



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

**VARIAÇÃO INTERANUAL DA COMUNIDADE
FITOPLANCTÔNICA EM AMBIENTES DA
PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO ALTO RIO
PARANÁ: INFLUÊNCIA DO REGIME
HIDROSEDIMENTOLÓGICO**

Luzia Cleide Rodrigues

**Maringá - PR
2007**

Luzia Cleide Rodrigues

**VARIAÇÃO INTERANUAL DA COMUNIDADE
FITOPLANCTÔNICA EM AMBIENTES DA
PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO ALTO RIO
PARANÁ: INFLUÊNCIA DO REGIME
HIDROSEDIMENTOLÓGICO**

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 parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais.

Orientadora: Prof. Dr.^a Sueli Train

Maringá - PR

2007

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

R696v

Rodrigues, Luzia Cleide, 1968-
Variação interanual da comunidade fitoplanctônica em ambientes da planície de
inundação do alto rio Paraná : influência do regime hidrossedimentológico / Luzia Cleide
Rodrigues. -- Maringá, 2007.
vi, 63 f. : il.

Tese (doutorado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) - Universidade
Estadual de Maringá, Dep. de Biologia, 2007.
Orientador: Profª Drª Sueli Train.

1. Fitoplâncton de água doce - Ecologia - Variações interanuais - "El Nino" e "La
Niña" - Planície de inundação - Alto rio Paraná. 2. Fitoplâncton de água doce -
Barramento - 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. -579.817609816
NBR/CIP - 12899 AACR

**VARIAÇÃO INTERANUAL DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA EM
AMBIENTES DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO ALTO RIO PARANÁ:
INFLUÊNCIA DO REGIME HIDROSEDIMENTOLÓGICO**

Luzia Cleide Rodrigues

Data da defesa: 30 de março de 2007, no Anfiteatro do Nupélia, Bloco G-90, *campus* da
Universidade Estadual de Maringá

Banca Examinadora:

Dr^a. Sueli Train – Nupélia/Universidade Estadual de Maringá (Presidente)

Dr^a. Alessandra Giani Pinto Coelho - Universidade Federal de Minas Gerais

Dr. Sérgio de Melo – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

Dr^a. Liliana Rodrigues – Nupélia/UEM

Dr. Thomaz Aurélio Pagioro - UEM

Aos meus Pais e meus irmãos,

Minha grande família

dedico

Agradecimentos

Nesta página muito especial deste trabalho, gostaria de agradecer a algumas pessoas, dentre as muitas que me ajudaram a realizá-lo.

Em especial aos meus Pais e meus irmãos, sempre presentes na minha vida.

Ao Rai e o Gregório, meus grandes amores e companheiros de todos os momentos.

Ao “Seu” Assis, “Dona” Rosa, Filipe, Thiago e Janaína (*in memoriam*), pessoas ímpares na minha vida pessoal e profissional.

À Prof. Dr^a. Sueli Train, pela orientação desde os primeiros passos na pesquisa científica, pelo incentivo, confiança e amizade.

Ao Nupélia, pela infraestrutura e recursos oferecidos para a realização deste trabalho.

Ao CNPq pelo financiamento do projeto institucional PELD.

Aos membros da banca, Dr^a. Liliana Rodrigues (UEM), Dr. Sérgio de Melo (INPA), Dr^a. Alessandra Giani Pinto Coelho (UFMG) e Dr. Thomaz Aurélio Pagioro (UEM) por aceitarem prontamente o convite para avaliação deste trabalho e pelas valiosas sugestões.

À Dr^a. Célia Leite Sant’Anna, pela paciência e disposição em nos auxiliar na taxonomia de cianobactérias.

Ao Felipe, pela amizade e valiosas sugestões sempre.

A Jane e Yara pelo carinho, amizade e pelo “cantinho” cedido nestes últimos meses.

À Susi pela amizade, carinho e incentivo constante. E especialmente pela identificação de muitos de cianobactérias da planície, e o que é muito especial, a dedicação e o carinho com que trata as algas. Você é um exemplo de uma taxonomista nata.

À Bianca pela amizade, auxílio nas tabelas e com quem sei que posso contar sempre.

À Vânia pela amizade, carinho, auxílio nas coletas de campo, contagem de amostras e disposição em ajudar sempre.

À Paula pela amizade, carinho, coletas de campo, auxílio nas análises e com quem conto sempre.

À Claudinha pela amizade e carinho.

À Eve, pelo carinho e auxílio na confecção de gráficos, tabelas... E especialmente, pelo zelo demonstrado.

Ao Bini pela sugestão das análises numéricas e principalmente paciência pra responder minhas dúvidas.

Ao pessoal do laboratório de limnologia básica pela determinação dos nutrientes da água utilizados neste trabalho.

Às meninas (e menino) do laboratório Carla, Sayuri, Débora, Johannes pelo auxílio nas coletas de campo e disposição para ajudar no que for preciso!

E acima de tudo agradeço a Deus por nos tornar capazes de fazer e me permitir o convívio com pessoas tão especiais.

Sumário

| | |
|---|-----|
| Resumo Geral | i |
| Abstract..... | ii |
| Capítulo I - Variação interanual do fitoplâncton do alto rio Paraná (Porto Rico-PR): Influência do regime hidrossedimentológico e da formação do reservatório de Porto Primavera - Resumo | iii |
| Chapter 1 - Interannual variability of phytoplankton from Upper Paraná River (Porto Rico- PR): Influence of hydrosedimentological regime and the construction of Porto Primavera Dam - Abstract | iv |
| Capítulo II - Variação interanual do fitoplâncton em um sistema rio-lago de inundação (Alto rio Paraná, Brasil) - Resumo | v |
| Chapter II - Interannual variability of phytoplankton in a system of floodplain river-lake (Upper Paraná River, Brazil) – Abstract | vi |
| Capítulo I - INTRODUÇÃO | 1 |
| ÁREA DE ESTUDO | 2 |
| MATERIAL E MÉTODOS..... | 3 |
| Análise dos dados..... | 4 |
| RESULTADOS | 5 |
| Variáveis ambientais | 5 |
| Análise de Componentes Principais..... | 8 |
| Comunidade fitoplanctônica..... | 9 |
| Análise de Correspondência (DCA)..... | 14 |
| Preditores da estrutura fitoplanctônica..... | 16 |
| DISCUSSÃO | 16 |
| REFERÊNCIAS | 22 |
| Capítulo II – INTRODUÇÃO | 25 |

| | |
|---|-----------|
| ÁREA DE ESTUDO | 26 |
| MATERIAL E MÉTODOS..... | 27 |
| Análise dos dados..... | 28 |
| RESULTADOS | 30 |
| Comunidade fitoplanctônica..... | 32 |
| Análise de Correspondência (DCA)..... | 44 |
| Análise de Componentes Principais..... | 46 |
| Preditores da estrutura fitoplanctônica..... | 48 |
| DISCUSSÃO | 50 |
| REFERÊNCIAS | 58 |

Variação interanual da comunidade fitoplanctônica em ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná: influência do regime hidrossedimentológico.

Interannual variability of phytoplankton community in environments from Upper Paraná River floodplain: Influence of hydrosedimentological regime.

Resumo Geral

Este estudo objetivou analisar o paradigma central de que o regime hidrossedimentológico natural do rio Paraná, atua como fator estruturador dos componentes bióticos e abióticos da planície de inundação do alto rio Paraná. Para tanto, foram analisadas séries de dados interanuais da comunidade fitoplanctônica em ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná. Foram avaliadas a riqueza de espécies, densidade e biovolume fitoplanctônico em um período anterior à construção da UHE de Porto Primavera e nos 6 anos seguintes (2000-2005) ao fechamento do reservatório. Foram realizadas análises de regressão múltipla para testar as diferenças entre os períodos e buscar variáveis preditoras da estrutura fitoplanctônica dos ambientes estudados. Este trabalho foi dividido em dois capítulos, sendo o primeiro, intitulado “Variação interanual do fitoplâncton do alto rio Paraná (Porto Rico-PR): Influência do regime hidrossedimentológico e da formação do reservatório de Porto Primavera” no qual foram verificadas modificações da comunidade fitoplanctônica no rio Paraná, em função da formação do reservatório de Porto Primavera e das alterações climáticas ocorridas no decorrer do período estudado (1993-1994 e 2000-2005), especialmente às relacionadas aos fenômenos *La Niña* e *El Niño*. No segundo capítulo intitulado “Variação interanual do fitoplâncton em um sistema rio-lago de inundação (Alto rio Paraná, Brasil)” verificou-se que as alterações na estrutura do fitoplâncton na lagoa dos Patos e no rio Ivinhema estiveram associadas às flutuações no regime hidrossedimentológico dos rios Ivinhema e Paraná, provavelmente, influenciadas pelas fases *La Niña* (2000-2001) e *El Niño* (2003- 2004) Oscilação Sul - ENOS.

Palavras-chave: Fitoplâncton, grupos funcionais, planície de inundação do alto rio Paraná, variabilidade interanual, *El Niño*, *La Niña*

Abstract

Interannual variability of phytoplankton community in environments from Upper Paraná River floodplain: Influence of hydrosedimentological regime.

This study investigated the central paradigm that the natural hydrosedimentological regime of Paraná River, acts as a structuring factor of biotic and abiotic components from Upper Paraná River floodplain. Therefore, we evaluated sets of interannual data of phytoplankton community in environments from this floodplain. Species richness, density and biovolume of phytoplankton were analyzed during a period before the building of Porto Primavera Power Plant and during the following 6 year after the reservoir impoundment (2000-2005). Multiple regression analyses were accomplished to test the differences between periods and to find predictor variables of phytoplankton structure of studied environments. This study was divided into two chapters, the first, entitled “Interannual variability of phytoplankton from Upper Paraná River floodplain (Porto Rico-PR): Influence of hydrosedimentological regime and the construction of Porto Primavera dam”, in which phytoplankton changes in Paraná River were verified, in function of the formation of Porto Primavera Reservoir and the climatic alterations that occurred during the period studied (1993-1994 and 2000-2005), especially those related to *El Niño* and *La Niña* phenomena. In the second chapter entitled “Interannual variation of phytoplankton in a river-flooding lake system (Upper Paraná River, Brazil)”, we verified that the alterations of phytoplankton structure in Patos Lagoon and Ivinhema and Paraná rivers were associated to the fluctuations of hydrosedimentological regime of Ivinhema and Paraná rivers, probably, influenced by the phases *La Niña* (2000-2001) and *El Niño* (2003-2004) Southern Oscillation cycle (ENSO).

Key-words: phytoplankton, functional groups, Upper Paraná River floodplain, interannual variability, *El Niño*, *La Niña*

**Capítulo I - Variação interanual do fitoplâncton do alto rio Paraná (Porto Rico-PR):
Influência do regime hidrossedimentológico e da formação do reservatório de Porto
Primavera - Resumo**

Este estudo avaliou a variação interanual da estrutura fitoplanctônica no alto rio Paraná (Porto Rico-PR), sob a influência das modificações no regime hidrossedimentológico e da formação reservatório de Porto Primavera. Foram avaliadas a riqueza de espécies, densidade e biovolume fitoplanctônico em um período anterior à construção da UHE de Porto Primavera e nos 6 anos seguintes (2000-2005) ao fechamento do reservatório. Foram realizadas análises de regressão múltipla para testar as diferenças entre os períodos e buscar variáveis preditoras da estrutura fitoplanctônica no rio Paraná. O maior número médio de táxons ocorreu em 2001, enquanto que os maiores valores de densidade e biomassa fitoplanctônica ocorreram nos anos de 2003 e 2004, em condições de alta transparência da coluna de água e baixas concentrações de fósforo solúvel reativo e nitrato. Criptofíceas e cianobactérias foram os principais grupos taxonômicos após a formação do reservatório. Os grupos funcionais fitoplanctônicos **Y** (*Cryptomonas* spp.) e **Z** (*Synechocystis aquatilis*) foram os principais grupos em densidade e os grupos funcionais **M** (*Radiocystis fernandoi*) e **H2** (*Anabaena planctonica*) foram responsáveis pelos maiores valores de biovolume. Os grupos funcionais **Z** e **M** apresentaram maior contribuição no período posterior a formação do reservatório de Porto Primavera. Diferenças significativas entre os períodos ocorreram quanto à riqueza e densidade total e de bacilariofíceas. A variabilidade interanual do fitoplâncton no rio Paraná foi provavelmente influenciada pelas modificações no regime hidrossedimentológico do rio Paraná sob influência de mudanças climáticas e procedimentos operacionais dos reservatórios situados a montante.

Palavras-chave: Fitoplâncton, grupos funcionais, alto rio Paraná, variabilidade interanual

**Chapter 1 - Interannual variability of phytoplankton from Upper Paraná River
(Porto Rico-PR): Influence of hydrosedimentological regime and the construction of
Porto Primavera Dam - Abstract**

This study evaluated the influence the interannual variation of phytoplankton structure in the Upper Paraná River (Porto Rico-PR) under changes of hydrosedimentological regime resulting from climatic variability and formation of Porto Primavera Reservoir. Phytoplankton species richness, density and biovolume were investigated in this river during a period before the creation of Porto Primavera UHE and during 6 years following (2000-2005) the reservoir damming. Multiple analyses were performed to test the differences between periods and to find predictor variables of phytoplankton structure in Paraná River. The highest mean number of taxa occurred in 2001, whereas higher density values and phytoplankton biomass were verified in 2003 and 2004, in conditions of high water transparence and low concentrations of reactive soluble phosphorus and nitrate. Cryptophyceae and Cyanobacteria were the principal taxonomic groups after reservoir creation. Phytoplankton functional groups **Y** (*Cryptomonas* spp.) and **Z** (*Synechocystis aquatilis*) were the principal groups in density, and the functional groups **M** (*Radiocystis fernandoi*) and **H2** (*Anabaena planctonica*) were responsible for the highest biovolume values. Functional groups **Z** and **M** presented greater contribution during the period after the formation of Porto Primavera Reservoir. Significant differences between periods occurred for Bacillariophyceae species richness, which presented lower contribution when compared to the period from March 1993 to February 1994. The interannual variability of phytoplankton in Paraná River was probably influenced by changes in hydrosedimentological regime under influence of climatic variations and operational procedures of upstream reservoirs.

Key-words: Phytoplankton, functional groups, Upper Paraná River, interannual variability

Capítulo II - Variação interanual do fitoplâncton em um sistema rio-lago de inundação (Alto rio Paraná, Brasil) - Resumo

Este estudo avaliou as variações interanuais da riqueza de espécies, biomassa (biovolume) e grupos funcionais fitoplanctônicos em um sistema rio-lago de inundação, localizados na planície de inundação do alto rio Paraná – MS, com ênfase nas diferenças na estrutura da comunidade fitoplanctônica ocorridas nos períodos de 1993-1994 e 2000-2004. Foram realizadas análises multivariadas para buscar variáveis com potencial de prever a riqueza e a biomassa fitoplanctônica no rio Ivinhema e lagoa dos Patos. Foram verificadas variações significativas dos atributos fitoplanctônicos nos dois ambientes estudados entre os períodos analisados. Registrou-se maior contribuição de cianobactérias heterocitadas no ano de 1993 (grupo funcional **H2**), e bacilariofíceas (**MP**) e picocianobactérias (**X2**) nos anos de 2000 a 2002 na lagoa dos Patos. No rio Ivinhema, o grupo funcional **MP** foi o que apresentou maior contribuição à biomassa fitoplanctônica. Os menores valores de biomassa na lagoa dos Patos ocorreram nos anos de 2003 e 2004, enquanto que no rio Ivinhema os menores valores ocorreram em 2000 e 2001. Os resultados das análises de regressão múltipla sugerem que as alterações na estrutura do fitoplâncton na lagoa dos Patos e no rio Ivinhema estiveram associadas às flutuações no regime hidrossedimentológico dos rios Ivinhema e Paraná, provavelmente influenciadas pelas fases *La Niña* (2000-2001) e *El Niño* (2003- 2004) Oscilação Sul - ENOS.

Palavras-chave: Fitoplâncton, grupos funcionais, planície de inundação do alto rio Paraná, rio Ivinhema, variabilidade interanual

Chapter II - Interannual variability of phytoplankton in a system of floodplain river-lake (Upper Paraná River, Brazil) – Abstract

This study evaluated the interannual variations of phytoplankton species richness, biomass (biovolume) and functional groups in a system of floodplain river-lagoon, located in Upper Paraná River floodplain – MS, emphasizing the differences on structure of phytoplankton community which occurred in 1993-1994 and 2000-2004 periods. Multivariate analyses were carried out to find variables with potential to predict the phytoplankton species richness and biovolume in Ivinhema River and Patos Lagoon. Significant variations of phytoplankton attributes were verified in both studied environments between the periods. It was record higher contribution of heterocytous Cyanobacteria in 1993 (functional group **H2**), and Bacillariophyceae (**MP**) and picocyanobacteria (**X2**) from 2000 to 2002 in Patos Lagoon. The functional group **MP** showed higher contribution to phytoplankton biomass in Ivinhema River. The lower values of biomass occurred in 2003 and 2004 in Patos lagoon, whereas in Ivinhema River the lower values were observed in 2000 and 2001. Results from multiple regression analyses suggest that alterations in structure of phytoplankton assemblages in Patos Lagoon and Ivinhema River were associated to fluctuations in hydrosedimentological regime of the Ivinhema and Paraná rivers, probably influenced by phasis *La Niña* (2000-2001) and *El Niño* (2003-2004) Southern Oscillation –ENSO cycle.

Key-words: Phytoplankton, functional groups, Upper Paraná River floodplain, Ivinhema River, interannual variability.

Capítulo I - INTRODUÇÃO

Alterações nos regimes hidrossedimentológicos (sensu Neiff, 1996) dos rios provocam, em geral, efeitos significativos nesses ecossistemas. Mudanças no regime hidrológico natural, através de operação de barragens situadas a montante, estão entre as principais alterações antropogênicas em planícies de inundação, as quais são retentoras de sedimentos e nutrientes (Agostinho et al., 1995; Thomaz et al., 2004; Souza Filho et al., 2004). Os efeitos, a jusante, dos reservatórios em cascata localizados no alto rio Paraná, foram intensificados após a formação do reservatório de Porto Primavera (Thomaz et al., 2004; Souza Filho et al., 2004), sendo registrado um acentuado aumento da transparência da água, redução nas concentrações de fósforo e velocidade de corrente do rio Paraná. Apesar dos inúmeros barramentos existentes na bacia deste rio (Agostinho et al., 1995) e dos graves impactos destes sobre o sistema fluvial a jusante (Souza Filho et al., 2004), estudos enfocando a influência destes sobre o potamoplâncton, são escassos.

As condições hidrodinâmicas que se estabelecem após a formação de reservatórios, aliadas ao aumento das concentrações de nutrientes, devido à decomposição da vegetação inundada e de aportes, a montante, favorecem o desenvolvimento algal (Train et al., 2005), e esta biomassa pode ser exportada para o trecho a jusante dos mesmos (Silva et al., 2001).

Por outro lado, a variabilidade climática, a qual é influenciada pelo ciclo do *El Niño*-Oscilação Sul (ENOS), caracterizado por flutuações entre condições de aquecimento anômalo (*El Niño*) e esfriamento (*La Niña*) das águas superficiais do pacífico tropical (McPhaden et al., 2006) também deve ser considerada para explicar as alterações no regime hidrossedimentológico dos rios (Amarasekera et al., 1997). Nas duas últimas décadas tem sido analisada a influência das variações ocorridas no regime hidrossedimentológico sobre o fitoplâncton do rio Paraná (Zalocar de Domitrovic, 1999; Train & Rodrigues, 2004, dentre outros). O efeito de vazões extremas foi estudado em períodos de inundação sob influência do evento *El Niño* (Garcia de Emiliani & Devercelli, 2003; Train & Rodrigues, 2004) e em período de seca, sob influência de *La Niña* (Devercelli, 2006).

Este trabalho visa avaliar as flutuações interanuais do fitoplâncton no rio Paraná após a formação do reservatório de Porto Primavera, em comparação com um período anterior a formação do mesmo, o qual abrangeu um ciclo hidrológico completo, bem como

avaliar a influência de variáveis ambientais sobre esta comunidade, tendo como hipótese de que a diminuição nos valores de nível hidrométrico e vazão do rio Paraná aumentam os valores de riqueza, densidade e biomassa fitoplanctônica no mesmo.

ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi desenvolvido no rio Paraná (alto rio Paraná), Município de Porto Rico- PR (22°43' S; 53°13' W) (Figura 1). O rio Paraná apresenta largura variada, com a presença de ilhas e barras. Sua profundidade máxima pode superar 15 metros, e na área amostrada apresentou profundidade média de 4,0 metros. Nessa área de estudo, o rio Paraná possui uma ampla planície adjacente, transformada na Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná (APA), devido a sua importância como local representativo de um ecossistema rio-planície de inundação. Esta APA abrange todo o remanescente ainda não represado da Planície de Inundação do Alto Rio Paraná, que se estende desde a foz do rio Paranapanema até o início do reservatório de Itaipu, onde se posicionavam as antigas e extintas Sete Quedas (22° 45' S; 53° 30' W). A região incluída no sítio número 6 ocupa praticamente a metade superior da APA, ou seja, 526.752 ha dos 1.000.310 ha dessa unidade de conservação.

A velocidade de fluxo do rio Paraná no período de 1993-94 foi de aproximadamente 0,88 m.s⁻¹ e no ano de 2000 a 2006 foi de aproximadamente 0,60 m.s⁻¹. O reservatório de Porto Primavera apresenta área de 2.250km², volume de 18.500 10⁶m³, vazão média anual de 7.066m³.s⁻¹ e tempo teórico de residência da água de 33 dias (Souza Filho *et al.*, 2004).

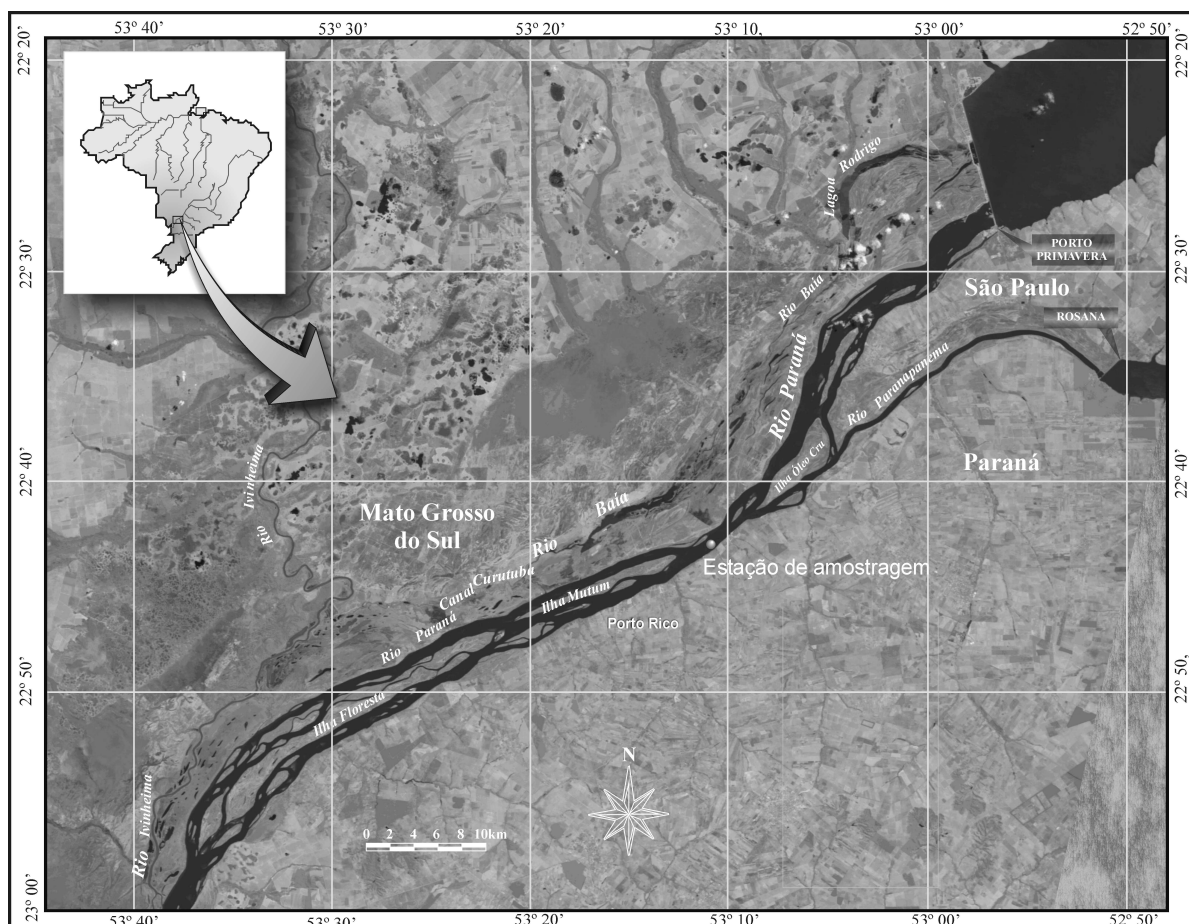


Figura 1 – Imagem de satélite (LANDSAT 7 – ETM 1999) da planície de inundação do alto rio Paraná e localização da estação de amostragem no rio Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostragens foram realizadas diretamente com frascos à subsuperfície (20 cm de profundidade), à margem direita do rio Paraná, sendo mensais no período de março de 1993 a fevereiro de 1994, trimestrais nos anos de 2000, 2002, 2004 e 2005 e semestrais nos anos de 2001 e 2003. As variáveis limnológicas e atributos fitoplanctônicos analisados e suas respectivas metodologias estão listadas na Tabela 1. Os táxons fitoplanctônicos com contribuição acima de 10% para a biomassa fitoplanctônica total por amostra foram enquadrados em grupos funcionais (Reynolds, 1997; Reynolds et al., 2002; Padisák et al., 2006).

Tabela 1. Variáveis limnológicas e atributos fitoplanctônicos determinados e respectivas metodologias.

| Variáveis | Método | Autor |
|---|--|--|
| Temperatura do ar (t. ar) | Termômetro | |
| Temperatura da água (t. H ₂ O) | Termistor acoplado a oxímetro | |
| Oxigênio dissolvido (O ₂) | Oxímetro YSI | |
| Transparência (Transp.) | profundidade do disco de Secchi | |
| Condutividade elétrica (Cond.) | potenciômetros digitais portáteis | |
| pH | potenciômetros digitais portáteis | |
| Fósforo total (PT) | | Golterman et al. (1978) |
| Fósforo solúvel reativo (PSR) | | Golterman et al. (1978) |
| Nitrogênio total Kjeldahl (NKT) | | Mackereth et al. (1978) |
| Nitrato (NO ₃) | | Giné et al. (1980) |
| Amônio (NH ₄) | | Mackereth et al. (1978) |
| Riqueza de espécies | Número de táxons por amostra quantitativa | |
| Densidade fitoplanctônica (ind.mL ⁻¹) | Contagem em campos aleatórios (média de 100 campos por amostra), em microscópio invertido. | Utermöhl (1958) e APHA (1995) |
| Biomassa fitoplanctônica | Biovolume fitoplanctônico (mm ³ .L ⁻¹) obtido por meio da multiplicação da densidade populacional pelo volume dos indivíduos. | |
| Volume celular (µm ³) | Fórmulas estereométricas adequadas à forma das células algais | Edler (1979); Wetzel & Likens (2000) |
| Nível fluviométrico e precipitação pluviométrica (Porto São José) | | Fornecidos por ANA e Itaipu Binacional |

Análise dos dados

As variáveis abióticas foram sintetizadas utilizando-se uma Análise de Componentes Principais (PCA). Para esta análise foram utilizados os valores médios dos níveis fluviométricos do rio Paraná referentes aos quatorze dias que precederam as coletas e o total da precipitação dos dois dias anteriores à coleta. Para reduzir a dimensionalidade dos dados de composição de espécies (biovolume e densidade), foi realizada Análise de Correspondência com remoção do efeito do arco ("Detrended Correspondence Analysis"-DCA) (Jongman et al., 1995).

