

Universidade Estadual Paulista - Júlio de Mesquita Filho
Instituto de Biociências
Campus Botucatu

**Assembleias fitoplanctônicas no gradiente
longitudinal barragem-jusante do reservatório de
Itaipu, rio Paraná (Brasil/Paraguai).**

Patricia Matsuura



Botucatu - SP

2011

Universidade Estadual Paulista - Júlio de Mesquita Filho
Instituto de Biociências
Campus Botucatu

**Assembleias fitoplanctônicas no gradiente longitudinal barragem-jusante do
reservatório de Itaipu, rio Paraná (Brasil/Paraguai).**

Patricia Matsuura

Orientador: Marcos Gomes Nogueira

Coorientadora: Rosa Antonia Romero Ferreira

Monografia apresentada ao Departamento de
Zoologia do Instituto de Biociências da UNESP-
Campus de Botucatu, como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Botucatu - SP

2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE

Matsuura, Patricia.

Assembleias fitoplanctônicas no gradiente longitudinal barragem-jusante do reservatório de Itaipu, rio Paraná (Brasil/Paraguai) / Patricia Matsuura. – Botucatu : [s. n.], 2011

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Marcos Gomes Nogueira

Coorientador: Rosa Antonia Romero Ferreira

Capes: 20502001

1. Fitoplancto de água doce. 2. Alga. 3. Paraná, Rio. 4. Limnologia.

Palavras-chave: Efeitos de deriva; Influência de Afluentes; Microalgas; Sistemas lóticos.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Marcos, pelo incentivo, confiança, amizade, por compartilhar seu conhecimento e pela compreensão nesta fase conturbada de conclusão da graduação.

À Rosa pela amizade e esforço em me ensinar a identificar, contar e entender esse grupo tão diverso.

Aos amigos de laboratório Ana Maria, Daniel, Danilo, Fabiana, Gilmar, Jorge, Juliana, Marco Aurélio, Silvia, Carolina, Érica, Miriam, Patricia e Ricardo pelos ensinamentos e risadas.

Ao Jorge pela colaboração nas análises físico-químicas.

Ao Mateus pela contribuição inicial na identificação do fitoplâncton.

Às pessoas que auxiliaram no trabalho de campo, Danilo, Gilmar, Jorge, José e Marcos pelo frio e esforço físico.

Aos funcionários do departamento de Zoologia, Juliana, Hamilton, Flávio, Silvio e Socorro, pelo suporte.

À Luzia e Susicley do laboratório de fitoplâncton do Nupélia/UEM, pela recepção e colaboração na identificação dos organismos deste estudo.

À minha família, que sempre me incentivou nas minhas escolhas.

Aos amigos de república, que podem não ter contribuído diretamente neste trabalho, mas que influenciaram com certeza nas palavras aqui contidas. Gambiarra: Farritas, Dona Florinda, Heresia, Jamanta, Dad Noite, Pequeno Polegar, Provisório, Bolovo e Tarja Preta e as mulheres da Jahcarandá: Sú, P-tosinha, Makarena, Babusk e Farritas.

Aos amigos da XLII, pela formação humana e experiências inesquecíveis.

À Fapesp, pelo auxílio financeiro e bolsa concedida.

À Universidade Estadual Paulista pelas condições oferecidas para a realização deste trabalho.

A todos que contribuíram diretamente ou indiretamente para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Lista de Figuras.....	1
Lista de Tabelas.....	3
RESUMO.....	4
ABSTRACT.....	5
1. INTRODUÇÃO.....	6
1.1. Reservatórios.....	8
1.2. Estudos da Comunidade Fitoplanctônica em Sistemas Lóticos.....	9
2. Objetivo Geral.....	10
2.1. Objetivos Específicos.....	10
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1. Área de Estudo.....	11
3.2. Períodos e Locais de Coleta.....	11
3.3. Coleta, Identificação e Análise Quantitativa do Fitoplâncton.....	13
3.4. Coleta de amostras e medidas ambientais das variáveis limnológicas.....	14
3.5. Análise das variáveis limnológicas em laboratório.....	15
3.6. Análise estatística de dados.....	15
RESULTADOS.....	16
4. Fatores abióticos.....	16
4.1. Transparência.....	16
4.2. Temperatura da água.....	17
4.3. Temperatura do ar.....	18
4.4. Fósforo total.....	19
4.5. Nitrogênio total.....	21
4.6. Silicato.....	22
4.7. Material em suspensão.....	23
4.8. Turbidez.....	25
4.9. pH.....	26
4.10. Condutividade.....	28
4.11. Oxigênio Dissolvido.....	29
4.12. Potencial de óxido-redução.....	30
4.13. Correnteza.....	31
4.14. Clorofila a.....	32

5. Análise Qualitativa do Fitoplâncton – Composição e Riqueza.....	34
6. Análise Quantitativa do Fitoplâncton.....	49
7. Abundância Relativa.....	50
8. Biovolume.....	52
9. Biovolume e Clorofila a.....	53
10. Gêneros mais Abundantes.....	54
11. Diversidade.....	58
12. Análises Multivariadas.....	58
12.1. Análise de Similaridade.....	58
12.2. Análise de Componente Principais (ACP).....	60
13. DISCUSSÃO.....	61
14. Considerações Finais.....	63
15. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
16. ANEXOS.....	69
16.1 Fotos dos táxons do fitoplâncton.....	69
16.2 Fotos dos pontos de coleta e atividades desenvolvidas no campo.....	78

Lista de Figuras

Figura 1 - Pontos de coleta a montante e a jusante da barragem, nos rios Iguaçu e Monday.....	12
Figura 2 - Variação da transparência da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	17
Figura 3 - Variação da temperatura da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	18
Figura 4 - Variação da temperatura do ar nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	19
Figura 5 - Variação da concentração de fósforo total na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	20
Figura 6 - Valores da concentração de nitrogênio total na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	22
Figura 7 - Variação da concentração de silicato na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	23
Figura 8 - Valores da concentração do material em suspensão na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	24
Figura 9 - Variação da concentração de material em suspensão na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante o período de verão.....	25
Figura 10 - Variação da turbidez da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de verão e inverno.....	26
Figura 11 - Variação do pH da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	27
Figura 12 - Variação da condutividade da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	28
Figura 13 - Variação da concentração do oxigênio dissolvido na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	29
Figura 14 - Variação do potencial de óxido redução da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de verão e inverno.....	31
Figura 15 - Valores da velocidade de correnteza da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	32
Figura 16 - Variação da concentração de clorofila <i>a</i> na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	33
Figura 17 - Riqueza de táxons nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	36
Figura 18 - Abundância de táxons nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	49
Figura 19 - Abundância relativa (%) por classe nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante o período de inverno.....	51
Figura 20 - Abundância relativa (%) por classe nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante o período de verão.....	52
Figura 21 - Variação do biovolume, em mm ³ L ⁻¹ , nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	53
Figura 22 - Valores de biovolume e clorofila <i>a</i> em ambos os períodos, inverno (I) e verão (V).....	53
Figura 23 - Abundância do gênero <i>Chlamydomonas</i> nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	54
Figura 24 - Abundância do gênero <i>Chroomonas</i> nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	55
Figura 25 - Abundância do gênero <i>Cryptomonas</i> nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	55
Figura 26 - Abundância do gênero <i>Hormidium</i> nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	56

Lista de Figuras

Figura 27 - Abundância do gênero <i>Encyonema</i> nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	56
Figura 28 - Abundância do gênero <i>Discostella</i> nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	57
Figura 29 - Abundância do gênero <i>Closterium</i> nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	57
Figura 30 - Diversidade, em Bits Ind ⁻¹ , dos pontos em ambos os períodos, inverno e verão.....	58
Figura 31 - Análise de similaridade das amostras nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante o período de inverno, considerando a abundância por classe.	59
Figura 32 - Análise de similaridade das amostras nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante o período de verão, considerando a abundância de táxons por classe.	59
Figura 33 - Análise de Componentes Principais (ACP).	60

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Coordenadas geográficas dos pontos de coleta, períodos e horários das amostragens.....	12
Tabela 2 - Valores da transparência da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	16
Tabela 3 - Valores da temperatura da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	18
Tabela 4 - Valores da temperatura do ar nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	19
Tabela 5 - Valores da concentração de fósforo total na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	20
Tabela 6 - Valores da concentração de nitrogênio total na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	21
Tabela 7 - Valores da concentração de silicato na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	23
Tabela 8 - Variação da concentração de material em suspensão na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante o período de inverno.....	24
Tabela 9 - Valores da turbidez da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	26
Tabela 10 - Valores do pH da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	27
Tabela 11 - Valores da condutividade da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	28
Tabela 12 - Valores da concentração do oxigênio dissolvido na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	29
Tabela 13 - Valores do potencial de redução da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	30
Tabela 14 - Variação da velocidade de correnteza da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	32
Tabela 15 - Valores da concentração de clorofila a na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	33
Tabela 16 - Número de táxons das diferentes classes fitoplanctônicas, comuns e exclusivos, dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, no período de inverno.....	37
Tabela 17 - Número de táxons das diferentes classes fitoplanctônicas, comuns e exclusivas, dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, no período de verão.....	37
Tabela 18 - Lista de táxons do fitoplâncton, ocorrência por pontos, períodos e frequência.....	38
Tabela 19 - Abundância de táxons nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante o período de inverno.....	50
Tabela 20 - Abundância de táxons nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante o período de verão.....	50
Tabela 21 - Valores de biovolume, em $\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$, nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.....	52

RESUMO

O fitoplâncton de água doce, responsável por parte significativa da produção primária de rios e lagos, é de grande importância por disponibilizar matéria e energia aos demais níveis tróficos estruturadores das cadeias alimentares aquáticas. Nas últimas décadas, a construção de represas, principalmente para a geração de energia elétrica, promoveu modificações não somente nas características físicas e químicas dos rios, como também nas biocenoses destes ecossistemas. Assim, são necessárias pesquisas que ampliem o conhecimento básico sobre esses ambientes e subsidiem ações adequadas de conservação e manejo. Considerando que ambientes lóticos são relativamente pouco estudados, bem como a interação rio-reservatório, o trabalho visou analisar as condições limnológicas e assembleias fitoplânctônicas ao longo do gradiente estabelecido pelo reservatório de Itaipu e trecho de jusante no rio Paraná. Durante dois períodos do ano, inverno e verão, foram analisadas 9 estações de amostragem: uma em ambiente lêntico (montante da barragem), seis no rio Paraná (a cada 5km), uma na foz do rio Monday e outra na foz do rio Iguaçu. A comunidade fitoplanctônica foi composta por 315 táxons, sendo Bacillariophyceae a classe mais especiosa. Em todos os pontos a riqueza foi maior no verão e com uma tendência longitudinal crescente nos pontos após a barragem e decrescente após o aporte dos tributários. O número de táxons comuns aos 3 rios foi baixo, nos dois períodos de estudo. A alta riqueza de táxons pode ser explicada pela variedade de ambientes amostrados, diferentes tempos de residência da água e de concentração de nutrientes, considerando que os rios Iguaçu e Monday sofrem elevada influência antrópica. A maior abundância de organismos na barragem, em ambos os períodos, deve-se a classe Cryptophyceae que contribuiu com mais de 75% do fitoplâncton total no ponto. Na análise de agrupamento (composição e abundância) realizada para ambos os períodos, o ponto da barragem manteve-se mais distanciado dos demais, demonstrando o impacto da construção de barragens sobre a estrutura da comunidade fitoplanctônica.

Palavras chave: microalgas, efeitos de deriva, sistemas lóticos, influência de afluentes.

ABSTRACT

The freshwater phytoplankton, responsible for a significant part of primary production in rivers and lakes, is of great importance for matter and energy available to other trophic levels of structuring aquatic food chains. In recent decades, the construction of dams, especially for the generation of electricity, produced changes not only in physical and chemical characteristics of rivers, but also in biocoenosis of these ecosystems. Thus, research is needed to expand the basic knowledge about these environments and subsidize actions appropriate conservation and management. Considering that lotic environments are relatively little studied, and the river-reservoir interaction, the work aims to analyze the limnological conditions and assemblies phytoplankton along the gradient established by the Itaipu reservoir and downstream stretch of the Paraná River. During two periods of the year, winter and summer, we analyzed nine sampling stations: one in lentic environment (the dam), six on the Parana River (each 5 km), at the mouth of a river Monday and another at the mouth of the Iguazu river. The phytoplankton community was composed of 315 *taxa*, with the class Bacillariophyceae most specious. At every point the richness was higher in summer and with a longitudinal trend in the increasing points after falling after the dam and the contribution of the tributaries. The number of *taxa* common to the three rivers was low in both study periods. The higher *taxa* can be explained by the variety of environments sampled, different residence times of water and nutrient concentrations, whereas the rivers Iguazu and Monday suffer high human influence. The greater abundance of organisms in the dam, in both periods, it should be the class Cryptophyceae contributing over 75% of total phytoplankton in point. In cluster analysis (composition and abundance) held for both periods, the point of the dam remained more detached from the others, demonstrating the impact of dam construction on the structure of the phytoplankton community.

Keywords: microalgae, effects of drift, lotic systems, influence of tributaries.

1. INTRODUÇÃO

O termo “alga” é artificial, sob o ponto de vista biológico, pois se refere a um grupo extremamente heterogêneo de organismos, polifilético, isso é sem relações de parentesco entre si. As algas compreendem, de um lado, uma divisão de procariontes (as cianobactérias) e, de outro, diversos grupos de eucariontes, como por exemplo, as algas verdes, euglenofíceas e dinoflagelados (Franceschini *et al* 2010). Este termo é utilizado para designar organismos diferentes quanto sua origem, morfologia, reprodução, fisiologia e ecologia, o que torna praticamente impossível sua definição (Bicudo & Menezes, 2005).

As algas fitoplanctônicas são de grande importância nos ecossistemas aquáticos, sendo responsáveis por parte considerável da produção primária e exercem um papel relevante no ciclo do carbono, através da conversão de dióxido de carbono (CO₂) em carboidratos que são transferidos aos demais níveis tróficos (Bittencourt-Oliveira, 2002).

O fitoplâncton de água doce compreende diversas microalgas, unicelulares isoladas, organizadas em colônias ou filamentos e com representantes da maioria das divisões taxonômicas, com exceção de Pheophyta e Rodophyta (Margalef, 1983; Esteves, 1998). Os principais grupos com representantes no plâncton de água doce são: Bacillariophyta, Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Chrysophyta, Pyrrophyta e Cryptophyta (Reynolds, 1984). As principais características desses grupos são descritas a seguir, com base nas seguintes referências bibliográficas: Reynolds (1984), Margalef (1983), Esteves (1998), Bicudo & Menezes (2005) e Raven (2007).

As Cyanophyta, também conhecidas como cianobactérias, têm como principal pigmento a ficocianina, conferindo-lhes a coloração azul-esverdeada. As algas deste grupo são procariontes e seus pigmentos ficam dispersos no citoplasma, característica que as distingue dos demais grupos. As cianobactérias são capazes de viver em uma ampla variedade de ambientes, mas a maioria das espécies habita a água doce. Os problemas de qualidade de água provocados por florações de cianobactérias têm causado impactos relacionados à saúde pública, já que algumas espécies são produtoras de toxinas (Sivonen & Jones, 1999). Dessa forma, o monitoramento dessas algas é uma preocupação contínua de várias companhias de abastecimento público. As cianotoxinas são classificadas em neurotóxicas e hepatotóxicas, de acordo com seus efeitos. As neurotoxinas são produzidas por espécies e cepas incluídas nos gêneros *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Oscillatoria* e *Cylindrospermopsis* (CETESB, 2005). As espécies identificadas como produtoras de hepatotoxinas estão incluídas nos gêneros *Microcystis*, *Anabaena*, *Planktothrix*, *Oscillatoria*, *Radiocystis* e *Cylindrospermopsis* (CETESB, 2005).

Chlorophyta é um grupo morfológicamente muito diversificado que inclui pelo menos 17.000 espécies, sendo encontradas em uma ampla variedade de habitats, embora a maioria seja aquática. Estas armazenam amido no interior dos plastos e contêm clorofilas *a* e *b*. As classes de Chlorophyta mais freqüentes no fitoplâncton são: Chlorophyceae, grupo cosmopolita constituído principalmente de espécies de água doce de lagos mesotróficos ou eutróficos; Zygnemaphyceae, que habitam somente ambientes de água doce e raramente habitats salobros.

A maioria das Euglenophyta é unicelular e não possui parede celular recobrimo a membrana plasmática. Cerca de dois terços dos gêneros são incolores e heterotróficos, nutrindo-se de partículas sólidas ou pela absorção de compostos orgânicos dissolvidos. Estas podem ser abundantes no hipolímnio de lagos. As semelhanças entre cloroplastos de euglenófitas e algas verdes sugerem que os cloroplastos das primeiras derivaram de uma alga verde endossimbiótica.

As Chrysophyta são geralmente organismos unicelulares ou coloniais, abundantes em água doce e cosmopolitas. São algas com plastídeos verde-amarelados e que possuem como característica principal além da grande quantidade de xantofilas, a presença de clorofila “a” e “c” e sua reserva glicídica é a crisolaminarina. Neste grupo são conhecidas cerca de 1000 espécies. Algumas crisofíceas de água doce podem formar florações indesejáveis, por produzirem gosto e odor desagradáveis em águas de abastecimento, em virtude da excreção de compostos orgânicos.

As Bacillariophyta possuem parede celular impregnada de sílica, denominada de frústula. A parte orgânica da parede celular, que predomina em outros grupos, é desprezível nas diatomáceas. Em algumas, o envoltório silicoso (frústula) pode corresponder até 50% do peso seco. As diatomáceas possuem representantes de vida livre e perifíticas e são divididas em dois grandes grupos principais conhecidas como penadas e cêntricas, com formas elíptico-arredondada e alongada, respectivamente. As diatomáceas são estudadas como indicadores ambientais e já foram utilizadas comercialmente na fabricação de cosméticos, cerâmicas e pastas de dente, com a utilização dos diatomitos, rochas sedimentares formadas pela deposição das frústulas.

Entre as Pyrrophyta destaca-se a classe Dinophyceae, com aproximadamente 4.000 espécies, incluindo formas marinhas e de água doce. Muitos dinoflagelados são unicelulares biflagelados e vários possuem metabolismo heterotrófico, se alimentando de partículas sólidas ou absorvendo compostos orgânicos dissolvidos. Durante períodos de condições desfavoráveis os dinoflagelados formam cistos de resistência.

Do grego: *kryptos*, que significa escondido, a denominação Cryptophyta é bastante apropriada para esta divisão que apresenta organismos de pequeno tamanho, de 3 a 50 µm. Existem 200 espécies conhecidas de criptófitas, que ocorrem principalmente em águas subsuperficiais e frias. As células de criptófitas são particularmente ricas em ácidos graxos poliinsaturados, que são essenciais para o crescimento e desenvolvimento do zooplâncton. As criptófitas são algas

fitoplantônicas de grande importância ecológica devido a sua palatabilidade e porque são freqüentemente dominantes (numericamente) em rios, lagos e águas costeiras. Há indícios de que as criptófitas surgiram da fusão de duas diferentes células eucarióticas, uma heterotrófica e outra fotossintetizante, estabelecendo uma endossimbiose secundária.

1.1 Reservatórios

Os reservatórios são corpos de água semi-fechados, considerados ecossistemas com características intermediárias entre rios e lagos e de grande importância econômica e social (Tundisi, 1993). Os reservatórios brasileiros foram construídos com diferentes propósitos: armazenamento de água, navegação, recreação, irrigação, controle do curso e vazão dos rios, mas principalmente para a produção de energia elétrica. Na bacia do Paraná, os usos predominantes dos reservatórios são o abastecimento urbano e a geração de energia elétrica.

A construção de reservatórios na América do Sul foi intensificada nos últimos 50 anos. Particularmente no Brasil, as construções em larga escala nas décadas de 60 e 70 interferiram determinantemente na dinâmica dos rios e nos ciclos hidrológicos regionais, produzindo muitas mudanças na estrutura das comunidades aquáticas (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2003).

