomonas* spp. e de espécies da classe Cryptophyceae, tornando-se populações abundantes no ambiente lacustre. O único local com efeito de concentração no fitoplâncton comprovado foi a Lagoa dos Cavalos. Essa ocorrência foi registrada na fase final da existência do ecossistema, antes de sua extinção. No ecossistema lótico, maior participação relativa de inúmeras espécies de algas foi observada nas densidades das populações. Alterações nas velocidades e vazão, bem como no nível de água, seriam possivelmente os fatores controladores principais das mudanças nos efetivos populacionais do fitoplâncton.

Agradecimentos – À Fapesp (Projeto Temático - processo 97/04999-8) pelo apoio financeiro; ao CNPq, pelas bolsas de doutorado e mestrado concedidas a Rosa M.R. Ferreira e Érica Ushinohama; Denise de C. Bicudo, Carlos E.M. Bicudo e dois assessores anônimos, pelos comentários e sugestões ao manuscrito; a Hamilton A. Rodrigues pelo auxílio em trabalho de campo e de laboratório, à Silvia M.C. Casanova pela realização das análises estatísticas, à Talita Jorge N. da C. Manigel pela digitação e à Juliana Ramos, pela confecção das figuras.

Referências bibliográficas

- BILY, M. & PITHART, D. 2002. The phytoplankton vertical distribution and diurnal migration in three quarry lakes in South Bohemia, Czech Republic. *Algological Studies* 106:185-201.
- BOUVY, M., NASCIMENTO, S.M., MOLICA, R.J.R., FERREIRA, A., HUSZAR, V. & AZEVEDO, S.M.F.O. 2003. Limnological features in Tapacurá reservoir (northeast Brazil) during a severe drought. *Hydrobiologia* 493:115-130.
- CASANOVA, S.M.C. 2000. Distribuição longitudinal da comunidade zooplânctônica na região de transição rio-reservatório (Rio Paranapanema - Represa de Jurumirim). Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- CROME, F.H.I. & CARPENTER, S.M. 1988. Plankton cycling and recovery after drought-dynamics in a basin on a flood plain. *Hydrobiologia* 164:193-211.
- ESPÍNDOLA, E.G., MATSUMURA-TUNDISI, T. & MORENO, I.D. 1996. Estrutura da comunidade fitoplânctônica da lagoa Albuquerque (Pantanal Mato-grossense), Mato Grosso do Sul, Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 8:13-27.
- GOLTERMAN, H.L. & CLYMO, R.S. 1969. Methods for chemical analysis of freshwaters. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- HENRY, R. 2003. Os ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos: conceitos, tipos, processos e importância. Estudo de aplicação em lagoas marginais ao rio Paranapanema na zona de sua desembocadura na Represa de Jurumirim. *In* Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos (R. Henry, ed.). Rima Editora, São Carlos, p.1-28.
- HENRY, R. 2005. The connectivity of Paranapanema River with two lateral lakes in its mouth zone in Jurumirim Reservoir. *Acta Limnologica Brasiliensia* 17:57-69.
- HENRY, R., PANARELLI, E.A., CASANOVA, S.M.C., SUIBERTO, M.R. & AFONSO, A.A.O. 2005. Interações hidrológicas entre lagoas marginais e o Rio Paranapanema na zona de sua desembocadura na Represa de Jurumirim. *In* Ecologia de Reservatórios: Impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata (M.G. Nogueira, R. Henry & A. Jorcin, eds.). Rima Editora, São Carlos, p.57-82.
- HUMPHRIES, P. & BALDWIN, D.S. 2003. Drought and aquatic ecosystems: an introduction. *Freshwater Biology* 48:1141-1146.
- HUSZAR, V.L.M. & REYNOLDS, C.S. 1997. Phytoplankton periodicity and sequences of dominance in an Amazonian flood-plain lake (Lake Batata, Pará, Brazil): responses to gradual environmental change. *Hydrobiologia* 346:169-181.