Foram realizadas análises de regressão múltipla para identificar os fatores abióticos intervenientes na estrutura do fitoplâncton no rio Paraná. As seguintes variáveis respostas (Y_i) foram utilizadas: riqueza, densidade e biomassa total e dos principais grupos fitoplanctônicos e os dois primeiros eixos da DCA. Os dois primeiros componentes principais foram utilizados como co-variáveis (P_1 : eixo 1 e P_2 : eixo 2). Os períodos de 1993-1994 (antes da formação do reservatório de Porto Primavera) e 2000-2005 (após a formação do reservatório de Porto Primavera) foram incluídos como uma variável modelo "dummy" (I) (0 = antes; 1 = após) nos modelos de regressão para testar se as relações (variáveis respostas em função do tempo) foram mantidas considerando os dois períodos. Foi criada uma variável "tempo" (t), respeitando a escala cronológica (coletas mensais: 1 a 12; bimestrais: 14, 16, 18 e assim sucessivamente). O modelo foi ajustado de acordo com a

equação $Y = \text{constante geral} + (b_1P_1) + (b_2P_2) + (b_3t) + (b_4I) + [(b_5(It))]$. Os resultados foram interpretados da seguinte forma: b_4 mostrou se houve alteração do nível médio da série; b_5 (criada previamente, multiplicando-se I por t), testou se a intervenção (barramento de Porto Primavera) alterou a tendência da série no período após a formação do reservatório (2000-2005), quando comparado com o período anterior (1993-1994); as estatísticas b_1 e b_2 mediram a influência dos fatores ambientais, sintetizados pelo primeiro e segundo eixo da PCA, respectivamente e b_3 avaliou a existência de alguma relação com o tempo antes da intervenção.

Os resíduos foram analisados para verificar se os pressupostos da análise (distribuição normal e homogeneidade de variâncias) foram atendidos. Considerando que os dados foram coletados ao longo do tempo verificou-se um outro pressuposto, a autocorrelação temporal (correlação serial), por meio da estatística de Durbin-Watson.

Foi calculado o coeficiente de variação anual e mensal (%) da precipitação e do nível hidrométrico do rio Paraná, para inferir sobre a influência da variabilidade destas variáveis sobre o fitoplâncton.

As análises de regressão linear múltipla foram realizadas utilizando o programa Statistica versão 7.1 (StatSoft Inc., 2005), enquanto que as multivariadas (PCA e DCA) foram feitas utilizando-se o programa Pc-ord (McCune & Mefford, 1999).

RESULTADOS

Variáveis ambientais

Os maiores valores mensais de precipitação acumulada ocorreram no mês de outubro de 1993 (Figura 2). Os maiores valores médios anuais de precipitação ocorreram nos anos de 2000, 2001 e 2003. O ano de 2000 apresentou valores máximos diários de 103,8 mm e o maior valor de coeficiente de variação, devido à ausência de chuvas em muitos dias do ano. As menores médias anuais ocorreram em 2002 e 2005 (Figura 2). O maior valor médio anual do nível hidrométrico do rio Paraná ocorreu em 1993 (3,52 m) e os menores em 2001 (2,14 m) e 2002 (2,67 m). A variabilidade anual do nível hidrométrico do rio Paraná (CV) foi alta principalmente nos anos de 2001 (29,5%) e 2005 (33%). A menor variabilidade anual ocorreu nos anos de 2000 (CV = 14%) e 2004 (CV = 16%)

(Figura 2). Os níveis hidrométricos do rio Paraná foram inferiores a 3,5 m em quase todos os períodos de coleta após o ano 2000. Os valores médios, considerando os 14 dias anteriores à coleta, foram superiores a 3,5 m somente nos meses de março de 1993, fevereiro de 2002 e fevereiro de 2003. Os menores valores médios ocorreram em agosto de 2001 (1,6 m) e 2002 (2,3 m) e setembro de 2005 (2,2 m). A vazão do rio Paraná foi alta durante todo o período estudado (Figura 1). Os maiores valores médios foram registrados nos anos de 1993 ($9402 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) e 2005 ($8321 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), nos quais também ocorreu a maior variabilidade ($\text{CV} > 26\%$) devido às altas vazões registradas nos meses chuvosos.

A temperatura do ar foi maior no ano de 2004, com coeficiente de variação de 12%. Os menores valores ocorreram nos anos de 1993, 2002 e 2005 (Tabela 2). A temperatura média mensal da água do rio Paraná teve pouca variação entre os anos amostrados. O mesmo foi observado para a variação interanual dos valores de condutividade elétrica, que também não mostrou nítida sazonalidade ($\text{CV} < 20\%$), sendo a maior variabilidade registrada nos anos de 2001 e 2005 nos quais houve maior diferença entre os períodos de maior e menor nível fluviométrico.

O pH apresentou valores em torno de 7,0 em todos os anos, sendo o maior valor em março de 2004 (8,2) e setembro de 2003 (7,7). A transparência da água foi maior nos anos de 2004 e 2005. A concentração de material em suspensão apresentou nítida redução após a formação do reservatório de Porto Primavera. O mesmo foi registrado para as concentrações de NT e PT. Foram registrados os maiores valores nos meses de fevereiro de 1994, setembro e dezembro de 2005 e os menores nos anos de 2001 e 2004. As concentrações de NO_3 e PSR foram maiores no ano de 2000 e 2001. De forma geral, as maiores concentrações de nutrientes ocorreram nos meses mais chuvosos (Tabela 2).

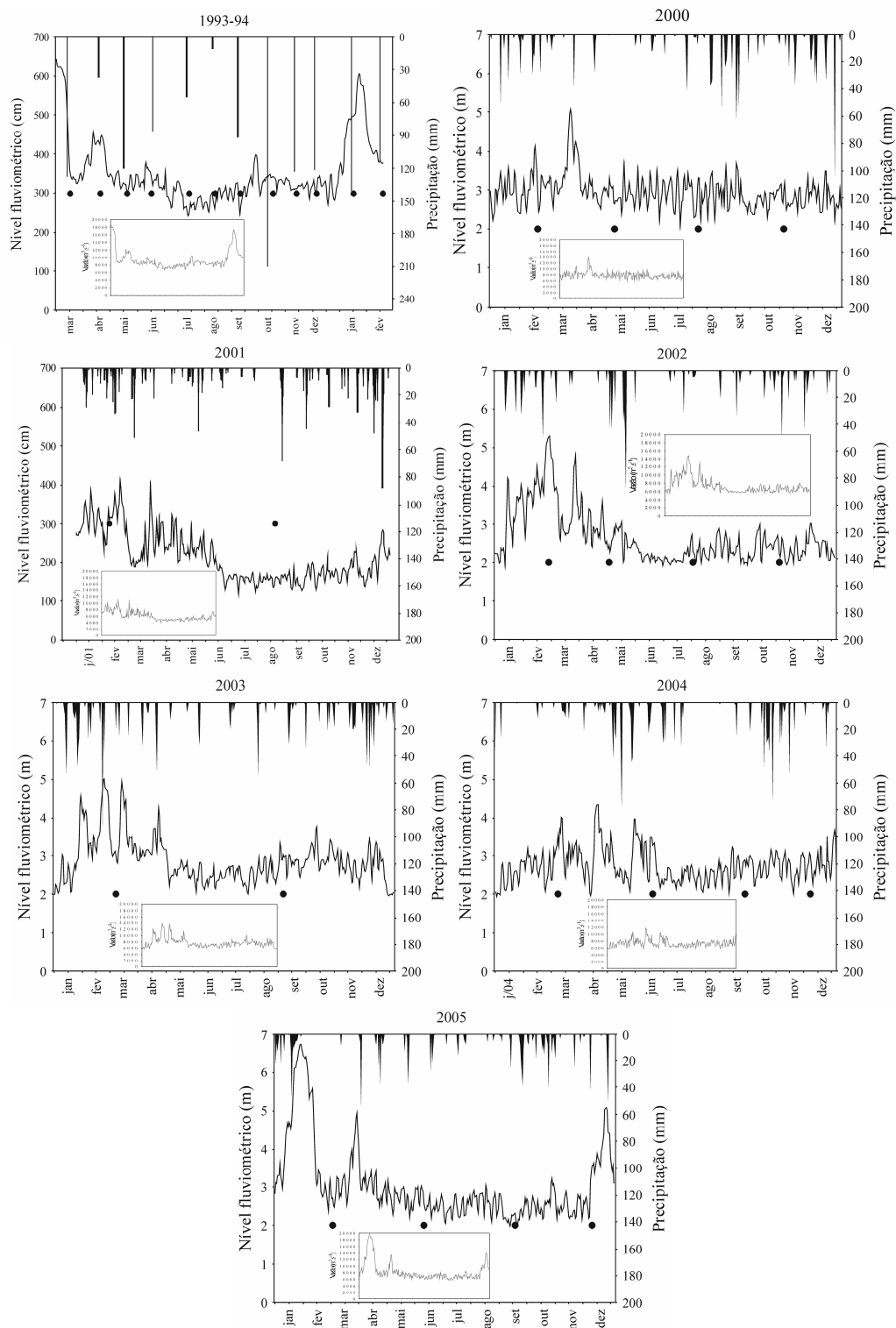


Figura 2 – Variação diária do nível hidrométrico (linha), vazão (gráfico menor) e precipitação (barras) na estação localizada em Porto São José, nos anos de 1993-94 e 2000 - 2005. (Para o período de março de 1993 a fevereiro de 1994 são apresentados os valores totais mensais de precipitação).

Tabela 2 - Valores mínimos e máximos e coeficiente de variação (%) da temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$), matéria em suspensão (mg.L^{-1}), transparência (m), NO_3 ($\mu\text{g.L}^{-1}$), NH_4 ($\mu\text{g.L}^{-1}$), NT ($\mu\text{g.L}^{-1}$), PSR ($\mu\text{g.L}^{-1}$), PT ($\mu\text{g.L}^{-1}$) no rio Paraná, nos períodos de março de 1993- fevereiro de 1994 e 2000 - 2005. (Ver legenda Tabela 1). Para os anos de 2001 e 2003 são apresentados os valores absolutos.

| | 1993-94 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|---------------|--------------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| PROF | (2,6 - 5,2; 23%) | (3,5 - 5,0; 15%) | (2,0 - 3,5; 39%) | (2,5 - 2,6; 3%) | (3,7 - 3,7; 0%) | (3,4 - 4,0; 11%) | (3,0 - 3,6; 12%) |
| T. ar | (14,0 - 29,5; 23%) | (17,7 - 26,4; 17%) | (29,6 - 30,8; 3%) | (13,5 - 30,0; 30%) | (25,6 - 102,0; 85%) | (24,8 - 32,6; 12%) | (13,7 - 27,0; 32%) |
| T. H2O | (20,1 - 29,2; 23%) | (19,7 - 27,2; 14%) | (21,5 - 29,2; 21%) | (19,2 - 27,8; 16%) | (21,0 - 29,4; 24%) | (19,7 - 28,6; 15%) | (20,5 - 27,9; 14%) |
| pH | (6,9 - 7,5; 2%) | (7,1 - 7,2; 0%) | (7,0 - 7,1; 1%) | (7,0 - 7,4; 3%) | (7,0 - 7,7; 7%) | (6,8 - 8,2; 9%) | (7,1 - 7,5; 2%) |
| Cond. | (50,0 - 62,0; 6%) | (53,0 - 60,5; 6%) | (49,0 - 59,8; 14%) | (51,3 - 63,4; 9%) | (52,7 - 58,7; 8%) | (52,0 - 58,5; 5%) | (55,6 - 69,5; 10%) |
| Secchi | (0,5 - 1,8; 33%) | (1,5 - 3,4; 42%) | (1,7 - 2,0; 11%) | (1,6 - 2,7; 22%) | (1,5 - 3,0; 49%) | (1,7 - 4,0; 34%) | (2,2 - 3,6; 24%) |
| MST | (3,1 - 34,8; 67%) | (32% (160,0 - 460,0; 30%) | (37% (252-342,3; 219,8 -543,8; %) | (48% (182,3 - 295,6; 19%) | (51% (257,3 - 258,9; 0%) | (49% (165,0 - 261,2; 19%) | (41% (241,6 - 745,0; 56%) |
| NT | | (15% (160,1 - 229,0; 15%) | (11% (1,4 - 1,4; 0%) | (119,5 - 195,5; 21%) | (104,7 - 155,2; 27%) | (14,4 - 172,3; 65%) | (101,7 - 162,0; 20%) |
| NO3 | - | (0,5 - 3,4; 112%) | (0,0- 3,8) | (1,8 - 16,9; 74%) | (4,8 - 5,6; 10%) | (9,7 - 15,5; 20%) | (2,4 - 36,6; 126%) |
| NH4 | - | (0,0 - 5,0; 200%) | (8,1 - 8,1; 0%) | (2,1 - 5,1; 42%) | (3,5 - 4,8; 23%) | (1,0 - 5,5; 61%) | (1,0 - 4,5; 60%) |
| PSR | - | (3,3 - 46,6; 111%) | (2,5 - 13,2; 96%) | (9,8 - 15,2; 18%) | (14,8 - 15,6) | (9,9 - 18,2; 26%) | (3,9 - 13,2; 47%) |
| PT | (4,9 - 36,8; 57%) | | | | | | |

- ausência de dados

Análise de Componentes Principais

Os dois primeiros eixos gerados pela análise de componentes principais explicaram 52% da variabilidade total dos dados no rio Paraná. O eixo 1 foi influenciado positivamente pela condutividade elétrica (0,33) e transparência da água (0,43) e negativamente pela temperatura da água (-0,37), nível fluviométrico (-0,47), vazão (-0,35) e PT (-0,35), e discriminou, à esquerda do diagrama, os meses com maiores valores de nível fluviométrico, temperatura da água, vazão e PT e à direita, os meses com maiores valores de condutividade e transparência da água (Figura 3). As variáveis que estiveram mais correlacionadas com o eixo 2 foram precipitação (-0,51) e nitrogênio total (-0,69), as quais influenciaram a discriminação principalmente dos meses com os maiores níveis fluviométricos no período anterior à formação do reservatório de Porto Primavera.

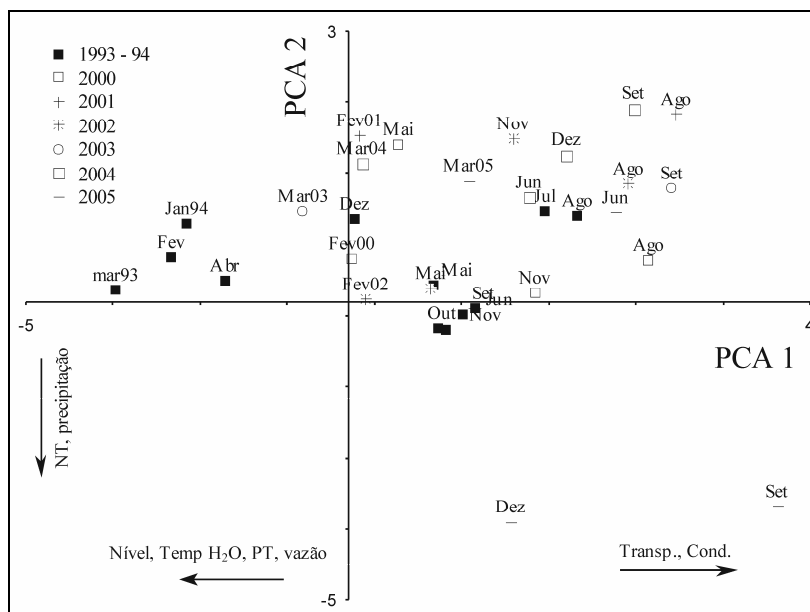


Figura 3 – Dispersão dos escores estações-meses ao longo dos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais, realizada para as variáveis abióticas obtidas no rio Paraná.

Comunidade fitoplanctônica

A comunidade fitoplanctônica do alto rio Paraná esteve constituída por 161 táxons (Tabela 3). Os valores médios de riqueza de espécies foram menores nos anos subsequentes à formação do reservatório de Porto Primavera (Figura 4a). O contrário foi registrado para a densidade e biovolume, que apresentaram os maiores valores médios no ano de 2003 e 2004, anos nos quais também se registrou a maior variabilidade destes dados. Os menores valores médios e a menor variabilidade dos valores de densidade ocorreram nos anos de 1993 e 2000 e os menores valores médios de biovolume ocorreram nos anos de 1993, 2000 e 2005 (Figuras 4 b, c). Os valores destes atributos foram em geral baixos, sendo inferiores a 300 ind.mL^{-1} em 54% dos meses (Figura 5 b) e a $1 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$ em 89% dos meses (Figura 5 c), respectivamente.

Chlorophyceae e Bacillariophyceae foram os grupos melhores representados quanto ao número de táxons no período de 1993-1994 (Figura 5a). Nos anos de 2000-2005, houve menor contribuição de diatomáceas à riqueza total, e maior contribuição das cianobactérias. Bacillariophyceae, Chlorophyceae e Cryptophyceae apresentaram maior contribuição à densidade e biovolume no período de março de 1993 a fevereiro de 1994. A partir do ano 2000, houve uma tendência de alternância de dominância em densidade, principalmente entre Cryptophyceae e Cyanobacteria (Figura 5 b). Os grupos funcionais

fitoplanctônicos registrados foram **Y** (Cryptophyceae), **MP** e **C** (Bacillariophyceae), **H1**, **H2**, **M** e **Z** (Cyanobacteria) e **J**, **F** e **X1** (Chlorophyceae) (Tabela 4).

Tabela 3 – Táxons fitoplanctônicos registrados na estação estudada no rio Paraná, durante o período de fevereiro de 2000 a dezembro de 2005.

| BACILLARIOPHYCEAE | |
|--|--|
| <i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn. | <i>Gyrosigma</i> sp. |
| <i>Amphipleura lindheimeri</i> Grun. | <i>Hantzschia amphyoaxis</i> (Ehr.) Grun. |
| <i>Aulacoseira ambigua</i> (Grun.) Sim. var. <i>ambigua</i> | <i>Navicula pupula</i> Kütz. |
| <i>Aulacoseira ambigua</i> (Grun.) Sim. var. <i>ambigua</i> f. <i>spiralis</i> Ludw. | <i>Navicula schroeterii</i> Meist. |
| <i>Aulacoseira distans</i> (Ehr.) Sim. | <i>Navicula</i> sp. |
| <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim. | <i>Navicula</i> sp. 1 |
| <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>granulata</i> | <i>Nitzschia acicularis</i> (Kütz.) W. Sm. |
| <i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemm.) Sim. | <i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Sm. |
| <i>Cocconeis</i> sp. | <i>Nitzschia tubicola</i> Grun. |
| <i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz. | <i>Nitzschia</i> sp. |
| <i>Cyclotella</i> sp. | <i>Pinnularia</i> sp. 1 |
| <i>Cymbella affinis</i> Kütz. | <i>Surirella</i> sp. |
| <i>Cymbella</i> sp. | <i>Synedra</i> sp. |
| <i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grun.) Holk & Klee | <i>Synedra</i> sp. 2 |
| <i>Eunotia didyma</i> Grun. | <i>Thalassiosira</i> sp. |
| <i>Eunotia</i> sp. | <i>Thalassiosira weissflogii</i> (Grun.) G. Fryxell & Hasle |
| <i>Fragilaria capucina</i> Desm. | <i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch.) Comp. |
| <i>Fragilaria</i> sp. | <i>Urosolenia eriensis</i> (H. L. Sm.) Round & Craw. |
| <i>Gomphonema augur</i> Ehr. | <i>Urosolenia longiseta</i> (Zach.) Round & Craw. |
| <i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz. | Pennales não identificada |
| CYANOBACTERIA | |
| <i>Anabaena circinalis</i> Rab. | <i>Chroococcus</i> sp. |
| <i>Anabaena planctonica</i> Brun. | <i>Coelosphaerium confertum</i> W. West & G.S. West |
| <i>Anabaena solitaria</i> Kom. | <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (W.) Seen. & Sub. Rajú |
| <i>Aphanocapsa delicatissima</i> W. et G. S. West | <i>Geitlerinema splendidum</i> (Grev. ex Gom.) Anag. |
| <i>Aphanocapsa holsatica</i> (Lemm.) Cronb. & Kom. | <i>Pseudanabaena mucicola</i> (Hüb.-Pest. & Naum.) Bourr. |
| <i>Aphanocapsa incerta</i> (Lemm.) Cronb. & Kom. | <i>Radiocystis fernandoii</i> Kom. & Kom.-Legn. |
| <i>Aphanocapsa koordersii</i> Ström | <i>Rhabdoderma</i> sp. |
| <i>Aphanocapsa</i> sp. | <i>Rhabdogloea smithii</i> (R. et al. F. Chod.) Kom. |
| <i>Aphanothece</i> sp. | <i>Synechococcus</i> sp. |
| <i>Chroococcus dispersus</i> (Keissler) Lemm. | <i>Synechocystis aquatilis</i> Sauv. |
| <i>Chroococcus limneticus</i> Lemm. | |
| CHLOROPHYCEAE | |
| <i>Actinastrum gracillimum</i> G. M. Smith | <i>Monoraphidium arcuatum</i> (Kors.) Hind. |
| <i>Actinastrum hantzschii</i> Lag. | <i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom. – Legn. |
| <i>Ankyra judayi</i> (G.W. Smith) Fott | <i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Kom.-Legn. |
| <i>Botryococcus braunii</i> Kütz. | <i>Monoraphidium irregulare</i> (G. M. Sm.) Kom.-Legn. |
| <i>Chlamydomonas</i> sp. | <i>Monoraphidium minutum</i> (Näg.) Kom.-Legn. |
| <i>Closteriopsis</i> sp. | <i>Monoraphidium pusillum</i> (Prin.) Kom.-Legn. |
| <i>Coelastrum reticulatum</i> (Dang.) Senn. | <i>Monoraphidium tortile</i> (W. & G.S. West) Kom.- Legn. |
| <i>Coenochloris hindakii</i> Kom. | <i>Nephrocystium limneticum</i> (Sm.) Kuetz. |
| <i>Coenochloris planconvexa</i> Hind. | <i>Nephrocystium</i> sp. |
| <i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.) W. & G. S. West | <i>Oocystis lacustris</i> Chod. |
| <i>Crucigeniella pulchra</i> (West. et G. S. West.) Kom. | <i>Oscillatoria</i> sp. |
| <i>Crucigeniella</i> sp. | <i>Paradoxia multiseta</i> Swir. |
| <i>Desmodesmus armatus</i> (Chod.) Hegew. | <i>Pediastrum duplex</i> Mey. |
| <i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>bicaudatus</i> (Gugl.) Hegew. | <i>Pediastrum tetras</i> (Ehr.) Ralfs |
| <i>Desmodesmus opoliensis</i> (P. Richt.) Hegew. | <i>Planktolynghya limnetica</i> (Lemm.) Kom.-Legn. & Cronb. |
| <i>Desmodesmus</i> sp. | <i>Planktothrix agardhii</i> (Gom.) Anag. & Kom. |
| <i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Næg. | <i>Pseudanabaena moniliformis</i> Kom. & Kling |
| <i>Dictyosphaerium elegans</i> Bachm. | <i>Quadrigula closterioides</i> (Bohl.) Printz |
| <i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood | <i>Rhombocystis</i> sp. |
| <i>Eutetramorus fottii</i> (Hind.) Kom. Sensu Kom. | <i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chod. |
| <i>Eutetramorus</i> sp. | <i>Scenedesmus acunae</i> Com. |
| <i>Fusola</i> sp. | <i>Scenedesmus ecornis</i> var. <i>ecornis</i> (Ehr. ex Ralfs) Chod. |
| <i>Geitlerinema</i> sp. | <i>Scenedesmus linearis</i> Kom. |

| | |
|---|--|
| <i>Golenkinia radiata</i> Chod. | <i>Schroederia antillarum</i> Kom. |
| <i>Lagerheimia</i> sp. | <i>Schroederia setigera</i> (Schröd.) Lemm. |
| <i>Lyngbya</i> sp. | <i>Schroederia</i> sp. |
| <i>Merismopedia glauca</i> (Bréb.) | <i>Selenastrum gracile</i> Reins. |
| <i>Merismopedia tenuissima</i> Lemm. | <i>Spermatozopsis exsultans</i> Kors. |
| <i>Merismopedia</i> sp. | <i>Sphaerellopsis agloe</i> Pascher |
| <i>Micractinium bornhemiense</i> (Conr.) Kors. | <i>Tetraselmis</i> sp. |
| <i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz. | <i>Tetrastrum komarekii</i> Hind. |
| <i>Microcystis smithii</i> Kom. & Anag. | <i>Treubaria triappendiculata</i> Bern. |
| <i>Microcystis</i> sp. | Chlorococcales colonial não identificada |
| CHRYSOPHYCEAE | |
| <i>Dinobryon divergens</i> Imh. | <i>Mallomonas</i> sp. |
| <i>Kephyrion littorale</i> Pas. | Chrysophyceae perifítica não identificada |
| <i>Kephyrion</i> sp. | |
| EUGLENOPHYCEAE | |
| <i>Euglena</i> sp. | <i>Trachelomonas curta</i> Cunha emend. Defl. |
| <i>Lepocinclis ovum</i> (Ehr.) Lemm. | <i>Trachelomonas scabra</i> Playf. |
| <i>Lepocinclis spirogyra</i> var. <i>spirogyra</i> Ehr. | <i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swir. |
| <i>Strombomonas fluviatilis</i> (Lemm.) Defl. | <i>Trachelomonas</i> sp. |
| CRYPTOPHYCEAE | |
| <i>Chroomonas acuta</i> Uterm. | <i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja |
| <i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, Bic. & Bic. | <i>Cryptomonas</i> sp. |
| <i>Cryptomonas curvata</i> Ehr. emend. Pen. | |
| ZYGNEMAPHYCEAE | |
| <i>Closterium</i> sp. | <i>Staurastrum leptocladum</i> Nordst. |
| <i>Cosmarium</i> sp. | <i>Staurastrum</i> sp. |
| <i>Gonatozygon pilosum</i> Wolle | <i>Staurodesmus lobatus</i> (Borg.) Bourr. |
| <i>Hyalotheca dissiliens</i> Bréb. ex Ralfs | <i>Staurodesmus triangularis</i> (Lagerh.) Teil. |
| <i>Spirogyra</i> sp. | <i>Staurodesmus</i> sp. 1 |
| DINOPHYCEAE | |
| <i>Gymnodinium</i> sp. | <i>Peridinium</i> sp. 1 |
| <i>Peridinium</i> sp. | |
| XANTHOPHYCEAE | |
| <i>Centritractus belenophorus</i> Lemm. | <i>Tetraplektron torsum</i> (Skuja) Dedus. Scæg. |
| <i>Pseudostaurastrum enorme</i> (Ralfs) Chod. | |

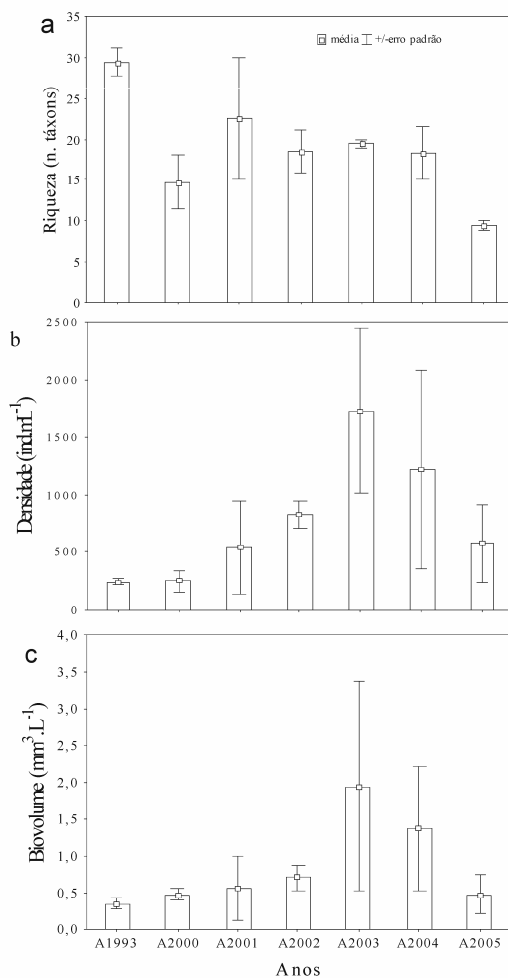


Figura 4 – Variação interanual dos valores médios de riqueza de espécies (a), densidade (b) e biovolume fitoplancônico (c) no rio Paraná, em um período anterior (março de 1993 a fevereiro de 1994) e posterior (2000-2005) à formação do reservatório de Porto Primavera. (A = ano).