A construção de reservatórios interfere diretamente nos rios, transformando suas características lógicas através do aumento do tempo de residência da água. Essa transformação é a principal responsável por uma série de alterações nas condições limnológicas observadas nas áreas represadas e a jusante das mesmas. Dentre os fatores que mais sofrem alterações, estão a estrutura térmica da coluna de água, os padrões de sedimentação e circulação das massas de água, a dinâmica dos gases, a ciclagem de nutrientes e a estrutura das comunidades aquáticas (Agostinho *et al.*, 1992; Tundisi *et al.*, 1993; Nogueira *et al.*, 2006). A abundância e produção do fitoplâncton são controladas pela descarga de água. Isto está relacionado ao tempo de residência da água, a profundidade do canal e taxa de diluição que afeta a transparência da água e sedimentação dos indivíduos.

O aumento no tempo de residência em trechos de rios represados favorece o desenvolvimento do fitoplâncton, principalmente, pela redução do fluxo e maior estabilidade da coluna de água. A redução do tempo de residência da água nos reservatórios, relacionada à estratégia de manejo ou eventos meteorológicos, comumente ocasiona perda de biomassa fitoplantônica por lavagem hidráulica (“washout”) e impacto mecânico (Tundisi, 1990; Tundisi *et al.*, 1993; Nogueira & Matsumura-Tundisi, 1996).

Reservatórios são partes integrantes de inúmeras bacias hidrográficas no país, sendo diretamente influenciados pelos processos de drenagem que carregam para os mesmos nutrientes

minerais, materiais orgânicos e, eventualmente, poluentes. Estes ambientes, por suas características hidrodinâmicas podem reter estas substâncias em seu ciclo produtivo, tendo como consequência um aumento na taxa de produção primária e originando o processo denominado de eutrofização (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2008).

A eutrofização é o aumento da concentração de nutrientes, principalmente de fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos, podendo ser um processo natural (de longo prazo) ou artificial (descargas pontuais e difusas). Estes elementos químicos são despejados na forma de substâncias dissolvidas ou material particulado em lagos, represas e rios, sendo incorporados na matéria orgânica através do metabolismo dos produtores primários (Tundisi, 2003).

O enriquecimento das águas leva ao rápido desenvolvimento de plantas aquáticas, principalmente de cianobactérias. Estas podem produzir substâncias tóxicas que podem causar a mortalidade de animais e afetar a saúde humana, tanto pela ingestão da água, propriamente, como por contato direto em atividades de recreação (Tundisi, 2003).

A aceleração da eutrofização e a degradação dos sistemas aquáticos produzem uma série de impactos econômicos, tais como o aumento muito rápido dos custos de tratamento, a perda do valor estético de lagos, represas e rios e o impedimento de determinados usos, como a irrigação e a recreação, o que diminui o valor turístico e os investimentos nas bacias hidrográficas (Tundisi, 2003).

1.2 Estudos da comunidade fitoplanctônica em sistemas lóticos

No Brasil os primeiros estudos sobre comunidades fitoplanctônicas foram iniciados na década de 50, com o trabalho de Braun (1952) (apud Bozelli & Huszar, 2003) sobre a estrutura do fitoplâncton de quatro lagos da planície de inundação do Rio Tapajós. O conhecimento científico sobre este grupo de organismos aumentou gradativamente, destacando-se o período correspondente entre as décadas de 80 e 90. Até o ano de 1998 estavam disponíveis 254 trabalhos sobre o fitoplâncton de águas continentais brasileiras, sendo melhor estudados os reservatórios e lagos de planícies de inundação (60%). Apesar da extensa rede hidrográfica existente no Brasil, a limnologia de rios e, conseqüentemente, de suas biotas, incluindo o fitoplâncton, tem sido relativamente pouco estudada (Bozelli & Huszar, 2003).

Os fatores que regulam o desenvolvimento do potamoplâncton (do grego, *potamo* significa rio) são os mesmos fatores físicos (luz, temperatura), químicos (troca de gases, nutrientes inorgânicos, íons) e bióticos (herbivoria) considerados para lagos. Contudo, as respostas dos organismos podem diferir, devido ao fluxo unidirecional a que estão submetidos quando em ambientes lóticos (Silva *et al.*, 2001).

O tempo de residência teórico da água constitui, em geral, o principal fator regulador do desenvolvimento das comunidades fitoplanctônicas. Rios suficientemente longos e de fluxo relativamente lento são os que melhor possibilitam o crescimento de algas planctônicas (Reynolds, 1995).

Possivelmente, a menor quantidade de estudos em rios é resultado de uma combinação entre razões históricas, relativas à origem da Limnologia, dificuldades metodológicas e da plácida aceitação de que o plâncton não exerce papel relevante em águas correntes (Bozelli & Huszar, 2003).

Ainda são poucos os estudos sobre as assembléias de fitoplâncton em sistemas lóticos da bacia do Paraná (Schiaffino, 1981; Borges *et al.*, 2003; Mercado, 2003; Ferrareze & Nogueira 2006; Domitrovic *et al.*, 2007; Rodrigues *et al.*, 2007; Rodrigues *et al.*, 2009; Devercelli, 2010), sobretudo quando considerada a distribuição longitudinal em trechos a jusante de reservatórios (Silva *et al.*, 2001).

2. OBJETIVO GERAL

O estudo pretendeu analisar, durante os períodos de verão (chuvoso) e inverno (seco), a distribuição longitudinal do fitoplâncton e as variáveis físicas e químicas da água na região da barragem (ambiente lântico) e trecho a jusante do reservatório de Itaipu, ambiente lótico. A hipótese principal a ser testada é que ocorrem variações significativas na composição e abundância dos organismos no gradiente longitudinal de jusante, em função de mudanças abruptas relacionadas principalmente à velocidade de correnteza e entrada de rios tributários, com aportes de massas de água diferenciadas.

2.1 Objetivos específicos

i. Analisar, comparativamente, a composição, riqueza, abundância e diversidade das assembléias do fitoplâncton na região da barragem e trecho a jusante do reservatório de Itaipu, bem como na foz dos rios Monday (Paraguai) e Iguaçu (Brasil/Argentina), nos períodos de verão e inverno;

ii. Analisar, comparativamente, as características limnológicas transparência, temperatura, velocidade de correnteza, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, turbidez, material em suspensão (frações orgânicas e inorgânicas), nitrogênio total, fósforo total, silicato e biomassa fitoplanctônica (clorofila a) na região da barragem e trecho a jusante do reservatório de Itaipu, bem como na foz dos rios Monday e Iguaçu, nos períodos de verão e inverno.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O rio Paraná (Brasil, Paraguai e Argentina), principal formador da bacia hidrográfica do Prata, é o quinto mais extenso do mundo, o nono maior em descarga e o quarto em área de drenagem. Este rio nasce da confluência dos rios Grande e Parnaíba (Brasil), e após a confluência com o rio Uruguai, desemboca no estuário do rio da Prata, entre a Argentina e o Uruguai. Na sua porção brasileira, a região drenada concentra cerca de 50% da população do país, assim sendo, espera-se que a bacia do rio Paraná seja altamente influenciada por impactos antropogênicos (Agostinho *et al.*, 2007).

O reservatório de Itaipu localiza-se em área de fronteira entre o Brasil e o Paraguai (25°24'29.14"S; 54°35'13.31"W), no trecho inicial do médio rio Paraná. Apresenta uma área de 1.350 km² em sua quota média de operação (220m) e 1561 km² na quota máxima (223m). A profundidade média é de 22m, mas pode alcançar 170m em alguns pontos próximos à barragem e o tempo de residência de 40 dias. O reservatório de Itaipu se estende desde Foz do Iguaçu, no Brasil, e Ciudad del Este, no Paraguai, ao sul, até Guaíra (Brasil) e Salto del Guairá (Paraguai), ao norte. A potência instalada de Itaipu é de 14.000 MW (megawatts), com 20 unidades geradoras que fornecem 19,3% da energia consumida no Brasil e abastece 87,3% do consumo paraguaio (www.itaipu.gov.br acessado em 13/08/09).

3.2 Períodos e Locais de Coleta

Para o desenvolvimento do presente estudo foi realizada uma amostragem no mês de julho de 2009, para caracterizar condições de inverno (seco), e outra amostragem no mês de janeiro de 2010, para caracterizar condições de verão (chuvoso). Determinou-se um transecto longitudinal de 25 km no trecho a jusante da barragem de Itaipu, onde, foram coletadas amostras e realizadas medições em seis pontos (P1, P2, P3, P4, P5 e P6) no rio Paraná, todos no meio do canal, distanciados entre si cerca de 5 km. Outro ponto de coleta foi estabelecido na zona da barragem (montante), a fim de caracterizar a zona lacustre do reservatório. Além dos pontos no rio Paraná foram determinados outros dois na foz dos rios Monday (Paraguai, margem direita) e Iguaçu (Brasil/Argentina, margem esquerda). No total foram estabelecidos nove pontos para realização de coleta de amostras e tomada de medidas ambientais. A localização e coordenadas geográficas dos pontos de coleta são apresentadas na Figura 1 e Tabela 1, respectivamente.

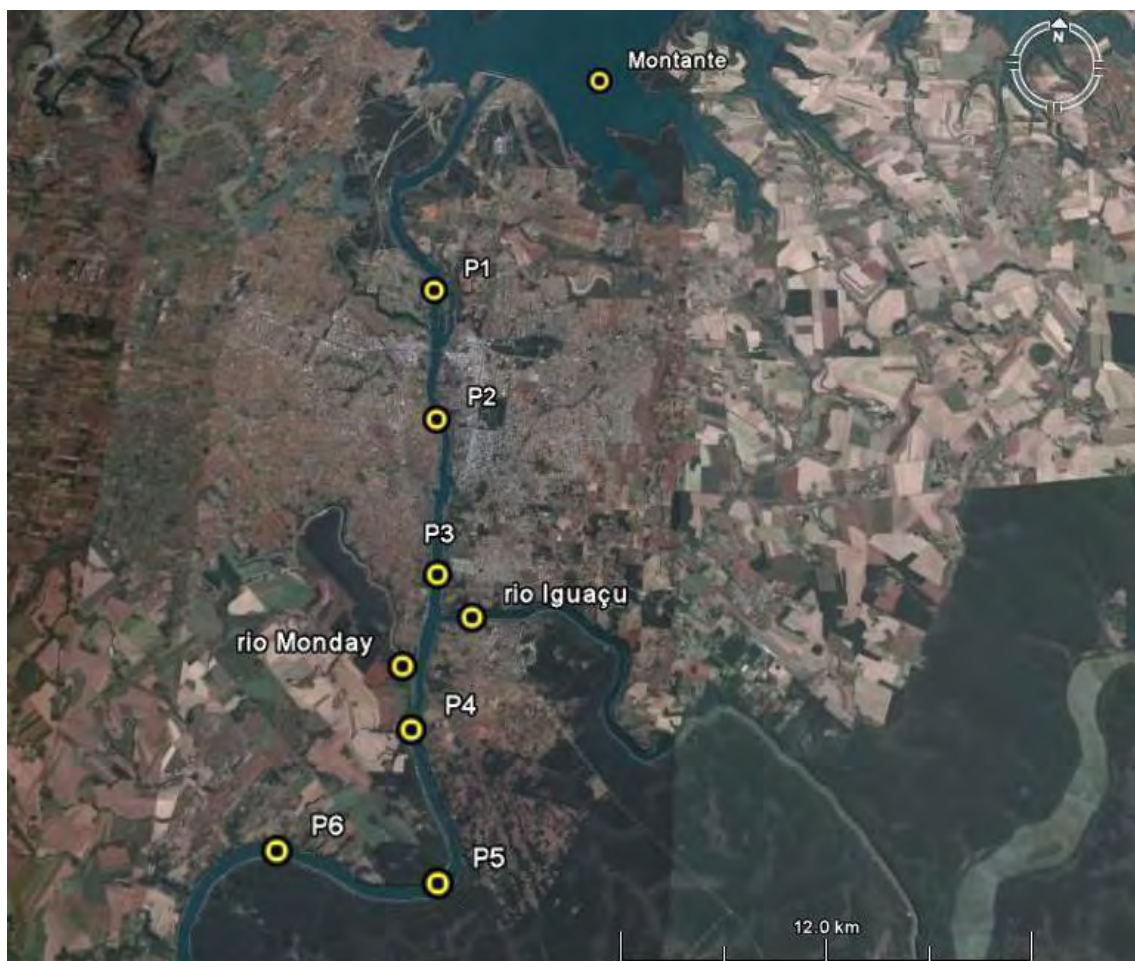


Figura 1. Região do reservatório de Itaipu (Paraná/Paraguai), pontos de coleta a montante e a jusante da barragem (P1, P2, P3, P4, P5, P6) no rio Paraná e nos rios Iguaçu (Brasil/Argentina) e Monday (Paraguai). Imagem: Google Earth, 2009.

Tabela 1. Coordenadas geográficas dos pontos de coleta, períodos e horários das amostragens.

Locais	Coordenada geográfica	Hora de coleta	
		Inverno	Verão
Barragem	25°26'18,5"S/54°30'30,6"O	18:45	18:35
P1	25°29'24,8"S/54°35'51,5"O	11:28	10:50
P2	25° 31'52,4"S/54°36'0,33"O	09:46	11:30
P3	25°34'45,4"S/54°35'36,5"O	10:05	11:49
Iguaçu	25° 35'38,6"S/54°34'41,3"O	16:47	16:05
Monday	25°36'34,4"S/54°36'04,8"O	16:14	15:45
P4	25°37'27,2"S/54°35'54,1"O	13:50	13:25
P5	25°39'59,6"S/54°35'00,4"O	14:33	14:45
P6	25°39'46,8"S/54°37'59,1"O	15:00	14:20

As condições do tempo durante a coleta não variaram muito. No inverno, haviam poucas nuvens e o vento variou de leve a moderado; enquanto no verão, o céu estava nublado com sol ameno.

3.3 Coleta, identificação e análise quantitativa do fitoplâncton

Em cada ponto de coleta, foi feito um arrasto horizontal utilizando rede de plâncton cônica de 20 µm de abertura de malha, para fins de realização da análise qualitativa. Para a análise quantitativa foi coletada uma amostra diretamente na sub-superfície (ca. 0,50 m) com frasco de 200 ml. O material para análise qualitativa foi fixado com solução de formol a 4%; e para a análise quantitativa o material foi fixado em solução de lugol acético e conservado no escuro. O fitoplâncton foi identificado até a menor categoria taxonômica possível, segundo os seguintes trabalhos: Geitler (1932); Patrick & Reimer (1969; 1975); Bicudo & Bicudo (1970); Round (1971); Bourrelly (1968; 1970; 1972); Compère (1974; 1975 a, b; 1976 a, b; 1977); Komarek (1974 e 1991); Komárek & Fott (1983); Komarková-Legnerová & Cronberg (1994); Tracanna (1982); Bicudo (1984; 1988, 1990, 1996); Sant'anna (1984, 1991); Tell & Conforti (1986); Dillard (1989); Krammer & Lange-Bertalot (1986; 1991); Castro *et al.* (1991); Bicudo *et al.* (1992, 1993, 1995); Franceschini (1992); Senna, (1992); Bicudo & Martins (1989); Bicudo & Castro (1994); Dias & Sophia (1994); Bittencurt-Oliveira (1992); Jati & Train (1993 e 1994); Oliveira (1994); Parra *et al.*, (1982); Parra & Bicudo (1995); Sant'anna & Azevedo (1995, 2000); Azevedo *et al.* (1996); Domitrovic & Maidana (1997); Silva (1999); Oliveira *et al.* (2002); Felisberto (2003) e Felisberto & Rodrigues (2004); Bicudo (2004); Bicudo & Menezes (2005); Sant'Anna *et al.* (2007); Biolo *et al.* (2008); Fernandes (2008); Bes & Torgan (2010); Burliga *et al.* (2010).

Em laboratório, baseando-se no método de Utermöhl (1958), as alíquotas de amostras quantitativas (água bruta) foram sedimentadas em câmaras apropriadas (durante 3h para cada centímetro de altura da câmara), cujos volumes variaram de 9,8 a 21 ml, conforme a densidade de organismos ou de detritos presentes. Os indivíduos foram contados utilizando-se microscópio invertido Leica DMIL com aumento de 400 vezes. A unidade de contagem foi o indivíduo (ind. L⁻¹). Cada organismo, forma unicelular, tricoma de filamentosos e colônia plana ou globosa, foi considerado como um indivíduo. Devido ao fato das amostras terem apresentado baixo número de indivíduos e ausência de florações, o limite de contagem foi estabelecido a partir do momento em que foram analisados 15 campos visuais sem o aparecimento de novos táxons. O número de campos analisados variou entre 40 e 101.

A densidade fitoplanctônica foi calculada segundo APHA (1985), onde foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{nº de organismos/mL} = \frac{C \cdot A_t}{A_f \cdot F \cdot V}, \quad \text{onde:}$$

C = número de organismos contados

A_t = área total do fundo da câmara de sedimentação (mm²)

A_f = área de um campo de contagem (mm^2)

F = número de campos contados

V = volume da amostra sedimentada (mL)

Para análise da frequência relativa, foi utilizado o método descrito por LOBO & LEIGHTON (1986), onde a frequência (F), expressa em porcentagem, é definida como a relação entre a ocorrência das diferentes espécies e o número total das amostras. Foi utilizada a seguinte fórmula para o cálculo da frequência:

$$F = \frac{P_a}{P} \cdot 100, \quad \text{onde:}$$

P_a - número de amostras em que a espécie „a“ está presente

P - número total de amostras analisadas

As espécies são consideradas constantes quando $F > 50\%$, comuns quando $10\% < F < 50\%$ e raras quando $F < 10\%$.

Os valores de biovolume foram estimados multiplicando-se a densidade de cada espécie pelo volume médio de suas células, considerando-se as dimensões médias de 20 representantes de cada espécie, quando possível. O volume de cada célula foi calculado a partir de modelos geométricos aproximados à forma dos indivíduos: esferas, cilindros, cones, paralelepípedos, pirâmides, elipsóides e outros segundo Edler, 1979; Wetzel & Likens, 1991.

3.4 Coletas de amostras e medidas ambientais das variáveis limnológicas

Em campo, a medição dos parâmetros físicos e químicos da água foi feita com uma sonda multiparâmetros HORIBA modelo U-22. As variáveis limnológicas analisadas foram: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e potencial de óxido redução. Em cada local também foram medidas a profundidade (m) (sonda Speedtech) e a transparência da água (m) através do desaparecimento visual do disco de Secchi. Também foi medida a temperatura do ar no momento da coleta com um termômetro de mercúrio, com certificado de aferição pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro). A velocidade de deslocamento da massa d'água foi medida na superfície, através do correntômetro Flowacht.

Amostras de água para análise em laboratório da concentração de nutrientes totais (N e P), material em suspensão e clorofila a foram coletadas na camada sub superficial da coluna d'água,

assim como para o fitoplâncton. O processamento inicial das amostras de água para as análises de clorofila a, silicato e material em suspensão foi realizado no mesmo dia após o término do trabalho no campo, filtrando-se com bomba a vácuo, valores conhecidos de água (entre 800 e 1000 mL) em filtros Millipore AP 40. A turbidez foi medida com um turbidímetro MS Tecnopon. Os filtros e alíquotas integrais de amostras para a análise dos nutrientes nitrogênio e fósforo total foram armazenados, refrigerados em caixas térmicas e transportados para o “Laboratório de Ecologia de Águas Continentais” da UNESP, *campus* Botucatu.

3.5 Análises das variáveis limnológicas em laboratório

Em laboratório foram realizadas as análises espectrofotométricas para a determinação do nitrogênio total (Marckereth *et al.*, 1978) e de fósforo total (Strickland & Parsons, 1960), após digestão das amostras (Valderrama, 1981). O silicato dissolvido foi determinado segundo Golterman *et al.* (1978) em amostras de água filtradas (Membranas AP40). A determinação da clorofila a foi feita por maceração manual dos filtros e extração em solvente orgânico (acetona 90% a frio) (Talling & Driver, 1963). Através de técnica gravimétrica (Cole, 1979), foi realizada a determinação do material sólido em suspensão total, após a secagem em estufa (70 °C – 24h), e das frações inorgânica e orgânica – secagem em forno mufla (450 °C – 1h). Para a preparação prévia dos filtros (peso inicial antes da filtração no campo) e pesagens posteriores (pós-estufa e pós-mufla) utilizou-se balança analítica Denver (0,00001 g).

3.6 Análise estatística de dados

Para avaliar a similaridade entre os pontos, foram realizadas análises de agrupamento (matriz de correlação/Euclidean distances) dos pontos de coleta com base na composição e abundância dos diferentes grupos (classes) fitoplanctônicos. Uma análise multivariada de componentes principais (ACP) foi feita para o conjunto de variáveis limnológicas. Segundo Kindt & Coe (2005), a ACP consiste em calcular escores (componentes principais) que concentram a informação das variáveis, reduzindo suas dimensões.