- HUSZAR, V.L.M., BICUDO, D.C., GIANI, A., MARTINELLI, L.A. & HENRY, R. 2005. Subsídios para a compreensão sobre a limitação de nutrientes ao crescimento do fitoplâncton e do perífíton em ecossistemas continentais lênticos do Brasil. *In* Lições de Limnologia (F. Roland, D. César & M. Marinho, eds.). Rima Editora, São Carlos, p.243-260.
- IBANEZ, M.S.R. 1998. Phytoplankton composition and abundance of a central Amazonian floodplain lake. *Hydrobiologia* 362:79-83.
- ISAKSSON, A. 1998. Phagotrophic phytoflagellates in lakes - a review. *Archives fur Hydrobiologie Special Issues Advances in Limnology* 51:63-90.
- KLAVENESS, D. 1988. Ecology of the Cryptomonadida: a first review. *In* Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton (C.D. Sandgren, ed.). Cambridge University Press, Cambridge, p.103-133.
- KREBS, C.J. 1972. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. Harper & Row, Publishers, New York.
- KYLBERGEROVÁ, M., PITHART, D. & RULIK, M. 2002. Algological survey of small floodplain backwaters. *Algological Studies* 104:169-187.
- LAKE, P.S. 2003. Ecological effects of perturbation by drought in flowing waters. *Freshwater Biology* 48:1161-1172.
- LOBO, E. & LEIGHTON, G. 1986. Estructuras de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. *Revista de Biología Marinha* 22:143-170.
- MELO, S. & HUSZAR, V.L.M. 2000. Phytoplankton in an Amazonian floodplain lake (Lake Batata, Brasil): diel variation and species strategies. *Journal of Plankton Research* 22:63-76.
- NEIFF, J.J. 1999. El regimen de pulsos en rios y grandes humedales de Sudamérica. *In* *Temas sobre grandes humedales sudamericanos* (A.I. Malvarez & P. Kandus, eds.). ORCYT-MAB (Unesco), p.97-145.
- NÔGES, T. & NÔGES, P. 1999. The effects of extreme water level decrease on hydrochemistry and phytoplankton in a shallow eutrophic lake. *Hydrobiologia* 408/409: 277-283.
- OLIVEIRA, M.D. & CALHEIROS, D.F. 2000. Flood pulse influence in phytoplankton communities of the south Pantanal floodplain, Brazil. *Hydrobiologia* 427:101-112.
- PANARELLI, E.A. 2004. Flutuações mensais da comunidade zooplanctônica e dinâmica das populações de Cladocera em lagoas marginais, na região de transição Rio Paranapanema - Represa de Jurumirim. Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- PERES, A.C. & SENNA, P.A.C. 2000. Estudo quantitativo estatístico do fitoplâncton da Lagoa do Diogo em um ciclo hidrológico (1995-1996). *In* *Estudos integrados em ecossistemas. Estação ecológica de Jataí* (J.E. dos Santos & J.S.R. Pires, eds.). Rima Editora, São Carlos, v.2, p.483-495.
- PITHART, D. 1999. Phytoplankton and water chemistry of alluvial pools and oxbows after the flood event - a process of diversification. *Algological Studies* 95:93-113.
- ROJO, C., ORTEGA-MAYAGOITIA, E., RODRIGO, M.A. & ÁLVAREZ-COBELAS, M. 2000. Phytoplankton structure and dynamics in a semiarid wetland, the National Park "Las Tablas de Daimiel" Spain. *Archives fur Hydrobiologie* 148:397-419.
- SIMPSON, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* 163:66-88.
- TRAIN, S. & RODRIGUES, L.C. 1998. Temporal fluctuations of the phytoplankton community of the Baia River, in the upper Paraná River floodplain, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Hydrobiologia* 361:125-134.
- VALDERRAMA, J.C. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry* 10:109-122.