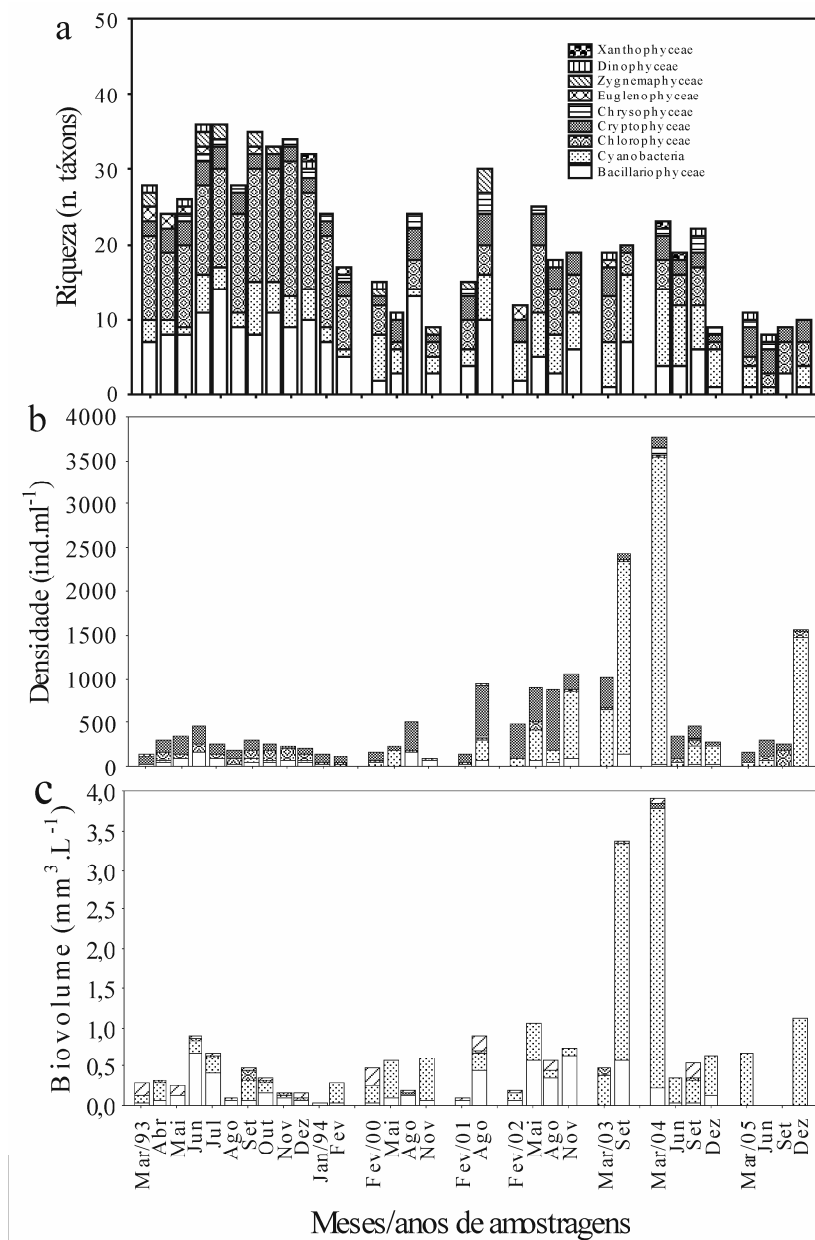


Figura 5 - Variação interanual da riqueza (a), densidade (b) e biovolume (c) dos grupos fitoplanctônicos no rio Paraná, em um período anterior (março de 1993 a fevereiro de 1994) e posterior (2000-2005) à formação do reservatório de Porto Primavera.

Tabela 4 - Principais grupos funcionais (GF) e espécies com maior contribuição (%) à biomassa ⁽¹⁾ e densidade ⁽²⁾, no rio Paraná durante o período amostrado.

| GF | Características dos GF (Reynolds, 1997; Reynolds et al. 2002) | Principais táxons representantes de cada GF |
|-----|---|--|
| H1 | Nostocales fixadoras de nitrogênio; toleram baixas concentrações de C e N ₂ ; sensíveis à mistura, baixa disponibilidade de luz e baixa concentração de fósforo. | <i>Anabaena circinalis</i> Rab. – (57% abril de 1993 ⁽¹⁾ ; 85% fevereiro de 1994 ⁽¹⁾ ; 27% fevereiro de 1994 ⁽²⁾ ; 57% maio de 2000 ⁽¹⁾) |
| H2 | Nostocales fixadoras de nitrogênio de grandes lagos mesotróficos; toleram baixas concentrações de nitrogênio, mistura e baixa disponibilidade de luz. | <i>Anabaena planctonica</i> (G. M. Smith) Kom. et Agn. (66% setembro de 2003 ⁽¹⁾) |
| M | Ocorrem em ambientes mesotróficos com mistura da coluna de água; toleram alta insolação; sensíveis à inundação e baixa transparência. | <i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz. – (20% julho de 1993 ⁽¹⁾) <i>Radiocystis fernandoi</i> Kom. & Komárk.-Legn. – (40% fevereiro de 2000 ⁽¹⁾ ; 23% maio de 2000 ⁽¹⁾ ; 35% maio de 2002 ⁽¹⁾ ; 50% março de 2003 ⁽¹⁾ ; 86% março de 2004 ⁽¹⁾ ; 40% junho de 2004 ⁽¹⁾ ; 48% setembro de 2004 ⁽¹⁾ ; 41% dezembro de 2004 ⁽¹⁾ ; 95% março de 2005 ⁽¹⁾ ; 91% dezembro de 2005 ⁽¹⁾) |
| Z | Ocorrem em ambientes com alta transparência e com mistura da coluna de água; toleram baixa concentração de nutrientes; sensíveis à herbivoria. | <i>Synechocystis aquatilis</i> Sauv. – (13% fevereiro de 2000 ⁽²⁾ ; 55% maio de 2000 ⁽²⁾ ; 21% agosto de 2001 ⁽²⁾ ; 31% maio de 2002 ⁽²⁾ ; 67% novembro de 2002 ⁽²⁾ ; 62% março de 2003 ⁽²⁾ ; 84% setembro de 2003 ⁽²⁾ ; 32% dezembro de 2004 ⁽²⁾ ; 91% dezembro de 2005 ⁽²⁾) |
| MP* | Toleram constante turbulência pelo vento; sensíveis a estratificação; Inclui diatomáceas meroplantônicas ou perifíticas. | <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim. – (58% ⁽¹⁾ , 12% ⁽²⁾ junho de 1993; 34% julho de 1993 ⁽¹⁾ ; 10% julho de 1993 ⁽²⁾ ; 23% agosto de 1993 ⁽¹⁾ ; 33% outubro de 1993 ⁽¹⁾ ; 20% agosto de 2001 ⁽¹⁾ ; 44% maio de 2002 ⁽¹⁾ ; 46% agosto de 2002 ⁽¹⁾ ; 59% novembro de 2002 ⁽¹⁾ ; 19% dezembro de 2004 ⁽²⁾) |
| C | Ocorrem em lagos pequenos a médios, eutróficos e misturados; toleram deficiência de luz e carbono; sensíveis à depleção de sílica e estratificação. | <i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grun.) Holk & Klee – (13% novembro de 1993 ⁽²⁾ ; 13% dezembro de 1993 ⁽²⁾ ; 49% novembro de 2000 ⁽²⁾) |
| Y | Ocorrem em lagos usualmente pequenos, ricos em nutrientes; toleram deficiência de luz; sensíveis à deficiência de nutrientes e à herbivoria. | <i>Chroomonas acuta</i> Uterm. – (31% maio de 1993 ⁽²⁾ ; 23% junho de 1993 ⁽²⁾ ; 18% agosto de 1993 ⁽²⁾ ; 12% setembro de 1993 ⁽²⁾ ; 47% fevereiro de 2000 ⁽²⁾ ; 26% agosto de 2000 ⁽²⁾ ; 50% fevereiro de 2001 ⁽²⁾ ; 40% agosto de 2001 ⁽²⁾ ; 54% fevereiro de 2002 ⁽²⁾ ; 31% maio de 2002 ⁽²⁾ ; 65% agosto de 2002 ⁽²⁾ ; 13% novembro de 2002 ⁽²⁾ ; 18% março de 2003 ⁽²⁾ ; 51% junho de 2004 ⁽²⁾ ; 23% setembro de 2004 ⁽²⁾ ; 48% março de 2005 ⁽²⁾ ; 24% junho de 2005 ⁽²⁾) <i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, Bic. & Bic. – (16% abril de 1993 ⁽²⁾) <i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja – (25% abril de 1993 ⁽²⁾ ; 23% maio de 1993 ⁽²⁾ ; 17% junho de 1993 ⁽²⁾ ; 33% julho de 1993 ⁽²⁾ ; 30% agosto de 1993 ⁽²⁾ ; 29% setembro de 1993 ⁽²⁾ ; 24% dezembro de 1993 ⁽²⁾ ; 60% janeiro de 1994 ⁽²⁾ ; 30% fevereiro de 1994 ⁽²⁾ ; 27% junho de 2005 ⁽²⁾) <i>Cryptomonas</i> sp. – (51% março de 1993 ⁽²⁾ ; 16% fevereiro de 2002 ⁽²⁾) |
| J | Ocorrem em rios e lagos rasos e ricos em nutrientes; sensíveis à sedimentação em camadas afóticas. | <i>Pediastrum duplex</i> Mey. – (17% setembro de 1993 ⁽¹⁾) |
| F | Ocorrem em epilímnio claro; toleram deficiência de nutrientes e alta turbidez; sensíveis a deficiência de CO ₂ . | <i>Eutetramorus fottii</i> (Hind.) Kom. Sensu Kom. – (19% outubro de 1993 ⁽²⁾) |
| X1 | Ocorrem em lagos rasos, com mistura na coluna de água e ricos em nutrientes; toleram estratificação; sensíveis a deficiência de nutrientes. | <i>Monoraphidium tortile</i> (W. & G.S. West) Kom.- Legn. – (10% outubro de 1993 ⁽²⁾ ; 14% novembro de 1993 ⁽²⁾) |
| X2 | Ocorrem em lagos rasos, com mistura da coluna de água, transparentes e mesotróficos; toleram estratificação. | <i>Chlamydomonas</i> sp. – (19% abril de 1993 ⁽²⁾) <i>Spermatozopsis exultans</i> Kors. – (65% setembro de 2005 ⁽²⁾) |

*Padisák et al. (2006)

Análise de Correspondência (DCA)

A DCA realizada para a densidade discriminou na porção inferior direita do diagrama o período de março de 1993 a fevereiro de 1994 (anterior ao barramento) dos demais anos (Figura 6 a), influenciado por baixos valores de densidade (Figura 5 b). Na

Preditores da estrutura fitoplanctônica

A análise de regressão múltipla (Tabela 5) mostrou relação significativa positiva da riqueza de espécies fitoplanctônicas com a variável *PI* (80% de explicação). Relação significativa positiva foi registrada também para a riqueza de bacilariofíceas com a variável *PI*. A variável *t* também foi significativa neste modelo. Estas variáveis explicaram 84% da soma de quadrados total da riqueza. Verificou-se uma relação positiva da densidade fitoplanctônica e a variável *i*t*, com 42% de explicação. Relação positiva da densidade de Bacillariophyceae com a variável *PI* e a variável *t* também foi verificada, e em conjunto explicaram 59% da soma de quadrados total. Relação positiva foi verificada entre a densidade de cianobactérias e a variável *t* (39% de explicação) (Tabela 5). Para todos os modelos testados foram analisados os resíduos e não foram registrados valores discrepantes, nem tendências, nem correlação serial, atendendo, portanto aos pressupostos da análise.

Tabela 5 - Sumário do modelo da regressão múltipla (somente relações significativas são indicadas).

| Variável Resposta | Variável Explanatória | beta | t | p |
|-----------------------------|--------------------------------------|-------|-------|--------|
| riqueza total | componente Principal 1 (<i>PI</i>) | 1,5 | 2,3 | 0,03 |
| riqueza Bacillariophyceae | componente Principal 1 (<i>PI</i>) | 1,13 | 4,4 | 0,0001 |
| | tempo (<i>t</i>) | 0,06 | -5,4 | 0,0001 |
| densidade Bacillariophyceae | componente Principal 1 (<i>PI</i>) | 15,11 | 3,5 | 0,002 |
| | tempo (<i>t</i>) | 0,55 | -3,21 | 0,003 |
| densidade total | <i>I*t</i> | 6,2 | 2,4 | 0,03 |
| densidade Cyanobacteria | tempo (<i>t</i>) | 6,1 | 2,3 | 0,03 |

DISCUSSÃO

Os baixos valores de biomassa e densidade fitoplanctônica registrados no rio Paraná se devem principalmente à hidrodinâmica própria dos rios, que limita o desenvolvimento fitoplanctônico, pois além das condições ideais de luz e nutrientes, um rio precisa apresentar um fluxo relativamente lento, para permitir o desenvolvimento algal (Reynolds & Descy, 1996), condições registradas para o rio Baía, sistema fluvial também localizado nesta planície, no qual são comuns florações de cianobactérias (Train & Rodrigues, 1998; 2004) e em outros sistemas lóticos regulados (Padisák, 1997; Bormans et al., 2004). Em estudos anteriores realizados no Alto rio Paraná foram registrados menores valores de densidade e biovolume fitoplanctônicos durante a potamofase, período em que são mais elevados os níveis fluviométricos e as concentrações de material em suspensão

(Train & Rodrigues, 2004). Resultados semelhantes foram observados neste sistema nos meses de maior precipitação e altos níveis fluviométricos ocorridos durante o período de março de 1993 a fevereiro de 1994.

Devido à regulação da vazão do alto rio Paraná pelos reservatórios situados a montante, cheias pronunciadas neste rio somente ocorrerão quando o reservatório atingir cota máxima, em períodos de intensa precipitação (Souza Filho et al., 2004), como ocorrido no mês de janeiro de 2005 (período não amostrado neste estudo) e nos meses de março, maio e dezembro de 1993 e janeiro e fevereiro de 1994, os quais, de acordo com McPhaden et al. (2006) estiveram sob influência do fenômeno *El Niño*. Eventos de *El Niño*, os quais são mais frequentes que *La Niña* têm sido associados ao registro de inundações e secas em rios (Amarasekera et al. 1997), e têm sido fortemente correlacionados com anomalias positivas de vazão do rio Paraná (Amarasekera et al., 1997; Camilloni & Barros, 2003).

Ausência de cheias pronunciadas na planície de inundação do alto rio Paraná, nos anos de 2000 e 2001 (Train et al., 2004; Thomaz et al., 2004), tem sido atribuída à regulação da vazão deste rio, pelos procedimentos operacionais das barragens situadas a montante, que ocasionou acentuada variação nos níveis fluviométricos do rio Paraná, especialmente com a formação do reservatório de Porto Primavera, o qual teve seu enchimento concluído, no mês de março de 2001 (Souza Filho et al., 2004). No entanto, este período coincidiu com seca extrema nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, sob influência do fenômeno *La Niña* e da variabilidade intrasazonal na ocorrência da Zona de Convergência do Atlântico Sul, que culminou em uma crise energética no Brasil (Cavalcanti & Kousky, 2001).

Neste período, ocorreu drástica diminuição do nível de água dos reservatórios a montante da área estudada e também os menores níveis hidrométricos médios do rio Paraná, o que acarretou em menor conectividade entre o rio Paraná e os ambientes da planície e, provavelmente influenciou na ocorrência de baixos valores dos atributos fitoplanctônicos. Neste sentido, além das modificações impostas pela construção do reservatório de Porto Primavera, as mudanças climáticas também devem ser consideradas para explicar a variabilidade interanual do fitoplâncton no rio Paraná.

Estes resultados também ressaltam a importância do eixo transversal no curso de rios, como fonte de inóculos e nutrientes para o canal principal como destacado em outros estudos (Zalocar de Domitrovic et al., 2007). Períodos de baixos níveis fluviométricos do

rio Paraná têm sido associados à baixa conectividade deste com os ambientes da planície, sendo que o processo de entrada da água deste rio nos ambientes conectados a ele, tem início quando estes níveis ultrapassam 3,5 m (Thomaz et al., 2004; Comunello, 2001). A influência do nível hidrométrico e vazão do rio Paraná sobre o fitoplâncton foi evidenciada neste estudo por meio da relação direta da riqueza e densidade com o componente principal 1, obtida por meio da análise de regressão linear múltipla. A relação positiva com a variável t mostra que estes atributos aumentaram em relação ao tempo no período 1993-94 e após o ano 2000, esta relação foi nula, ou seja, neste último período os valores de riqueza e densidade variaram em torno da média sem uma tendência. A relação significativa da riqueza de bacilariofíceas com o primeiro componente derivado da PCA confirmou a influência positiva da menor transparência e maiores valores de fósforo total (variáveis com maior coeficiente de estrutura na PCA) para a seleção das bacilariofíceas no rio Paraná.

As baixas concentrações de fósforo no rio Paraná devido à retenção do mesmo pelos reservatórios em cascata situados a montante (Agostinho et al., 1995), certamente favoreceram a alta contribuição do grupo funcional **Z** para a densidade, representado neste estudo, por *Synechocystis aquatilis*, cianobactéria picoplanctônica, com alta taxa reprodutiva, típica de ambientes oligotróficos e transparentes e tolerante a condições de turbulência (Reynolds et al., 2002). O registro desta espécie no período de 2000-2004 pode estar relacionado à sua dominância, tanto em densidade quanto em biovolume, em biótopos lênticos da planície conectados a este rio (Train et al., 2004), assim como à importação de inóculos de reservatórios situados a montante.

As maiores densidades e biomassas registradas no mês de março de 2004, o qual é normalmente chuvoso, se deveu ao fato de que este foi um ano atípico e apresentou baixa precipitação no primeiro trimestre, embora sob influência moderada do *El Niño*. Apesar da dominância em biovolume do grupo funcional **M** (*Radiocystis fernandoi*) neste mês e na maioria dos períodos amostrados nos anos de 2000-2005 e do grupo funcional **H2** (*Anabaena planctonica*), no mês de setembro de 2003, em geral, o desenvolvimento destes grupos funcionais não foram expressivos, manifesto pelos baixos valores de biovolume registrados. As cianobactérias apresentam alta capacidade de absorção e estocagem de fósforo, o que lhes propicia vantagem competitiva mesmo em ambientes oligotróficos, no entanto requerem certa constância ambiental para seu desenvolvimento (Reynolds, 1997).

Os grupos funcionais **MP** (Bacillariophyceae), **J**, **F** e **X1** (Chlorophyceae), foram representados por táxons tipicamente potamoplanctônicos (Reynolds et al. 2002, Reynolds & Descy, 1996), sendo também registrados em outros sistemas lóticos (Silva et al., 2001, Train et al., 2004) e em reservatórios da bacia do rio Paraná (Silva et al., 2005, Train et al., 2005, Rodrigues et al., 2005; Borges et al., 2008a). *Aulacoseira granulata* (**MP**), é comum em ambientes ricos em nutrientes e tolerantes à baixa disponibilidade de luz como verificado por Reynolds & Descy (1996). Neste sentido, o aumento da transparência da água do rio Paraná, e a diminuição das concentrações de fósforo, provavelmente, influenciaram no declínio deste táxon, após a formação do reservatório de Porto Primavera, fato corroborado por meio da análise de regressão, que mostrou relação positiva da densidade de Bacillariophyceae com a variável *PI*. Além disso, maior densidade deste grupo de algas, de acordo com García de Emiliani (1990) e Devercelli (2006) ocorre em períodos de flutuações hidrológicas regulares, uma vez que a extrema seca acarreta maior estabilidade da coluna de água e menor conectividade com os ambientes adjacentes, o que aumenta as perdas por sedimentação e diminui a adição de novos propágulos, respectivamente.

As criptofíceas (grupo funcional **Y**) embora tolerantes à turbulência, devido à alta taxa reprodutiva, provavelmente tiveram seu desenvolvimento limitado pelos distúrbios hidráulicos, devido à grande amplitude de variação diária do nível hidrométrico do rio Paraná (Souza Filho et al., 2004). As características oportunistas do grupo funcional **Y** (Reynolds et al., 2002) têm sido verificadas em outros estudos (Train e Rodrigues, 2004; Borges et al., 2008a; Borges et al., 2008b; Bovo-Scomparim & Train, prelo), e ressalta que este coexiste com quase todos os outros grupos funcionais fitoplanctônicos.

Os valores de densidade registrados neste estudo, que compreendeu períodos sob influência do *El Niño* e *La Niña*, foram superiores aos obtidos para o médio rio Paraná (Devercelli, 2006; Garcia de Emiliani & Devercelli, 2003), independentemente da influência destes eventos. Estas autoras registraram que, sob influência do *El Niño*, ocorreu mudança nas proporções de dominância, e não a substituição das espécies dominantes por outras, como também registrado no alto rio Paraná. Isto sugere que a variabilidade interanual da abundância fitoplanctônica deste rio parece não ser afetada significativamente por anomalias de vazão, uma vez que a hidrodinâmica própria destes rios, caracterizada pelo alto fluxo, por si só, limita o estabelecimento de espécies fitoplanctônicas, como também registrado antes da formação de Porto Primavera. Além

disso, maior estabilidade temporal dos fatores limnológicos é comum em grandes rios, como o rio Paraná, a despeito das oscilações do nível hidrométrico (Thomaz et al., 2004).

Considerando a proximidade entre o trecho amostrado e a região a montante, imediatamente a jusante dos reservatórios de Porto Primavera e de Rosana (situado no rio Paranapanema), pode se afirmar que há influência direta destes sobre o fitoplâncton do alto rio Paraná, uma vez que a água proveniente dos mesmos demora em torno de 19 horas para chegar ao trecho estudado. Neste sentido, os altos valores de densidade e biomassa registrados nos anos de 2003 e 2004, sugerem a ocorrência de aportes de algas oriundos dos reservatórios situados a montante, o que é reforçado pela semelhança na composição fitoplanctônica do reservatório de Rosana e a do rio Paraná (Train et al., 2005; Borges et al. 2008b).

Este fato é especialmente preocupante uma vez que o trecho do rio Paraná estudado está inserido em uma área de preservação da biodiversidade, a Área de Proteção Ambiental das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná, com inúmeros ambientes interconectados. Além disso, tem sido registrado, por meio de observações de campo, que em situação de inversão de fluxo de água, por intermédio dos canais de ligação, fato comum quando o nível hidrométrico deste rio Paraná ultrapassa 4,6 m (Rocha, 2002), ocorrem aportes de massas de algas procedentes do rio Paraná para os ambientes da planície.

Embora tenham sido registrados altos valores de biomassa e densidade de cianobactérias em apenas dois meses de todo o período estudado, florações destas têm sido amplamente registradas em ambientes da Bacia do rio Paraná (Train & Rodrigues, 1998; 2004; Rodrigues et al., 2005; Train et al., 2005), tendo sido registrados a ocorrência de cianotoxinas (microcistina) em braços do reservatório de Rosana (dados não publicados). As cianobactérias representam crítico problema no mundo todo e suas florações são comuns em ambientes eutróficos, sendo a maioria, toxigênicas (Train et al., 2005, Rodrigues et al., 2005). A dominância destas algas tem sido atribuída a uma série de fatores, dentre estes, a alta afinidade por fósforo e elevadas temperaturas (Padisák, 1997) além de secas prolongadas, que, no Nordeste brasileiro estão associadas ao fenômeno *El Niño* (Bouvy et al., 1999).

Os procedimentos operacionais das barragens a montante, ao exercerem o controle do regime hidrossedimentológico do rio Paraná (Agostinho et al., 1995, Souza Filho et al., 2004; Thomaz et al., 2004) têm, provavelmente, influenciado a variabilidade interanual e sazonal do fitoplâncton neste rio. No entanto, a defasagem amostral entre o período de

1993-1994 e o posterior a formação do reservatório (2000-2005), aliada, as mudanças climáticas ocorridas, como as promovidas pelos eventos de *El Niño* e *La Niña*, não permitem atribuir, a um único fator, as diferenças observadas na estrutura fitoplanctônica. Nos anos de 2000 e 2001, houve certamente um sinergismo entre os efeitos dos reservatórios e a extrema seca ocorrida.

Ressalta-se, portanto, a necessidade de monitoramento, com maior escala espacial e frequência amostral, a montante do trecho estudado, para elucidar a origem dos aportes de propágulos, em especial de cianobactérias, considerando-se que o aumento das populações deste grupo de algas pode acarretar perda da biodiversidade local e regional, bem como comprometer a atividade pesqueira das comunidades ribeirinhas. Além disso, estudos enfocando a variabilidade climática e seus efeitos sobre o regime hidrossedimentológico do rio Paraná e, conseqüentemente sobre sua biota, são necessários para fornecer subsídios para o manejo adequado, incluindo decisões quanto à operação das barragens situadas a montante e jusante da região de estudo neste rio, com fins de minimizar os riscos sobre a Área de Preservação Ambiental.

REFERÊNCIAS

- Agostinho, A. A., A. E. A. M. Vazzoler & S. M. Thomaz, 1995. The High River Paraná Basin: Limnological and Ichthyological Aspects. In: Tundisi, J. G., C. E. M. Bicudo & T. Matsumura – Tundisi (eds). Limnology in Brazil, Rio de Janeiro: ABC/SBL. 59-103.
- Amarasekera, K. N., R. F. Lee, E. R. Willians & E. A. B. Eltahir, 1997. ENSO and variability in the flow of tropical rivers. *Journal of Hydrology* 200 (1-4): 24-39.
- American Public Health Association, 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington. Byrd Prepress Springfield.
- Bouvy, M., M. Molica, S. Oliveira, M. Marinho & B. Beker, 1999. Dynamics of a toxic cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*) in a shallow reservoir in the semi-arid region of northeast Brazil. *Aquatic Microbial Ecology* 20: 285-297.
- Borges, P. A. F., S. Train, L. C. Rodrigues, 2008a. Spatial and temporal variation of phytoplankton in two subtropical Brazilian reservoirs. *Hydrobiologia*, DOI 10.1007/s10750-008-9367-3 (prelo).
- Borges, P. A. F., S. Train, L. C. Rodrigues, 2008b. Estrutura e dinâmica do fitoplâncton em curto período de tempo em um braço do reservatório de Rosana. *Acta Scientiarum* 30, (1): (prelo).
- Bormans, M., W. F. Phillip, L. Fabbro & G. Hancock, 2004. Onset and persistence of cyanobacterial blooms in a large impounded tropical river, Australia. *Marine and Freshwater Research* 55: 1-15.
- Bovo-Scomparim V. M. & S. Train. Long-term variability of the phytoplankton community in an isolated floodplain lake of the Ivinhema River State Park, Brazil. *Hydrobiologia* (prelo).
- Camilloni, I. A. & V. R. Barros, 2003. Extreme discharge events in the Paraná River and their climate forcing. *Journal of Hydrology* 278: 94-106.
- Cavalcanti, I. F., A. & V. E. Kousky, 2001. Drought in Brazil during Summer and Fall 2001 and associated atmospheric circulation features. *Climanálise*.
- Comunello, E., 2001. Dinâmica de inundação de áreas sazonalmente alagáveis na planície aluvial do alto rio Paraná. 2001. Dissertação (dissertação em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- Devercelli, M., 2006. Phytoplankton of the middle Paraná River during an anomalous hydrological period: a morphological and functional approach. *Hydrobiologia* 563: 465-478.

Edler, L., 1979. Recommendations for marine biological studies in the Baltic Sea; phytoplankton and chlorophyll, 1979. UNESCO, Working Group 11, Baltic Marine Biologists.

Garcia de Emiliani, M. O. & M. Devercelli, 2003. Influencia del fenómeno “*El Niño*” sobre el transporte y la estructura del fitoplâncton em el cauce principal del río Paraná Médio, Argentina. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 38 (1-2): 29-38.

Giné, M. F., H. Bergamin, E. A. G. Zagatto & B. F. Reis, 1980. Simultaneous determination of nitrite and nitrate by flow injection analysis. *Analytica Chimica Acta* 114: 191-197.

Golterman, H. L., R. S. Clymo & M. A. M. Ohstad, 1978. Methods for physical and chemical analysis of freshwater. Blackwell Scientific Publication, Oxford.

Jongman, R. H. G. & C. J. F. Ter Braak, 1995. Data analysis in community and landscape ecology.

Mackereth, F. Y. H., J. Heron & J. J. Talling, 1978. Water analysis: some revised methods for limnologist. *Freshwater Biology Association* 36: 1-120.

McPhaden, M. J.; S. E. Zebiak & M. H. Glantz, 2006. ENSO as an integrating concept in Earth Science. *Science* 314: 1740-1745.