RESULTADOS

4. *Fatores abióticos*

4.1 *Transparência*

Os dados de transparência da água são apresentados na Figura 2 e Tabela 1. Nos dois períodos observou-se uma tendência de decréscimo longitudinal da transparência. A barragem, como esperado, apresentou os maiores valores de transparência (3 e 2 m, inverno e verão, respectivamente), seguida pelo ponto P1 (2,22 e 1,6m, inverno e verão, respectivamente) e no inverno pelos pontos P2 (2,58 m) e P3 (2,23 m). Os pontos nos rios Iguaçu e Monday apresentaram os menores valores de transparência da água, tanto no inverno como no verão, 0,56-1,25 m e 0,53-0,5 m, respectivamente. Após o aporte de água desses rios, a transparência diminuiu nos pontos seguintes do rio Paraná, P4, P5 e P6, com exceção do ponto P4 no período de verão. No inverno, houve uma tendência de aumento da transparência nos pontos localizados após os tributários. Os pontos Iguaçu e P4 foram os únicos com maior transparência no verão, sendo que no Iguaçu o valor dobrou, de 0,56 para 1,15 m. Em geral os valores de transparência foram mais elevados no inverno (média de 1,75m) comparados ao verão (1,34 m).

Tabela 2. Valores da transparência da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

Locais	Transparência	
	Profundidade (m)	
	Inverno	Verão
Barragem	3,00	2,00
P1	2,22	1,60
P2	2,58	1,35
P3	2,23	1,35
Iguaçu	0,56	1,15
Monday	0,53	0,50
P4	1,30	1,50
P5	1,58	1,30
P6	1,74	1,30
Média	1,75	1,34
Desvio padrão	0,85	0,40

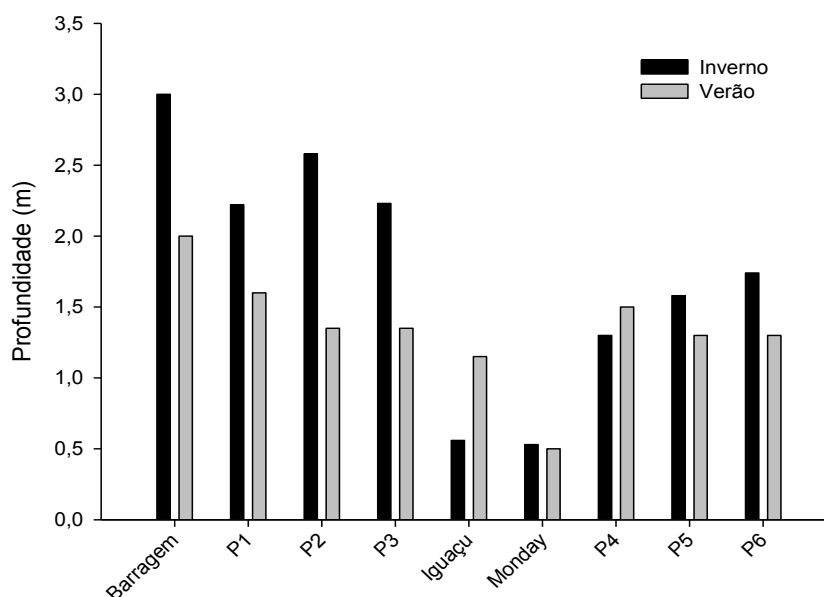


Figura 2. Variação da transparência da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

4.2 Temperatura da água

Os dados de temperatura da água são apresentados na Figura 3 e Tabela 2. A temperatura da água foi similar entre os pontos do rio Paraná, sendo um pouco mais elevada (1 °C) no reservatório durante o verão. Tanto no inverno como verão o rio Iguaçu apresentou temperaturas mais baixas que outros pontos. No inverno, a temperatura da água nos pontos do rio Paraná foi de 19 °C, enquanto nos rios Iguaçu e Monday foi de 17 e 16 °C, respectivamente. No verão, a temperatura da água na barragem foi de 30 °C, no rio Iguaçu de 27 °C e nos demais pontos do rio Paraná e Monday foi de 29 °C.

Tabela 3. Valores da temperatura da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

Temperatura da água (°C)		
Locais	Inverno	Verão
Barragem	19	30
P1	19	29
P2	19	29
P3	19	29
Iguaçu	17	27
Monday	16	29
P4	19	29
P5	19	29
P6	19	29
Média	19	29
Desvio padrão	1,2	0,7

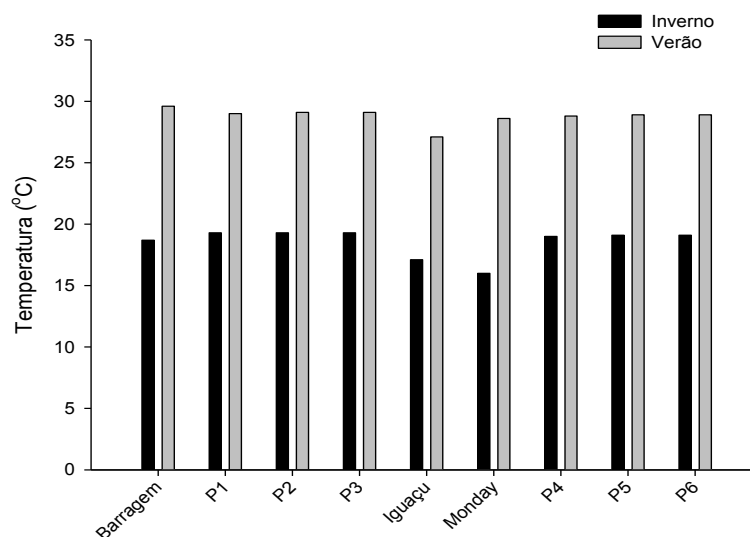


Figura 3. Variação da temperatura da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

4.3 Temperatura do ar

Os dados de temperatura do ar são apresentados na Figura 4 e Tabela 3. A temperatura do ar variou mais no inverno, de 10 °C (barragem) a 18 °C (P3 e P4), do que no verão de 29 °C (P2) a 33 °C (Iguaçu, Monday, P4 e P6). A variabilidade encontrada está associada, principalmente ao horário do dia em que foram feitas as medidas.

Tabela 4. Valores da temperatura do ar nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

Temperatura do ar (°C)		
Locais	Inverno	Verão
Barragem	10	30
P1	16	29
P2	12	30
P3	18	30
Iguaçu	14	33
Monday	14	33
P4	18	33
P5	14	32
P6	15	33
Média	15	31
Desvio padrão	2,6	1,7

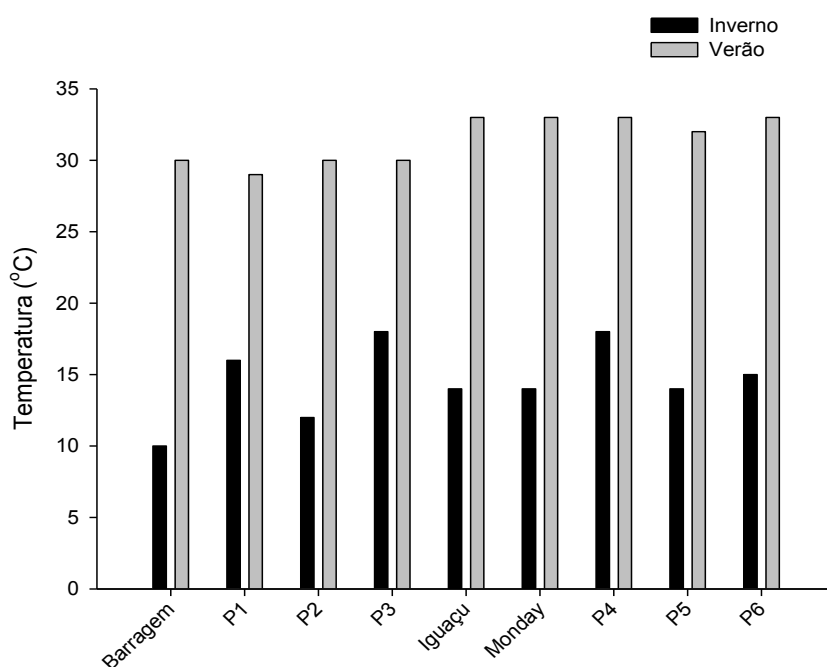


Figura 4. Variação da temperatura do ar nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

4.4 Fósforo total

Os dados de concentração de fósforo são apresentados na Figura 5 e Tabela 4. Apesar da variabilidade dos dados, as concentrações foram mais elevadas à jusante do reservatório. No inverno houve uma tendência de aumento das concentrações do ponto P1 ao P2, e no verão de P2 a P3. Este fato pode estar relacionado à entrada de efluentes urbanos oriundos da cidade de Foz do Iguaçu. Os maiores valores de concentração de fósforo total foram medidos nos rios Iguaçu e Monday. O ponto

P4, mesmo após o aporte de águas dos tributários, apresentou concentração menor que nos pontos P2 e P3. Os pontos P2, P4 e P6 apresentaram valores similares entre os períodos, enquanto o ponto P5 apresentou grande aumento de concentração no verão. No inverno a média de concentração foi menor ($9,07 \mu\text{g L}^{-1}$) que no verão ($12,17 \mu\text{g L}^{-1}$). A variabilidade entre os pontos analisados foi maior no inverno (desvio padrão de $5,12 \mu\text{g L}^{-1}$).

Tabela 5. Valores da concentração de fósforo total na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

Local	Fósforo Total	
	Concentração ($\mu\text{g L}^{-1}$)	
	Inverno	Verão
Barragem	4,41	8,81
P1	3,86	8,77
P2	10,27	10,02
P3	7,34	12,23
Rio Iguaçu	18,51	16,03
Rio Monday	14,66	20,25
P4	9,54	8,81
P5	3,13	13,43
P6	9,90	11,22
Média	9,07	12,17
Desvio padrão	5,12	3,90

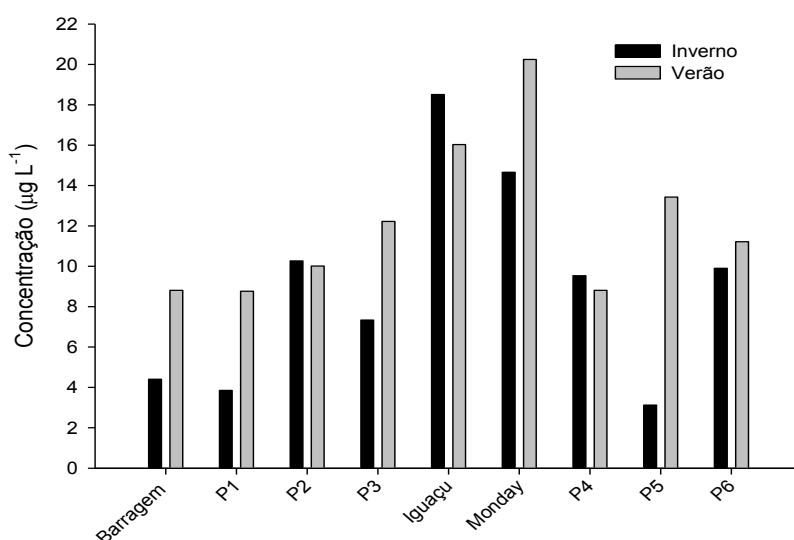


Figura 5. Variação da concentração de fósforo total na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

4.5 Nitrogênio total

Os dados de concentração de nitrogênio total são apresentados na Figura 6 e Tabela 5. Houve uma tendência de diminuição da concentração do nitrogênio total desde a barragem até o ponto P2, onde foram registradas as menores concentrações ($240,4 \mu\text{g L}^{-1}$ no inverno e $283,2 \mu\text{g L}^{-1}$ no verão). O ponto do rio Iguaçu foi o que apresentou as maiores concentrações de nitrogênio ($748,6 \mu\text{g L}^{-1}$ no inverno e $791,65 \mu\text{g L}^{-1}$ no verão). O rio Monday também apresentou concentrações elevadas em relação aos demais pontos de amostragem. Após a entrada dos rios Iguaçu e Monday, os pontos do rio Paraná (P4, P5 e P6) apresentaram maiores valores de nitrogênio em relação aos pontos de montante (P2 e P3). Para os pontos localizados após os tributários, houve uma tendência de diminuição da concentração no inverno e de aumento no verão. Isto pode estar relacionado aos processos de mistura, mais rápidos no inverno e mais lentos (longitudinalmente) no verão, já que a correnteza e vazão do rio Paraná neste último período são bem elevadas. Em geral as concentrações de nitrogênio foram maiores no verão ($442,69 \mu\text{g L}^{-1}$), comparadas ao inverno ($359,19 \mu\text{g L}^{-1}$).

Tabela 6. Valores da concentração de nitrogênio total na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

Local	Nitrogênio Total	
	Concentração ($\mu\text{g L}^{-1}$)	
	Inverno	Verão
Barragem	283,15	441,80
P1	256,25	384,15
P2	240,40	283,20
P3	275,25	314,10
Rio Iguaçu	748,60	791,65
Rio Monday	393,50	534,30
P4	447,30	366,95
P5	299,80	389,50
P6	288,45	478,60
Média	359,19	442,69
Desvio padrão	160,72	152,24

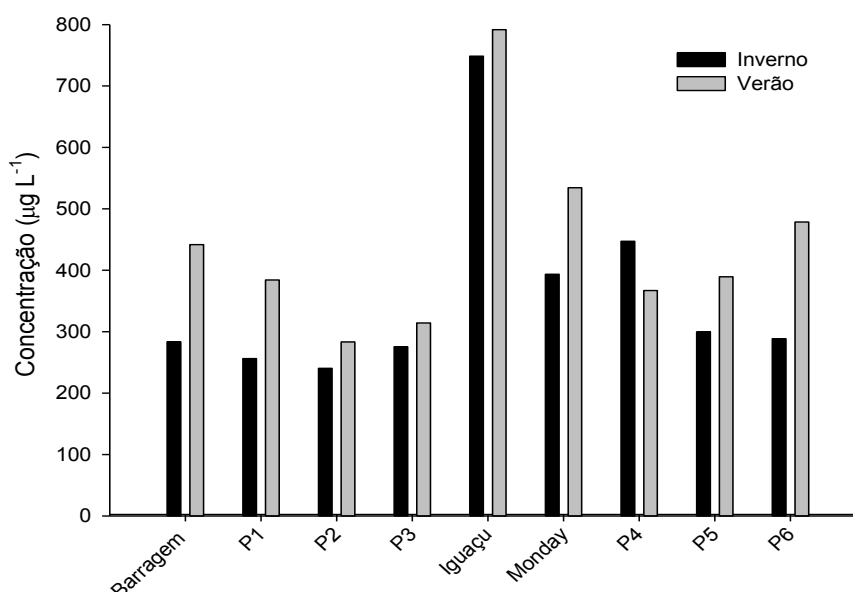


Figura 6. Variação da concentração de nitrogênio total na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

4.6 Silicato

Os dados de concentração de silicato são apresentados na Figura 7 e Tabela 6. Longitudinalmente, não houve uma tendência de variação evidente na concentração de silicato. Destaca-se concentrações mais baixas nos tributários em relação ao rio Paraná, provavelmente devido a diferenças na formação geológica das bacias. Todos os valores da concentração de silicato apresentaram-se maiores no período de inverno, entre 4,31 mg L⁻¹ (Iguaçu) e 6,22 mg L⁻¹ (P4), em relação ao período de verão, entre 3,10 mg L⁻¹ (Monday) e 4,99 mg L⁻¹ (barragem). No verão, as concentrações nos pontos do rio Paraná apresentaram-se muito próximas. No inverno, a mesma tendência não foi observada nos pontos do rio Paraná, contudo, os valores da concentração para os rios Iguaçu e Monday, permaneceram menores que os demais.

Tabela 7. Valores da concentração de silicato na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

Silicato		
Locais	Concentração (mg L^{-1})	
	Inverno	Verão
Barragem	5,50	4,99
P1	5,79	4,78
P2	5,42	4,91
P3	5,90	4,97
Iguaçu	4,31	3,76
Monday	4,55	3,10
P4	6,23	4,87
P5	5,32	4,71
P6	5,91	4,88
Média	5,43	4,55
Desvio padrão	0,64	0,66

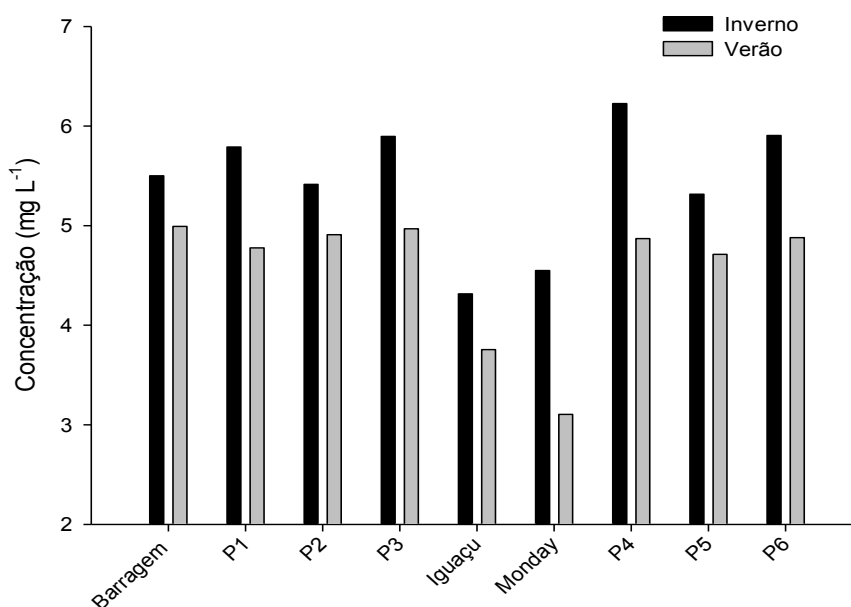


Figura 7. Variação da concentração de silicato na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

4.7. Material em suspensão

Os dados de concentração do material em suspensão são apresentados nas Figuras 8 e 9 e Tabela 7. Notou-se uma tendência de aumento longitudinal da concentração do material em suspensão a partir da barragem e principalmente após a entrada dos tributários. Os quatro primeiros pontos foram os que apresentaram os menores valores de material total. Os pontos P5 e P6

mostraram uma leve tendência de aumento da concentração do material total no inverno e acentuado aumento no verão. O ponto P4 apresentou grande diferença na concentração de matéria inorgânica, em relação ao ponto P3, após o aporte de águas dos dois tributários. No inverno, os rios Iguaçu e Monday apresentaram os maiores valores de matéria inorgânica. Já no verão, os maiores valores de matéria inorgânica foram encontrados nos pontos P6, P5 e Monday, respectivamente.

Tabela 8. Valores da concentração do material em suspensão na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

Material em Suspensão (mg.L ⁻¹)						
Local	Inverno			Verão		
	Material Total (mg.L ⁻¹)	Matéria Orgânica (mg.L ⁻¹)	Matéria Inorgânica (mg.L ⁻¹)	Material Total (mg.L ⁻¹)	Matéria Orgânica (mg.L ⁻¹)	Matéria Inorgânica (mg.L ⁻¹)
Barragem	0,53	0,52	0,01	0,94	0,60	0,34
P1	0,73	0,57	0,16	1,64	0,62	1,02
P2	1,20	0,62	0,58	1,66	0,67	0,98
P3	1,54	0,64	0,90	1,72	0,75	0,97
Iguaçu	14,24	2,81	11,43	1,72	0,67	1,05
Monday	8,11	1,94	6,16	4,61	1,42	3,19
P4	5,14	1,26	3,88	2,40	0,81	1,59
P5	3,11	0,94	2,17	4,87	1,17	3,71
P6	3,24	1,03	2,21	8,73	1,82	6,90
Média	4,20	1,15	3,06	3,14	0,95	2,19
Desvio padrão	4,48	0,77	3,71	2,51	0,43	2,09

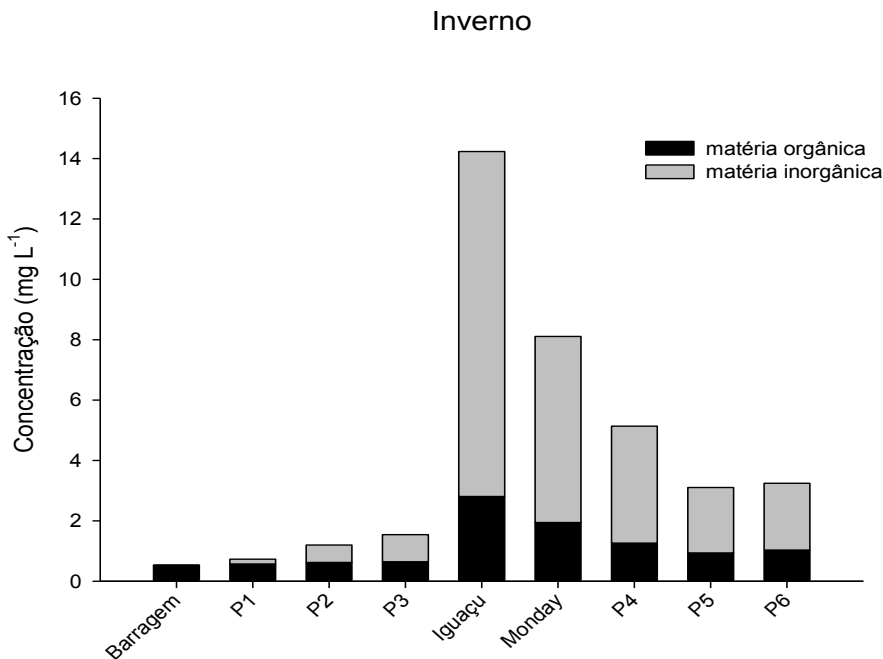


Figura 8. Variação da concentração de material em suspensão na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante o período de inverno.

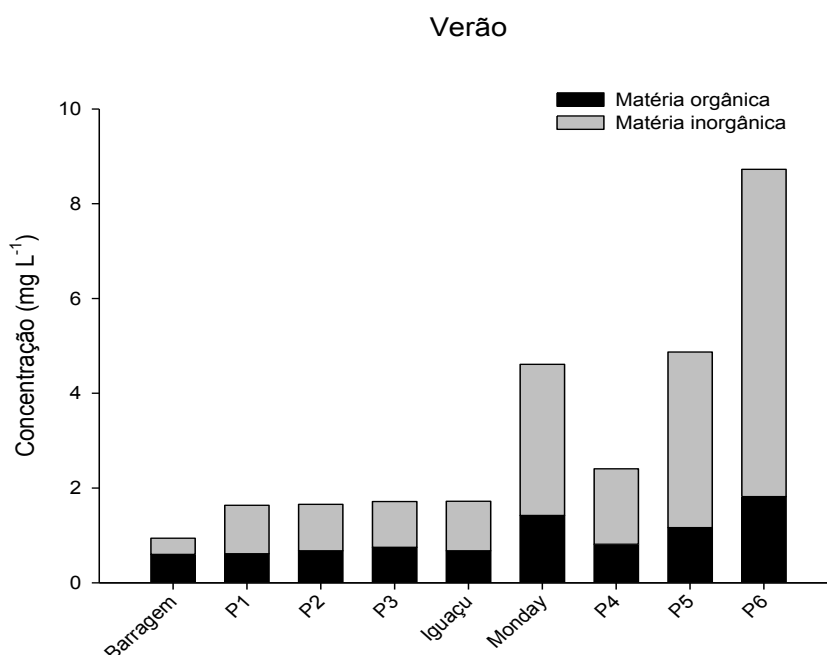


Figura 9. Variação da concentração de material em suspensão na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante o período de verão.

4.8 Turbidez

Os dados da turbidez são apresentados na Figura 10 e Tabela 8. Longitudinalmente houve tendência de aumento da turbidez somente durante a coleta de inverno. Os pontos do rio Paraná apresentaram valores semelhantes entre si. No inverno, nos pontos do rio Paraná, a turbidez variou de 4,36 NTU (barragem) a 11,5 NTU (P4), e os rios Iguaçu e Monday apresentaram os valores mais elevados, 24,0 e 30,1 NTU, respectivamente. No verão, o valor mais elevado foi o correspondente ao rio Monday, 30,5 NTU, enquanto os demais variaram de 11,0 NTU (P1) a 17,2 NTU (Iguaçu). A média de turbidez dos pontos no inverno foi de 12,17 NTU com alto valor de desvio padrão, 8,85 NTU, devido aos rios Iguaçu e Monday e no verão a média foi de 14,51 NTU com desvio padrão de 6,28 NTU.

Tabela 9. Valores da turbidez da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

Turbidez (UNT)		
Locais	Inverno	Verão
Barragem	4,36	11,10
P1	6,81	11,00
P2	6,43	11,60
P3	6,58	11,60
Iguaçu	24,00	17,20
Monday	30,10	30,50
P4	11,50	12,10
P5	9,74	12,60
P6	10,00	12,90
Média	12,17	14,51
Desvio padrão	8,85	6,28

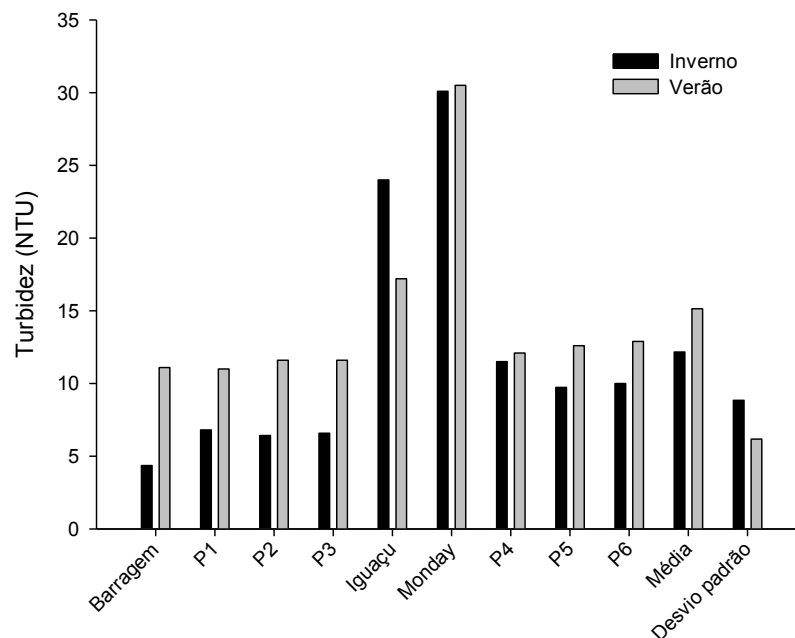


Figura 10. Variação da turbidez da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de verão e inverno.

4.9 *pH*

Os dados do pH são apresentados na Figura 11 e Tabela 9. A tendência de variação longitudinal foi diferenciada entre os dois períodos de estudo. Logo após a barragem houve um aumento do pH no inverno e uma acentuada diminuição no verão. Em ambos os períodos observou-se um aumento nos três primeiros pontos a jusante da barragem e diminuição nos três pontos posteriores aos tributários. No inverno, todos os valores de pH a jusante da barragem, nos pontos do

rio Paraná, foram maiores que a montante da mesma. Os valores a jusante mantiveram-se próximos no inverno, 7,4 a 7,6, exceto no ponto do rio Monday, que apresentou o pH de 6,0. No verão, por outro lado, houve uma diminuição do pH entre a barragem e o P1, de 8,0 para 6,0 e nos pontos seguintes as variações foram de 6,5 a 7,7. Houve grande diferença de pH entre os períodos nos pontos barragem, P1, P2, P3 e Monday, enquanto nos demais pontos essa diferença não foi tão evidente. Em parte a variabilidade dos dados pode estar associada aos diferentes horários de medições.

Tabela 10. Valores do pH da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

pH		
Locais	Inverno	Verão
Barragem	6,8	8,0
P1	7,5	6,0
P2	7,5	6,5
P3	7,6	6,6
Iguaçu	7,4	7,3
Monday	6,0	7,0
P4	7,6	7,7
P5	7,6	7,6
P6	7,5	7,3
Média	7,3	7,1
Desvio padrão	0,5	0,6

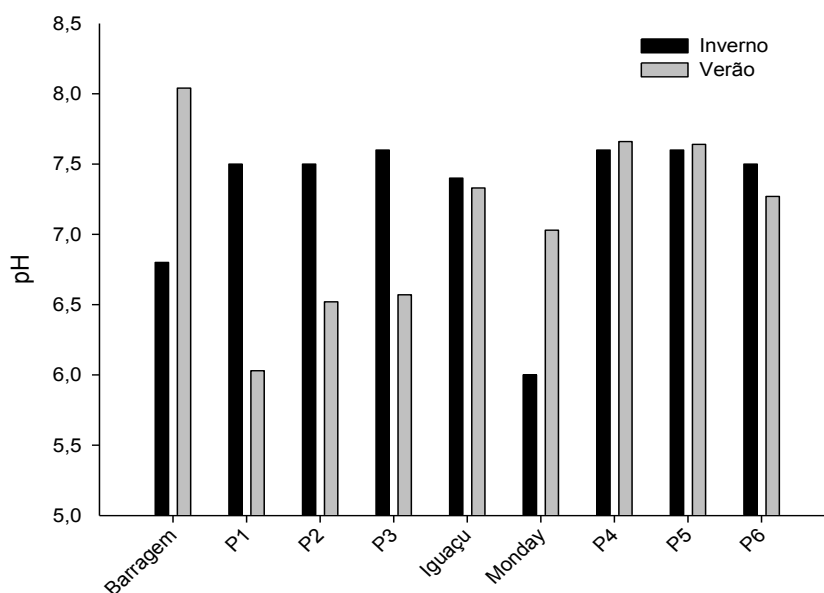


Figura 11. Variação do pH da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

4.10 Condutividade

Os dados da condutividade elétrica são apresentados na Figura 12 e Tabela 10. A condutividade permaneceu a mesma nos pontos do rio Paraná ($60 \mu\text{S cm}^{-1}$ no inverno e $30 \mu\text{S cm}^{-1}$ no verão), mesmo após aporte de águas dos rios Iguaçu e Monday com condutividades diferenciadas, $60\text{-}20 \mu\text{S cm}^{-1}$ e $20\text{-}10 \mu\text{S cm}^{-1}$, inverno e verão, respectivamente. Em ambos os períodos, o rio Monday apresentou valores de condutividade bem abaixo dos demais pontos. Já o rio Iguaçu apresentou condutividade menor apenas no verão. Valores acentuadamente mais baixo no verão (média de $27 \mu\text{S cm}^{-1}$) em relação ao inverno (média de $56 \mu\text{S cm}^{-1}$) podem estar relacionados a predominância de processos de diluição das concentrações iônicas, de um modo geral.

Tabela 11. Valores da condutividade da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

Condutividade ($\mu\text{S cm}^{-1}$)		
Locais	Inverno	Verão
Barragem	60	30
P1	60	30
P2	60	30
P3	60	30
Iguaçu	60	20
Monday	20	10
P4	60	30
P5	60	30
P6	60	30
Média	56	27
Desvio padrão	13	7

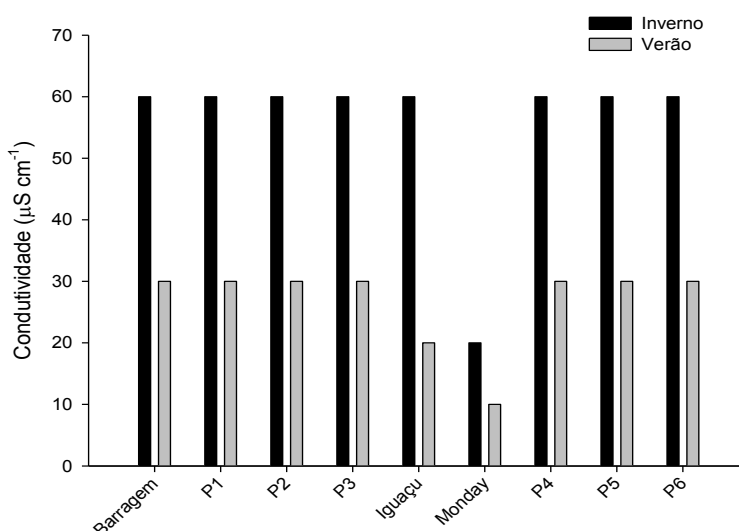


Figura 12. Variação da condutividade da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

4.11 Oxigênio dissolvido

Os dados de concentração do oxigênio dissolvido são apresentados na Figura 13 e Tabela 11. Um menor valor a montante da barragem e uma tendência de aumento das concentrações de oxigênio, longitudinalmente, foi observada no período de verão e deve estar associada aos elevados valores de correnteza da água no trecho de jusante. Os pontos do rio Paraná apresentaram valores similares de concentração de oxigênio dissolvido no inverno, com os valores mais elevados medidos nos rios Iguaçu e Monday, 12,4 e 11,8 mg L⁻¹, respectivamente. No verão, as concentrações variaram de 7,6 mg L⁻¹ (barragem) a 12,4 mg L⁻¹ (P6). Houve grande diferença na concentração entre os períodos nos pontos barragem, Iguaçu e Monday.

Tabela 12. Valores da concentração do oxigênio dissolvido na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

Oxigênio dissolvido (mg L ⁻¹)		
Locais	Inverno	Verão
Barragem	9,8	7,6
P1	9,7	9,9
P2	9,5	11,2
P3	9,9	9,8
Iguaçu	12,4	10,3
Monday	11,8	9,3
P4	10,0	11,9
P5	10,0	12
P6	10,1	12,4
Média	10,4	10,5
Desvio padrão	1,0	1,5

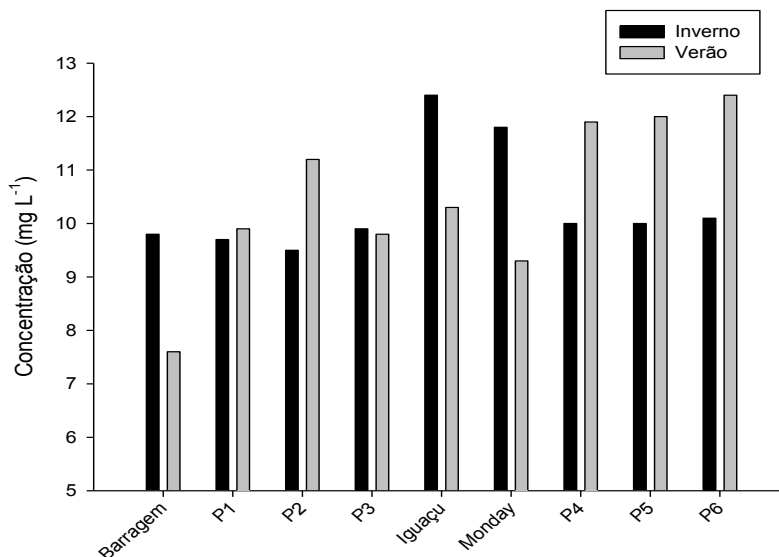


Figura 13. Variação da concentração do oxigênio dissolvido na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

4.12 Potencial de óxido redução (POR)

Os dados de potencial de óxido redução são apresentados na Figura 14 e Tabela 12. O potencial de óxido-redução aumentou logo após a barragem, no período de verão e diminuiu no inverno. Tais variações devem ter sido diretamente influenciadas pelas concentrações de oxigênio. Os valores de ORP apresentaram-se similares no inverno, com exceção dos pontos barragem e Monday. No verão, os pontos P1, P2 e P3 apresentaram valores altos e similares e, após a entrada dos tributários, diminuíram (P4, P5 e P6). Os valores variaram entre 210 mV (P2) e 299 mV (Monday) no inverno e de 275 mV (P6) a 320 mV (P2 e P3) no verão. Os pontos barragem e Monday apresentaram valores similares de ORP entre os períodos de inverno e verão, 281 mV e 276 mV para a barragem e 299 mV e 287 mV para o Monday. Já os demais pontos apresentaram uma diferença de no mínimo 43 mV.

Tabela 13. Valores do potencial de óxido redução da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

Potencial de óxido redução (mV)		
Locais	Inverno	Verão
Barragem	281	276
P1	219	319,5
P2	210	320
P3	233	320
Iguaçu	231	274
Monday	299	287
P4	235	281
P5	228	285
P6	231	275
Média	241	293
Desvio padrão	29	21

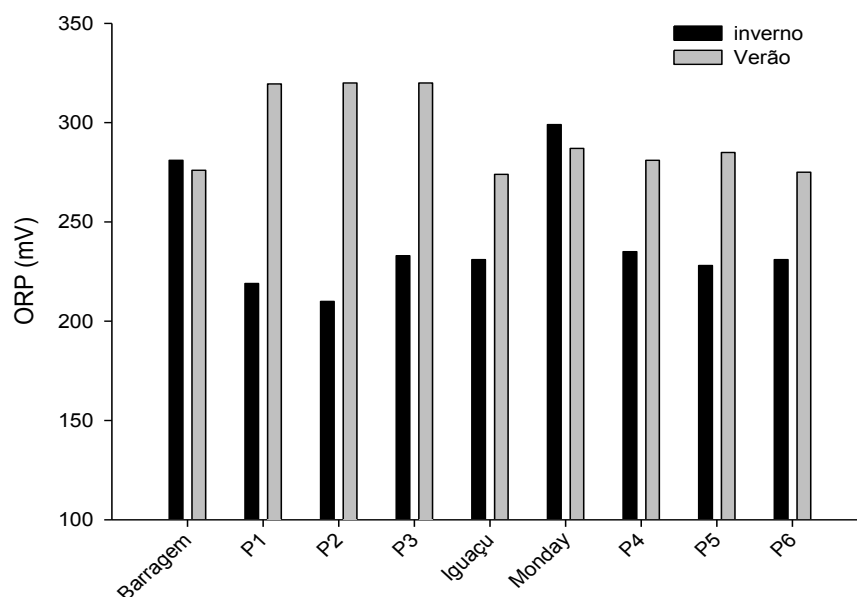


Figura 14. Variação do potencial de óxido redução da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de verão e inverno.

4.13 Correnteza

Os dados da velocidade de correnteza são apresentados na Figura 15 e Tabela 13. A velocidade de correnteza não apresentou uma tendência de variação longitudinal evidente. Em todos os pontos do rio Paraná as velocidades de correnteza foram maiores no verão do que no inverno. Os rios Iguaçu e Monday, por outro lado, apresentaram maiores velocidades no inverno. Os valores de correnteza para o rio Paraná variaram entre $0,23 \text{ m s}^{-1}$ (P5) e $1,41 \text{ m s}^{-1}$ (P3) no inverno e $1,34 \text{ m s}^{-1}$ (P6) e $2,62 \text{ m s}^{-1}$ (P3) no verão. Já para os pontos nos rios Iguaçu e Monday, os valores foram de $1,22$ e $1,86 \text{ m s}^{-1}$, respectivamente, no inverno e $0,36 \text{ m s}^{-1}$ para ambos no verão. O ponto P5 apresentou grande diferença na velocidade de correnteza entre os períodos de $0,2 \text{ m s}^{-1}$ no inverno para $2,5 \text{ m s}^{-1}$ no verão.