McCune, B. & M. J. Mefford, 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data, version 4.0. MjM Software Design, Gleneden Blach, Oregon.

Neiff, J. J., 1996. Large rivers of South America: toward the new approach. *Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie* 26: 167–180.

Padisák, J., G. Bórics, I. Grigorszky & E. Soróczki, 2006. Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: the assemblage index. *Hydrobiologia* 553: 1-14.

Reynolds, C. S., 1997. Vegetation process in the pelagic: A model for ecosystem theory. Ecology Institute, Oldendorf.

Reynolds, C. S. & J. P. Descy, 1996. The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers. *Archiv für Hydrobiologie/Supplement band*, 113 (1-4): 161-187.

Reynolds, C. S., V. L. M. Huszar, C. Kruk, L. Naselli-Flores & S. Melo, 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24: 417-428.

Rodrigues, L. C., S. Train, B. M. Pivato, V. M. Bovo, P. A. F. Borges & S. Jati, 2005. Assembléias fitoplanctônicas de trinta reservatórios do Estado do Paraná. In Rodrigues, L., S. M. Thomaz, A. A. Agostinho & L. C. Gomes (eds), *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. RIMA, São Carlos: 57-72.

Silva, C. A., S. Train & L. C. Rodrigues, 2001. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica a jusante e montante do reservatório de Corumbá, Caldas Novas, Estado de Goiás, Brasil. *Acta Scientiarum* 23: 283-290.

Silva, C. A., S. Train & L. C. Rodrigues, 2005. Phytoplankton assemblages in a Brazilian subtropical cascading reservoir system. *Hydrobiologia* 537: 99-109.

Souza Filho, E. E., P. C. Rocha, E. Comunello & J. C. Stevaux, 2004. Effects of the Porto Primavera Dam on physical environment of the downstream floodplain. In Thomaz S. M., A. A. Agostinho & N. S. Hahn (eds), *The Upper Paraná river and its floodplain: Physical aspects, ecology and conservation*. Backhuys Publishers, Leiden: 55-74.

StatiSoft Inc., 2005. Statistica (data analysis software system) version 7.1, www.statsoftinc.com.

Thomaz, S. M., T. A. Pagioro, L. M. Bini, M. C. Roberto & R. R. A. Rocha, 2004. Limnological characterization of the Aquatic Environments and the influence of hydrometric levels. In Thomaz, S. M., A. A. Agostinho & N. S. Hahn (eds), *The upper Paraná River and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Backhuys Publishers, Leiden: 75-102.

Train, S. & L. C. Rodrigues, 1998. Temporal fluctuations of the phytoplankton community of the Baía River, in the upper Paraná River floodplain, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Hydrobiologia* 361: 125-134.

Train, S. & L. C. Rodrigues, 2004. Phytoplankton assemblages. In Thomaz, S. M., A. A. Agostinho, N. S. Hahn (eds), *The Upper Paraná river floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Backhuys, Netherlands: 103-124.

Train, S., L. C. Rodrigues, V. M. Bovo, P. A. F. Borges & B. M. Pivato, 2004. Phytoplankton composition and biomass in environments of the Upper Paraná river. In Agostinho, A. A., L. Rodrigues, L. C. Gomes, S. M. Thomaz & L. E. Miranda (eds), *Structure and functioning of the Paraná river and its floodplain*. EDUEM, Maringá: 63-74.

Train, S., S. Jati, L. C. Rodrigues & B. M. Pivato, 2005. Distribuição Espacial e Temporal do Fitoplâncton em Três Reservatórios da Bacia do Rio Paraná. In Rodrigues, L., S. M. Thomaz, A. A. Agostinho & L. C. Gomes (eds), *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. RIMA, São Carlos: 73-85.

Utermöhl, H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodic. *Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 9: 1-38.

Wetzel, R. G. & G. E. Likens, 2000. *Limnological analysis*. Springer-Verlag, New York.

Zalocar de Domitrovic Y., A. S. G. Poi de Neiff & S. L. Casco. 2007. Abundance e diversity of phytoplankton in the Paraná River (Argentina) 220 km downstream of the Yacyretá reservoir. *Braz. J. Biol.* 67 (1): 53-63.

Capítulo II – INTRODUÇÃO

O regime hidrossedimentológico é considerado a principal função de força que regula o funcionamento e a estrutura das comunidades em ecossistemas “rio-planície de inundação” (Neiff, 1990; Thomaz et al., 2004) e em especial do fitoplâncton (Garcia de Emiliani, 1993; 1997; Train & Rodrigues, 1997, 1998, 2004; Train et al., 2000; Melo & Huszar, 2000; Loverde-Oliveira & Huszar, 2008). Os períodos de baixos e altos níveis fluviométricos (Neiff, 1996) não apresentam, no rio Paraná, uma periodicidade e amplitude de duração regulares, considerando-se sua variabilidade interanual, especialmente quando comparado a outros grandes rios da América do Sul (Thomaz et al., 1997). Períodos de baixos níveis fluviométricos podem constituir um fator estressante para as comunidades bióticas (Neiff, op. cit.) e, em especial, para a comunidade fitoplanctônica, da mesma forma que intensas inundações (Train & Rodrigues, 1998, 2004; Bovo-Scomparim, prelo).

A variabilidade climática no mundo é influenciada pelo ciclo do *El Niño*-Oscilação Sul (ENOS), caracterizado por flutuações entre condições de aquecimento anômalo (*El Niño*) e esfriamento (*La Niña*) das águas superficiais do pacífico tropical e que representa a mais proeminente variação climática anual na Terra (McPhaden et al., 2006).

Anomalias pluviais têm sido documentadas afetando os padrões de vazão com registro de inundações e secas em muitos rios do mundo, associadas aos eventos de *El Niño* (Amarasekera et al. 1997; Leemhuis & Gerold, 2006), os quais têm sido fortemente correlacionados com anomalias positivas de precipitação na bacia do rio Paraná (Carriello et al., 2005) e também de vazão do rio Paraná (Amarasekera et al., 1997; Camilloni & Barros, 2003; Emiliani, 2004).

Alguns autores têm evidenciado a influência das modificações climáticas sobre o fitoplâncton de regiões tropicais e temperadas (Harris & Baxter, 1996; Padisák, 1998; Bouvy et al., 1999; Behrenfeld et al., 2006). Para a bacia do rio Paraná tem sido verificado a influência de mudanças hidrológicas sobre o fitoplâncton ao longo de distintos trechos deste rio (Garcia de Emiliani, 1990; O’Farrell et al., 1998; Zalocar de Domitrovic, 1999; Train et al., 2000; Train & Rodrigues, 2004). O efeito de vazões extremas foi estudado em períodos de inundação sob influência do evento *El Niño* (Anselmi de Manavella, 1986; Garcia de Emiliani & Devercelli, 2003; Train & Rodrigues, 2004) e em período de seca, sob influência de *La Niña* (Devercelli, 2006).

A despeito da literatura sobre a ecologia das comunidades fitoplanctônicas na planície de inundação do alto rio Paraná (Train & Rodrigues, 1997, 1998; Rodrigues, 1998; Train, 1998; Train et al., 2000; Train & Rodrigues, 2004), estudos enfocando as variações interanuais na composição e biomassa fitoplanctônica em ambientes da planície de inundação só tiveram início no ano de 2000, com a execução de projeto de estudo de longa duração (PELD).

Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as flutuações interanuais do fitoplâncton no rio Ivinhema e em uma lagoa (lagoa dos Patos) conectada ao mesmo, localizados na planície de inundação do alto rio Paraná – MS e por meio de análises multivariadas avaliar a influência de variáveis ambientais com potencial de prever a riqueza e a biomassa fitoplanctônica, no sistema rio Ivinhema – lagoa dos Patos.

ÁREA DE ESTUDO

O rio Ivinhema, um dos principais tributários do alto rio Paraná (Figura 1), tem relação comprimento/largura de 22:1 e velocidade de corrente de aproximadamente 0.85 m.s^{-1} e é fortemente influenciado pelas flutuações do nível hidrométrico do rio Paraná (Comunello, 2001; Rocha, 2002). As imediações do trecho inferior deste rio constituem uma região da extensa planície de inundação do alto rio Paraná, que ainda apresenta condições relativamente pristinas (Souza Filho & Stevaux, 2004). A lagoa dos Patos ($22^{\circ}43'S$ e $53^{\circ}17'W$) é formada por um complexo de pelo menos três lagoas de transbordamento (Drago, 1976), que formam "lagoas anexadas". Sua área é de aproximadamente 7,46ha, com comprimento de 2.065,56 m, perímetro de 14.783,81 m, e profundidade média de 3,5m (Souza Filho & Stevaux, 1997). Está situada no município de Taquaruçú, Estado do Mato Grosso do Sul, à margem direita do rio Paraná, sendo permanentemente conectada ao rio Ivinhema por um canal. Possui bancos de *Eichhornia azurea* Kunth e vegetação litorânea composta por *Polygonum*, gramíneas e espécies arbustivas.

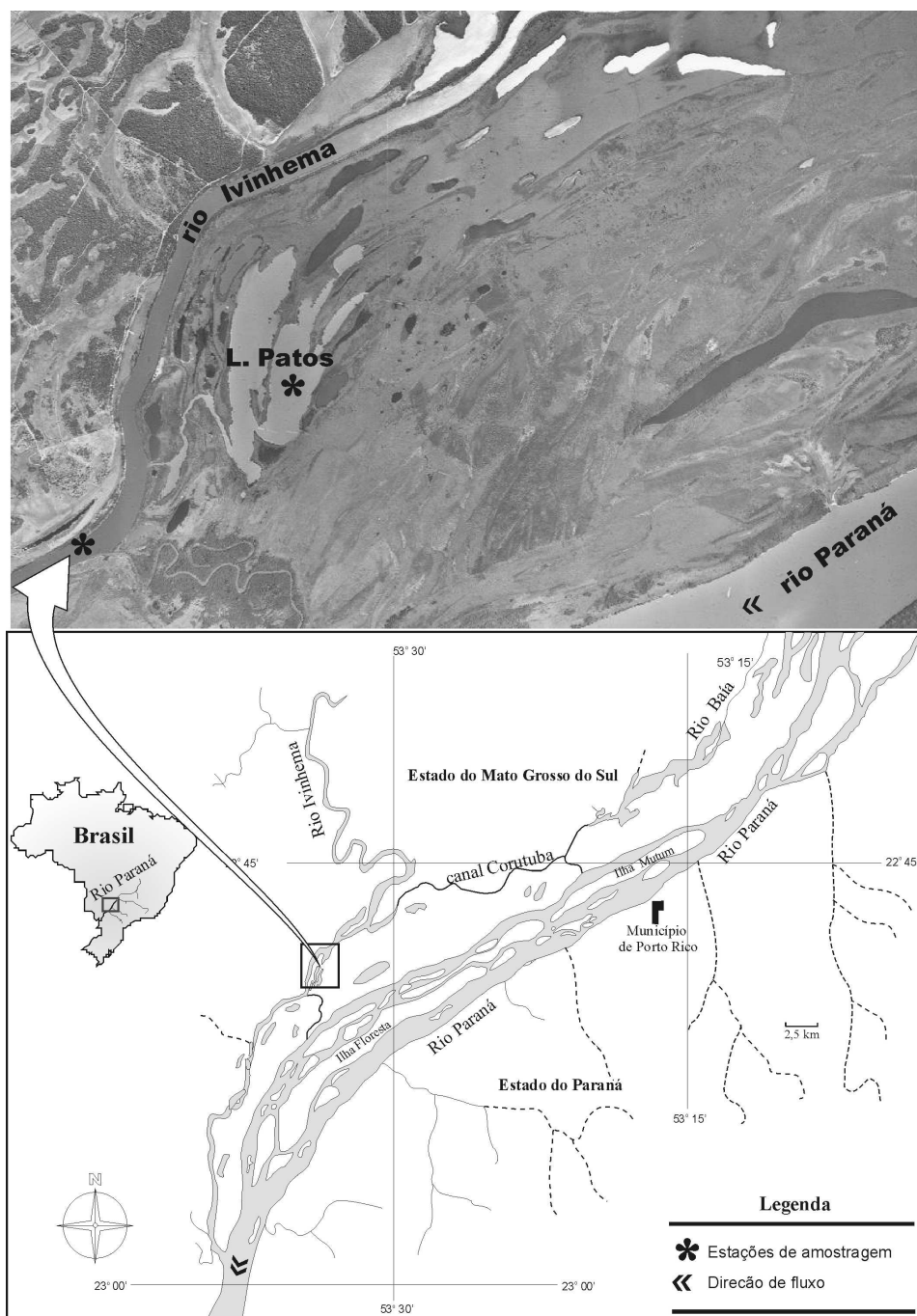


Figura 1. Foto aérea (Souza Filho & Stevaux, 2004) e mapa da planície de inundação do alto rio Paraná e localização das 2 estações de amostragem, localizadas no rio Ivinhema e lagoa dos Patos.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostragens foram realizadas diretamente com frascos à subsuperfície (20 cm de profundidade) da região central do rio Ivinhema e limnética da lagoa dos Patos, sendo mensais no período de março de 1993 a fevereiro de 1994, trimestrais nos anos de 2000,

2002 e 2004 e semestrais nos anos de 2001 e 2003. As variáveis limnológicas, atributos fitoplanctônicos analisados e suas respectivas metodologias estão listadas na Tabela 1.

Os táxons fitoplanctônicos com contribuição acima de 10% para a biomassa fitoplanctônica total foram enquadrados em grupos funcionais (Reynolds, 1997; Huszar et al., 2000; Reynolds et al., 2002; Padisák et al., 2006).

Tabela 1. Variáveis limnológicas determinadas e respectivas metodologias.

| Variáveis | Método | Autor |
|---|--|--|
| Temperatura do ar (t. ar) | Termômetro | |
| Temperatura da água (t. H ₂ O) | Termistor acoplado a oxímetro | |
| Oxigênio dissolvido (O ₂) | Oxímetro YSI | |
| Transparência (Transp.) | profundidade do disco de Secchi | |
| Condutividade elétrica (Cond.) | potenciômetros digitais portáteis | |
| pH | potenciômetros digitais portáteis | |
| Fósforo total (PT) | | Golterman et al. (1978) |
| Fósforo solúvel reativo (PSR) | | Golterman et al. (1978) |
| Nitrogênio total Kjeldahl (NKT) | | Mackereth et al. (1978) |
| Nitrato (NO ₃) | | Giné et al. (1980) |
| Densidade fitoplanctônica (ind.mL ⁻¹) | Contagem em campos aleatórios (média de 100 campos por amostra) | Utermöhl (1958) e APHA (1995) |
| Biomassa fitoplanctônica | Biovolume fitoplanctônico (mm ³ .L ⁻¹) obtido por meio da multiplicação da densidade populacional pelo volume dos indivíduos. | |
| Volume celular (µm ³) | Fórmulas estereométricas adequadas à forma das células algais | Edler (1979); Wetzel e Likens (2000) |
| Riqueza de espécies | Número de táxons por amostra quantitativa | |
| Vazão, nível fluviométrico (rio Ivinhema e rio Paraná) e precipitação pluviométrica | | Fornecidos por ANA e Itaipu Binacional |

Análise dos dados

As variáveis abióticas foram sintetizadas utilizando-se uma Análise de Componentes Principais (PCA). Foram realizadas análises de regressão múltipla para identificar os fatores abióticos intervenientes na estrutura do fitoplâncton na lagoa dos Patos e no rio Ivinhema. As seguintes variáveis (Y_i) resposta foram utilizadas: riqueza e biomassa total e dos principais grupos fitoplanctônicos. Para reduzir a dimensionalidade dos dados de composição de espécies (biovolume), foi realizada Análise de Correspondência com remoção do efeito do arco ("Detrended Correspondence Analysis"-DCA) (Jongman et al., 1995) e os dois primeiros eixos desta análise também foram utilizados como variáveis resposta. Os dois primeiros componentes principais foram utilizados como co-variáveis (P_1 : eixo 1 e P_2 : eixo 2). Os períodos de 1993-1994 e 2000-2004 foram incluídos como uma variável modelo -"dummy" (I) (0 = 1993-1994; 1 = 2000-2004) nos modelos de regressão para testar se as relações (variáveis respostas em função

do tempo) foram mantidas considerando os dois períodos (1993-1994 e 2000-2004). Foi criada uma variável “tempo” (t), respeitando a escala cronológica (coletas mensais: 1 a 12; bimestrais: 14, 16, 18 e assim sucessivamente). O modelo foi ajustado de acordo com a seguinte equação: $Y = \text{constante} + (b_1P_1) + (b_2P_2) + (b_3t) + (b_4I) + [(b_5(It))]$. Os resultados foram interpretados da seguinte forma: b_4 mostra se houve alteração do nível médio da série; b_5 (criada previamente, multiplicando-se I por t), testa se houve alteração na tendência da série no período de 2000-2004, quando comparado com o período anterior (1993-1994); as estatísticas b_1 e b_2 medem a influência dos fatores ambientais, sintetizados pelo primeiro e segundo eixo da PCA, respectivamente; b_3 avalia a existência de alguma relação com o tempo no período 1993-94.

Os resíduos foram analisados para verificar se os pressupostos da análise (distribuição normal e homogeneidade de variâncias) foram atendidos. Considerando que os dados foram coletados ao longo do tempo foi verificado um outro pressuposto, a autocorrelação temporal (correlação serial). Para avaliar esse pressuposto utilizou-se a estatística de Durbin-Watson.

Para a realização da PCA foram utilizados os valores médios dos níveis hidrométricos do rio Ivinhema referentes aos quatorze dias que precederam as coletas, considerando-se que ocorre uma defasagem temporal do efeito das oscilações do nível sobre a dinâmica dos ambientes da planície de inundação, que varia de acordo com o grau de conexão existente entre os mesmos (Thomaz et al., 1997). Para obtenção deste valor, foi realizada análise de correlação de Pearson entre os escores dos meses e estações de coleta, extraídos da Análise de Correspondência (DCA) e os valores dos níveis fluviométricos, referentes aos dias de coleta e aos valores médios dos 14 dias precedentes às coletas. Quanto aos dados de vazão do rio Ivinhema, foram utilizados os valores médios de dois dias anteriores à coleta, considerando que são medidos a uma distância de aproximadamente 60 Km do ambiente estudado. Como índices pluviométricos da região do rio Ivinhema, foram utilizados os valores correspondentes ao total da precipitação dos dois dias anteriores à coleta. Foi calculado o coeficiente de variação anual e mensal (%) da precipitação, nível hidrométrico do rio Ivinhema e rio Paraná e vazão do rio Ivinhema, para inferir sobre a influência da variabilidade destas variáveis sobre o fitoplâncton.

As análises de regressão linear múltipla e correlação de Pearson foram realizadas utilizando o programa Statistica versão 7.1 (StatSoft Inc., 2005) e as análises PCA e DCA foram feitas utilizando-se o programa Pc-ord (McCune & Mefford, 1999).

RESULTADOS

A temperatura do ar variou de 14°C (maio e agosto de 1993) a 33°C (novembro de 2002). Elevadas temperaturas foram registradas no mês de março dos distintos anos estudados. As maiores temperaturas médias ocorreram nos anos de 2001 e 2004 (Tabela 2). Os maiores valores médios anuais de precipitação ocorreram nos anos de 2001, 2003 e 2004, devido às maiores médias mensais registradas nos meses de verão dos anos de 2001 e 2003 e nos meses de primavera do ano de 2004. As menores médias anuais ocorreram em 1993 e 2000 (Figura 2).

Quanto ao nível hidrométrico do rio Ivinhema (Figura 2), foram registrados valores médios anuais abaixo de 200 centímetros nos anos de 2000 e de 2002-2004, sendo o menor valor médio anual registrado em 2002 (150 cm). Registrou-se alta variabilidade do nível hidrométrico deste rio, dada pelo coeficiente de variação (CV), sendo superior a 30% na maioria dos anos, exceto nos anos de 1993 (CV = 29,4%) e 2003 (CV = 28%). Médias mensais acima de 250 cm ocorreram em junho de 1993, setembro de 2000, fevereiro, março, novembro e dezembro de 2001. Os valores médios do nível fluviométrico referentes aos quatorze dias anteriores à coleta tiveram baixa variação (CV < 10%) sendo os maiores valores registrados em abril (264 cm) e junho de 1993 (254 cm) e junho de 2004 (274 cm) e os menores em novembro de 2002 (98 cm) e março de 2004 (94 cm). A vazão do rio Ivinhema variou de $289 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ no ano de 2002 a $426 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ no ano de 2001.

O maior valor médio anual de nível hidrométrico do rio Paraná ocorreu no ano de 1993 (351,9 cm) e os menores em 2001 (214 cm) e 2002 (267 cm). A variabilidade anual do nível hidrométrico do rio Paraná foi menor que a registrada para o rio Ivinhema, sendo registrado CV superior a 20% somente nos anos de 2001 (29,5%) e 2002 (26%). A menor variabilidade anual do nível hidrométrico deste rio ocorreu nos anos de 2000 (CV = 14%) e 2004 (CV = 16%) (Figura 2).

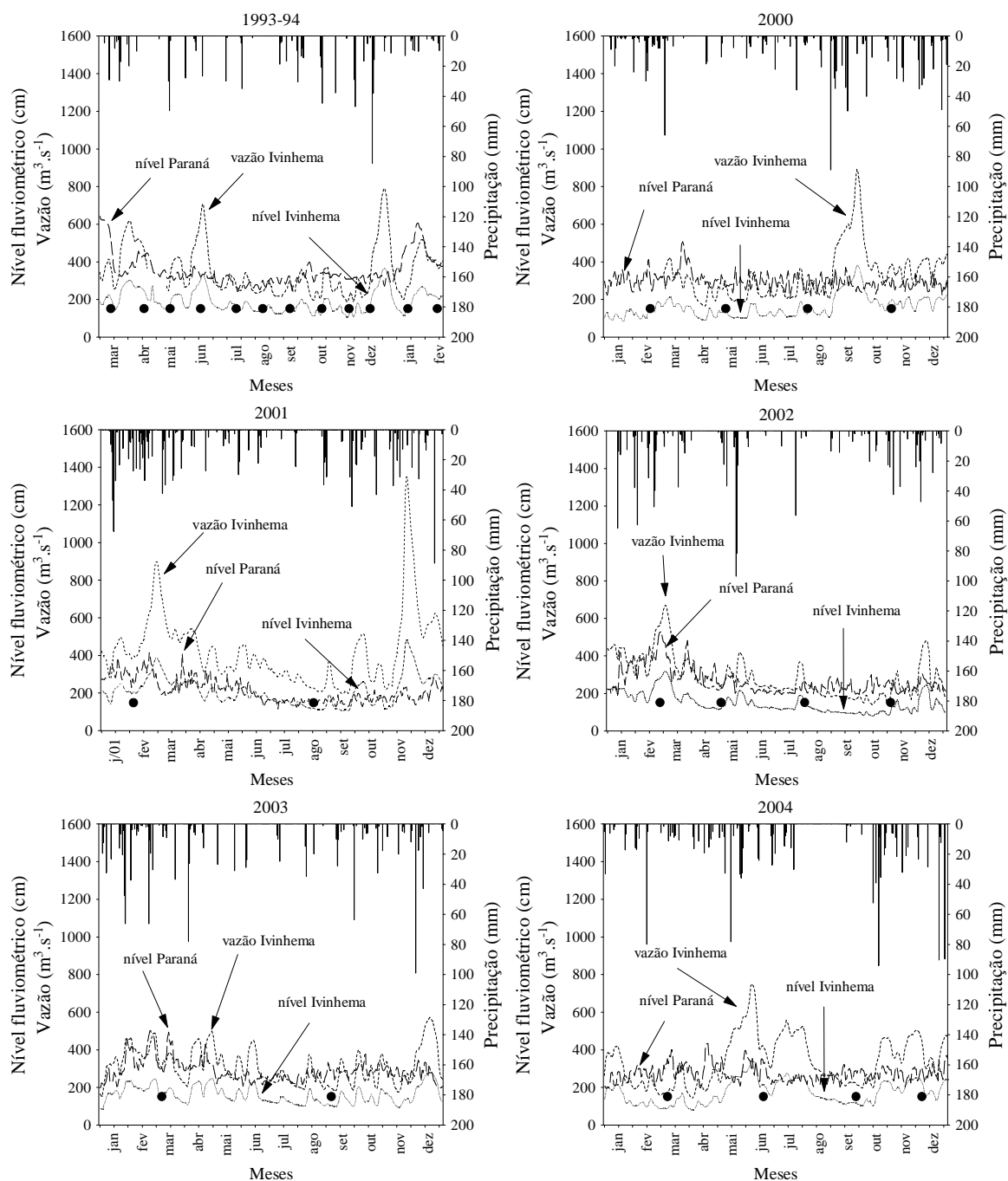


Figura 2 - Níveis fluviométricos diários dos rios Ivinhema e Paraná, vazão diária do rio Ivinhema (linhas) e precipitação diária na estação localizada no rio Ivinhema (barras), nos anos de 1993-1994, 2000, 2001, 2002, 2003 e 2004. (Os pontos indicam o período de coleta).

A profundidade da lagoa dos Patos variou de 2 metros em dezembro de 2004 a 6,2 metros em março de 1993. A transparência da água da lagoa dos Patos foi maior nos meses de altos níveis hidrométricos do rio Ivinhema, no período de março de 1993 a fevereiro de 1994. O rio Ivinhema apresentou baixa transparência durante todo o período estudado. Nos meses de baixos níveis hidrométricos deste rio houve redução da transparência na lagoa dos Patos, especialmente nos anos de 2000-2004. Quanto aos nutrientes na lagoa, foram

observadas as maiores concentrações médias de NKT e PT nos anos de 2001 e 2004, sendo maiores que as registradas no rio Ivinhema. As concentrações das formas inorgânicas destes nutrientes (NO_3 e PSR) foram maiores no ano de 2000 e 2001, no rio Ivinhema. As maiores concentrações de nutrientes ocorreram nos meses mais chuvosos (Tabela 2). A condutividade elétrica apresentou o mesmo padrão temporal apresentando os maiores valores no período chuvoso para os dois ambientes estudados. Os maiores valores de pH ocorreram no período de menor nível hidrométrico do rio Ivinhema. O oxigênio dissolvido apresentou desde concentrações inferiores a $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ no período de maior nível fluviométrico, a concentrações próximas a $9,0 \text{ mg.L}^{-1}$, no período de baixos níveis, nos dois ambientes.

Comunidade fitoplanctônica

Foram identificados 284 táxons na lagoa dos Patos (Tabela 3) e 168 táxons no rio Ivinhema (Tabela 4). Os grupos taxonômicos com maior contribuição para a ficoflórula foram Chlorophyceae, Euglenophyceae, Zygnemaphyceae e Cyanobacteria, na lagoa dos Patos e Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Cyanobacteria e Euglenophyceae, no rio Ivinhema. Foram registrados altos valores de riqueza de espécies na lagoa dos Patos, os quais foram maiores que os registrados no rio Ivinhema, exceto no ano de 2003 (Figuras 3 a e b).

Os maiores valores médios foram registrados nos anos de 1993 (46 táxons) e 2002 (38 táxons) e o menor nos anos de 2000 e 2001 (22 táxons). No rio Ivinhema, os menores valores médios de riqueza ocorreram nos anos de 2000 a 2002 (Figura 4).

Tabela 2 - Valores mínimos (Min) e máximos (Max) e médios da temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), pH, condutividade elétrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), transparência (m), NO_3 ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), NKT ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), PSR ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), PT ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) e O_2 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$), na lagoa dos Patos e rio Ivinhema, no período de março de 1993 a fevereiro de 1994, 2000, 2001, 2002, 2003 e 2004. (Valores absolutos para os anos de 2001 e 2003). (Ver legenda Tabela 1).

| Ambientes | Variáveis | Prof. | T. H ₂ O | T. ar | Transp. | pH | Cond. | NO ₃ | NKT | PSR | PT | O ₂ |
|--------------------------------------|--------------|------------|---------------------|-----------------|----------------|---------------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|-------------|----------------|
| L. PATOS 1993-94 | Min | 3,5 (nov) | 19,8 (ago) | 14,0 (mai, ago) | 0,5 (nov, dez) | 5,8 (jun) | 23,0 (jul, ago) | 0,04 (mai) | 210,0 (mar) | 0,5 (ago) | 10,0 (mar) | 1,0 (abr) |
| | Max | 6,2 (mar) | 30,3 (mar) | 29,5 (mar) | 2,9 (mar) | 7,4 (set) | 48,0 (fev) | 20,7 (Jun) | 1250,0 (nov) | 15,6 (out) | 74,5 (nov) | 9,20 (ago) |
| | Média | 4,6 | 23,7 | 23,1 | 1,2 | 6,6 | 33,8 | 7,5 | 644,2 | 5,4 | 38,9 | 5,6 |
| 2000 | Min | 3,0 (ago) | 17,7 (ago) | 17,7 (ago) | 0,2 (fev) | 6,4 (fev, mai, ago) | 34,0 (fev) | - | 316,1 (nov) | 0,9 (ago) | 25,8 (ago) | 5,4 (nov) |
| | Max | 4,3 (nov) | 26,4 (fev, nov) | 26,4 (fev, nov) | 1,2 (ago) | 7,1 (nov) | 52,0 (nov) | 44,7 (mai) | 556,7 (mai) | 1,6 (nov) | 66,6 (fev) | 8,3 (nov) |
| | Média | 3,5 | 23,7 | 23,7 | 0,5 | 6,6 | 43,1 | 21,7 | 401,9 | 6,1 | 49,3 | 6,7 |
| 2001 | Min | - | 21,4 (ago) | 25,4 (ago) | 0,4 (ago) | 6,2 (ago) | 26,2 (ago) | 15,3 (fev) | 422,3 (ago) | 7,0 (ago) | 42,9 (ago) | 2,0 (fev) |
| | Max | - | 29,5 (fev) | 26,2 (fev) | 0,5 (fev) | 6,3 (fev) | 46,8 (fev) | 53,2 (ago) | 1103,6 (fev) | 7,6 (fev) | 84,2 (fev) | 8,3 (ago) |
| | Média | - | 25,5 | 25,8 | 0,5 | 6,3 | 36,5 | 34,3 | 763,0 | 7,3 | 63,6 | 5,2 |
| 2002 | Min | 3,2 (nov) | 19,6 (ago) | 21,0 (ago) | 0,2 (nov) | 6,6 (mai) | 28,3 (ago) | 46,0 (fev) | 376,0 (mai) | 4,9 (fev, ago) | 31,5 (ago) | 1,5 (fev) |
| | Máx | 4,0 (ago) | 29,2 (nov) | 33,0 (nov) | 0,6 (fev, mai) | 8,5 (fev) | 36,4 (fev) | 129,6 (mai) | 635,1 (fev) | 14,1 (mai) | 89,8 (nov) | 7,5 (ago) |
| | Média | 3,6 | 25,6 | 25,5 | 0,5 | 7,1 | 31,5 | 95,2 | 463,0 | 9,0 | 52,4 | 5,4 |
| 2003 | Min | 2,8 (set) | 20,7 (ago) | 22,0 (ago) | 0,6 (mar) | 6,1 (mar) | 32,9 (ago) | 2,6 (ago) | 285,3 (ago) | 3,1 (ago) | 11,3 (ago) | 0,4 (mar) |
| | Max | 3,7 (mar) | 29,4 (mar) | 26,8 (mar) | 1,1 (ago) | 7,3 (ago) | 40,4 (mar) | 35,7 (mar) | 712,2 (mar) | 19,8 (mar) | 51,9 (mar) | 8,3 (ago) |
| | Média | 3,3 | 25,1 | 24,4 | 0,9 | 6,7 | 36,7 | 19,2 | 498,8 | 11,5 | 31,6 | 4,4 |
| 2004 | Min | 2,0 (dez) | 17,3 (jun) | 20,9 (jun) | 0,3 (mar) | 5,2 (jun) | 34,5 (mar) | 6,5 (dez) | 434,7 (mar) | 4,5 (dez) | 37,5 (dez) | 2,4 (dez) |
| | Max | 5,5 (jun) | 27,8 (mar, dez) | 30,0 (mar) | 0,7 (jun) | 6,8 (mar) | 44,7 (dez) | 32,0 (mar) | 792,9 (dez) | 13,0 (set) | 86,6 (mar) | 6,4 (set) |
| | Média | 3,2 | 24,3 | 27,2 | 0,5 | 5,9 | 38,0 | 15,7 | 608,2 | 8,9 | 54,8 | 4,5 |
| R. IVINHEMA 1993-94 | Min | - | 17,4 (jun) | 14,0 (mai, ago) | 0,5 (dez, fev) | 6,6 (jul) | 36,0 (jun) | - | 115,0 (ago) | 1,8 (fev) | 31,8 (dez) | 4,9 (mar) |
| | Máx | - | 31,2 (mar) | 29,5 (mar) | 3,0 (mar) | 7,3 (abr) | 47,0 (set, nov) | - | 737,8 (mai) | 24,9 (out) | 57,5 (mai) | 8,8 (ago) |
| | Média | - | 23,6 | 23,1 | 0,9 | 6,9 | 42,2 | - | 455,3 | 10,9 | 43,6 | 7,4 |
| 2000 | Min | - | 18,0 (ago) | 17,7 (ago) | 0,4 (fev, nov) | 6,3 (fev) | 40,0 (fev) | 123,9 (ago) | 179,2 (mai) | 10,2 (mai) | 35,6 (mai) | 6,6 (fev) |
| | Máx | - | 26,9 (fev) | 26,4 (fev, nov) | 0,7 (mai, ago) | 7,8 (nov) | 46,0 (nov) | 213,9 (nov) | 593,0 (nov) | 18,4 (nov) | 45,9 (fev) | 8,6 (ago) |
| | Média | - | 23,8 | 23,7 | 0,6 | 6,9 | 42,6 | 157,2 | 337,2 | 15,7 | 41,1 | 7,6 |
| 2001 | Min | - | 21,0 (ago) | 25,4 (ago) | 0,5 (fev) | 6,6 (ago) | 40,3 (ago) | 105,5 (ago) | 194,0 (ago) | 6,2 (fev) | 30,8 (ago) | 6,1 (fev) |
| | Máx | - | 29,5 (fev) | 26,2 (fev) | 0,8 (ago) | 6,9 (fev) | 44,0 (fev) | 143,1 (fev) | 423,9 (fev) | 12,8 (ago) | 34,1 (fev) | 8,7 (ago) |
| | Média | - | 25,3 | 25,8 | 0,7 | 6,8 | 42,2 | 124,3 | 309,0 | 9,5 | 32,5 | 7,4 |
| 2002 | Min | - | 20,0 (ago) | 21,0 (ago) | 0,5 (nov) | 6,8 (ago) | 32,7 (fev) | 4,4 (mai) | 262,2 (ago) | 6,2 (fev, ago) | 31,1 (ago) | 5,7 (fev) |
| | Máx | - | 27,5 (fev) | 33,0 (nov) | 0,8 (mai) | 8,4 (fev) | 49,1 (nov) | 177,7 (nov) | 344,3 (fev) | 26,0 (nov) | 42,5 (nov) | 7,3 (mai) |
| | Média | - | 25,3 | 25,5 | 0,7 | 7,4 | 39,2 | 99,0 | 290,1 | 11,8 | 35,2 | 6,8 |
| 2003 | Min | - | 19,7 (ago) | 22,0 (ago) | 0,5 (mar) | 6,7 (mar) | 41,7 (ago) | 37,0 (ago) | 243,9 (ago) | 3,0 (ago) | 11,6 (ago) | 5,8 (mar) |
| | Máx | - | 30,7 (mar) | 26,8 (mar) | 1,2 (ago) | 7,4 (ago) | 48,9 (mar) | 127,7 (mar) | 349,4 (mar) | 18,3 (mar) | 41,6 (mar) | 8,6 (ago) |
| | Média | - | 25,2 | 24,4 | 0,9 | 7,1 | 45,3 | 82,4 | 296,7 | 10,7 | 26,6 | 7,2 |
| 2004 | Min | - | 17,4 (jun) | 20,9 (jun) | 0,5 (jun) | 6,1 (jun) | 38,5 (jun) | 67,2 (mar) | 142,9 (mar) | 8,7 (mar) | 29,9 (jun) | 6,5 (mar) |
| | Máx | - | 28,3 (mar) | 30,0 (mar) | 1,0 (set) | 7,5 (fev) | 46,8 (dez) | 121,6 (jun) | 415,1 (dez) | 17,4 (set) | 42,3 (dez) | 7,7 (jun) |
| | Média | - | 24,2 | 27,2 | 0,7 | 6,6 | 43,3 | 89,9 | 248,8 | 13,0 | 37,4 | 6,8 |

- = ausência de dados

Tabela 3 – Táxons fitoplanctônicos registrados na lagoa dos Patos, durante o período de fevereiro de 2000 a dezembro de 2005.

| BACILLARIOPHYCEAE | |
|---|---|
| <i>Acanthoceras magdeburgensis</i> Honig. | <i>Eunotia</i> sp. |
| <i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn. | <i>Fragilaria capucina</i> Desm. |
| <i>Achnanthes</i> sp. | <i>Fragilaria</i> sp. |
| <i>Anomoeoneis</i> sp. | <i>Melosira varians</i> Agard. |
| <i>Aulacoseira alpigena</i> (Grun.) Kram. | <i>Navicula cryptocephala</i> Kütz. |
| <i>Aulacoseira ambigua</i> (Grun.) Sim. var. <i>ambigua</i> | <i>Navicula</i> sp. 1 |
| <i>Aulacoseira ambigua</i> (Grun.) Sim. var. <i>ambigua</i> fa. <i>spiralis</i> Ludw. | <i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Sm. |
| <i>Aulacoseira distans</i> (Ehr.) Sim. | <i>Nitzschia</i> sp. |
| <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim. | <i>Nitzschia</i> sp. 1 |
| <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim. fa. <i>curvata</i> | <i>Nitzschia</i> sp. 2 |
| <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>granulata</i> | <i>Thalassiosira</i> sp. |
| <i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemm.) Sim. | <i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch.) Comp. |
| <i>Cyclotella</i> sp. | <i>Urosolenia eriensis</i> (H. L. Sm.) Round & Craw. |
| <i>Cymbella affinis</i> Kütz. | <i>Urosolenia eriensis</i> var. <i>morsa</i> (W. West & G.S. West) Torgan |
| <i>Cymbella</i> sp. | <i>Urosolenia longiseta</i> (Zach.) Round & Craw. |
| <i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grun.) Holk & Klee | Pennales não identificada 1 |
| CYANOBACTERIA | |
| <i>Anabaena ambigua</i> Rao | <i>Merismopedia glauca</i> (Bréb.) |
| <i>Anabaena circinalis</i> Rab. | <i>Merismopedia tenuissima</i> Lemm. |
| <i>Anabaena planctonica</i> Brun. | <i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz. |
| <i>Anabaena solitaria</i> Kom. | <i>Microcystis smithii</i> Kom. & Anag. |
| <i>Anabaena spiroides</i> Kleb. | <i>Microcystis</i> sp. |
| <i>Anabaena</i> sp. | <i>Oscillatoria</i> sp. |
| <i>Aphanizomenon gracile</i> Lemm. | <i>Planktolyngbya limnetica</i> (Lemm.) Kom.-Legn. & Cronb. |
| <i>Aphanocapsa elachista</i> W. & G. S. West | <i>Planktothrix agardhii</i> (Gom.) Anag. & Kom. |
| <i>Aphanocapsa holsatica</i> (Lemm.) Cronb. & Kom. | <i>Pseudanabaena moniliformis</i> Kom. & Kling |
| <i>Aphanocapsa koordersii</i> Ström | <i>Pseudanabaena mucicola</i> (Hüb.-Pest. & Naum.) Bourr. |
| <i>Aphanocapsa</i> sp. | <i>Pseudanabaena</i> sp. 1 |
| <i>Aphanothece</i> sp. | <i>Pseudanabaena</i> sp. 2 |
| <i>Chroococcus minutus</i> (Kütz.) Näg. | <i>Rhabdogloea smithii</i> (R. et al. F. Chod.) Kom. |
| <i>Chroococcus</i> sp. | <i>Rhaphidiopsis mediterranea</i> Skuja |
| <i>Coelomoron pusillum</i> (Van Goor) Kom. | <i>Romeria gracilis</i> (Koczw.) Koczw. ex. Geitler |
| <i>Coelomoron</i> sp. | <i>Synechococcus</i> sp. |
| <i>Coelosphaerium kuetzingianum</i> Näg. | <i>Synechocystis aquatilis</i> Sauv. |
| <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (W.) Seen. & Sub. Rajú | Chroococaceae não identificada |
| <i>Geitlerinema</i> sp. | Phormidiaceae não identificada |
| <i>Konvophoron</i> sp. | Pseudanabaenaceae não identificada |
| <i>Lyngbya</i> sp. | Oscillatoriaceae não identificada |
| CHLOROPHYCEAE | |
| <i>Actinastrum gracillimum</i> G. M. Smith | <i>Micractinium pusillum</i> Fres. |
| <i>Actinastrum hantzschii</i> Lag. | <i>Monoraphidium arcuatum</i> (Kors.) Hind. |
| <i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs | <i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom. – Legn. |
| <i>Ankistrodesmus fusiformes</i> Cor. | <i>Monoraphidium convolutum</i> (Cor.) Kom.-Legn. |
| <i>Ankistrodesmus</i> sp. | <i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Kom.-Legn. |
| <i>Ankistrodesmus spiralis</i> (Turn.) Lem. | <i>Monoraphidium irregulare</i> (G. M. Sm.) Kom.-Legn. |
| <i>Ankyra ancora</i> (G.W. Smith) Fott | <i>Monoraphidium komarkovae</i> Nyg. |
| <i>Ankyra judayi</i> (G.W. Smith) Fott | <i>Monoraphidium minutum</i> (Näg.) Kom.-Legn. |
| <i>Ankyra ocellata</i> (Kors.) Fott | <i>Monoraphidium pusillum</i> (Prin.) Kom.-Legn. |
| <i>Botryococcus braunii</i> Kütz. | <i>Monoraphidium tortile</i> (W. & G.S. West) Kom.- Legn. |
| <i>Chlamydomonas</i> sp. | <i>Nephrocytium lunatum</i> W. West |
| <i>Chlorella</i> sp. | <i>Oocystis borgei</i> Snow |
| <i>Chloromonas</i> sp. 1 | <i>Oocystis lacustris</i> Chod. |
| <i>Closteriopsis longissima</i> (Lemm.) Lemm. | <i>Oocystis solitaria</i> Wittr. et Nordst. |
| <i>Closteriopsis</i> sp. | <i>Oocystis</i> sp. |
| <i>Coelastrum astroideum</i> De Notaris | <i>Pandorina morum</i> (F. Muller) Bory |
| <i>Coenochloris planconvexa</i> Hind. | <i>Paradoxia multisetata</i> Swir. |

Tabela 3 – Continuação.

| | |
|--|---|
| <i>Crucigenia fenestrata</i> (Schm.) Schm. | <i>Pediastrum tetras</i> (Ehr.) Ralfs |
| <i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.) W. & G. S. West | <i>Pseudoquadrigula</i> sp. |
| <i>Crucigeniella crucifera</i> (Wolle) Kom. | <i>Pteromonas variabilis</i> Hub.– Pest. |
| <i>Desmodesmus armatus</i> (Chod.) Hegew. | <i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chod. |
| <i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>bicaudatus</i> (Gugl.) Hegew. | <i>Scenedesmus arcuatus</i> (Lemm.) Lemm. |
| <i>Desmodesmus serratus</i> (Cor.) Am., Friedl & Hegew. | <i>Scenedesmus bernardii</i> G. M. Smith |
| <i>Desmodesmus</i> sp. | <i>Scenedesmus ecornis</i> var. <i>ecornis</i> (Ehr. Ex Ralfs) Chod. |
| <i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Näg. | <i>Scenedesmus ellipticus</i> Corda |
| <i>Dictyosphaerium elegans</i> Bachm. | <i>Schroederia antillarum</i> Kom. |
| <i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood | <i>Schroederia setigera</i> (Schröd.) Lemm. |
| <i>Dimorphococcus lunatus</i> A. Br. | <i>Selenastrum gracile</i> Reins. |
| <i>Eudorina elegans</i> Her. | <i>Spermatozopsis exsultans</i> Kors. |
| <i>Eutetramorus fottii</i> (Hind.) Kom. Sensu Kom. | <i>Tetraedron minimum</i> (A. Br.) Hansg. |
| <i>Eutetramorus</i> sp. | <i>Tetrallantos lagerheimii</i> Teil. |
| <i>Fusola viridis</i> Snow | <i>Tetrastrum heteracanthum</i> (Nordst.) Chod. |
| <i>Golenkinia radiata</i> Chod. | <i>Tetrastrum komarekii</i> Hind. |
| <i>Golenkinia</i> sp. | <i>Tetrastrum</i> sp. |
| <i>Kirchneriella contorta</i> (Schm.) Bohl. | <i>Tetrastrum triangulare</i> (Chod.) Kom. |
| <i>Kirchneriella irregularis</i> (G. M. Schm.) Kors. | <i>Thorakochloris nygardii</i> Kom. |
| <i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchn.) Möb. | <i>Treubaria schmidlei</i> (Schöed.) Fott & Kovác. |
| <i>Kirchneriella obesa</i> (W. W.) Schm. | <i>Treubaria setigera</i> (Archer) G. M. Smith. |
| <i>Kirchneriella rosolata</i> Hind. | <i>Westella botryooides</i> (W. West) de Wildermann. |
| <i>Kirchneriella</i> sp. | Chlorococcales não identificada |
| <i>Lagerheimia ciliata</i> (Lag.) Chod. | |
| CHRYSOPHYCEAE | |
| <i>Dinobryon divergens</i> Imh. | <i>Mallomonas</i> sp. 1 |
| <i>Dinobryon sertularia</i> Ehr. | <i>Synura</i> sp. |
| <i>Dinobryon</i> sp. | Chrysophyceae unicelular não identificada |
| <i>Mallomonas</i> sp. | |
| EUGLENOPHYCEAE | |
| <i>Euglena</i> cf. <i>gaumei</i> Allorge & Lefr. | <i>Trachelomonas</i> cf. <i>minuscula</i> Drez. |
| <i>Euglena</i> sp. | <i>Trachelomonas conica</i> Playf. |
| <i>Euglena</i> sp. 1 | <i>Trachelomonas armata</i> var. <i>armata</i> fa. <i>inevoluta</i> Defl. |
| <i>Lepocinclis acus</i> var. <i>acus</i> (Brons.) Ehr. | <i>Trachelomonas cervicula</i> Stokes |
| <i>Lepocinclis acus</i> var. <i>longissima</i> (Brons.) Defl. | <i>Trachelomonas curta</i> Cunha emend. Defl. |
| <i>Lepocinclis ehrenbergii</i> (Brons.) Kleb. | <i>Trachelomonas curta</i> da Cunha emend. Defl. var. <i>minima</i> Tell & Zaloc |
| <i>Lepocinclis fusiformis</i> (Carter) Lemm. emend. Conr. | <i>Trachelomonas cylindrica</i> Playf. |
| <i>Lepocinclis ovum</i> (Her.) Lemm. | <i>Trachelomonas hexangulata</i> Swir. |
| <i>Lepocinclis oxyuris</i> (Brons.) Schm. | <i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein emend Defl. var. <i>coronata</i> Lemm. |
| <i>Lepocinclis salina</i> Frits. | <i>Trachelomonas horrida</i> Pal. |
| <i>Lepocinclis</i> sp. 1 | <i>Trachelomonas intermedia</i> Dang. |
| <i>Lepocinclis spirogyra</i> (Brons.) Ehr. var. <i>fusca</i> Klebs | <i>Trachelomonas lacustris</i> Drez. |
| <i>Monomorphina</i> sp. | <i>Trachelomonas oblonga</i> Lemm. |
| <i>Phacus</i> cf. <i>megalopsis</i> Pochm. | <i>Trachelomonas planctonica</i> Swir. |
| <i>Phacus horridus</i> Pochm. | <i>Trachelomonas pusilla</i> Playf. |
| <i>Phacus longicauda</i> (Ehr.) Duj. var. <i>tortus</i> Lemm. | <i>Trachelomonas rotunda</i> Swir. |
| <i>Phacus longicauda</i> var. <i>longicauda</i> (Ehr.) Duj. | <i>Trachelomonas scabra</i> Playf. |
| <i>Phacus margaritatus</i> Pochm. | <i>Trachelomonas sculpta</i> Balech. |
| <i>Phacus orbicularis</i> Hübn. | <i>Trachelomonas similis</i> Stokes var. <i>similis</i> Stokes |
| <i>Strombomonas fluviatilis</i> (Lemm.) Defl. | <i>Trachelomonas sydneyensis</i> Playf. |
| <i>Strombomonas gibberosa</i> (Playf.) Defl. | <i>Trachelomonas volvocina</i> Ehr. |
| <i>Strombomonas ovalis</i> (Playf.) Defl. | <i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swir. |
| <i>Strombomonas verrucosa</i> (Daday) Defl. | <i>Trachelomonas woycickii</i> Koczw. |
| <i>Trachelomonas abrupta</i> Swir. Emend. Defl. | <i>Trachelomonas</i> sp. |
| <i>Trachelomonas amphoriformis</i> Osor.-Traf. | <i>Trachelomonas</i> sp. 1 |
| <i>Trachelomonas armata</i> (Ehr.) Stein var. <i>litoralensis</i> Tell & Zaloc | <i>Trachelomonas</i> sp. 2 |
| <i>Trachelomonas armata</i> var. <i>armata</i> (Ehr.) Stein | |

Tabela 3. Continuação.

| CRYPTOPHYCEAE | |
|---|---|
| <i>Chroomonas acuta</i> Uterm. | <i>Cryptomonas curvata</i> Ehr. Emend. Pen. |
| <i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja | <i>Cryptomonas</i> sp. |
| <i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, Bic. & Bic. | <i>Rhodomonas lacustris</i> Pasc. & Rut. |
| ZYGNEMAPHYCEAE | |
| <i>Bambusina brebissonii</i> (Nordst.) Wolle | <i>Euastrum elegans</i> (Bréb.) Kütz. |
| <i>Closterium aciculare</i> T. West. | <i>Euastrum rectangulare</i> Fritsch & Rich |
| <i>Closterium gracile</i> Breb. | <i>Gonatozygon aculeatum</i> Hast. |
| <i>Closterium kutzingii</i> Bréb. | <i>Gonatozygon kinahanii</i> (Arch.) Rabenh. |
| <i>Closterium lineatum</i> Ehr. ex Ralfs | <i>Gonatozygon pilosum</i> Wolle |
| <i>Closterium setaceum</i> Ehr. ex Ralfs | <i>Hyalotheca dissiliens</i> Bréb. ex Ralfs |
| <i>Closterium</i> sp. | <i>Hyalotheca mucosa</i> (Mert.) Ehr. ex Ralfs |
| <i>Closterium</i> sp. 1 | <i>Mougeotia</i> sp. |
| <i>Closterium</i> sp. 2 | <i>Onychonema laeve</i> Nordst. |
| <i>Closterium</i> sp. 3 | <i>Pleuratenium</i> sp. |
| <i>Cosmarium</i> cf. <i>ocellatum</i> Eichler & Gutwinski | <i>Spondylosium planum</i> (Wol.) W. & W. |
| <i>Cosmarium contractum</i> Kirch. | <i>Staurastrum boergesenii</i> Racib. |
| <i>Cosmarium decoratum</i> W. G. & S. West | <i>Staurastrum leptocladum</i> Nordst. |
| <i>Cosmarium denticulatum</i> Borge | <i>Staurastrum rotula</i> Nordst. |
| <i>Cosmarium ornatum</i> Ralfs | <i>Staurastrum setigerum</i> Cleve |
| <i>Cosmarium pseudoconnatum</i> Nordst. | <i>Staurastrum</i> sp. |
| <i>Cosmarium punctulatum</i> Breb. | <i>Staurastrum</i> sp. 1 |
| <i>Cosmarium regnesi</i> Reins. | <i>Staurastrum trifidum</i> Nordst. |
| <i>Cosmarium</i> sp. | <i>Stauroidesmus clepsydra</i> Nordst. |
| <i>Cosmarium</i> sp. 1 | <i>Stauroidesmus convergens</i> (Ehr.) Teil. |
| <i>Cosmarium</i> sp. 2 | <i>Stauroidesmus dejectus</i> (Bréb.) Teil. |
| <i>Cosmarium</i> sp. 3 | <i>Stauroidesmus extensus</i> (And.) Teil. |
| <i>Euastrum</i> cf. <i>insulare</i> (Wittr.) J. Roy | <i>Stauroidesmus triangularis</i> (Lagerh.) Teil. |
| <i>Euastrum denticulatum</i> (Kirch.) Gay | <i>Stauroidesmus validus</i> W & G. S. West Thom. |
| DINOPHYCEAE | |
| <i>Gymnodinium</i> sp. | <i>Peridinium</i> sp. 1 |
| <i>Peridinium</i> sp. | |
| XANTHOPHYCEAE | |
| <i>Brachiogonium ophiaster</i> Pascher & Ettl | <i>Isthmochloron lobulatum</i> (Naeg.) Skuja |
| <i>Centrtractus belenophorus</i> Lemm. | <i>Tetraedriella jovetti</i> (Bourr.) Bourr. |
| <i>Goniochloris contorta</i> (Bourr.) Ettl | <i>Tetraedriella regularis</i> (Kütz.) Fott |
| <i>Goniochloris fallax</i> Fott | <i>Tetraplektron torsum</i> (Skuja) Dedus. Scæg. |
| <i>Isthmochloron gracile</i> (Reins.) Skuja | <i>Tetraplektron</i> sp. |

Tabela 4 – Táxons fitoplanctônicos registrados na estação estudada no rio Ivinhema, durante o período de fevereiro de 2000 a dezembro de 2005.