Tabela 14. Valores da velocidade de correnteza da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

Velocidade de correnteza (m s^{-1})		
Locais	Inverno	Verão
P1	0,8	2,0
P2	1,3	1,7
P3	1,4	2,6
Iguaçu	1,2	0,4
Monday	1,9	0,4
P4	1,3	2,4
P5	0,2	2,5
P6	0,4	1,3
Média	1,1	1,7
Desvio padrão	0,5	0,9

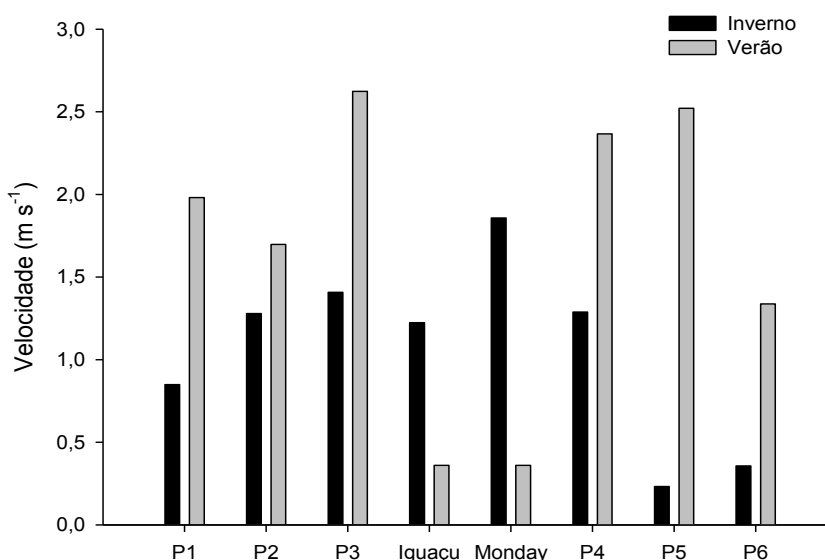


Figura 15. Variação da velocidade de correnteza da água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

4.14 Clorofila a

Os dados de concentração de clorofila a, indicador de biomassa do fitoplâncton, são apresentados na Figura 16 e Tabela 14. Em geral, os valores de clorofila foram baixos em todos os pontos de amostragem, com média de $1,08 \mu\text{g L}^{-1}$ no inverno e $0,82 \mu\text{g L}^{-1}$ no verão. Tanto no inverno como no verão ocorreu um acentuado decréscimo no primeiro ponto a jusante da barragem,

o que deve estar relacionado ao aumento da turbulência da água. Posteriormente as concentrações tenderam a aumentar longitudinalmente, o que foi claramente observado no inverno. Valores relativamente altos foram observados em P2, o que pode estar relacionado a um incremento pontual (despejos urbanos) de nutrientes. Foi observada uma tendência de aumento da concentração de clorofila *a* nos pontos após a entrada dos rios Iguaçu e Monday, com exceção do ponto P6 no verão. Houve uma grande diferença da concentração entre os períodos nos pontos P4, P5 e P6. Foi observado um elevado aumento da concentração de clorofila no rio Monday durante o verão, comparado ao inverno, de 0,98 $\mu\text{g L}^{-1}$ para 1,98 $\mu\text{g L}^{-1}$.

Tabela 15. Valores da concentração de clorofila *a* na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

Pontos	Clorofila <i>a</i>	
	Concentração ($\mu\text{g L}^{-1}$)	
	Inverno	Verão
Barragem	0,99	1,21
P1	0,58	0,55
P2	1,16	0,88
P3	0,73	0,44
Iguaçu	0,85	0,77
Monday	0,98	1,98
P4	1,22	0,44
P5	1,59	0,66
P6	1,65	0,44
Média	1,08	0,82
Desvio padrão	0,36	0,50

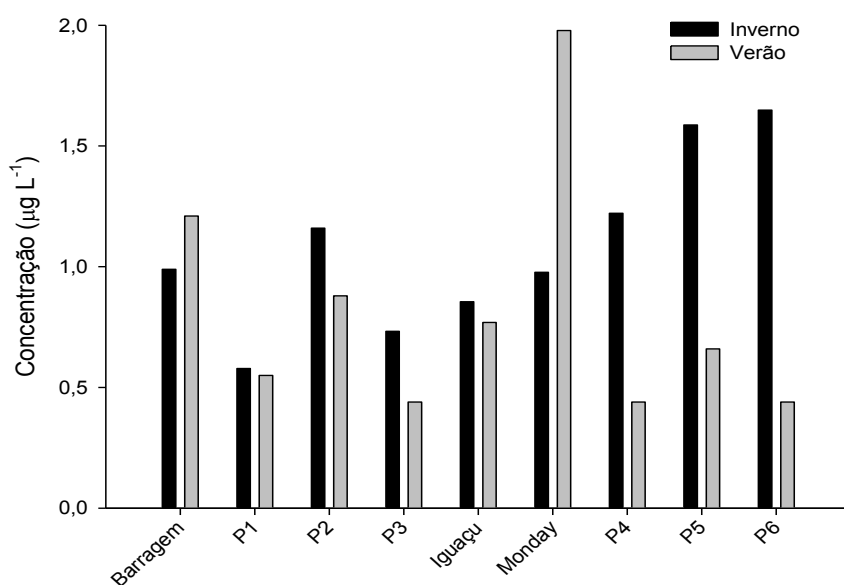


Figura 16. Variação da concentração de clorofila *a* na água nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

5 Análise qualitativa do fitoplâncton - Composição e riqueza

A comunidade fitoplanctônica amostrada nos rios Paraná, Iguaçu e Monday, foi composta por um total de 315 táxons. No inverno foram encontrados 200 táxons e no verão 211, distribuídos em 12 classes taxonômicas (Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Chrysophyceae, Coscinodiscophyceae, Cryptophyceae, Cyanobacteria, Dinophyceae, Euglenophyceae, Fragillariophyceae, Rhodophyceae, Xanthophyceae e Zygnemaphyceae). As classes com maior riqueza, considerando ambos os períodos, foram Zygnemaphyceae com 97 táxons (30,8%), seguida de Bacillariophyceae com 85 táxons (27%), de Chlorophyceae com 64 táxons (20,3%) e de Cyanobacteria com 25 táxons (7,9%). A classe Xanthophyceae, representada por apenas um táxon, foi encontrada apenas no período de verão.

O número de táxons comuns aos rios Paraná, Iguaçu e Monday foi baixo, 10 no inverno e 9 no verão, enquanto que o número de táxons exclusivos por período foi mais expressivo, 64 no inverno e 71 no verão. Táxons encontrados exclusivamente no rio Monday, foram mais numerosos tanto no inverno como no verão, 14 e 29, respectivamente, pertencentes principalmente à classe Zygnemaphyceae. Os pontos que apresentaram o menor número de espécies exclusivas foram o P5 no inverno e a Barragem no verão, com 3 e 0, respectivamente (Tab. 16 e Tab. 17).

No inverno, na Barragem foram encontrados 41 táxons distribuídos em 8 classes, sendo esse ponto o que apresentou menor valor de riqueza. A classe mais representativa, em número de táxons, foi a Coscinodiscophyceae com 10 e a menos representativa foi a Cryptophyceae com 1 táxon apenas. No verão foram encontrados 48 táxons pertencentes a 9 classes. Assim como no inverno este ponto foi o que apresentou menor valor de riqueza de táxons. Diferente do inverno, a classe mais representativa em termos de riqueza foi a Zygnemaphyceae com 10 táxons analisados e as classes com menor número de táxons foram Cryptophyceae e Euglenophyceae com apenas 1 cada.

No ponto P1, foram encontrados 49 táxons distribuídos em 11 classes. A classe mais representativa, em número de táxons, foi a Bacillariophyceae com 13 táxons. As classes Cryptophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae e Rhodophyceae apresentaram apenas um táxon cada. No verão, foi encontrado um maior número de táxons comparado ao inverno, 57, distribuídos em 10 classes. A classe mais importante em termos de riqueza foi a Zygnemaphyceae com 23 táxons e as menos importantes foram Coscinodiscophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae e Fragillariophyceae com apenas 1 táxon cada.

Para o ponto P2, foram encontrados 51 táxons distribuídos em 8 classes. A classe mais importante, em termos de riqueza, foi a Bacillariophyceae com 14 táxons. Já as classes menos importantes, em termos de riqueza, foram as Chlamydomonadales e Cryptophyceae com 1 táxon cada.

No período de verão foram analisados 75 táxons distribuídos em 10 classes. A classe que apresentou maior valor de riqueza foi a Zygnemaphyceae, com 31 táxons, e as que apresentaram menor valor foram as Chrysophyceae, Cryptophyceae e Euglenophyceae com um táxon cada.

O ponto P3 apresentou 65 táxons pertencentes a 11 classes. Dentre as classes, Bacillariophyceae apresentou maior número de táxons, 14, enquanto as classes Chrysophyceae, Cryptophyceae, Dinophyceae e Rhodophyceae apresentaram apenas um táxon cada. No verão, foram analisados 76 táxons, pertencentes a 10 classes. A classe Zygnemaphyceae apresentou maior número de táxons, 29, enquanto as classes Cryptophyceae, Dinophyceae e Euglenophyceae apresentaram apenas 1 táxon cada.

O ponto Iguaçu foi o que apresentou maior número de táxons, 87, pertencentes a 11 classes. A classe Bacillariophyceae foi a mais importante, em termos de riqueza, com 36 táxons. As classes Cryptophyceae, Dinophyceae e Euglenophyceae apresentaram os menores números de táxons, apenas 1 cada. No verão, foram analisados 93 táxons, pertencentes a 11 classes. A classe Bacillariophyceae apresentou maior número de riqueza com 23 táxons e as classes Chrysophyceae, Cryptophyceae, Euglenophyceae e Rhodophyceae apresentaram 1 táxon cada.

Para o ponto no rio Monday, foram encontrados 66 táxons pertencentes a 10 classes, sendo a classe mais importante, em termos de riqueza, a Bacillariophyceae com 23 táxons analisados. A classe menos importante, em termos de riqueza, foi a Cryptophyceae com apenas 1 táxon. No verão, o valor da riqueza de táxons deste ponto foi o maior para o período, 103, devido ao elevado número de táxons da classe Zygnemaphyceae, 53, já as classes Chrysophyceae, Cryptophyceae e Dinophyceae apresentaram o menor valor de riqueza para o ponto, 1 táxon.

No ponto P4 foram analisados 63 táxons, distribuídos em 11 classe, sendo a classe Bacillariophyceae a que apresentou maior número de riqueza com 25 táxons. As classes que apresentaram menor número de riqueza foram as Cryptophyceae, Dinophyceae e Euglenophyceae com 1 táxon cada. No período de verão foram analisados 75 táxons, distribuídos em 11 classes, sendo a Bacillariophyceae a que apresentou maior riqueza com 20 táxons, já as classes Cryptophyceae, Dinophyceae e Xanthophyceae apresentaram apenas 1 táxon cada.

O ponto P5 apresentou 58 táxons, pertencentes a 9 classes. O maior número de táxons encontrados pertence à classe Bacillariophyceae, 30, e o menor número às classes Chrysophyceae e Cryptophyceae com apenas um táxon. No verão, foram encontrados 70 táxons distribuídos em 10 classe, sendo classe que apresentou maior riqueza a Zygnemaphyceae com 20 táxons e as classes Cryptophyceae, Euglenophyceae e Rhodophyceae as que apresentaram menor valor de riqueza, 1 táxon cada.

Para o ponto P6, foram encontrados 57 táxons pertencentes a 10 classes. Dentre as classes, a Bacillariophyceae foi a que apresentou maior número de táxons, 22, enquanto as classes

Cryptophyceae e Euglenophyceae apresentaram apenas 1 táxon cada. Noverão foram analisados 72 táxons de 8 classes, sendo a classe Zygnemaphyceae a que mostrou maior riqueza de táxons com 23, já a classe Fragilariophyceae apresentou apenas 1 táxon.

A lista taxonômica do fitoplâncton, bem como a frequência relativa de cada táxon, é apresentada na Tabela 15. A variação da riqueza por ponto e período é apresentada na Figura 17.

O número de táxons encontrados nos diferentes, bem como a quantidade destes que foram comuns ou exclusivos aos três rios estudados (Paraná, Iguaçu e Monday) são apresentados nas Tabelas 16 (inverno) e 17 (verão).

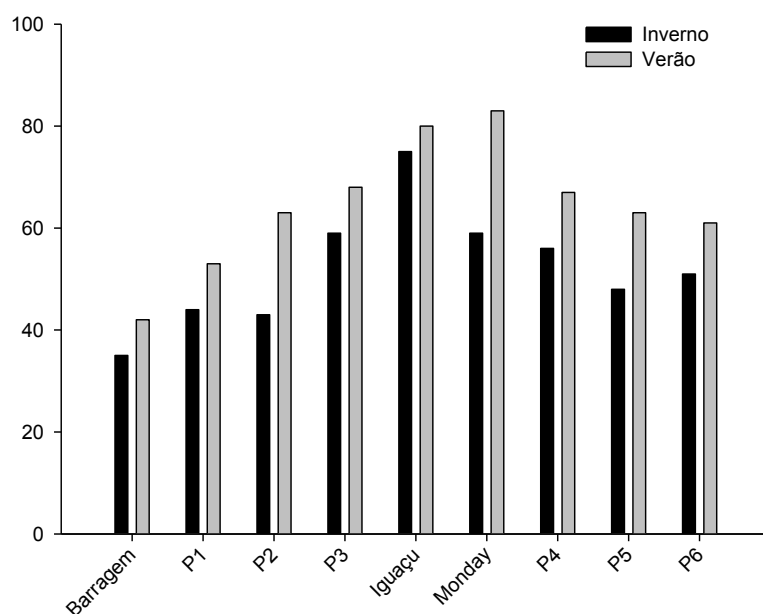


Figura 17. Riqueza de táxons nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

Tabela 16. Número de táxons das diferentes classes fitoplanctônicas, comuns e exclusivos, dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, no período de inverno.

Classes	Número de táxons										Total Geral	Táxons comuns aos rios
	Barragem	P1	P2	P3	Iguaçu	Monday	P4	P5	P6			
Bacillariophyceae	7	13	14	14	35	23	31	31	22	73	2	
Chlamydomphyceae	3	2	0	1	1	2	0	1	1	4	0	
Chlorophyceae	7	4	8	13	13	9	6	7	5	38	0	
Chrysophyceae	0	0	0	1	2	4	2	1	2	6	0	
Coscinodiscophyceae	10	11	8	11	12	5	9	9	8	15	3	
Cyanobacteria	5	9	5	8	8	2	4	3	8	18	1	
Cryptophyceae	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Dinophyceae	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	
Euglenophyceae	0	1	0	0	1	4	1	0	1	5	0	
Fragillariophyceae	2	2	2	2	3	1	3	2	2	3	1	
Rhodophyceae	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	
Zygnemaphyceae	5	3	11	10	8	13	4	2	6	33	1	
Total	41	49	51	65	87	66	63	58	57	200	10	
Táxons exclusivos	7	6	7	7	12	14	4	3	4	64	-	

Tabela 17. Número de táxons das diferentes classes fitoplanctônicas, comuns e exclusivas, dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, no período de verão.

Classes	Número de táxons									Total Geral	Táxons comuns aos rios
	Barragem	P1	P2	P3	Iguaçu	Monday	P4	P5	P6		
Bacillariophyceae	8	5	7	10	24	13	18	13	18	43	1
Chlamydophyceae	2	2	4	4	1	2	4	3	3	6	1
Chlorophyceae	7	9	13	7	15	18	8	10	7	44	1
Chrysophyceae	0	0	1	0	1	2	0	0	0	3	0
Coscinodiscophyceae	7	1	5	9	11	4	10	8	5	14	0
Cyanobacteria	9	13	9	10	13	4	10	10	12	21	1
Cryptophyceae	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Dinophyceae	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0
Euglenophyceae	1	1	1	1	1	3	2	1	0	3	0
Fragillariophyceae	2	1	2	2	3	2	2	2	1	3	1
Rhodophyceae	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0
Xanthophyceae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
Zygnemaphyceae	10	21	31	29	20	51	19	20	24	69	2
Total	48	56	75	75	92	102	77	70	72	211	9
Táxons exclusivos	0	2	12	6	12	29	4	1	5	71	

Tabela 18. Lista táxons do fitoplâncton, ocorrência por pontos e períodos, inverno (Δ) e verão (☼) e frequência de ocorrência: $F \leq 10\%$ táxon raro, $10\% < F \leq 49\%$ táxon comum, $F \geq 50\%$ táxon constante.

	Barragem		P1	P2	P3	Iguaçu	Monday	P4	P5	P6	Frequência (%)	
											Inverno	Verão
CLASSE BACILLARIOPHYCEAE												
<i>Achnanthes exigua</i> Grunow						Δ			Δ		22	0
<i>Achnanthes inflata</i> (Kützing) Grunow							Δ				11	0
<i>Achnanthes</i> sp.				Δ		Δ	☼				22	11
<i>Achnanthidium exiguum</i> (Grunow) Czarnecki				☼							0	11
<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki						Δ		Δ☼	Δ	Δ	44	11
<i>Actinastrum gracillimum</i> Smith					☼					☼	0	22
<i>Actinastrum hantzschii</i> Lagerheim	Δ										11	0
<i>Actinotaenium</i> sp.											11	0
<i>Amphipleura lindheimeri</i> Grunow	Δ	Δ☼		☼	Δ	Δ☼	Δ	Δ☼	Δ☼	Δ☼	89	67
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & R.E.M.Archibald						Δ					11	0
<i>Capartogramma crucicula</i> (Grunow) R.Ross									Δ	Δ	22	0
<i>Cocconeis fluviatilis</i> J.H.Wallace										Δ	11	0
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	☼					Δ☼	Δ	Δ☼	Δ☼	Δ☼	56	56
<i>Cocconeis</i> sp.	Δ		Δ	Δ							33	0
<i>Cosmioneis delawarensis</i> (Grunow ex Cleve) D.G.Mann						Δ		Δ	Δ	Δ	44	0
<i>Craticula cuspidata</i> (Kützing) D.G.Mann						Δ					11	0
<i>Cymbella affinis</i> Kützing		☼							Δ		11	11
<i>Cymbella hustedtii</i> Krasske						Δ☼					11	11
<i>Cymbella naviculiformis</i> (Auerswald) Cleve									☼		0	11
<i>Cymbella</i> sp.		Δ			Δ	Δ					33	0
<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson in Kützing) van Heurck				Δ		Δ☼		Δ☼	Δ☼	Δ	56	44
<i>Diatoma vulgare</i> Bory de Saint-Vincent							Δ				11	0
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D.G.Mann				Δ		Δ☼	Δ	Δ☼	Δ☼	Δ☼	67	56
<i>Encyonema neomesianum</i> Krammer						Δ					11	0
<i>Encyonema perpusillum</i> (A.Cleve) D.G.Mann								Δ		Δ	22	0
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D.G.Mann in Round	☼				☼	Δ☼		Δ	Δ	Δ☼	44	44
<i>Encyonema</i> sp.				Δ							11	0
<i>Eunotia asterionelloides</i> F.Hustedt					Δ						11	0

[illegible]

[illegible]

[illegible]

<i>Dinobryon</i> sp.	Δ					11	0
<i>Diploneis</i> sp.	Δ					11	0
<i>Mallomonas</i> sp.		⊙			Δ	22	11
<i>Mallomonas tonsurata</i> Teiling						11	0
<i>Synura</i> sp.			Δ	Δ	Δ	67	11
CLASSE COSCINODISCOPHYCEAE							
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	Δ⊙	Δ	⊙	Δ	Δ	67	44
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen var. <i>ambigua</i> f. <i>spiralis</i>	Δ			Δ⊙	⊙	33	22
<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen	Δ	Δ		Δ	Δ⊙	44	11
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	Δ⊙	Δ	Δ⊙	Δ⊙	Δ⊙	78	67
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> (O.F.Müller) Simonsen	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	89	11
<i>Aulacoseira herzogii</i> (Lemmertmann) Simonsen		Δ			⊙	22	22
<i>Aulacoseira italica</i> (Ehrenberg) Simonsen	Δ	Δ	Δ⊙	Δ⊙	Δ	100	56
<i>Cyclotella</i> sp.	Δ⊙	Δ	Δ	⊙	⊙	44	67
<i>Cyclotella stelligera</i>				⊙		0	11
<i>Hydrosera whampoensis</i> (Schwarz) Deby	Δ⊙	Δ		Δ⊙	Δ⊙	89	78
<i>Melosira lineata</i> (Dillwyn) Agardh	Δ	Δ	Δ	Δ⊙	Δ⊙	100	44
<i>Melosira varians</i> C.Agardh	Δ⊙	Δ	Δ⊙	Δ⊙	Δ⊙	100	89
<i>Pleurosiria laevis</i> (Ehrenberg) Compère	⊙	Δ⊙	Δ⊙	Δ⊙	Δ⊙	78	89
<i>Thalassiosira</i> sp.				Δ		11	0
<i>Terpsinoë musica</i> Ehrenberg	⊙		Δ	Δ⊙	Δ⊙	56	56
<i>Urosolenia</i> sp.				Δ		11	0
CLASSE CRYPTOPHYCEAE							
<i>Cryptomonas</i> sp.	Δ⊙	Δ⊙	Δ⊙	Δ⊙	Δ⊙	100	100
<i>Chroomonas</i> sp.	Δ⊙	Δ⊙	Δ⊙	Δ⊙	Δ⊙	100	100
CLASSE CYANOBACTERIA							
<i>Anabaena</i> sp.	Δ⊙	⊙	⊙	Δ⊙	⊙	22	56
<i>Aphanocapsa</i> sp.		⊙			Δ	11	44
<i>Aphanothece</i> sp.		⊙		Δ	⊙	11	33
<i>Chroococcales</i> não identificada 1	⊙	⊙	⊙		⊙	0	56
<i>Chroococcales</i> não identificada 2			⊙			0	11
<i>Chroococcales</i> não identificada 3			⊙			0	11
							43

[illegible]

[illegible]

[illegible]

<i>Staurodesmus validus</i> (W. West & G.S. West) Thomasson	☼			☼	0	22
<i>Xanthidium antilopaeum</i> (Brébisson) Kützing				☼	0	11
<i>Xanthidium</i> sp. 1				☼	0	11
<i>Xanthidium</i> sp. 2				☼	0	11
<i>Xanthidium trilobum</i> Nordstedt	☼	☼	☼	☼	☼	67

6 Análise quantitativa do fitoplâncton

Diferente da riqueza, a abundância total de indivíduos não mostrou uma tendência de variação longitudinal evidente (Fig. 18).

Os valores de abundância, em geral, foram maiores no verão, com exceção dos pontos Barragem e Monday. Não foram quantificados representantes das classes Chrysophyceae, Dinophyceae e Euglenophyceae no inverno.

A barragem foi o ponto que apresentou maior abundância em ambos os períodos, 284.800 Ind.L⁻¹ no inverno e 170.941 Ind.L⁻¹ no verão, devido à alta contribuição da classe Cryptophyceae. Os menores valores foram observados nos pontos P6 no inverno, 23473 Ind.L⁻¹, e no P3 no verão, 54936 Ind.L⁻¹ (Tab. 18 e 19).

No inverno, a classe Bacillariophyceae apresentou uma tendência de aumento longitudinal da abundância. Chlorophyceae e Cryptophyceae, por sua vez, apresentaram um aumento da abundância logo após o ponto barragem e aporte de águas dos rios Iguaçu e Monday que decresceu nos pontos seguintes (Tab. 18).

Ainda no inverno, Fragillariophyceae foi encontrada apenas no rio Iguaçu e P5.

Cyanobacteria foi encontrada apenas nos tributários, Iguaçu e Monday. Isso pode estar relacionado com a elevada concentração de Fósforo total e oxigênio dissolvido destes pontos.

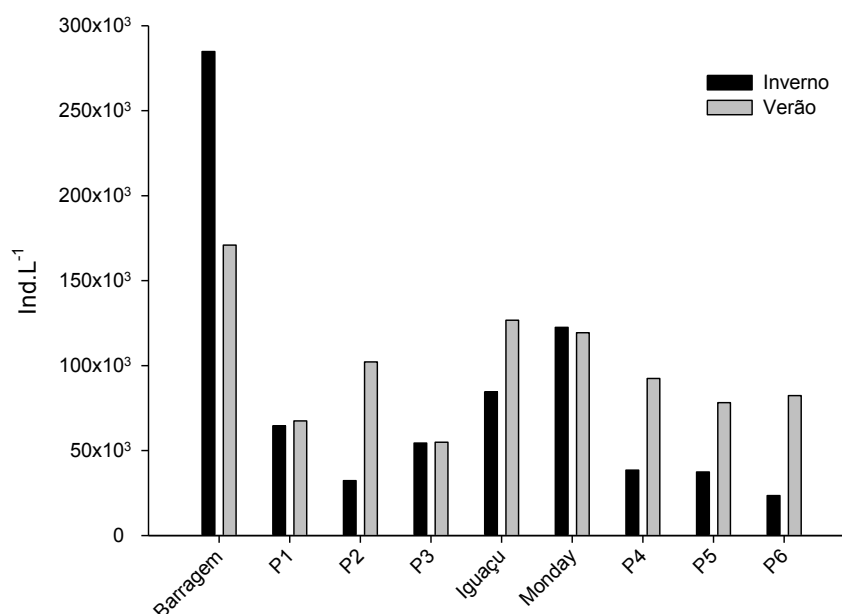


Figura 18. Abundância de táxons nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

Tabela 19. Abundância de táxons nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante o período de inverno.

Abundância (Ind.L ⁻¹)										
	Barragem	P1	P2	P3	Iguaçu	Monday	P4	P5	P6	TOTAL
Bacillariophyceae	0	2934	2347	9324	39699	21614	7218	7469	7042	97647
Chlamydomphyceae	17213	8802	0	7770	0	14409	0	2134	2347	52676
Chlorophyceae	9389	20538	5281	7770	8630	18012	16843	6402	4695	97560
Coscinodiscophyceae	3130	5868	6455	0	12082	0	2406	0	0	29941
Cryptophyceae	255068	26407	17018	27973	15534	61240	12030	20272	9389	444931
Cyanobacteria	0	0	0	0	1726	3602	0	0	0	5328
Fragilariophyceae	0	0	0	0	6904	0	0	1067	0	7971
Zygnemaphyceae	0	0	1174	1554	0	3602	0	0	0	6330
TOTAL	284800	64550	32275	54392	84576	122480	38497	37343	23473	

No verão, a classe Bacillariophyceae foi encontrada em apenas 3 pontos, P2, Iguaçu e Monday com baixos valores de abundância, 1548, 21855 e 6887 Ind.L⁻¹, respectivamente. Já no inverno não foi encontrada apenas na Barragem, com abundâncias que variaram entre 2347 e 21614 Ind.L⁻¹.

Os valores elevados de abundância nos pontos dos rios Iguaçu e Monday podem estar associados às altas concentrações de nitrogênio e fósforo destes pontos.

Tabela 20. Abundância de táxons nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante o período de verão.

Abundância (Ind.L ⁻¹)										
	Barragem	P1	P2	P3	Iguaçu	Monday	P4	P5	P6	TOTAL
Bacillariophyceae	0	0	1548	0	21855	6887	0	0	0	30290
Chlamydomphyceae	2551	5868	10837	4994	10927	4591	12485	8020	10740	71015
Chlorophyceae	2551	8802	23222	14982	34967	68869	7491	14035	12530	187451
Chrysophyceae	0	0	9289	0	0	0	0	0	0	9289
Coscinodiscophyceae	2551	0	0	2497	2185	4591	0	6015	3580	21420
Cryptophyceae	158185	52813	55733	27468	50265	22956	64924	44112	42961	519416
Cyanobacteria	5103	0	1548	0	6556	0	2497	6015	10740	32460
Dinophyceae	0	0	0	2497	0	2296	2497	0	0	7290
Euglenophyceae	0	0	0	0	0	2296	0	0	0	2296
Fragilariophyceae	0	0	0	0	0	2296	0	0	0	2296
Zygnemaphyceae	0	0	0	2497	0	4591	2497	0	1790	11375
TOTAL	170941	67484	102177	54936	126756	119372	92392	78198	82341	

7 Abundância relativa

Em relação à contribuição relativa, no inverno, a porcentagem de indivíduos de cada classe demonstrou-se, em geral, semelhante entre os pontos do rio Paraná, com predominância de indivíduos das classes Cryptophyceae, Bacillariophyceae e Chlorophyceae, com excessão do ponto Barragem que predominou a classe Cryptophyceae, 89,6%, (Fig. 19). No ponto do rio Iguaçu a

classe que predominou foi a Bacillariophyceae com 46,9%, maior porcentagem da classe para o período. No rio Monday a classe Cryptophyceae foi a que predominou com 50 % de contribuição de táxons.

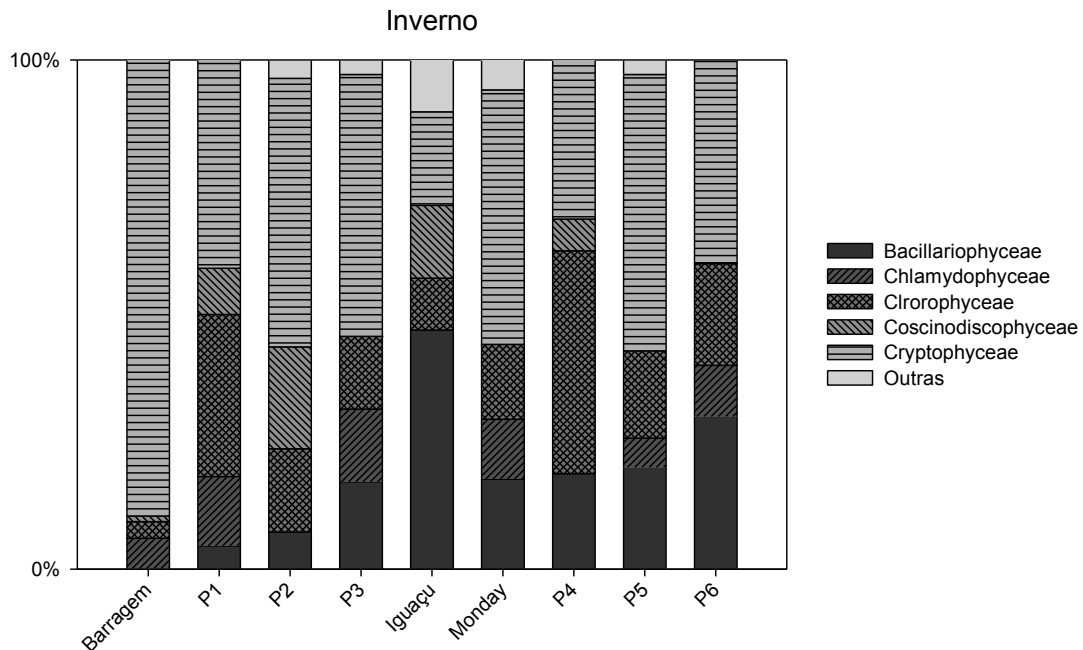


Figura 19. Abundância relativa (%) por classe nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante o período de inverno.

No verão, apesar do alto valor de riqueza de Zygnemaphyceae no rio Monday, a classe não foi numericamente dominante 3,8%. Cryptophyceae permaneceu com altas porcentagens de táxons em todos os pontos, assim como a classe Chlorophyceae (Fig. 20).

Destaca-se a alta porcentagem de táxons da classe Cryptophyceae no ponto da Barragem, 78,3%, e no ponto P1, 92,5%, porcentagens estas que são maiores que do inverno. A classe Cryptophyceae apresenta alta contribuição de táxons nos pontos logo após a barragem e tributários, que decrescem nos pontos seguintes, o mesmo ocorre para Chlorophyceae.

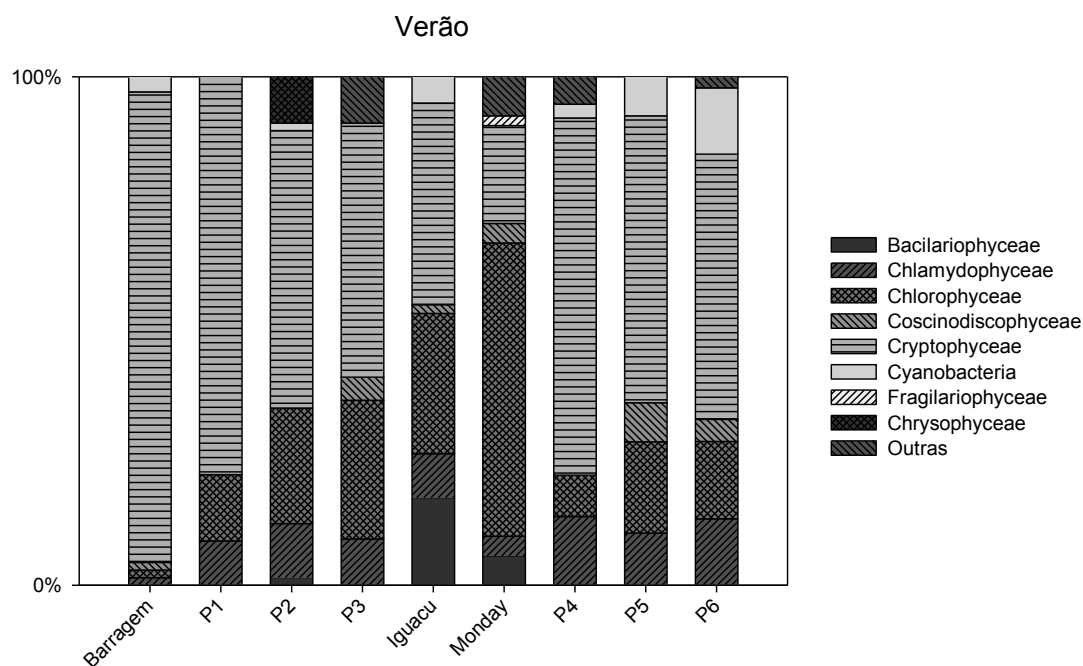


Figura 20. Abundância relativa (%) por classe nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante o período de verão.

8 Biovolume

O ponto barragem apresentou maior biovolume, em ambos os períodos, sendo que no inverno ($12,67 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$) o valor foi quase três vezes maior que no verão ($4,49 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$). Outro valor elevado foi observado no ponto Monday no inverno ($2,91 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$), enquanto os demais pontos variaram entre $0,02$ e $0,85 \text{ mm}^3 \text{ L}^{-1}$.

Tabela 21. Valores de biovolume, em $\text{mm}^3 \text{ L}^{-1}$, nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

Biovolume ($\text{mm}^3 \text{ L}^{-1}$)		
Pontos	Inverno	Verão
Barragem	12,67	4,49
P1	0,74	0,62
P2	0,08	0,28
P3	0,23	0,15
Iguaçu	0,85	0,68
Monday	2,91	0,45
P4	0,41	0,26
P5	0,02	0,24
P6	0,02	0,84
Média	1,99	0,89
Desvio padrão	4,10	1,37

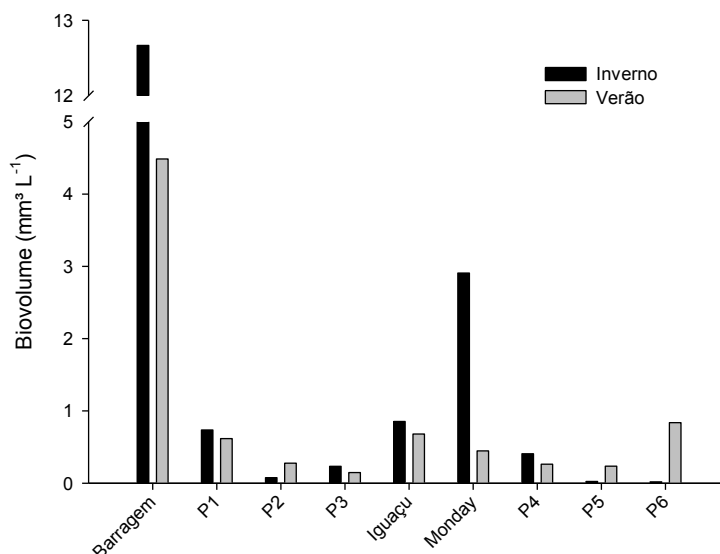


Figura 21. Variação do biovolume, em $\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$, nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

9 Biovolume e clorofila a

O biovolume é comumente usado como indicador de biomassa, considerando que o fitoplâncton possui densidade igual a da água a conversão do volume, em $\text{mm}^3 \text{L}^{-1}$, para massa, em mg L^{-1} é direta. Os métodos de quantificação da biomassa através da extração da clorofila a e pelo biovolume mostraram tendências diferentes. Sendo os maiores valores de biovolume registrados no ponto Barragem para ambos os períodos, 12,67 no inverno e 4,49 mg L^{-1} no verão. Já a clorofila a apresentou sua maior concentração no ponto Monday, no verão, 1,98 $\mu\text{g L}^{-1}$.

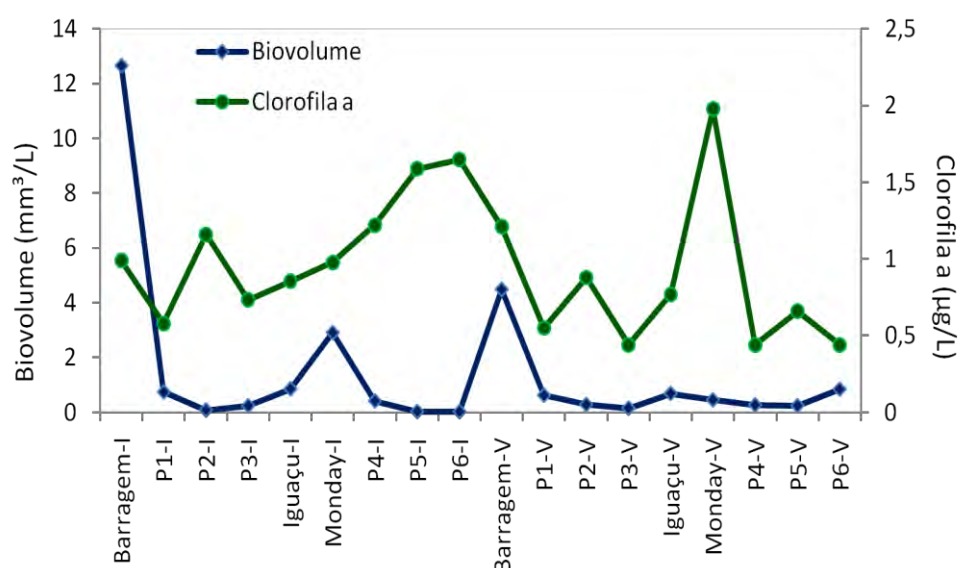


Figura 22. Valores de biovolume e clorofila a em ambos os períodos, inverno (I) e verão (V).

10 Gêneros mais abundantes

A seguir são mostrados gráficos (Figuras 21 a 30) dos gêneros mais abundantes de cada classe nos dois períodos, inverno e verão.

O gênero *Chlamydomonas* apresentou uma tendência da abundância antagônica entre os períodos, ou seja, no ponto em que há alta abundância do gênero no inverno, há baixa abundância no verão. Ainda assim, os valores do verão, em geral, são mais elevados que do inverno. No inverno o maior valor foi o da barragem e o menor no ponto P5, desconsiderando os pontos P2, Iguaçu e P4 onde não foi encontrado nenhum indivíduo. No verão houve uma oscilação na abundância, sendo os maiores valores encontrados nos pontos P2 e Iguaçu e o menor na barragem, desconsiderando o ponto P5 que não apresentou nenhum indivíduo.

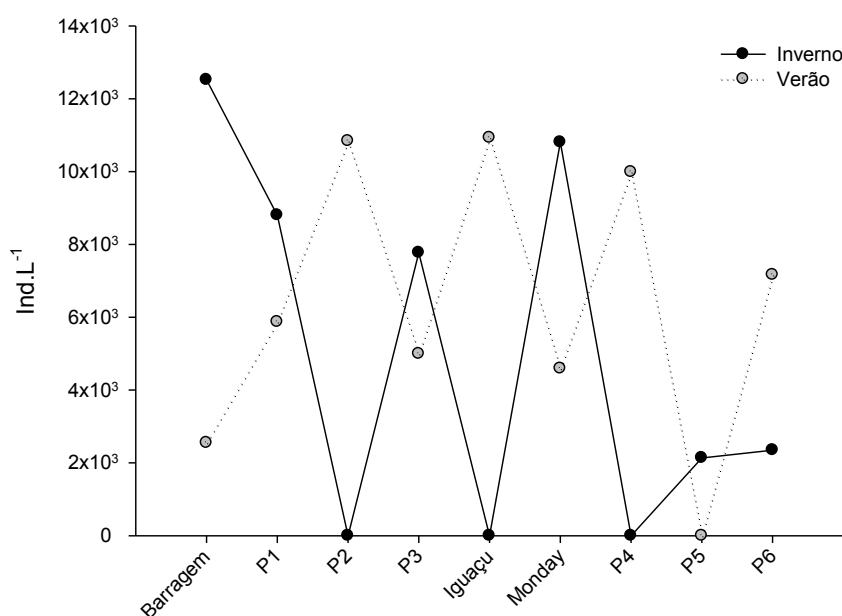


Figura 23. Abundância do gênero *Chlamydomonas* nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

Em ambos os períodos o ponto Barragem foi o que apresentou maior abundância do gênero *Chroomonas*. Os demais pontos do rio Paraná não diferiram muito, com excessão do ponto P4 que apresentou segundo maior valor de abundância no período de verão. Os pontos Iguaçu e P5 apresentaram valores similares nos dois períodos. A condição lântica da barragem, acrescida da baixa temperatura, parece favorecer a abundância deste gênero.