| BACILLARIOPHYCEAE | |
|---|---|
| <i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarn. | <i>Gyrosigma</i> cf. <i>spencerii</i> (W. Smith) Cleve |
| <i>Achnanthes</i> sp. | <i>Melosira varians</i> Agard. |
| <i>Anomoeoneis</i> sp. | <i>Navicula cryptocephala</i> Kütz. |
| <i>Aulacoseira alpigena</i> (Grun.) Kram. | <i>Navicula</i> sp. |
| <i>Aulacoseira ambigua</i> (Grun.) Sim. var. <i>ambigua</i> | <i>Navicula</i> sp. 1 |
| <i>Aulacoseira ambigua</i> (Grun.) Sim. var. <i>ambigua</i> fa. <i>spiralis</i> Ludw. | <i>Neidium</i> sp. |
| <i>Aulacoseira distans</i> (Ehr.) Sim. | <i>Nitzschia gracilis</i> Hantz. ex Rabenh. |
| <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim. | <i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W. Sm. |
| <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>angustissima</i> (O. Müller) Sim. fa. <i>curvata</i> | <i>Nitzschia tubicola</i> Grun. |
| <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>granulata</i> | <i>Nitzschia</i> sp. |
| <i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemm.) Sim. | <i>Pinnularia subcapitata</i> Greg. |
| <i>Cyclotella</i> sp. | <i>Pinnularia</i> sp. |
| <i>Cymbella naviculiformis</i> (Auerswald) Cleve | <i>Surirella linearis</i> W. Smith |
| <i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grun.) Holk & Klee | <i>Surirella</i> sp. |
| <i>Eunotia</i> sp. | <i>Synedra goulardii</i> Breb. |
| <i>Fragilaria capucina</i> Desm. | <i>Thalassiosira</i> sp. |
| <i>Fragilaria</i> sp. | <i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch.) Comp. |
| <i>Frustulia rhomboides</i> (Ehr.) De Toni | <i>Urosolenia eriensis</i> (H. L. Sm.) Round & Craw. |
| <i>Gomphonema augur</i> Ehr. | <i>Urosolenia eriensis</i> var. <i>morsa</i> (W. West & G.S. West) Torgan |
| <i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz. | <i>Urosolenia longiseta</i> (Zach.) Round & Craw. |
| <i>Gomphonema</i> sp. | Pennales não identificada 1 |
| CYANOBACTERIA | |
| <i>Anabaena circinalis</i> Rab. | <i>Microcystis smithii</i> Kom. & Anag. |
| <i>Anabaena planctonica</i> Brun. | <i>Oscillatoria</i> sp. |
| <i>Anabaena solitaria</i> Kom. | <i>Planktothrix agardhii</i> (Gom.) Anag. & Kom. |
| <i>Anabaena spiroides</i> Kleb. | <i>Pseudanabaena moniliformis</i> Kom. & Kling |
| <i>Anabaena</i> sp. | <i>Pseudanabaena mucicola</i> (Hüb.-Pest. & Naum.) Bourr. |
| <i>Aphanocapsa elachista</i> W. & G. S. West | <i>Pseudanabaena</i> sp. 1 |
| <i>Aphanocapsa holsatica</i> (Lemm.) Cronb. & Kom. | <i>Rhaphidiopsis mediterranea</i> Skuja |
| <i>Aphanocapsa koorderstii</i> Ström | <i>Rhabdogloea smithii</i> (R. et al. F. Chod.) Kom. |
| <i>Chroococcus limneticus</i> Lemm. | <i>Romeria gracilis</i> (Koczw.) Koczw. ex. Geitler |
| <i>Chroococcus</i> sp. | <i>Spirulina</i> sp. |
| <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (W.) Seen. & Sub. Rajú | <i>Synechococcus</i> sp. |
| <i>Geitlerinema</i> sp. | <i>Synechocystis aquatilis</i> Sauv. |
| <i>Konvophoron</i> sp. | Phormidiaceae não identificada |
| <i>Merismopedia glauca</i> (Ehr.) Kütz. | Pseudanabaenaceae não identificada |
| <i>Merismopedia tenuissima</i> Lemm. | Oscillatoriaceae não identificada |
| <i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz. | |
| CHLOROPHYCEAE | |
| <i>Actinastrum hantzschii</i> Lag. | <i>Micractinium pusillum</i> Fres. |
| <i>Ankyra ancora</i> (G.W. Smith) Fott | <i>Monoraphidium arcuatum</i> (Kors.) Hind. |
| <i>Ankyra judayi</i> (G.W. Smith) Fott | <i>Monoraphidium contortum</i> (Thur.) Kom. – Legn. |
| <i>Ankyra ocellata</i> (Kors.) Fott | <i>Monoraphidium griffithii</i> (Berk.) Kom.-Legn. |
| <i>Chlamydomonas</i> sp. | <i>Monoraphidium irregulare</i> (G. M. Sm.) Kom.-Legn. |
| <i>Chlorella</i> sp. | <i>Monoraphidium komarkovae</i> Nyg. |
| <i>Closteriopsis</i> sp. | <i>Monoraphidium minutum</i> (Näg.) Kom.-Legn. |
| <i>Coelastrum reticulatum</i> (Dang.) Senn | <i>Monoraphidium pusillum</i> (Prin.) Kom.-Legn. |
| <i>Coenochloris planconvexa</i> Hind. | <i>Neochloris</i> sp. |
| <i>Coenocystis</i> sp. | <i>Oocystis lacustris</i> Chod. |
| <i>Crucigenia fenestrata</i> (Schm.) Schm. | <i>Oocystis solitaria</i> Wittr. et Nordst. |
| <i>Crucigeniella rectangularis</i> (Näg.) Kom. | <i>Pediastrum duplex</i> Mey. |
| <i>Crucigeniella</i> sp. | <i>Pediastrum simplex</i> Mey. |
| <i>Desmodesmus armatus</i> (Chod.) Hegew. | <i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chod. |
| <i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>bicaudatus</i> (Gugl.) Hegew. | <i>Scenedesmus acutus</i> Mey. |
| <i>Desmodesmus protuberans</i> (Fritsch & Rich) E. Hegew. | <i>Scenedesmus ecornis</i> var. <i>ecornis</i> (Her. Ex Ralfs) Chod. |
| <i>Desmodesmus</i> sp. | <i>Scenedesmus</i> sp. |

Tabela 1. Continuação.

| | |
|---|---|
| <i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i> Näg. | <i>Schroederia antillarum</i> Kom. |
| <i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood | <i>Schroederia setigera</i> (Schröd.) Lemm. |
| <i>Eudorina elegans</i> Ehr. | <i>Selenastrum gracile</i> Reins. |
| <i>Eutetramorus fottii</i> (Hind.) Kom. Sensu Kom. | <i>Spermatozopsis exsultans</i> Korsch. |
| <i>Golenkinia</i> sp. | <i>Sphaerellopsis</i> sp. |
| <i>Kirchneriella obesa</i> (W. W.) Schm. | <i>Tetrallantos lagerheimii</i> Teil. |
| <i>Kirchneriella</i> sp. | <i>Tetrastrum komarekii</i> Hind. |
| CRYSOPHYCEAE | |
| <i>Dinobryon divergens</i> Imh. | <i>Mallomonas</i> sp. 1 |
| <i>Mallomonas</i> sp. | Chrysophyceae unicelular não identificada |
| EUGLENOPHYCEAE | |
| <i>Euglena</i> sp. | <i>Trachelomonas cervicula</i> Stokes |
| <i>Lepocinclis acus</i> var. <i>longissima</i> (Brons.) Defl. | <i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) Stein emend Defl. var. <i>coronata</i> Lemm. |
| <i>Lepocinclis acus</i> var. <i>acus</i> (Brons.) Ehr. | <i>Trachelomonas intermedia</i> Dang. |
| <i>Lepocinclis ovum</i> (Her.) Lemm. | <i>Trachelomonas oblonga</i> Lemm. |
| <i>Monomorphina</i> sp. | <i>Trachelomonas rotunda</i> Swir. |
| <i>Phacus horridus</i> Pochm. | <i>Trachelomonas scabra</i> Playf. |
| <i>Phacus longicauda</i> (Ehr.) Duj. var. <i>tortus</i> Lemm. | <i>Trachelomonas sculpta</i> Balech. |
| <i>Phacus orbicularis</i> Hübn. | <i>Trachelomonas similis</i> Stokes |
| <i>Strombomonas rotunda</i> (Playf.) Defl. | <i>Trachelomonas</i> sp. |
| <i>Strombomonas scabra</i> (Playf.) G. Tell & Conf. | <i>Trachelomonas volvocina</i> Ehr. |
| <i>Strombomonas</i> sp. | <i>Trachelomonas volvocinopsis</i> Swir. |
| CRYPTOPHYCEAE | |
| <i>Chroomonas acuta</i> Uterm. | <i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja |
| <i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, Bic. & Bic. | <i>Cryptomonas</i> sp. |
| <i>Cryptomonas curvata</i> Ehr. Emend. Pen. | |
| ZYGNEMAPHYCEAE | |
| <i>Closterium lineatum</i> Ehr. ex Ralfs | <i>Cosmarium</i> sp. 3 |
| <i>Closterium setaceum</i> Ehr. ex Ralfs | <i>Gonatozygon kinahanii</i> (Arch.) Rabenh. |
| <i>Closterium</i> sp. | <i>Gonatozygon</i> sp. |
| <i>Closterium</i> sp. 1 | <i>Onychonema</i> sp. |
| <i>Cosmarium pseudopyramidatum</i> Lund. | <i>Staurastrum quadrangulare</i> Bréb. |
| <i>Cosmarium</i> sp. | <i>Mougeotia</i> sp. |
| DINOPHYCEAE | |
| <i>Peridinium</i> sp. | |
| XANTHOPHYCEAE | |
| <i>Brachiozonium ophiaster</i> Pascher & Ettl | <i>Goniochloris</i> sp. |
| <i>Centritractus belenophorus</i> Lemm. | |

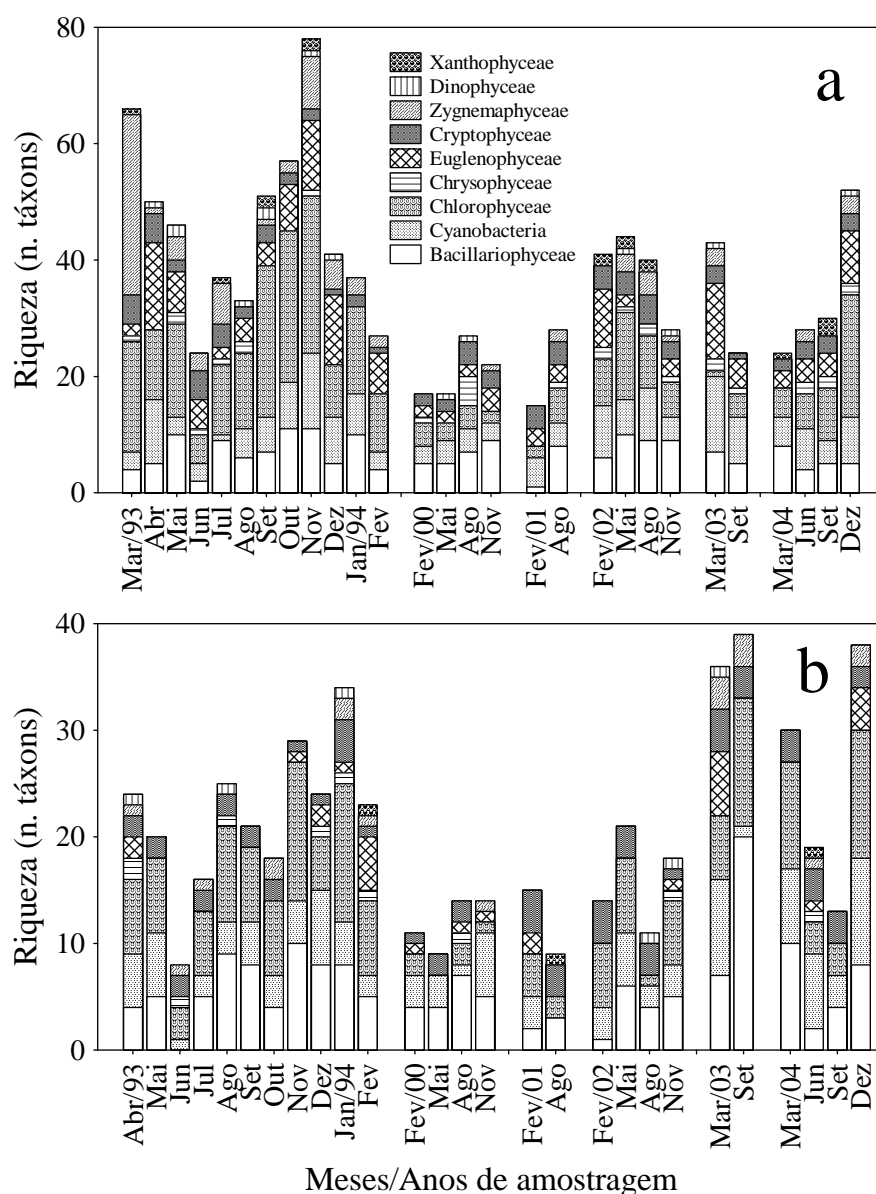


Figura 3 – Variação temporal do número de táxons fitoplanctônicos na lagoa dos Patos (a) e no rio Ivinhema (b), durante o período de março de 1993 - fevereiro de 1994 e 2000 a 2004. (Espaços separam os períodos). Notar diferença de escala.

Foram registrados altos valores de biovolume fitoplanctônico na lagoa dos Patos (Figura 6a), nos meses de baixa precipitação, baixo nível hidrométrico dos rios Ivinhema e Paraná e vazão do rio Ivinhema (Figura 2). Os maiores valores médios anuais de biovolume fitoplanctônico foram registrados no ano de 1993 ($7,7 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$), 2000 ($3,3 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$), 2001 ($3,8 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) e 2002 ($4,5 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) (Figura 5). Nos anos de 2003 e 2004 ocorreram os menores valores médios de biomassa na lagoa dos Patos, sendo próximos à média registrada para o rio Ivinhema (Figura 5).

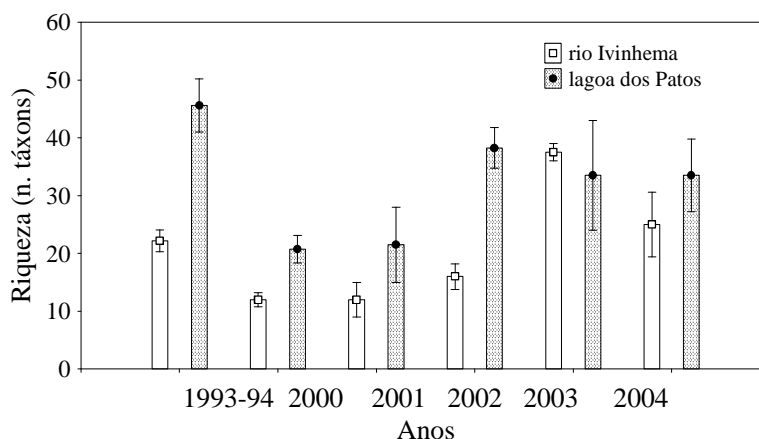


Figura 4 - Variação interanual do número de táxons fitoplanctônicos (valores médios; +/- erro padrão) no rio Ivinhema e lagoa dos Patos, durante o período de março de 1993 - fevereiro de 1994 e 2000 a 2004.

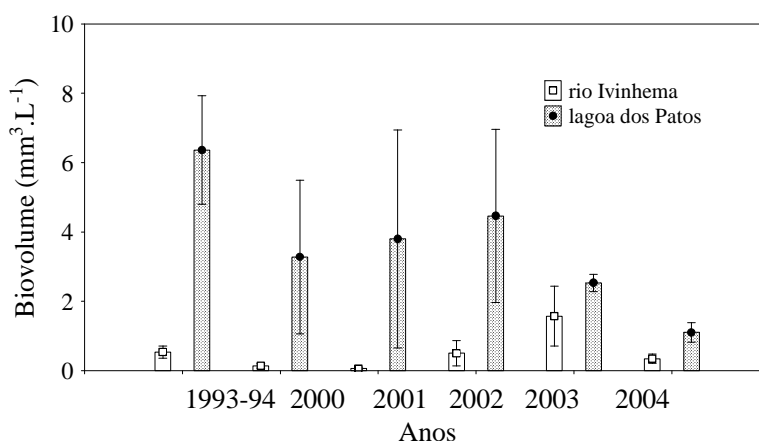


Figura 5 - Variação interanual da biomassa fitoplanctônica (valores médios; +/- erro padrão) no rio Ivinhema e lagoa dos Patos, durante o período de março de 1993 - fevereiro de 1994 e 2000 a 2004.

No ano de 1993, Cyanobacteria foi o grupo dominante em biomassa na lagoa nos meses de baixos níveis hidrométricos do rio Ivinhema, representada principalmente pelos grupos funcionais fitoplanctônicos **H1** (*Anabaena solitaria*) e **H2** (*Anabaena spiroides*). Bacillariophyceae foi o segundo grupo com maior contribuição à biomassa fitoplanctônica neste período, representada principalmente pelo grupo funcional **MP** (*Aulacoseira granulata* var. *granulata*) (Tabela 5).

Os grupos funcionais **S1** (*Planktothrix agardhii* - Cyanobacteria), **MP** (*Aulacoseira granulata* var. *granulata* - Bacillariophyceae) e **Y** (*Cryptomonas marssonii* - Cryptophyceae) apresentaram maior contribuição ao biovolume nos meses de maior precipitação e maiores níveis fluviométricos e vazão do rio Ivinhema no período de 1993 - fevereiro de 1994 (Tabela 5).

Bacillariophyceae foi o grupo dominante na lagoa dos Patos, nos meses de novembro de 2000, agosto de 2001, maio e novembro de 2002 e março de 2004 (Figura 6

a). O grupo funcional **MP** foi representado principalmente por *Aulacoseira ambigua* nos anos de 2000 e 2001 e *Aulacoseira granulata* var. *granulata* no ano de 2002. O grupo **D**, representado por *Aulacoseira distans* teve importante contribuição em maio e novembro de 2002. Cyanobacteria foi o grupo responsável pelos maiores valores de biomassa nos meses de fevereiro de 2000, fevereiro de 2001 e 2002, agosto de 2002, março e setembro de 2003 (Figura 6 a). Neste período houve alternância de vários grupos funcionais (Tabela 5). O grupo funcional **M** (*Radiocystis fernandoi*) foi dominante no mês de fevereiro de 2000, **X2** (*Synechocystis aquatilis* e *Romeria* cf. *gracilis*) nos meses de fevereiro de 2001 e 2002 e março de 2003, **H1** (*Anabaena spiroides* e *A. circinalis*) nos meses de agosto de 2002 e **L₀** (*Merismopedia glauca*) em setembro de 2003.

Zygnemaphyceae foi a Classe que mais contribuiu para a biomassa nos meses de março e julho de 1993, março de 2003, junho e dezembro de 2004, representada principalmente pelos grupos funcionais **N** (*Cosmarium* sp.) e **P** (*Gonatozygon kinahanii*). Euglenophyceae, representada principalmente pelo grupo funcional **W2** (*Trachelomonas armata*) teve importante participação nos meses de fevereiro de 2001 e setembro de 2004. Os demais grupos taxonômicos foram representados pelos grupos funcionais **E**, **X2**, **L₀**.

Para o rio Ivinhema foram registrados valores médios anuais de biomassa inferiores a $2,5 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$ durante todo o período de estudo (Figura 6 b). O maior valor médio anual ($1,6 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) ocorreu em 2003 (Figura 5). Bacillariophyceae foi o grupo responsável na maior parte do período de 1993 - fevereiro de 1994, representado pelo grupo funcional **MP**, o qual foi representado principalmente por *Aulacoseira ambigua*, *A. granulata* var. *granulata* e *A. granulata* var. *angustissima*. Cyanobacteria representou o segundo grupo mais importante neste rio nos meses de abril e dezembro de 1993 e o principal grupo no mês de agosto deste mesmo ano e em fevereiro de 1994, sendo representado principalmente pelo grupo **H2** (Tabela 5). As cianobactérias também dominaram nos meses de fevereiro (**Sn** - *Cylindrospermopsis raciborskii*) e maio de 2000 (**Z** - *Synechocystis aquatilis*), março de 2004 (**M** - *Radiocystis fernandoi*), junho de 2004 (**M** - *Radiocystis fernandoi* e **H2** - *Anabaena solitaria*) e setembro de 2004 (**H1** - *Anabaena circinalis*).

As bacilariofíceas foram dominantes no rio Ivinhema nos meses de agosto de 2000 (**MP** - *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*), maio de 2002 (**MP** - *Aulacoseira granulata* var. *granulata*) e setembro de 2003 (**MP** - *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* e *Ulnaria ulna*). O grupo **C** (*Discostella stelligera*) apresentou alta

contribuição no mês de agosto de 2001. Zygnemaphyceae foi dominante em biomassa nos meses de março de 2003 e dezembro de 2004, representado pelo grupo funcional **P** (*Closterium* sp. e *Gonatozygon kinahanii*). Dinophyceae, Cryptophyceae e Chlorophyceae tiveram baixa contribuição aos valores de biomassa, sendo representados pelos grupos funcionais **L₀**, **Y** e **J**, respectivamente (Tabela 5).

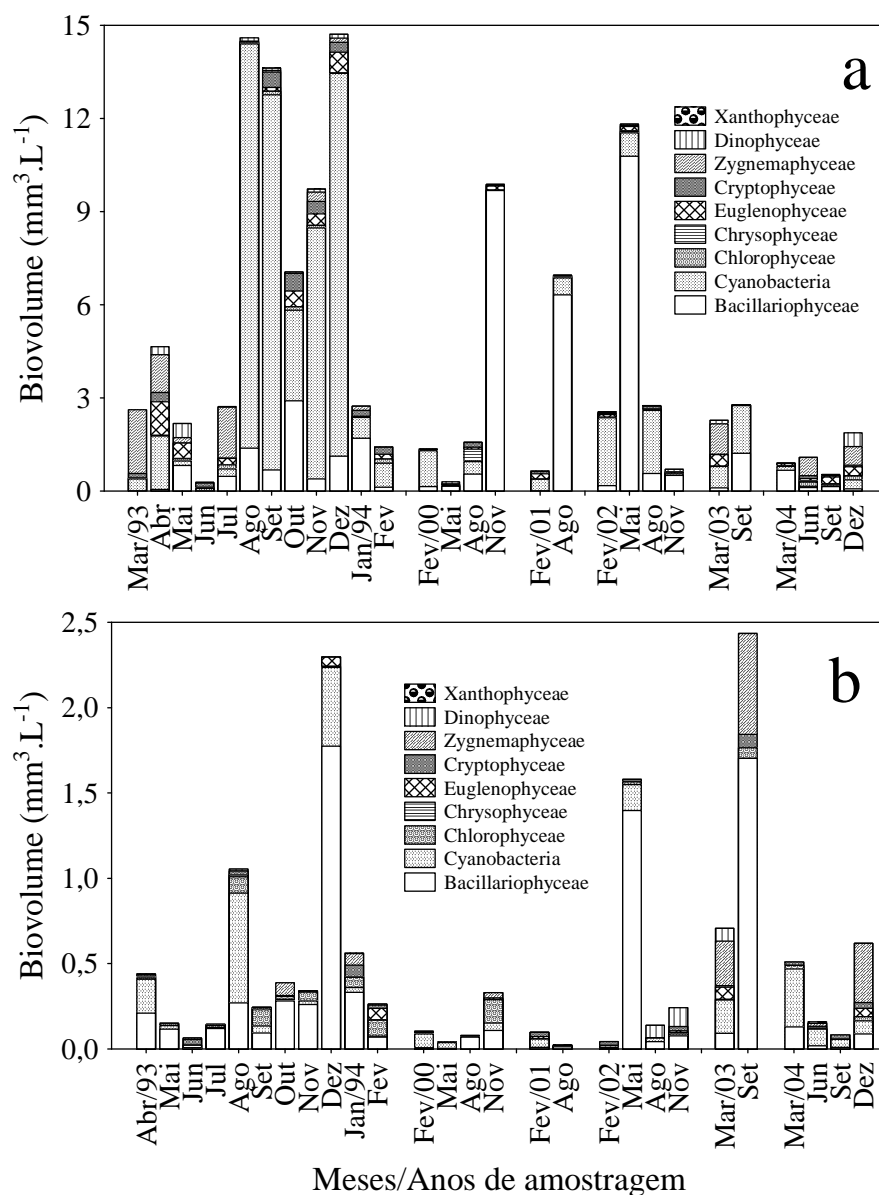


Figura 6 – Variação temporal do biovolume dos grupos fitoplânctônicos na lagoa dos Patos (a) e no rio Ivinhema (b), no período de março de 1993 - fevereiro 1994 e 2000 a 2004. (Espaços separam os períodos). Notar diferença de escala.

Tabela 5 - Principais grupos funcionais (GF) e espécies com maior contribuição (%) à biomassa total, na lagoa dos Patos e rio Ivinhema durante o período amostrado. Ambiente (negrito) e períodos entre parênteses.

| GF | Características dos GF (Reynolds, 1997; Reynolds et al., 2002) | Principais táxons representantes de cada GF |
|----------------|--|--|
| Sn* | Ocorrem em águas quentes, com mistura; toleram deficiência de luz e nutrientes; sensíveis a inundação. | <i>Cylindrospermopsis raciborskii</i> (Wolosz.) Seen. & Sub. Raj. (rio Ivinhema - 24% - fevereiro de 2000) |
| S1 | Ocorrem em águas túrbidas e misturadas; toleram deficiência de luz; sensíveis à alta vazão. | <i>Planktothrix agardhii</i> (Gom.) Kom. & Anag. (lagoa dos Patos - 16% abril de 1993, 15% dezembro de 1993, 10% janeiro de 1994, 44% Fevereiro de 1994; 16% - abril de 1993) <i>Oscillatoria</i> sp. (rio Ivinhema - 39% novembro de 2000) <i>Geitlerinema</i> sp. (Lagoa dos Patos - 18% setembro e outubro de 1993); (rio Ivinhema - 13% fevereiro de 2002) <i>Pseudanabaena moniliformis</i> (lagoa dos Patos - 22% - junho de 1993, 27% fevereiro de 2001) |
| H1 | Nostocales fixadoras de nitrogênio; toleram baixas concentrações de C e N ₂ ; sensíveis à mistura, baixa disponibilidade de luz e baixa concentração de fósforo. | <i>Anabaena circinalis</i> Rab. (lagoa dos Patos - 13% agosto de 2000; 27% agosto de 2002); (rio Ivinhema - 17% fevereiro de 2001; 12% agosto de 2002; 51% setembro de 2004) <i>Anabaena spiroides</i> Kleb. (lagoa dos Patos - 45% novembro de 1993, 34% agosto de 2002) |
| H2 | Nostocales fixadoras de nitrogênio de grandes lagos mesotróficos; toleram baixas concentrações de nitrogênio, mistura e baixa disponibilidade de luz. | <i>Anabaena solitaria</i> Kom. (lagoa dos Patos - 89% agosto de 1993, 55% setembro de 1993, 24% novembro de 1993, 66% dezembro de 1993); (rio Ivinhema - 35% abril de 1993, 59% agosto de 1993; 15% dezembro de 1993, 21% junho de 2004) |
| M | Ocorrem em ambientes mesotróficos com mistura da coluna de água; toleram alta insolação; sensíveis a inundação e baixa transparência. | <i>Radiocystis fernandoi</i> Kom. & Komárk.-Legn. - (lagoa dos Patos - 75% fevereiro de 2000; 12% março de 2004; 10% dezembro de 2004); (rio Ivinhema - 59% março de 2004, 34% junho de 2004) |
| Y | Ocorrem em lagos usualmente pequenos, ricos em nutrientes; toleram deficiência de luz; sensíveis à deficiência de nutrientes e à herbivoria. | <i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, Bic. & Bic. (rio Ivinhema - 35% - junho de 2003) <i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja (lagoa dos Patos - 35% junho de 1993, 16% fevereiro de 1994) <i>Cryptomonas curvata</i> Ehr. (rio Ivinhema - 21% setembro de 2004) <i>Cryptomonas</i> sp. (rio Ivinhema - 21% fevereiro de 2001; 25% agosto de 2001, 33% fevereiro de 2002) |
| J | Ocorrem em rios e lagos rasos e ricos em nutrientes; sensíveis à sedimentação em camadas afóticas. | <i>Pediastrum duplex</i> Mey. (rio Ivinhema - 36% setembro de 1993, 33% fevereiro de 1994, 36% fevereiro de 2002) <i>Pediastrum simplex</i> var. <i>simplex</i> Mey. (rio Ivinhema - 25% novembro de 2000) |
| K | Ocorrem em epilímnio ricos em nutrientes; sensíveis à mistura profunda. | <i>Aphanocapsa holsatica</i> (Lemm.) Cronb. & Kom. (rio Ivinhema - 16% março de 2003) |
| N | Ocorrem em epilímnio mesotrófico; tolera deficiência de nutrientes; sensíveis à estratificação e pH elevado. | <i>Cosmarium</i> sp. - (lagoa dos Patos - 12% março de 1993); (rio Ivinhema - 13% junho de 2003) |
| L ₀ | Ocorrem no epilímnio de lagos mesotróficos, no verão; toleram estratificação de nutrientes; sensíveis à mistura prolongada ou profunda. | <i>Peridinium</i> spp. - (lagoa dos Patos - 17% maio de 1993, 24% maio de 2000; 10% novembro de 2002, 23% dezembro de 2004); (rio Ivinhema - 53% agosto de 2002, 46% novembro de 2002, 10% março de 2003) <i>Merismopedia glauca</i> Breb. (lagoa dos Patos - 40% setembro de 2003) |
| MP*** | Ocorrem no meroplâncton; toleram constante turbulência pelo vento; sensíveis a estratificação. Inclui diatomáceas perifíticas com ocorrência ocasional no plâncton de lagos. | <i>Aulacoseira ambigua</i> (Grun.) Sim. (lagoa dos Patos - 77% novembro de 2000, 62% - Agosto de 2001); (rio Ivinhema - 71% - julho de 1993; 12% setembro de 2003) <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>granulata</i> (lagoa dos Patos - 42% janeiro de 1994, 14% agosto de 2000, 21% agosto de 2001, 44% maio de 2002, 11% agosto de 2002, 24% novembro de 2002); (rio Ivinhema - 38% abril de 1993, 62% maio de 1993, 43% novembro de 1993, 17% janeiro de 1994, 82% Maio de 2002, 10% novembro de 2002) <i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>angustissima</i> (O. Muller) Sim. (rio Ivinhema - 12% maio de 1993, 25% - setembro de 1993, 57% outubro de 1993, 69% dezembro de 1993, 37% janeiro de 1994; 38% agosto de 2000, 15% novembro de 2002, 24% setembro de 2003); <i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemm.) Sim. (lagoa dos Patos - 36% setembro de 2003); (rio Ivinhema - 10% fevereiro de 2001) <i>Ulnaria ulna</i> (Nitz.) Ehr. (rio Ivinhema - 13% fevereiro de 1994, 22% setembro de 2003, 10% dezembro de 2004) |
| D | Ocorrem em ambientes rasos, túrbidos e eutróficos, incluindo rios; toleram alto fluxo; sensíveis à depleção de nutrientes. | <i>Aulacoseira distans</i> (Ehr.) Sim. (lagoa dos Patos - 32% Maio de 2002; 27% novembro de 2002, 44% março de 2004; 17% setembro de 2004) |
| P | Ocorrem em epilímnio eutrófico; toleram pouca luz e deficiência de carbono; sensíveis à depleção de nutrientes. | <i>Closterium</i> sp. (rio Ivinhema - 35% março de 2003) <i>Gonatozygon kinahanii</i> (Arch.) Rabenh. (lagoa dos Patos - 33% - março de 1993; 26% - abril de 1993; 51% - julho de 1993; (rio Ivinhema - 56% - dezembro de 2004) Mougeotiaceae (lagoa dos Patos - 53% junho de 2004, 30% dezembro de 2004) |