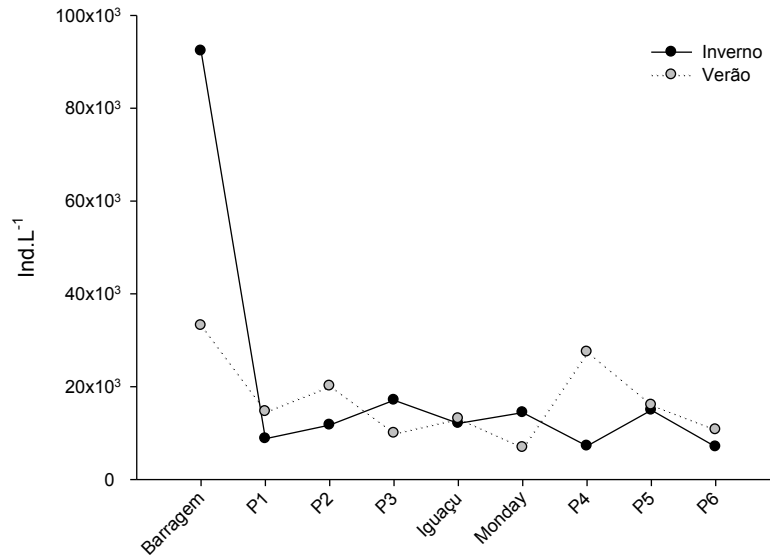


Figura 24. Abundância do gênero *Chroomonas* nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

O gênero *Cryptomonas*, assim como *Chroomonas*, apresentou maiores valores de abundância no ponto Barragem. Nos demais pontos, os valores da abundância no período de verão foram maiores, com exceção do ponto Monday. No inverno os pontos do rio Iguaçu e Paraná, com exceção do ponto Barragem, apresentaram valores menores que 20×10^2 ind. L.

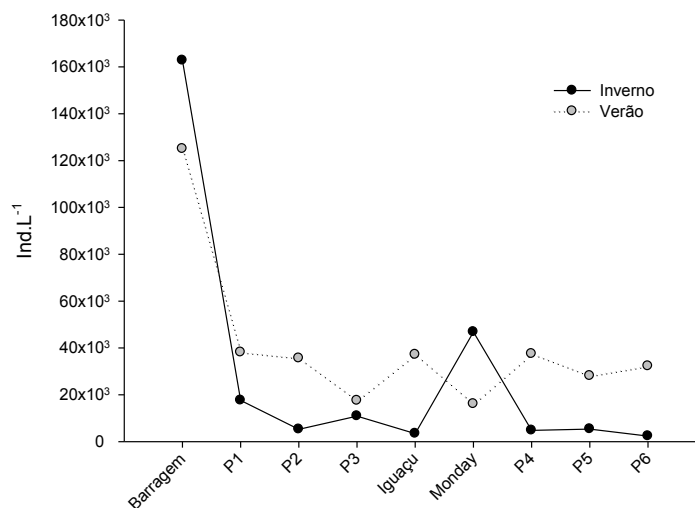


Figura 25. Abundância do gênero *Cryptomonas* nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

O gênero *Hormidium* foi encontrado apenas no período de inverno nos pontos do rio Paraná. O ponto com maior valor de abundância foi o P1 e o com menor valor foi o P6. Levando em

consideração que logo após a barragem e aporte de águas dos tributários são observadas maiores abundâncias, possivelmente a turbulência da água favorece o desenvolvimento deste gênero.

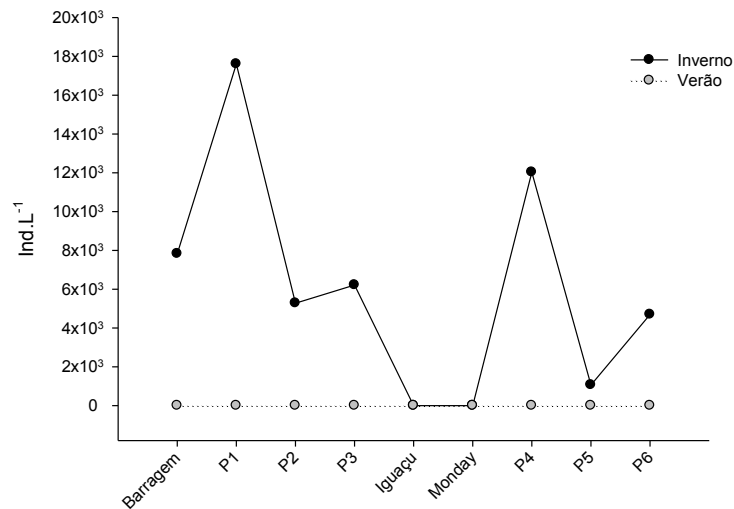


Figura 26. Abundância do gênero *Hormidium* nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

O gênero *Encyonema* foi mais abundante no período de inverno. O ponto Iguaçu foi o que apresentou maior valor de ambos os períodos. Na barragem não foi encontrado nenhum indivíduo. Provavelmente as condições lânticas não favorecem o desenvolvimento desses organismos, de alta densidade, que afundam devido à baixa turbulência da água neste ponto.

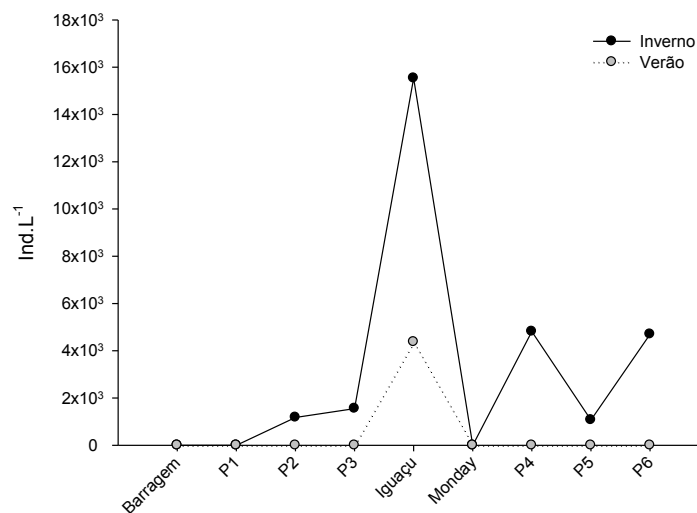


Figura 27. Abundância do gênero *Encyonema* nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

Para o gênero *Discostella*, no inverno, houve uma tendência de diminuição da abundância nos pontos do rio Paraná, o ponto no rio Iguaçu apresentou o maior valor de abundância do período. No verão, o ponto P5 foi o que apresentou maior abundância, nos demais pontos que foram encontrados o gênero os valores de abundância foram similares.

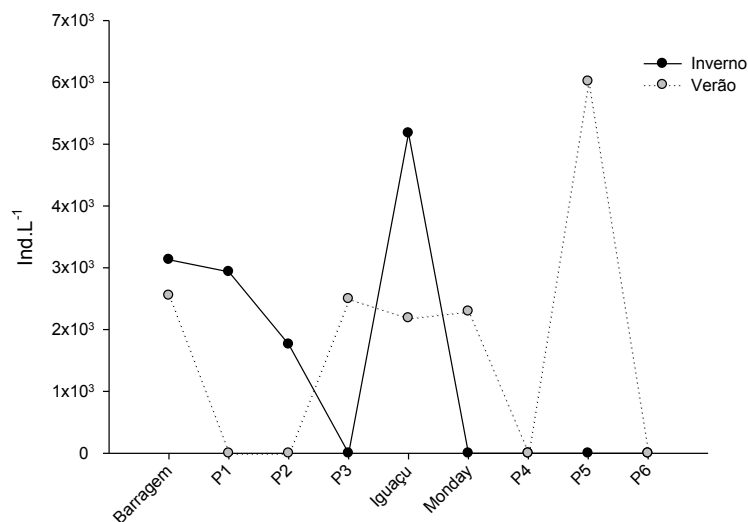


Figura 28. Abundância do gênero *Discostella* nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

O gênero *Closterium* foi encontrado em apenas dois pontos no período de inverno, P1 e P3, e três pontos no período de verão, Monday, P4 e P6.

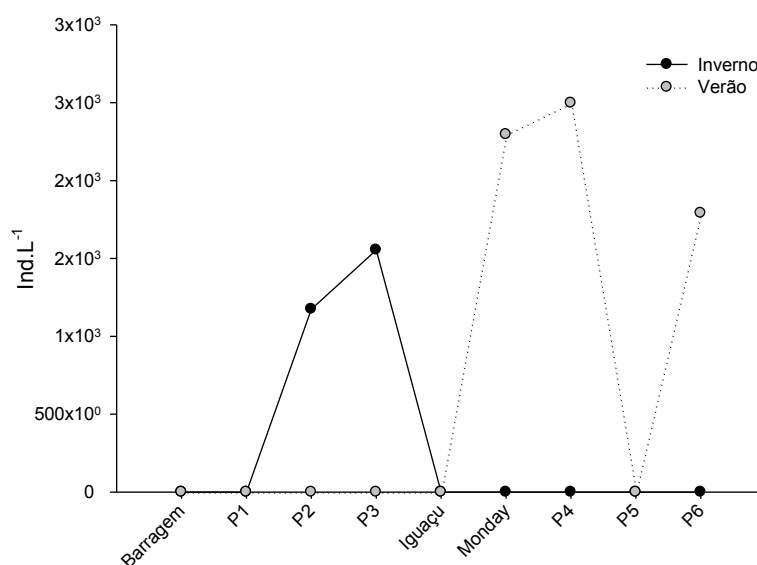


Figura 29. Abundância do gênero *Closterium* nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante os períodos de inverno e verão.

11 Diversidade

O Índice de diversidade de Shannon-Wiener foi calculado considerando a abundância (células L⁻¹) por táxon, utilizando-se o programa Past 2.03. O ponto Barragem mostrou-se o menos diverso em ambos os períodos. Ao contrário dos tributários, que apresentaram os maiores valores de diversidade, Iguaçu no inverno e Monday no verão. A diversidade demonstra uma tendência de aumento logo após a barragem e os tributários.

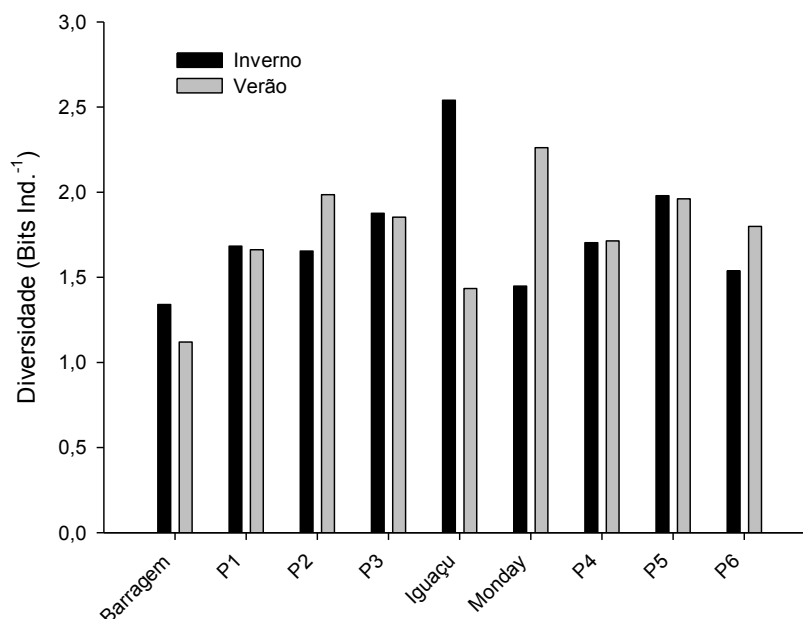


Figura 30. Diversidade, em Bits Ind⁻¹, dos pontos em ambos os períodos, inverno e verão.

12 Análises multivariadas

12.1 Análise de Similaridade

As análises multivariadas objetivam reduzir um grande número de variáveis a poucas dimensões com o mínimo de perda de informação, permitindo a detecção dos principais padrões de similaridade, de associação e de correlação entre as variáveis (Prado *et al.*, 2002).

Em ambos os períodos a análise de agrupamento demonstrou que o ponto barragem foi o que esteve menos correlacionado com os demais pontos, considerando a abundância de táxons por classe. No inverno, os rios Iguaçu e Monday desmonstraram-se melhor correlacionados que no verão.

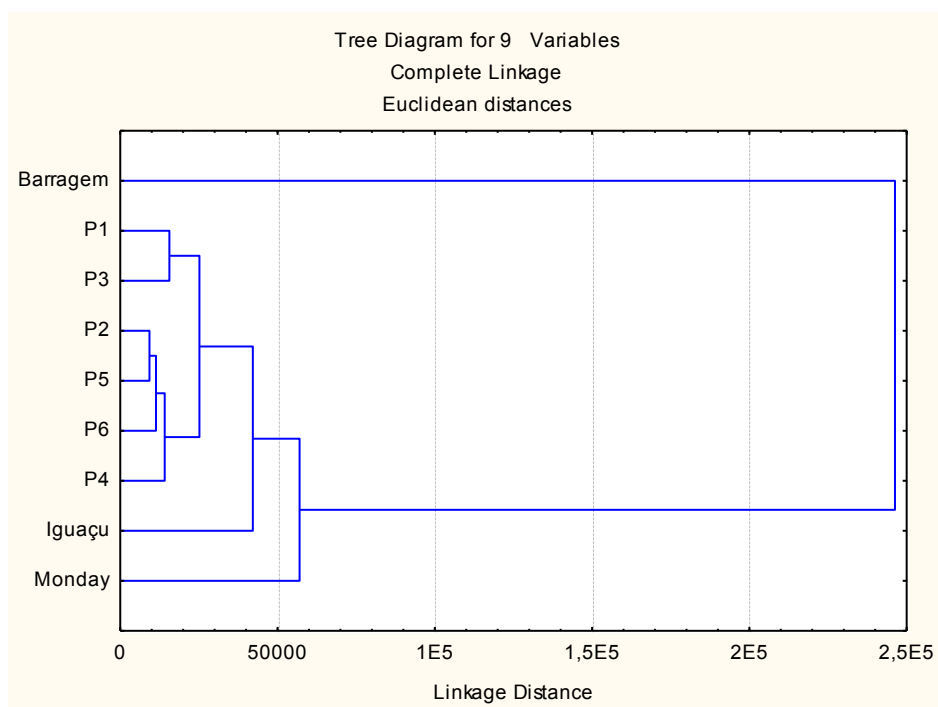


Figura 31. Análise de similaridade das amostras nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante o período de inverno, considerando a abundância por classe. Programa: Statistica 7.

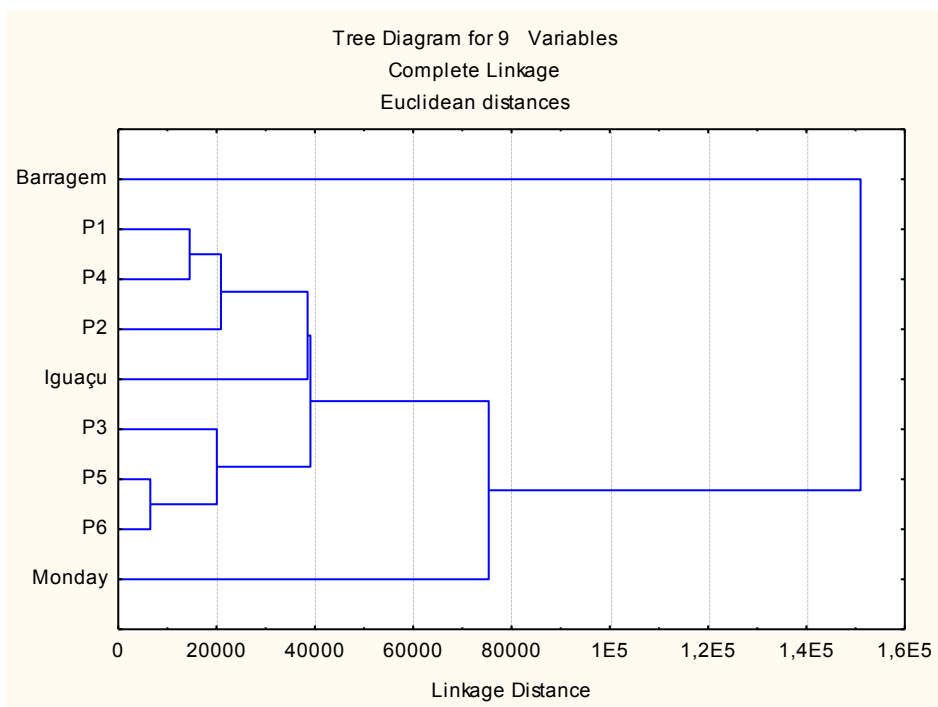


Figura 32. Análise de similaridade das amostras nos pontos dos rios Paraná, Iguaçu e Monday, durante o período de verão, considerando a abundância de táxons por classe. Programa: Statistica 7.

12.2 Análise de Componentes Principais (ACP)

A Análise de Componentes Principais explicou 70% da variação dos dados nos dois primeiros eixos (47% no primeiro e 23% no segundo) (Fig. 33). Os pontos mostraram evidente separação entre os dois períodos. Os pontos do inverno mostraram-se positivamente correlacionados com o eixo 2. Já os pontos do verão mostraram-se negativamente correlacionados com o eixo 2. No inverno, os pontos do rio Paraná mantiveram correlação com a condutividade, silicato, transparência e pH. Já os tributários, Iguaçu e Monday, mantiveram correlação com o material em suspensão (matérias orgânica, inorgânica e total), o fósforo total e a turbidez. No verão, os pontos Barragem, P1, P2, P3 e P4 mantiveram correlação com a velocidade de correnteza e profundidade. Enquanto os pontos Iguaçu, Monday, P5 e p6 mantiveram correlação com o fósforo total, oxigênio dissolvido, temperaturas do ar e água.

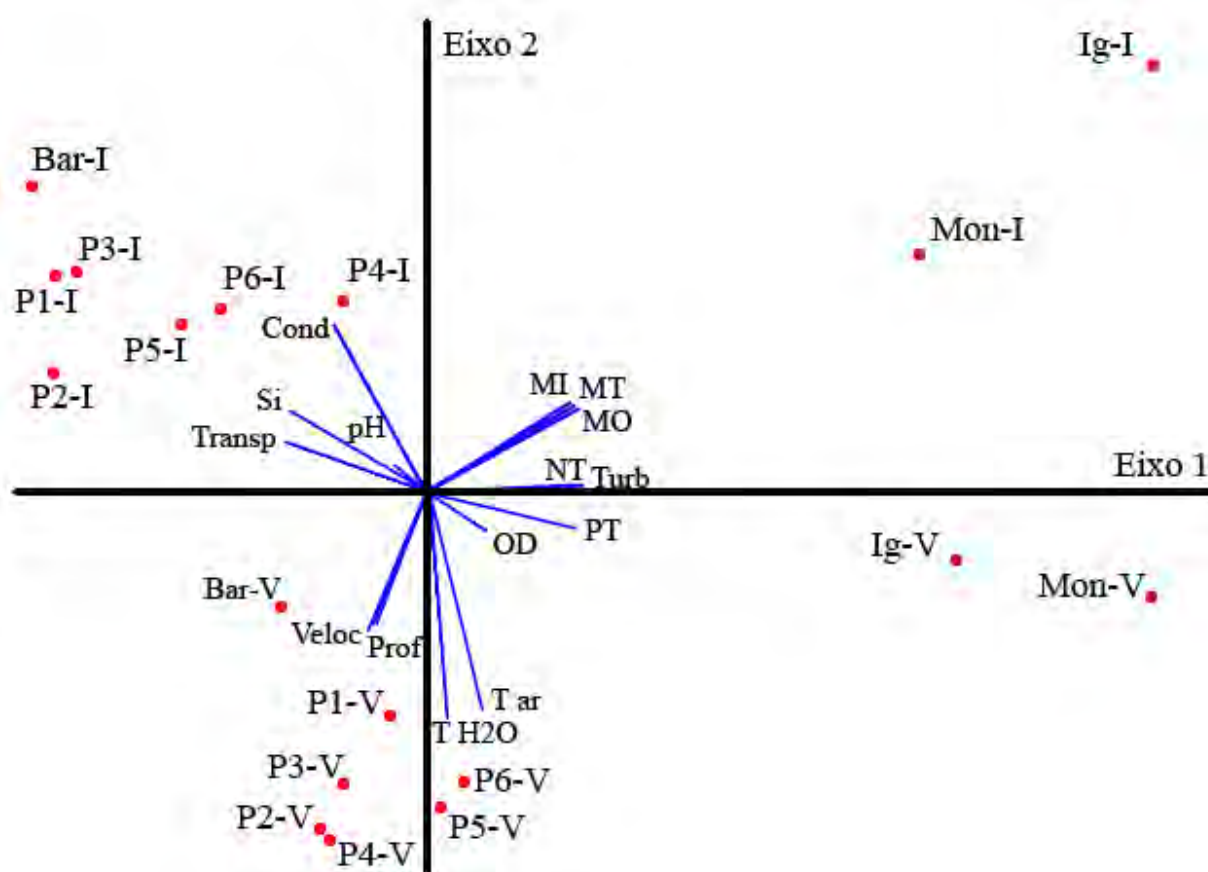


Figura 33. Análise de Componentes Principais (ACP). Abreviações: Bar – Barragem; Mon – Monday; Ig – Iguaçu; Cloro – Clorofila a; MO – Matéria Orgânica; Turb – Turbidez; NT – Nitrogênio Total; PT – Fósforo Total; OD – Oxigênio Dissolvido; T ar – Temperatura do ar; T H2O – Temperatura da água; Prof – Profundidade; Veloc – Velocidade; Transp – Transparência; Si – Silicato; Cond – Condutividade; I – Inverno; V – Verão. Programa: Statistica 7.