Tabela 5. Continuação.

| | | |
|-------------|---|---|
| C | Ocorrem em lagos pequenos a médios, eutróficos e misturados; toleram deficiência de luz e carbono; sensíveis à depleção de sílica e estratificação. | <i>Discostella stelligera</i> (Cl. & Grun.) Houk & Klee (rio Ivinhema – 42% agosto de 2001) <i>Melosira varians</i> Agard. (lagoa dos Patos – 20% maio de 2000) |
| A | Ocorrem em lagos transparentes, frequentemente com mistura da coluna de água e oligotróficos; toleram deficiência de nutrientes; sensíveis a pH alto. | <i>Urosolenia eriensis</i> var. <i>morsa</i> (lagoa dos Patos - 21% maio de 1993, 26% outubro de 1993) |
| W1 | Ocorrem em lagos pequenos, ricos em matéria orgânica; toleram alta DBO. | <i>Euglena ehrenbergii</i> (lagoa dos Patos - 15% - maio de 1993) |
| W2 | Ocorrem em lagos rasos mesotróficos. | <i>Trachelomonas armata</i> (Ehr.) Stein (lagoa dos Patos – 22% fevereiro de 2001, 24% setembro de 2004) |
| X2 | Ocorrem em lagos rasos, com mistura da coluna de água, transparentes e mesotróficos; toleram estratificação. | <i>Pteromonas variabilis</i> Hub. Pest. (lagoa dos Patos – 24% junho de 2004) <i>Romeria</i> cf. <i>gracilis</i> (Koczw.) Koczw. ex Geitl. (lagoa dos Patos - 19% março de 2003) |
| X2** | | <i>Synechocystis aquatilis</i> Sauv. (lagoa dos Patos – 50% fevereiro de 2001, 80% fevereiro de 2002); (rio Ivinhema – 79% maio de 2000) |
| E | Ocorrem usualmente em lagos pequenos oligotróficos ou heterotróficos; toleram baixa concentração de nutrientes (mixotrofia). | <i>Mallomonas</i> spp. (lagoa dos Patos – 34% agosto de 2000) <i>Dinobryon divergens</i> Imh. (rio Ivinhema – 23% junho de 1993) |

*Padisák e Reynolds (1998); **Huszar et al. (2000); ***Padisák et al. (2006)

Análise de Correspondência (DCA)

A DCA realizada para os dados de biovolume fitoplanctônico da lagoa dos Patos discriminou na parte esquerda do diagrama o ano de 1993-94 dos demais anos (Figura 7 a), influenciado pelos maiores valores cianobactérias, especialmente de *Anabaena solitaria* (Figura 7 b). Na parte superior direita verificou-se a ordenação dos meses de agosto e novembro de 2000, e agosto de 2001 e 2003, influenciados pelos maiores valores de diatomáceas, em especial, *Aulacoseira* spp. O ano de 2004 ficou separado no quadrante inferior direito do diagrama, influenciado pelos baixos valores de biomassa e maior contribuição de *Aulacoseira distans*. A DCA não evidenciou para o rio Ivinhema uma clara distinção do ano de 1993 dos demais anos (Figura 8 a). Este resultado foi influenciado pela alta contribuição de *Aulacoseira granulata* var. *granulata* aos valores de biomassa na maioria dos anos (Tabela 3). O ano de 2004 também esteve separado no diagrama (Figura 8 a), influenciado pelos baixos valores de biomassa em todos os meses e pela alta contribuição de *Radiocystis fernandoi* nos meses de março e junho e de *Cryptomonas curvata* no mês de setembro (Tabela 5, Figura 8 b).

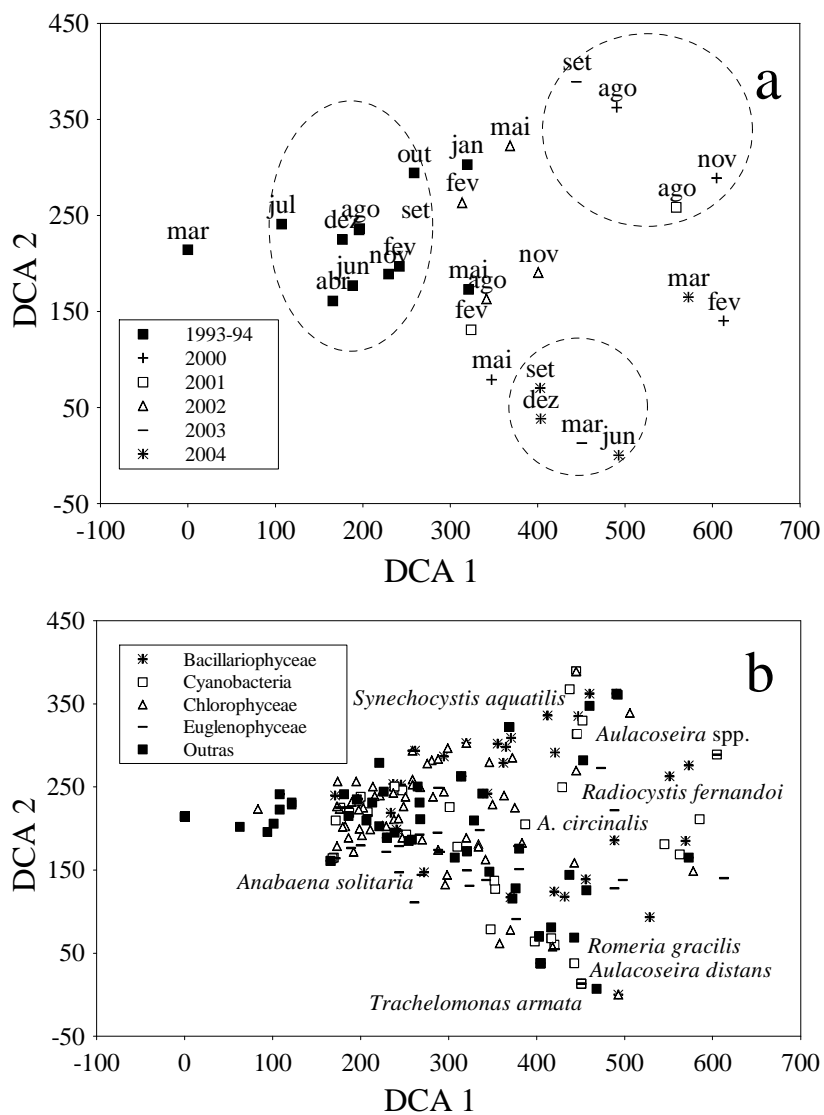


Figura 7 – (a) Dispersão dos escores meses/anos ao longo dos dois primeiros eixos da DCA. b) Dispersão do biovolume dos táxons fitoplânctônicos ao longo dos dois primeiros eixos da DCA realizada para a lagoa dos Patos.

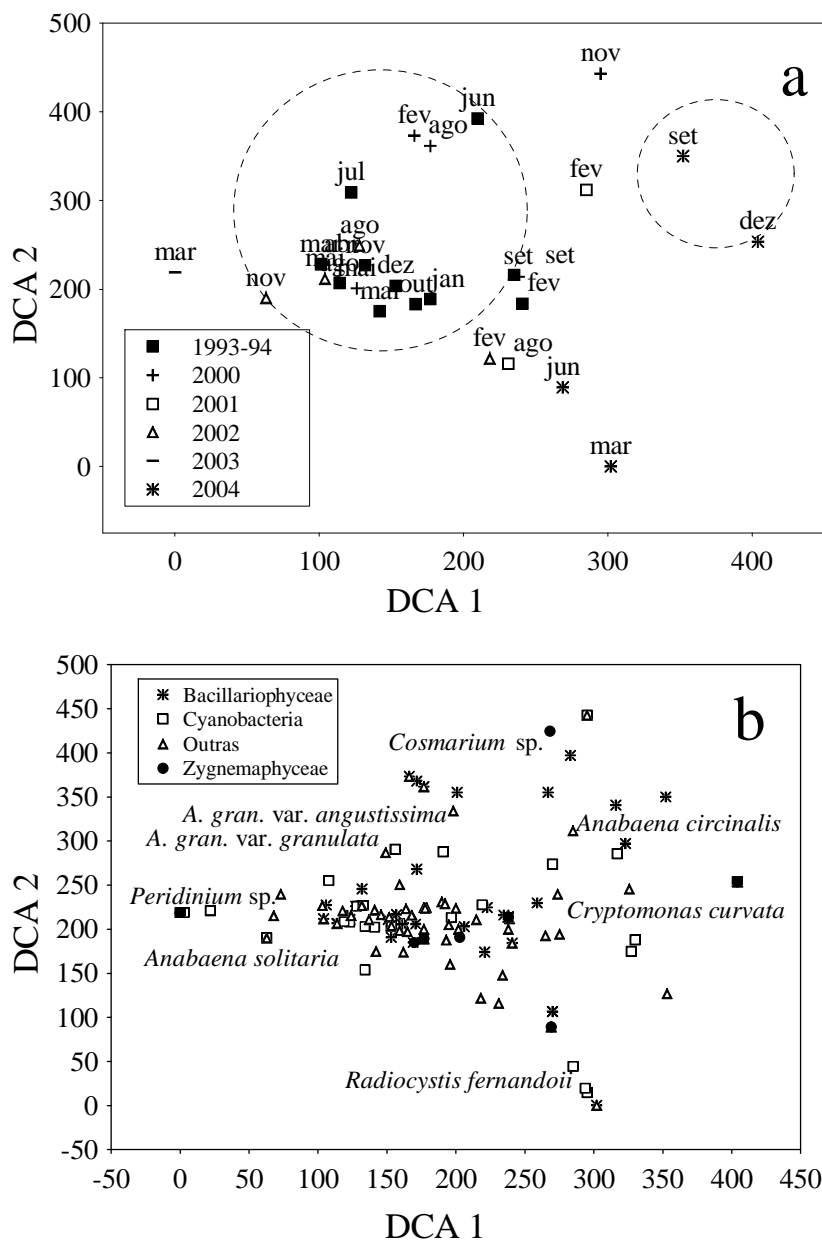


Figura 8 – (a) Dispersão dos escores meses/anos ao longo dos dois primeiros eixos da DCA. b) Dispersão do biovolume dos táxons fitoplancônicos ao longo dos dois primeiros eixos da DCA realizada para o rio Ivinhema.

Análise de Componentes Principais

Os dois primeiros eixos gerados pela análise de componentes principais realizada para a lagoa dos Patos, explicaram 52% da variabilidade total dos dados nesta lagoa (Figura 9). O eixo 1 foi influenciado positivamente pelo nível fluviométrico (0,50) e vazão (0,46) do rio Ivinhema e condutividade elétrica – cond. - (0,33), e em menor grau pela temperatura da água – t. H₂O - (0,26) e nitrogênio total – NT - (0,18), que promoveram a

discriminação, no diagrama, dos meses de março, abril, junho de 1993, fevereiro dos anos de 1994, 2001 e 2002 e março de 2003, dos demais meses, de acordo com um gradiente do nível fluviométrico e vazão. O eixo 2 ordenou os meses de acordo, principalmente, com gradientes de transparência da água e concentração de nutrientes, sendo influenciado positivamente pela transparência da água (0,46) e negativamente pelo fósforo solúvel reativo (-0,41) e nitrato (-0,26).

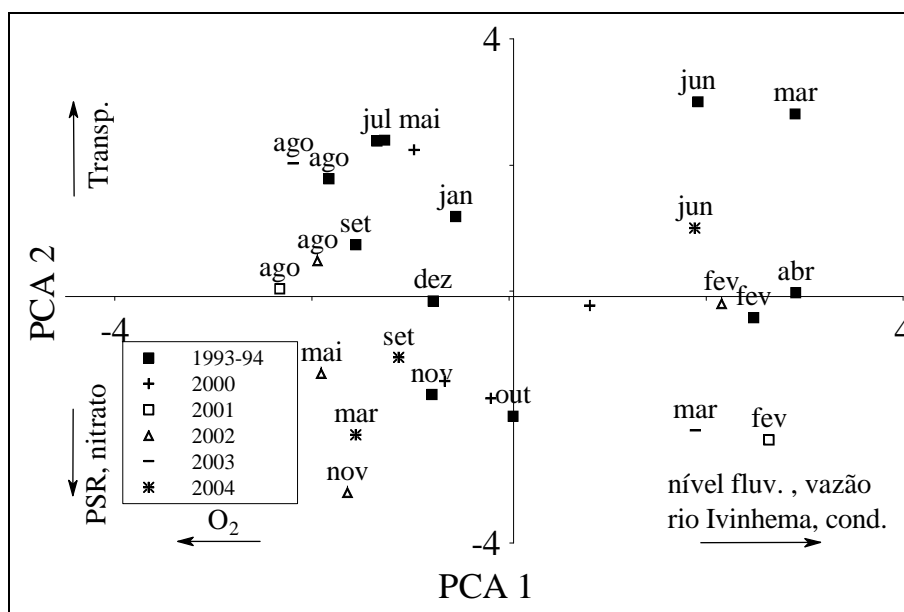


Figura 9 – Dispersão dos escores estações-meses ao longo dos dois primeiros eixos da Análise de Componentes Principais, realizada para as variáveis abióticas obtidas na lagoa dos Patos.

A PCA realizada para o rio Ivinhema explicou 43% para a variação total dos dados para os 2 primeiros eixos (Figura 10). O eixo 1 esteve correlacionado positivamente com o nível fluviométrico (0,49) e vazão (0,43) do rio Ivinhema e nitrogênio total (0,29). O eixo 2 esteve correlacionado positivamente com a condutividade elétrica (0,51), temperatura da água (0,41), fósforo solúvel reativo (0,37), precipitação – prec. (0,28), nitrato (0,25).

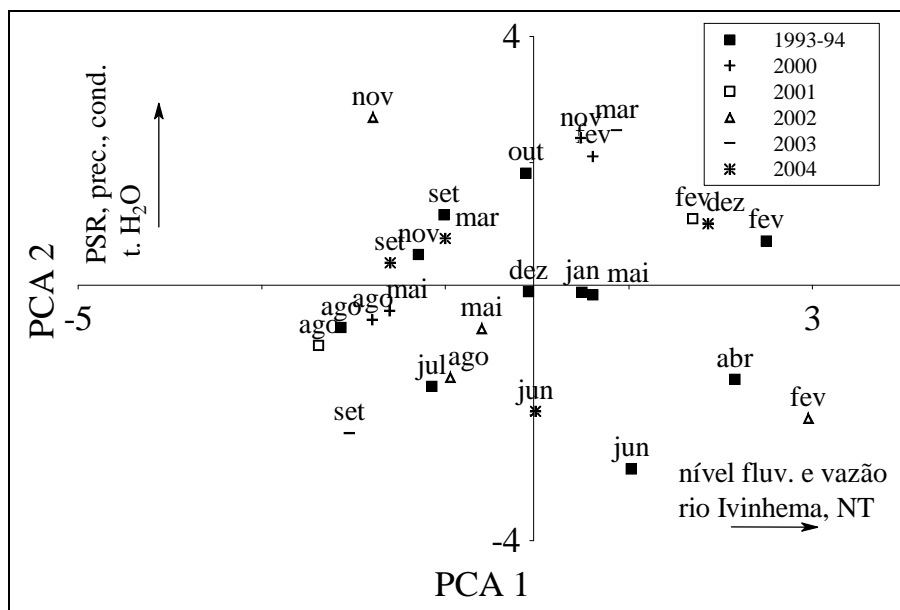


Figura 10 – Dispersão dos escores estações-meses ao longo dos dois primeiros eixos da PCA, realizada para as variáveis abióticas obtidas no rio Ivinhema.

Preditores da estrutura fitoplanctônica

A análise de regressão múltipla mostrou relação significativa da riqueza fitoplanctônica do rio Ivinhema com a variável t (tempo de acordo com a escala cronológica) e com a variável “dummy” I (separa os períodos de março de 1993 - fevereiro de 1994 e 2000-2004) (Tabela 6, Figura 11), com um coeficiente de determinação de 36%. A relação significativa da riqueza com a variável I evidencia diferenças dos valores médios de riqueza entre os períodos. A relação positiva deste atributo com a variável t , significa que a riqueza aumentou em relação ao tempo no período 1993-94 e após o ano 2000, esta relação foi nula, ou seja, os valores de riqueza variaram em torno da média sem uma tendência. A análise de resíduos evidenciou não haver nenhum valor discrepante, nem tendências e correlação serial, atendendo, portanto, aos pressupostos da análise.

Verificou-se uma relação negativa da biomassa fitoplanctônica e a variável P_1 (componente principal 1) (Tabela 6, Figura 12), o que indica uma maior influência das variáveis com maior coeficiente de estrutura neste eixo (nível fluviométrico e vazão do rio Ivinhema e condutividade elétrica) sobre a biomassa. A variável Ixt também foi significativa neste modelo. Estas variáveis explicaram 35% da soma de quadrados total da variável biomassa. Uma análise de resíduos evidenciou não haver nenhum valor

discrepante, nem tendências, nem correlação serial, atendendo, portanto aos pressupostos da análise.

Verificou-se também uma relação positiva entre o primeiro eixo derivado da DCA com a variável modelo I (Tabela 6, Figura 13), com um coeficiente de determinação de 64%, e evidencia que houve diferença nos escores médios da DCA entre os períodos de março de 1993 -fevereiro de 1994 e 2000-2004. Uma análise de resíduos evidenciou não haver nenhum valor discrepante, nem tendências, nem correlação serial, atendendo, portanto aos pressupostos da análise.



Figura 11 – Relação entre o número de táxons fitoplanctônicos do rio Ivinhema e a variável modelo I .

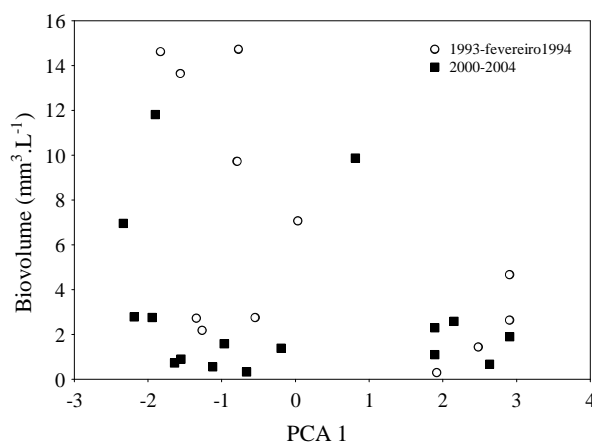


Figura 12 – Relação entre os valores de biovolume fitoplanctônico da lagoa dos Patos e os escores do eixo 1 da PCA (P_1).

Tabela 6 - Sumário do modelo da regressão linear múltipla entre as variáveis respostas (Y_i) e as variáveis explanatórias.

| Variável resposta | Variável explanatória | β | t | P |
|-------------------------------|----------------------------------|---------|-------|--------|
| Riqueza total do rio Ivinhema | tempo (t) | 0,36 | 3,58 | 0,0014 |
| | Período (I) | -31,6 | -3,69 | 0,0011 |
| | Componente Principal 1 (P_1) | | | |
| | Componente Principal 2 (P_2) | | | |
| | $I \times t$ | | | |
| Biovolume da lagoa dos Patos | tempo (t) | | | |
| | Período (I) | | | |
| | Componente Principal 1 (P_1) | -0,36 | -2,59 | 0,04 |
| | Componente Principal 2 (P_2) | | | |
| | $I \times t$ | -0,41 | -2,51 | 0,03 |
| DCA 1 (l. Patos) | tempo (t) | | | |
| | Período (I) | 0,79 | 6,75 | 0,0001 |
| | Componente Principal 1 (P_1) | | | |
| | Componente Principal 2 (P_2) | | | |
| | $I \times t$ | | | |



Figura 13 – Relação entre os escores do eixo 1 da DCA e a variável modelo I .

DISCUSSÃO

Períodos de elevados níveis hidrométricos do rio Paraná têm sido associados à maior conectividade e conseqüentemente maior similaridade entre os diferentes habitats da planície de inundação (Thomaz et al., 2004, 2007). De acordo com Thomaz et al. (2004), Rocha (2002), Comunello (2001) e Comunello et al. (2003), em condições em que o nível hidrométrico do rio Paraná ultrapassa 350 cm, tem início o processo de entrada da água nos ambientes da planície de inundação conectados a ele, podendo causar diminuição da velocidade de fluxo do baixo Ivinhema (Rocha, 2002, Souza Filho et al., 2004a). Rocha

(2002) mostrou que quando os níveis hidrométricos do rio Paraná são superiores a 460 cm, a influência do fluxo do rio Ivinhema sobre a lagoa dos Patos é intensificada. Este evento foi constatado no ano de 1993 (considerado sob influência do *El Niño* - McPhaden et al., 2006), quando a lagoa atingiu 6 metros de profundidade no mês de março e foram registrados baixos valores de biomassa fitoplanctônica na lagoa.

O rio Ivinhema apresenta ciclo anual bimodal de elevação do nível fluviométrico (Comunello et al., 2003), o que confere uma alta variabilidade interanual a esta variável, como observado no presente estudo ($CV > 30\%$). De acordo com Comunello et al. (2003), com níveis fluviométricos acima de 250 cm, o rio Ivinhema inicia a inundação de sua várzea, mesmo quando os níveis hidrométricos do rio Paraná estão abaixo de 460 cm. Segundo estes autores a zona de inundação (área de escoamento dos pulsos hidrológicos dos canais) do rio Ivinhema é a primeira a ser inundada e sazonalmente, é a mais freqüentemente inundada, pois sofre os efeitos dos pulsos do rio Paraná, geralmente no verão, e do rio Ivinhema na primavera e verão (Rocha, 2002). De acordo com Souza Filho et al. (2004a) as mudanças causadas pelos barramentos no rio Paraná, podem aumentar a importância das inundações originadas no rio Ivinhema.

Os valores médios anuais de nível hidrométrico do rio Ivinhema foram inferiores a 250 cm na maioria dos anos abordados neste estudo. Nos meses em que este limite foi alcançado, a comunidade fitoplanctônica apresentou baixos valores de biomassa na lagoa dos Patos.

A seca extrema registrada no verão de 2000 e 2001 sob influência do fenômeno *La Niña* e da variabilidade intrasazonal na ocorrência da Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS e de vórtices ciclônicos em altos níveis sobre o Brasil tropical (Cavalcanti & Kousky, 2001), que culminou em uma crise energética no Brasil, aliada ao início do funcionamento do reservatório de Porto Primavera (situado a montante do trecho onde está inserida a planície de inundação) reduziu drasticamente os níveis fluviométricos e a vazão do rio Paraná (Souza Filho et al., 2004b) nos anos de 2000 e 2001. No ano de 2001 foi observado o ressecamento de biótopos localizados na zona de inundação deste rio.

Embora para a região Centro-oeste o fenômeno *El Niño* - (ENOS), tenha efeito inverso sobre a precipitação em relação ao observado na região sul do Brasil (Carriello et al., 2005), para a área estudada, Sul do Estado de Mato Grosso do Sul, limítrofe ao Estado do Paraná, foi observado um padrão similar ao apresentado para o Estado do Paraná, ou seja, nos anos de 2000 e 2001, considerados sob influência do fenômeno *La Niña*, também

coincidiu com período de seca na bacia do baixo rio Ivinhema, em especial no ano 2000, em que se registrou a menor média anual de precipitação. Embora a metodologia utilizada neste estudo não permita afirmar que ocorreram anomalias de precipitação nesta região, os valores de nível fluviométrico registrados neste ano estiveram abaixo da média histórica registrada para o mesmo (2,0 metros), suficiente apenas para manter os corpos aquáticos perenes e transicionais com água, quando os níveis do rio Paraná estão próximos à sua média (Rocha, 2002).

As variações interanuais de vazão e nível hidrométrico do rio Ivinhema registradas especialmente nos períodos sob influência do fenômeno *La Niña* (nos anos 2000 e 2001) e *El Niño* (nos anos 1993 e 2003) promoveram respostas fitoplanctônicas distintas no rio Ivinhema. Nos anos de 2000 e 2001 houve redução dos valores de riqueza e biomassa fitoplanctônica e aumento em 1993 e 2003. A elevada turbidez e vazão que este rio apresenta, e que é acentuada em períodos de alta precipitação, mantêm um baixo desenvolvimento fitoplanctônico (Train & Rodrigues, 2004; Train et al., 2004). Neste sentido, a maior troca de inóculos de organismos fitoplanctônicos com os ambientes lênticos e lóticos conectados a este rio, nos períodos de maior precipitação, provavelmente promoveu o aumento nos valores de riqueza e biomassa no ano de 2003. Por outro lado, a menor conectividade registrada no ano de 2000 atuou negativamente sobre estes atributos da comunidade no rio Ivinhema.

Baixos valores de biomassa são comuns em rios com elevada vazão e alta carga de sedimentos, que diminuem a transparência da água, além de provocar choque mecânico sobre as células, dificultando o crescimento fitoplanctônico (Neiff, 1990; Reynolds, 1995; Reynolds & Descy, 1996; Train et al., 2000; Borges et al., 2003; Devercelli, 2006). De acordo com Reynolds (1988, 1995), além das condições ideais de luz e nutrientes, um rio precisa ser suficientemente longo ou apresentar um fluxo relativamente lento, para permitir o desenvolvimento fitoplanctônico, condições registradas para o rio Baía, sistema fluvial também localizado nesta planície de inundação, no qual são comuns florações de cianobactérias (Train & Rodrigues, 1998; 2004).

A semelhança quanto a composição e valores de biomassa obtidos entre a estação amostrada no rio Ivinhema e a lagoa dos Patos nestes períodos e entre o rio Ivinhema e o rio Paraná, principalmente no ano de 1993, confirma estes resultados e ressalta a importância da inundação para a manutenção da integridade de planície de inundação, considerando que nesta fase a maior conectividade intensifica as trocas de inóculos entre

os diferentes biótopos destes sistemas (Junk et al., 1989, Zalocar de Domitrovic, 2003; Thomaz et al., 2007). Outro fator que provavelmente foi responsável pelos baixos valores de biomassa fitoplanctônica no rio Ivinhema no período seco, sob a influência de *La Niña*, foi a turbidez refletida nos baixos valores de transparência registrados principalmente no ano de 2000.

As bacilariofíceas representadas pelo grupo funcional **MP**, especialmente *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, foram provavelmente favorecidas no rio Ivinhema devido à vantagem competitiva que os representantes deste grupo apresentam em ambientes túrbidos e misturados (Reynolds, 1994, 1995; Reynolds e Descy, 1996; Padisák et al., 2006). Dominância em biomassa de *Aulacoseira* spp. tem sido amplamente registrada no rio Paraná e tributários (Garcia de Emiliani, 1997, Garcia de Emiliani & Devercelli, 2003, Train & Rodrigues, 2004, Unrein, 2002). Estes táxons, de grandes dimensões, têm minimizadas as perdas por sedimentação em sistemas turbulentos, sendo adaptados à hidrodinâmica lótica, assim como os grupos **Y** e **J**, representados, a maioria, por táxons nanoplanctônicos, pertencentes às criptofíceas e clorofíceas, os quais, no entanto, por apresentam alta taxa de crescimento, apresentam maior tolerância à vazão (Reynolds et al., 2002). Estes grupos fitoplanctônicos também apresentaram alta contribuição à densidade em um canal lateral do rio Paraná (Train et al., 2000).

Devercelli (2006) que estudou a comunidade fitoplanctônica do médio rio Paraná em período de anomalia negativa de vazão sob influência do fenômeno *La Niña*, ocorrido no ano de 2000, registrou baixos valores de densidade fitoplanctônica com dominância dos grupos funcionais **Y** e **X2**. Em outro estudo realizado no médio rio Paraná (Garcia de Emiliani & Devercelli, 2003), no qual foram comparados dois períodos, um período de anomalia positiva de vazão sob influência do *El Niño* (1997-1998) e outro com ciclo hidrológico normal demonstrou-se que, sob influência deste evento, houve mudança nas proporções de dominância das espécies no ciclo normal, e não a substituição das espécies dominantes por outras. Estas autoras evidenciaram maior contribuição de criptofíceas em período de inundação prolongada, e diminuição da densidade de diatomáceas. Resultados similares foram obtidos no rio Ivinhema e sugerem que a variabilidade fitoplanctônica interanual nestes rios parece não ser afetada significativamente por anomalias de vazão. Os efeitos destas provavelmente atuam mais fortemente nos biótopos influenciados por estes, especialmente quando se trata de rios de planície.

A ocorrência de *Radiocystis fernandoi*, táxon tipicamente planctônico, no rio Ivinhema, no mês de março de 2004, bem como a ocorrência deste táxon na estação amostrada no rio Paraná e em outros biótopos da planície neste mês (capítulo I), como também em braços do reservatório de Rosana, situado no rio Paranapanema (estudo em andamento), confirma o valor limite de nível hidrométrico do rio Paraná (460 cm), estabelecido por Comunello et al. (2003), acima do qual este rio tem maior influência sobre o rio Ivinhema, e que promove, inclusive, inversão de fluxo do canal Ipoitã (primeira conexão do rio Paraná com o rio Ivinhema). Estes resultados, aliados às observações de campo, nas quais foi possível a visualização de aportes de massas de algas (florações) para o rio Ivinhema a partir do canal Ipoitã, sugerem que os inóculos de *Radiocystis fernandoi* devem ser procedentes do rio Paraná, oriundos dos reservatórios existentes a montante de sua planície aluvial.

A separação dos meses com maiores valores de precipitação, vazão e nível hidrométrico do rio Ivinhema, verificada no diagrama da PCA para a lagoa dos Patos, confirma o padrão de sazonalidade, impresso pelo regime hidrossedimentológico e verificado para a planície de físicos e químicos desses ambientes podem estar mais sujeitos a eventos locais, como chuvas e ventos. Alterações nas concentrações de nutrientes, especialmente de nitrato nesta lagoa, provavelmente influenciaram as mudanças ocorridas na composição e biomassa fitoplanctônicas, e evidenciadas pela análise de regressão para os escores da DCA. Aportes internos de nutrientes são comuns em períodos de baixos níveis hidrométricos em lagos de inundação (Junk, 1980; Garcia de Emiliani, 1993; Carvalho et al., 2001; Rocha & Thomaz, 2004; Train & Rodrigues, 2004).

A relação inversa da biomassa fitoplanctônica na lagoa dos Patos com o eixo 1 da PCA evidenciou a influência negativa dos altos níveis hidrométricos e vazão do rio Ivinhema sobre a biomassa do fitoplâncton desta lagoa nos meses de verão. Associada a isso, a relação negativa da biomassa fitoplanctônica com a variável I^*t evidencia que a tendência temporal da biomassa fitoplanctônica foi alterada após o ano 2000, ou seja, a biomassa fitoplanctônica apresentou um padrão de variação sazonal na lagoa dos Patos no período de 1993 - fevereiro de 1994, mas no período de 2000 a 2004, esta relação foi nula. Estes resultados provavelmente foram influenciados pelos menores valores médios anuais registrados nos anos de 2003 e 2004, em períodos de baixos e altos níveis fluviométricos, sob influência do *El Nino*.

As variações temporais significativas na estrutura fitoplanctônica da lagoa dos Patos, evidenciadas por meio da análise de regressão múltipla, entre os escores do eixo 1 da DCA e a variável modelo *I*, ocorreram devido à alternância de altos valores de biomassa e dominância dos grupos funcionais **H1** e **H2**, representados respectivamente, pelas cianobactérias heterocitadas *Anabaena solitaria* e *A. spiroides* no ano de 1993, à dominância do grupo funcional **MP**, representado por diatomáceas meroplanctônicas, especialmente *Aulacoseira granulata* var. *granulata*; e do grupo funcional **X2**, representado por picocianobactérias, especialmente *Synechocystis aquatilis*, nos anos de 2000 e 2001. Além disso, nos anos de 2003 e 2004, o fitoplâncton foi representado pelos grupos funcionais **Y**, **E** e **X2** representados por táxons de pequenas dimensões, e os grupos **L0**, **N** e **P**, adaptados a condições de instabilidade da coluna de água e baixa disponibilidade de luz. Nos dois últimos anos de estudo, a redução das formas dissolvidas de nitrogênio e fósforo pode ter limitado o desenvolvimento fitoplanctônico, bem como favorecido grupos funcionais oportunistas.

Os grupos **N** e **P** representados por zignemafíceas de elevadas dimensões, constituintes comuns do metafiton, provavelmente foram oriundos da região litorânea. O favorecimento de algas flageladas pertencentes ao grupo funcional **Y**, no período chuvoso, as quais são aptas a fugir do sombreamento causado por material em suspensão, e otimizar sua posição na coluna de água, também foi verificado em outros lagos de inundação (Ibañez, 1998; Oliveira & Calheiros, 2000; Train & Rodrigues, 2004; Train et al., 2004; Nabout et al., 2006) e em reservatórios (Naselli-Flores, 2000; Rodrigues et al., 2005; Silva et al., 2005; Train et al., 2005). A característica oportunista do grupo funcional **Y** (Reynolds, 1980; Reynolds, et al., 2002) foi também apontada por Padisák et al. (2003) que ressaltam que este grupo funcional coexiste com quase todos os outros grupos funcionais do fitoplâncton.

Desse modo, as modificações ocorridas na estrutura fitoplanctônica da lagoa dos Patos nos anos de 2000-2002, quando as bacilariofíceas contribuíram de forma mais efetiva aos valores de biomassa, podem ser atribuídas ao aumento das concentrações de nutrientes, especialmente nitrato, bem como à diminuição da transparência da água, condições associadas à ressuspensão do sedimento, devido à ação dos ventos. Além disso, nestas condições as cianobactérias heterocitadas perdem a capacidade competitiva, uma vez que os nutrientes estão disponíveis para todo o fitoplâncton.

Mudanças climáticas, dentre estas, o aquecimento global, têm sido relacionadas ao aumento de florações de cianobactérias (Padisák, 1998; Bormans et al., 2004). Harris & Baxter (1996) verificaram por meio de estudo com longa série de dados, alterações significativas no ciclo hidrológico de rios e reservatórios australianos, os quais são fortemente influenciados pelos eventos do ENOS. Estes autores verificaram dominância de cianobactérias heterocitadas (*Cylindrospermopsis raciborskii*) em períodos de baixo fluxo e de *Aulacoseira granulata* em períodos de maior fluxo. Alternância de dominância entre esta diatomácea e outras espécies heterocitadas de cianobactérias (*Anabaena spiroides*, *A. circinalis* e *A. solitaria*) nestas condições hidrológicas, também foi verificada por Sherman et al. (1998) em um reservatório australiano, e por Lewis (1978) em um lago africano. Este último autor relacionou como fatores controladores do crescimento alternado dessas espécies o fato de ocuparem os extremos opostos do espectro de luz e nutrientes, e as clorofíceas e criptofíceas por sua vez ocuparem nichos no meio deste espectro. Bouvy et al. (1999) registraram dominância massiva de cianobactérias, especialmente *Cylindrospermopsis raciborskii*, em reservatórios rasos do Nordeste, em condições de baixo nível de água, em um período de extrema seca em 1998, sob influência do *El Niño*.

A codominância de *Anabaena solitaria* (**H2**) juntamente com elevados valores de *Aulacoseira granulata* (**MP**), no período de baixos níveis fluviométricos no ano de 1993, quando a lagoa esteve mais sujeita à ação dos ventos, devido à baixa profundidade, foi também registrado por Train & Rodrigues (1998), Train (1998) e Train & Rodrigues (2004), em outros ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná. De acordo com Reynolds et al. (2002), o grupo funcional **H2** inclui as Nostocales fixadoras de nitrogênio de grandes lagos mesotróficos, tolerantes à baixas concentrações de nitrogênio e baixa disponibilidade de luz, sendo mais resistentes a condições de mistura da água, o que diferencia *Anabaena solitaria* de outras espécies de *Anabaena*. Neste sentido, os resultados obtidos no presente estudo confirmaram o enquadramento neste grupo funcional.

Devido ao fato de a lagoa dos Patos estar permanentemente conectada ao rio Ivinhema estes ambientes apresentaram composição fitoplanctônica bastante similar. Ambos os ambientes mostraram forte variabilidade temporal das variáveis abióticas e do fitoplâncton. Para a lagoa dos Patos, em especial, o padrão temporal de variação na composição dos grupos fitoplanctônicos acarretou uma marcada variabilidade interanual na biomassa do fitoplâncton. Esta variabilidade, mais evidente na lagoa, se deveu ao fato que esta esteve sujeita, além da influência das variações do nível hidrométrico dos rios

Ivinhema e Paraná, também aos eventos estocásticos que atuam mais fortemente no período de baixos níveis fluviométricos, como ventos e chuva local.

A estrutura da comunidade fitoplanctônica sofreu influência indireta das variações climáticas, porém as modificações ocorridas são em maior parte, devidas à dinâmica própria dos ambientes de planície de inundação, os quais são sistemas de alta variabilidade determinada pela magnitude, duração e recorrência dos pulsos. Esta variabilidade, no entanto, não impede que os lagos de inundação mantenham um padrão de paisagem, assembleias bióticas e fisionomias dominantes tanto para águas baixas, quanto para águas altas, quando se analisam séries históricas de tempo.

Considerando a maior frequência de ocorrência de eventos *El Niño* quando comparados a *La Niña*, bem como a maior intensidade prevista para este fenômeno (McPhaden et al., 2006), pode se prever menor duração e frequência de florações de cianobactérias em rios e reservatórios localizados na região Sul do Brasil, que apresentam anomalias positivas de precipitação e vazão sob influência do *El Niño*. Neste sentido, poderá ocorrer baixo desenvolvimento fitoplanctônico em rios e reservatórios, principalmente das algas de ciclo de vida longo, e o favorecimento de algas pico e nanoplanctônicas. Especificamente para os ambientes de planície de inundação do alto rio Paraná, o efeito intensificador das chuvas devido ao *El Niño* pode atuar positivamente para a manutenção da integridade deste frágil sistema, uma vez que estas aumentam a conectividade entre os diversos biótopos da planície.

REFERÊNCIAS

- Amarasekera, K. N., R. F. Lee, E. R. Willians & E. A. B. Eltahir, 1997. ENSO and variability in the flow of tropical rivers. *Journal of Hidrology* 200 (1-4): 24-39.
- American Public Health Association, 1995. Standard methods for the examination of water and wasterwater, 19th ed. APHA, Washington DC.
- Anselmi de Manavella, M., 1986. Estudos limnológicos em uma seção transversal del tramo medio del río Paraná. XIV: fitoplancton. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del litoral* 17: 183-201.
- Behrenfeld , M. J., R. T. O'Malley, D. A. Siegel, C. R. McClain, J. L. Sarmiento, G. C. Feldman, A. J. Milligan, P. G. Falkowski, R. M. Letelier & E. S. Boss, 2006. Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. *Nature* 444: 752-755.
- Borges, P. A. F., L. C. Rodrigues, T. A. Pagioro & S. Train, 2003. Spatial variation of phytoplankton and some abiotic variables in the Pirapó River-Pr (Brazil) in august 1999: A preliminary study. *Acta Scientiarum* 25 (1): 1-8.
- Bormans, M., W. F. Phillip, L. Fabbro & G. Hancock, 2004. Onset and persistence of cyanobacterial blooms in a large impounded tropical river, Australia. *Marine and Freshwater Research* 55: 1-15.
- Bouvy, M., M. Molica, S. Oliveira, M. Marinho & B. Beker, 1999. Dynamics of a toxic cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*) in a shallow reservoir in the semi-arid region of northeast Brazil. *Aquatic Microbial Ecology* 20: 285-297.
- Bovo-Scomparim V. M. & S. Train. Long-term variability of the phytoplankton community in an isolated floodplain lake of the Ivinhema River State Park, Brazil. *Hydrobiologia* (prelo).
- Camilloni, I. A. & V. R. Barros, 2003. Extreme discharge events in the Paraná River and their climate forcing. *Journal of Hydrology* 278: 94-106.
- Carriello, F., J. V. Soares & N. J. Ferreira, 2005. A resposta hidrológica das sub-bacias brasileiras e sua relação com o fenômeno ENSO-El Niño/Oscilação Sul. *Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 de abril*. INPE: 2479-2486.
- Carvalho, P., L. M. Bini, S. M. Thomaz, L. G. Oliveira; B. Robertson, W. L. G. Tavechio & A. J. Darwisch, 2001. Comparative limnology of South American floodplain lakes and lagoons. *Acta Scientiarum* 23: 265-273.
- Cavalcanti, I. F., A. & V. E. Kousky, 2001. Drought in Brazil during Summer and Fall 2001 and associated atmospheric circulation features. *Climanálise*.
- Comunello, E., 2001. Dinâmica de inundação de áreas sazonalmente alagáveis na planície aluvial do alto rio Paraná. 2001. Dissertação (dissertação em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- Comunello, E., E. F. Souza Filho, P. C. Rocha & M. R. Nanni, 2003. Dinâmica de inundação de áreas sazonalmente alagáveis na planície aluvial do alto rio Paraná: estudo preliminar. In *Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, 11., 5-10 abr. 2003, Belo Horizonte*. Anais XI SBSR. São José dos Campos: INPE, 2003. 2459 - 2466. CD-ROM, Online. Publicado como: INPE--PRE/. Posted in the *URLib* digital library.

- Devercelli, M., 2006. Phytoplankton of the middle Paraná river during an anomalous hydrological period: a morphological and functional approach. *Hydrobiologia* 563: 465-478.
- Drago, E. C., 1976. Origen y clasificación de ambientes leníticos en llanuras aluviales. *Revista de la Asociación de Ciencias Naturales del Litoral* 7: 123-137.
- Edler, L., 1979. Recommendations for marine biological studies in the Baltic Sea: phytoplankton and chlorophyll. Unesco, Paris (UNESCO, Working Group 11, Baltic Marine Biologists).
- Emiliani, F., 2004. Effects of hidroclimatic anomalies on bacteriological quality of middle Paraná river (Santa Fe, Argentina). *Revista Argentina de Microbiología* 36: 193-201.
- Garcia de Emiliani, M. O., 1990. Phytoplankton Ecology of the middle Paraná river. *Acta Limnologica Brasiliensia* 3: 391-417.
- Garcia de Emiliani, M. O., 1993. Seasonal sucession of phytoplankton in a lake of the Paraná river floodplain, Argentina. *Hydrobiologia* 264: 101-114.
- Garcia de Emiliani, M. O., 1997. Effects of water level flutuations on phytoplankton in a river-floodplain lake system (Paraná River, Argentina). *Hydrobiologia* 357: 1-15.
- Garcia de Emiliani, M. O. & M. Devercelli, 2003. Influencia del fenómeno "El Niño" sobre el transporte y la estructura del fitoplâncton em el cauce principal del río Paraná Médio, Argentina. *Boletin de la Sociedad Argentina de Botánica* 38 (1-2): 29-38.
- Giné, M. F., H. Bergamin, E. A. G. Zagatto & B. F. Reis, 1980. Simultaneous determination of nitrite and nitrate by flow injection analysis. *Analytica Chimica Acta* 114: 191-197.
- Golterman, H. L., R. S. Clymo & M. A. M. Ohstad, 1978. Methods for physical and chemical analysis of freshwater. Blackwell Scientific Publication, Oxford.
- Harris, G. P. & G. Baxter, 1996. Interannual variability in the phytoplankton biomass and species composition in a subtropical reservoir. *Freshwater biology* 35: 545-560.
- Huszar, V. L. M., L. H. S. Silva, M. M. Marinho, P. Domingos & C. L. Sant`Anna, 2000. Cyanoprockaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *Hydrobiologia* 424: 67-77.
- Ibañez, M. S. R., 1998. Phytoplankton composition and abundance of a central Amazonian flood-plain lake. *Hydrobiologia* 362: 79-83.
- Jongman, R. H. G. & C. J. F. Ter Braak, 1995. Data analysis in community and landscape ecology.
- Junk, W. J., 1980. Áreas inundáveis - um desafio para limnologia. *Acta Amazonica* 10 (4): 775-795.
- Junk, W. J., P. B. Bayley & R. E. Sparks, 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*. 106: 110-127.
- Leemhuis, C. & G. Gerold, 2006. The impact of the warm phase of ENSO (El Niño Southern Oscillation) events on water resource availability of tropical catchments in Central Sulawesi, Indonesia. *Advances in Geosciences* 6: 217-220.
- Lewis Jr., W. M., 1978. Analysis of succession in a tropical phytoplankton community and a new measure of sucession rate. *American Naturalist* 112: 401-414.

- Loverde-Oliveira, S. M. & Huszar, V. L. M., 2008. Phytoplankton ecological responses to the flood pulse in a Pantanal lake, Central Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* 19: (2): 117-130.
- Mackereth, F. Y. H., J. Heron & J. J. Talling, 1978. Water analysis: some revised methods for limnologist. *Freshwater Biology Association* 36: 1-120.
- McCune, B. & M. J. Mefford, 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data, version 4.0. MjM Software Design, Gleneden Blach, Oregon.
- McPhaden, M. J.; S. E. Zebiak & M. H. Glantz, 2006. ENSO as an integrating concept in Earth Science. *Science* 314: 1740-1745.
- Melo, S. & V. M. L. Huszar, 2000. Phytoplankton in an Amazonian flood-plain lake (lago Batata, Brasil): diel variation and species strategies. *Journal of Plankton Research* 22: 63-76.
- Nabout, J. C., I. S. Nogueira & L. G. Oliveira, 2006. Phytoplankton community of floodplain lakes of the Araguaia River, Brazil, in the rainy and dry seasons. *Journal of Plankton Research* 28: 181-193.
- Naselli-Flores, L., 2000. Phytoplankton assemblages in twenty-one Sicilian reservoirs: relationships between species composition and environmental factors. *Hydrobiologia* 424: 1-11.
- Neiff, J. J., 1990. Ideas para la interpretacion ecologica del Paraná. *Interciência* 15 (6): 424-41.
- Neiff, J. J., 1996. Large rivers of South America: toward the new approach. *Verhandlungen Internationale Vereinigung Limnologie* 26: 167-180.
- Oliveira, M. D. & D. F. Calheiros, 2000. Flood pulse influence on phytoplankton communities of the south Pantanal floodplain, Brazil. *Hydrobiologia* 427: 101-112.
- O'Farrell, I., 1994. Comparative analysis of the phytoplankton of fifteen lowland fluvial systems of the River Plate Basin (Argentina). *Hydrobiologia* 289: 109-117.
- O'Farrell, I., A. Vinocur & R. J. Lombardo, 1998. Cross-channel and vertical variation in diversity and abundance of phytoplankton in the lower Paraná River, Argentina. *Archiv für Hydrobiologie/Supplement* 115, Large Rivers 11 (2): 103-123.
- Padisák, J., 1998. Sudden and gradual responses of phytoplankton to global climate change: case studies from two large, shallow lakes (Balaton, Hungary; Neusiedlersee, Austria/Hungary). In George, D. G., J. G. Jones, P. Puncochar, C. S. Reynolds, D. W. Sutcliffe (eds), *Management of lakes and reservoirs during global climate*. Kluwer Academic Plublish, Dordrecht: 111-125.
- Padisák, J. & C. S. Reynolds, 1998. Selection of phytoplankton associations in Lake Balaton, Hungary, in response to eutrophication and restoration measures, with special reference to the cyanoprokaryotes. *Hydrobiologia* 384: 43-53.
- Padisák, J.; G. Borics, G. Fehér, I. Grigorszky, I. Oldal, A. Schmidt & Z. Zámboé-Doma, 2003. Dominant species, functional assemblages and frequency of equilibrium phases in late summer phytoplankton assemblages in Hungarian small shallow lakes. *Hydrobiologia* 502: 157-168.

- Padisák, J., G. Bórics, I. Grigorszky & E. Soróczki, 2006. Use of phytoplankton assemblages for monitoring ecological status of lakes within the Water Framework Directive: the assemblage index. *Hydrobiologia* 553: 1-14.
- Reynolds, C. S., 1980. Phytoplankton associations and their periodicity in stratifying lake systems. *Holarctic Ecology* 3: 141-159.
- Reynolds, C. S., 1988. Functional morphology and the adaptative strategies of freshwater phytoplankton. In Sandgren, C. (ed), *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press: 388-433.
- Reynolds, C. S., 1994. The long, the short and the stalled: on the attributes of phytoplankton selected by physical mixing in lakes and rivers. *Hydrobiologia* 289: 9-21.
- Reynolds, C. S., 1995. River Plankton: The Paradigm Regained. In Harper, D. M. & Ferguson, A. J. D (eds). *The Ecological Basis for River Management*. Wiley, Chichester: 161-174.
- Reynolds, C. S., 1997. *Vegetation process in the pelagic: A model for ecosystem theory*. Oldendorf: Ecology Institute.
- Reynolds, C. S. & J. P. Descy, 1996. The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers. *Archiv für Hydrobiologie/Supplement band*, 113 (1-4): 161-187.
- Reynolds, C. S., V. L. M. Huszar, C. Kruk, L. Naselli-Flores & S. Melo, 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24: 417-428.
- Rocha, P. C., 2002. *Dinâmica dos canais no sistema rio-planície fluvial do alto rio Paraná, nas proximidades de Porto Rico-PR. 2002. Tese (doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.*
- Rocha, R. R. A. & S. M. Thomaz, 2004. Variação temporal de fatores limnológicos em ambientes da planície de inundação do alto rio Paraná (PR/MS – Brasil). *Acta Scientiarum* 26 (3): 261-271.
- Rodrigues, L. C., 1998. *Estrutura da comunidade fitoplanctônica de uma lagoa marginal do rio Ivinhema (lagoa dos Patos, planície de inundação do alto rio Paraná) em diferentes períodos do ciclo hidrológico. 1998. 43f. Dissertação (mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.*
- Rodrigues, L. C., S. Train, M. C. Roberto & T. A. Pagioro, 2002. Seasonal fluctuation of some limnological variables on a floodplain lake (Patos lagoon) of the Upper Paraná River, Mato Grosso do Sul State, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 45 (4): 499-513.
- Rodrigues, L. C., S. Train, B. M. Pivato, V. M. Bovo, P. A. F. Borges & S. Jati, 2005. *Assembléias fitoplanctônicas de trinta reservatórios do Estado do Paraná. In Rodrigues, L., S. M. Thomaz, A. A. Agostinho & L. C. Gomes (eds), Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais. RIMA, São Carlos: 57-72.*
- Sherman, B. S., I. T. Webster, G. J. Jones & R. L. Oliver, 1998. Transitions between *Aulacoseira* and *Anabaena* dominance in a turbid river weir pool. *Limnology and Oceanography* 43 (8): 1902-1915.

- Silva, C. A., S. Train & L. C. Rodrigues, 2005. Phytoplankton assemblages in a Brazilian subtropical cascading reservoir system. *Hydrobiologia* 537: 99-109.
- Souza Filho, E. E. & J. C. Stevaux, 1997. Geologia e geomorfologia do complexo rio Baía, Curutuba, Ivinheima. In Vazzoler, A. E. A. M., A. A. Agostinho & N. S. Hahn (eds), *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos limnológicos e sócio-econômicos*. EDUEM, Maringá: 3-43.
- Souza Filho, E. E. & J. C. Stevaux, 2004. Geology and geomorphology of the Baía-Curutuba-Ivinheima river complex. In Thomaz, S. M., A. A. Agostinho & N. S. Hahn. (eds), *The Upper Paraná river and its floodplain: Physical aspects, ecology and conservation*. Backhuys Publishers, Leiden: 1-29.
- Souza Filho, E. E., E. Comunello & P. C. Rocha, 2004a. Flood Extension in the Baía-Curutuba-Ivinheima Complex of the Paraná River Foodplain. In Agostinho, A. A., L. Rodrigues, L. C. Gomes, S. M. Thomaz & L. E. Miranda (eds), *Structure and functioning of the Paraná River and its foodplain*. EDUEM, Maringá: 19-24.
- Souza Filho, E. E., P. C. Rocha, E. Comunello & J. C. Stevaux, 2004b. Effects of the Porto Primavera Dam on physical environment of the downstream floodplain. In Thomaz S. M., A. A. Agostinho & N. S. Hahn (eds), *The Upper Paraná river and its floodplain: Physical aspects, ecology and conservation*. Backhuys Publishers, Leiden: 55-74.
- StatiSoft Inc., 2005. Statistica (data analysis software system) version 7.1, www.statsoft.inc.
- Thomaz, S. M., M. C. Roberto & L. M. Bini, 1997. Caracterização limnológica dos ambientes aquáticos e influência dos níveis fluviométricos. In Vazzoler, A. E. A. M., A. A. Agostinho & N. S. Hahn (eds), *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos limnológicos e sócio-econômicos*. EDUEM, Maringá: 73-102.
- Thomaz, S. M., T. A. Pagioro, L. M. Bini, M. C. Roberto & R. R. A. Rocha, 2004. Limnological characterization of the Aquatic Environments and the influence of hydrometric levels. In Thomaz, S. M., A. A. Agostinho & N. S. Hahn (eds), *The upper Paraná river and its floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Backhuys Publishers, Leiden: 75-102.
- Thomaz, S. M., L. M. Bini, R. L. Bozelli, 2007. Floods increase similarity among aquatic habitats in river-floodplain systems. *Hydrobiologia* 579 (1): 1-13.
- Train, S., 1998. Flutuações temporais da comunidade fitoplanctônica do subsistema rio Baía –Lagoa do Guaraná, Planície de inundação do alto rio Paraná (Bataiporã, MS). 1998. 189f. Tese (doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos.
- Train, S. & L. C. Rodrigues, 1997. Distribuição espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica. In Vazzoler, A. E. A. M., A. A. Agostinho & N. S. Hahn (eds), *A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos limnológicos e sócio-econômicos*. EDUEM, Maringá: 103-113.
- Train, S. & L. C. Rodrigues, 1998. Temporal fluctuations of the phytoplankton community of the Baía River, in the upper Paraná River floodplain, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Hydrobiologia* 361: 125-134.

- Train, S. & L. C. Rodrigues, 2004. Phytoplankton assemblages. In Thomaz, S. M., A. A. Agostinho, N. S. Hahn (eds), *The Upper Paraná river floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Backhuys, Netherlands: 103-124.
- Train, S., M. D. Oliveira & M. T. Quevedo, 2000. Dinâmica sazonal da comunidade fitoplanctônica de um canal lateral (Canal Cortado) do Alto rio Paraná (PR, Brasil). *Acta Scientiarum*, 22 (2): 389-395.
- Train, S., L. C. Rodrigues, V. M. Bovo, P. A. F. Borges & B. M. Pivato, 2004. Phytoplankton composition and biomass in environments of the Upper Paraná river. In Agostinho, A. A., L. Rodrigues, L. C. Gomes, S. M. Thomaz & L. E. Miranda (eds), *Structure and functioning of the Paraná river and its floodplain*. EDUEM, Maringá: 63-74.
- Train, S., S. Jati, L. C. Rodrigues & B. M. Pivato, 2005. Distribuição Espacial e Temporal do Fitoplâncton em Três Reservatórios da Bacia do Rio Paraná. In Rodrigues, L., S. M. Thomaz, A. A. Agostinho & L. C. Gomes (eds), *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. RIMA, São Carlos: 73-85.
- Unrein, F., 2002. Changes in phytoplankton community along a transversal section of the lower Paraná floodplain, Argentina. *Hydrobiologia* 468: 123-134.
- Utermöhl, H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodic. *Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 9: 1-38.
- Wetzel, R. G. & G. E. Likens, 2000. *Limnological analysis*. Springer-Verlag, New York.
- Zalocar de Domitrovic Y., 1999. Estructura y dinámica del fitoplancton en la cuenca del eje potámico Paraguay – Paraná (Argentina). Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional Córdoba, Córdoba: 375 p.
- Zalocar de Domitrovic, Y., 2003. Effect of fluctuations in water level on phytoplankton development in three lakes of the Paraná river floodplain (Argentina). *Hydrobiologia* 510: 175-193.