13 - DISCUSSÃO

A riqueza mostrou uma tendência longitudinal crescente nos pontos após a barragem e decrescente após o aporte dos tributários. Essa tendência representa a reestruturação das comunidades fitoplanctônicas após as interferências da barragem e afluentes, já que a composição e abundância são distintas entre esses ambientes. O menor valor de riqueza para o ponto localizado na barragem associa-se à hipótese que os rios de grande porte suportam, naturalmente, uma alta diversidade fitoplanctônica, possivelmente maior que aquela encontrada em reservatórios nele construídos (Ferrareze & Nogueira, 2006). A alta riqueza de táxons pode ser explicada pela variedade de ambientes amostrados, diferentes tempos de residência da água e de concentração de nutrientes, considerando os rios Iguaçu e Monday que sofrem elevada influência antrópica. As maiores concentrações de nitrogênio e fósforo totais destes afluentes podem ter influenciado nos altos valores de diversidade.

A mistura da coluna d'água é importante no deslocamento do fitoplâncton para a zona eufótica e para o transporte vertical dos materiais mineralizados do hipolímnio e da zona litorânea para o corpo central do ambiente (Tundisi, 1990). Um dos grupos diretamente influenciados por esse transporte é o das diatomáceas que possuem um envoltório silicoso da parede celular, denominado de frústula, que pode corresponder a 50% do seu peso seco (Esteves, 1998). Sendo assim, esses organismos possuem maior taxa de sedimentação e necessitam de misturas constantes da coluna d'água, tanto para se manterem na zona eufótica, quanto para manutenção e reprodução que é dependente da ressuspensão da sílica. No ponto Iguaçu inverno, foi observada que as classes Coscinodiscophyceae e Bacillariophyceae, que possuem frústula, somam 61,2% da abundância total do ponto e segundo as análises de concentração do material em suspensão, neste ponto e neste período, apresentou os maiores valores de matéria inorgânica, além disso, a análise de silicato mostrou a menor concentração, em relação aos demais pontos, o que pode indicar a maior demanda deste nutriente para a formação e desenvolvimento destas diatomáceas.

O gênero *Aulacoseira* (classe Coscinodiscophyceae) é de hábito meroplanctônico e freqüente no plâncton de rios (Rodrigues *et al.*, 2005; Train e Rodrigues, 2004). Nos biótopos estudados este táxon esteve bem representado com 7 espécies.

A maior abundância de organismos na barragem, em ambos os períodos, deve-se ao gênero *Cryptomonas* que são consideradas oportunistas e de acordo com Reynolds (1984), elas têm alta atividade metabólica e alta taxa produção/biomassa, indicando grande adaptabilidade e eficiência no uso de nutrientes sobre condições de maior luminosidade. Estes organismos se desenvolvem principalmente sob condições adversas a outras espécies, além de apresentarem flagelos que favorecem a exploração de recursos (luz e nutrientes) na coluna de água. Dessa forma, podem ter

sido favorecidos pela maior transparência e condição lântica do ponto. A sua contribuição para a biomassa (clorofila a) é baixa, devido ao seu tamanho reduzido, comprimento médio de 11µm neste estudo, e alta eficiência metabólica o que explica os valores baixos de clorofila-a encontrados neste ponto amostral, apesar da elevada abundância.

Apesar de Cryptophyceae apresentar adaptações à sobrevivência em ambientes lóticos (Reynolds, 1995) elas apresentaram escassa contribuição para os valores de biomassa (biovolume) fitoplanctônico nos pontos com correnteza da água durante o presente estudo. 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). Valores baixos de biomassa no rio Paraná também foram encontrados em outros estudos por Train & Rodrigues, 2004; Train *et al.*, 2000; Train *et al.*, 2004.

As criptofíceas representadas principalmente pelo gênero *Cryptomonas* são importantes produtores primários em ambientes de água doce, com distribuição cosmopolita, constituindo um alimento de alta qualidade para os herbívoros, devido à fácil ingestão e digestão, por conter ácidos graxos essenciais e não produzirem toxinas (Barone & Naselli-Flores, 2003). Vale mencionar que no ponto Barragem, a abundância de organismos zooplanctônicos era visivelmente elevada.

Em contrapartida, no ponto Monday, no período de verão, o alto valor de clorofila a pode ser explicado pela dominância em número de organismos da classe Chlorophyceae que possuem grande quantidade de clorofila a. Contudo, foi observada baixa abundância e organismos unicelulares, o que inferiu o baixo valor de biovolume.

As clorofíceas possuem elevada taxa de crescimento e exigem grande demanda de nutrientes. A oferta adequada de fósforo e nitrogênio é importante para que esta classe de algas atinja sua taxa ótima de crescimento (Haphey-Wood 1988). Considerando isso, a maior abundância relativa de indivíduos da classe Chlorophyceae, no ponto Monday no verão, deve estar relacionada à elevada concentração de fósforo (20,25 µg L⁻¹) e nitrogênio (534,30 µg L⁻¹) do período.

Quanto à riqueza, a classe Chlorophyceae foi a mais especiosa com 38 táxons no inverno e 44 no verão, depois de Zygnemaphyceae com 69 táxons. As clorofíceas, comumente registradas como as mais importantes qualitativamente em ambientes dulcícolas, são favorecidas por apresentarem alta variabilidade morfométrica, podendo se desenvolver em diversos habitats (Haphey-Wood, 1988) e constituem em geral, o grupo melhor representado no plâncton, seguido das diatomáceas (Reynolds, 1984).

O acentuado decréscimo da concentração de clorofila a no primeiro ponto a jusante da barragem, deve estar relacionado ao aumento da turbulência da água. Valores relativamente altos foram observados em P2, o que pode estar relacionado a um incremento pontual (despejos urbanos)

de nutrientes, como observado no aumento das concentrações de fósforo entre os pontos P1 e P2, de 3,86 para 10,27 $\mu\text{g L}^{-1}$ no inverno e de 8,77 para 10,02 $\mu\text{g L}^{-1}$ no verão.

Zygnemaphyceae constituiu o grupo melhor representado em número de Táxons do período de verão, segundo o relatório PELD (2007) o incremento progressivo no número de táxons deste grupo, foi registrado principalmente no canal principal do rio Paraná. Consideradas meroplânctônicas, as Zygnemaphyceae são comuns próximas a bancos de macrófita emersas ou submersas e têm se tornado abundantes no rio Paraná e nos ambientes diretamente conectados a ele, como é o caso do rio Monday.

Na análise de agrupamento (composição e abundância) realizada para ambos os períodos, o ponto da barragem manteve-se mais distanciado dos demais, demonstrando o impacto da construção de barragens sobre a estrutura da comunidade fitoplanctônica.

14 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 de 2005 os parâmetros de qualidade de água analisados (turbidez, pH, Clorofila a, densidade de cianobactérias, fósforo total e nitrogênio total) indicam que os corpos d'água estudados enquadram-se na Classe I. As águas desta classe podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

15 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINHO, A.A.; JÚLIO Jr, H. F. & BORGHETTI, J. R. 1992. *Consideração sobre os impactos dos representantes na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso: Reservatório de Itaipu*. Revista UNIMAR, Maringá, vol. 14, suplemento, p.89-107.
- AGOSTINHO, A.A.; GOMES, L.C. & PELICICE, F.M. 2007. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá: Eduem, 501p.
- APHA, AWWA, WPCF. 1985. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 16ed. New York: APHA, AWWA, WPCF. 1268p.
- AZEVEDO, M. T. P., NOGUEIRA, N. M. C. & SANT'ANNA, C. L. 1996. Cryptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas, 8: Cyanobacteria. Hoehnea. v. 23 (1): p.1-38.
- BARONE, R.; NASELLI-FLORES, L. 2003. Distribution and seasonal dynamics of Cryptomonads in Sicilian water bodies. *Hidrobiologia*, **502**, 325-329.
- BES, D. & TORGAN, L. C. 2010. O gênero *Hantzschia* Grunow (Nitzschiaceae, Bacillariophyta) em ambientes lacustres na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. Acta bot. Brás. 24(1): 146-152.
- BICUDO, D. C. 1984. Algas epífitas (exceto diatomáceas) do Lago das Ninfêas, São Paulo: levantamento e aspectos ecológicos. Tese de Doutorado, UNESP, Rio Claro, 479p.
- BICUDO, D. C. 1988. Algas epífitas do Lago das Ninfêas, São Paulo, Brasil, 1: Cyanobacteria. Rev. Brasil. Biol., v.48, n.2, p.407-419.
- BICUDO, D. C. 1990. Algas epífitas do Lago das Ninfêas, São Paulo, Brasil, 3: Chrysophyceae. Rev. Brasil. Biol., v.50, n.2, p.355-375.
- BICUDO, D. C. 1996. Algas epífitas do Lago das Ninfêas, São Paulo, Brasil, 4: Chlorophyceae, Oedogoniophyceae e Zygnemaphyceae. Rev. Brasil. Biol. v.56(2): p.345-375.
- BICUDO, C. E. M. 2004. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas, 18: Chlorophyceae (Volvocales). Rev. bras. Bot. vol.27 n.1.
- BICUDO, C. E. M. & BICUDO, R. M. T. 1970. Algas de águas continentais brasileiras. Fundação brasileira para o desenvolvimento do ensino de ciências. São Paulo. 228p.
- BICUDO, C. E. M. & MARTINS, D. V. 1989. Desmídeas (Zygnemaphyceae) de Itanagra, Estado da Bahia, Brasil. Rev. Brasil. Biol., v.49 n.1: p. 309-324.
- BICUDO, C. E. M., BICUDO, D. C., CASTRO, A. A. J. & PICELLI-VICENTIM, M. M. 1992. Fitoplâncton do trecho a represar do rio Paranapanema (Usina Hidrelétrica de Rosana), estado de São Paulo, Brasil. Rev. Brasil. Biol., v.52:p.293-310.
- BICUDO, D. C., BICUDO, C. E. M., CASTRO, A. A. J. e VICENTIM, M. M. P. 1993. Diatomáceas (Bacillariophyceae) do trecho a represar do rio Paranapanema (Usina Hidrelétrica de Rosana), Estado de São Pulo, Brasil. Hoehnea.v.20. n. 1-2: p. 47-68.
- BICUDO, C. E. M. & CASTRO, A. A. J. 1994. Desmidioflórula paulista IV Gêneros Closterium, Spinoclosterium. Berlin; Stuttgart: J. Cramer, Bibliotheca Phycologica, band 95, 191p.
- BICUDO, D. C., NECCHI, O., CHAMIXAES, C. B. C. B. 1995 Periphyton studies in Brazil: present status and perspectives. In: TUNDISI, J. G., BICUDO, C. E. M., MATSUMURA-TUNDISI, T. Limnology in Brazil. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências e Sociedade Brasileira de Limnologia. P. 37-42.
- BICUDO, C.E.M. & MENEZES, M. 2005. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. RiMa Editora, São Carlos, 489 p.
- BIOLO, S; SIQUEIRA, N. S. & BUENO, N. C. 2008. Desmidiaceae (exceto *Cosmarium*) de um tributário do Reservatório de Itaipu, Paraná, Brasil. Hoehnea 35(2): 309-326.
- BITTENCURT-OLIVEIRA, M. C. 1992. Ficoflórula do Reservatório de Balbina, Estado do Amazonas, I: Chlorococcales (Chlorophyceae). Rev. Brasil. Biol., 53 (1): 113-129.
- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C. 2002. A comunidade fitoplanctônica do rio Tibagi: uma abordagem preliminar de sua diversidade. In: MEDRI, M. E. (Ed.). *A Bacia do Rio Tibagi*. Londrina, p.373-402.
- BOURRELLY, P. 1968. Les algues d'eau douce. Tome II - Les algues jaunes et brunes. Paris. Editions N. Boubée & Cie. 438 p.

- BOURRELLY, P. 1970. Les algues d'eau douce. Tome III - Les algues blues et rouges. Les Eugleniens. Perniens et Cryptomonadiens. Paris. Editions N. Boubée & Cie. 512 p.
- BOURRELLY, P. 1972. Les algues d'eau douce. Tome I - Les algues verts. Réimpression revue et augmentée. Paris. Editions N. Boubée & Cie. 572p.
- BOZELLI, R.L. & HUSZAR, V.L.M. 2003. Comunidades fito e zooplantônicas continentais em tempo de avaliação. Publicação da Sociedade Brasileira de Limnologia, LIMNOTemas, Rio de Janeiro, n.3, disponível em: <<http://www.sblimno.org.br/limnotemas/Limnotemasv3.pdf>> . Acesso em: 12 ago. 2009.
- BRAUN, R. 1952. Limnologische Untersuchungen an einigen seen im Amazonasgebiet. Schweiz. Z. Hydrol., 14:1-128.
- CASTRO, A. A., BICUDO, C.E. M. & BICUDO, D. C. 1991. Criptógamos do Parque Estadual das fontes do Ipiranga, São Paulo, SP. Algas, 2: Cryptophyceae. Hoehnea. v.18(1): p.87-106.
- CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2005. *Fitoplâncton de Água Doce - Métodos Qualitativo e Quantitativo (Método de Ensaio)*. L5.303. 17p.
- COLE, G. A. 1979. Textbook of limnology. 2nd. ed. Saint Louis: The C.V. Mosby Company. 426p.
- COMPÈRE, P. 1974. Algues de la Région du Lac Tchad. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol., vol. VIII, n.3-4, p.141-164.
- COMPÈRE, P. 1975a. Algues de la Région du Lac Tchad. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol., vol. IX, n.3. p.167-192.
- COMPÈRE, P. 1975b. Algues de la Région du Lac Tchad. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol., vol. IX, n.4. p.203-290.
- COMPÈRE, P. 1976a. Algues de la Région du Lac Tchad. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol., vol.X, n.2. p.77-118.
- COMPÈRE, P. 1976b. Algues de la Région du Lac Tchad. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol., vol.X, n.3. p.135-164.
- COMPÈRE, P. 1977. Algues de la Région du Lac Tchad. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol., vol.XI, n.2. p.77-177.
- CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2005. Resolução CONAMA 357. Brasília, DF: SEMA.
- DIAS, I.C.A. & SOPHIA, M.G. 1994. Flora dos estados de Goiás e Tocantins Criptógamos vol.3, Desmidiaceae, Oedogoniaceae e Zygnemaphyceae no1. Coord. Irani J.P. Campos. Goiânia: Editora da UFG. 57p.
- DILLARD, G.E. 1989. Freshwater Algae of the Southeastern United States. Part 2. Chlorophyceae: Ulotrichales, Microsporales, Cyndrocapsales, Sphaeropleales, Chaetophorales, Cladophorales, Schizogoniales, Siphonales and Oedogoniales. Berlin; Stuttgart: J. Cramer, Bibliotheca Phycologica, Band 83, 163p. with 41 plates.
- DOMITROVIC, Y. Z. & MAIDANA N. I. 1997. Taxonomic and ecological studies of the Paraná River diatom flora (Argentina). Berlin; Stuttgart: J. Cramer, Bibliotheca Diatomologica, Band 34, 122p.
- DOMITROVIC, Y.Z.; NEIFF, A.S.G.P. & CASCO, S.L. 2007. Abundance and diversity of phytoplankton in the Paraná River (Argentina) 220 km downstream of the Yacyretá reservoir. Braz. J. Biol., 67(1):53-63.
- EDLER, L. 1979. Recommendation for marine biological studies in the Baltic sea: phytoplankton and chlorophyll. UNESCO, Working group 11, Baltic Marine Biologist.
- ESTEVEZ, F. A. 1998. Fundamentos de Limnologia. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 602p.
- FELISBERTO, S. A. 2003. Composição e abundância de desmídias perifíticas caracterizando reservatórios e suas regiões ao longo do eixo rio-barragem. Dissertação (Mestrado). Maringá. UEM – Departamento de Biologia, 69 p.
- FELISBERTO, S. A. & RODRIGUES, L. 2004. Periphytic desmids in Corumbá reservoir, Goiás, Brazil: genus Cosmarium Corda. Braz. J. Biol., v.64.
- FERNANDES, S. 2008. As famílias Chlorococcaceae e Coccomyxaceae no estado de São Paulo: levantamento florístico. Tese de doutorado. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.
- FERRAREZE, M. & NOGUEIRA, M.G. 2006. Phytoplankton assemblages and limnological characteristics in lotic systems of the Paranapanema Basin (Southeast Brazil). Acta Limnol. Bras., 18(4): 389-405.

- FRANCESCHINI, I. M. 1992. Algues d'eau douce de Porto Alegre, Brésil (les Diatomophycées exclues). Berlin; Stuttgart: J. Cramer, Bibliotheca Phycologica, Band 92, 126p.
- FRANCESCHINI, I. M.; BURLIGA, A. N.; PRADO, J. F.; REZIG, S. H.; REVIERS, B. 2010. Algas: Uma Abordagem Filogenética e Taxonômica. Ed. Artmed. 332 p.
- GEITLER, L. 1932. Cyanobacteria. In: RABENHORST, L. (Ed.). Kryptogamenflora von Deutschland, Österreich und der Schweiz Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft m.b.h., vol. 12, p. Vi+1196.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S. & OHSTAD, M.A. 1978. Methods for physical & chemical analysis of fresh water. IBP N.8. 2nd Ed. Oxford, Blackwell Scientific Publications. 213. p.
- HAMMER, O.; HARPER, D.A.T. & RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. Paleontologia Electronica 4(1):9pp.
- HAPPEY-WOOD, C.M. 1988. Ecology of freshwater planktonic green algae. In: C.D. Sandgren (ed.). Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press 103-133 p.
- JATI, S. & TRAIN, S. 1993. Representantes do gênero *Trachelomonas* Ehrenberg, de duas lagoas da ilha Porto Rico, Paraná, Brasil. Rev. UNIMAR, v.15 (suplemento), p.37-51.
- JATI, S. & TRAIN, S. 1994. Euglenophyceae pigmentadas de ambientes lênticos da Ilha Porto Rico, Município de Porto Rico, Paraná, Brasil. Iheringia, v.45, p.117-142.
- KINDT, R & COE, R. 2005. Tree diversity analysis. World Agroforestry Centre: Kenya. 207p.
- KOMÁREK, J. 1974. The morphology and taxonomy of Crucigenioid algae (Scenedesmaceae, Chlorococcales). Arch. Protistenk. Bd.,116, p. 1-75.
- KOMÁREK, J. 1991. A review of water-bloom forming *Microcystis* species, with regard to populations from Japan. Algological Studies, 64: 115-127.
- KOMÁREK, J.; FOTT, B. 1983. Chlorophyceae (Grynnalgen), Ordnung: Chlorococcales. In: HUBER-PESTALOZZI, G. (Ed.). Das Phytoplankton des Süßwassers: Systematik und Biologie. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, v. 7, n1, 1983. 1044p.
- KOMÁRKOVÁ-LEGNEROVÁ, J. & CRONBERG, G. 1994. Planktic blue-green from lakes in South Scania, Sweden. Part I. Chroococcales. Algological Studies. v.72:p.13-51.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. 1986. Bacillariophyceae, 1: Naviculaceae. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag. v. 2, n.1: 876p.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. 1991. Bacillariophyceae, 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag. v. 2, n.3: p 1-576.
- LOBO, E. & LEIGHTON, G. 1986. Estructuras de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de la zona central de Chile. Rev. Biol. Mar. v.22, n.1: p 1-29.
- MARCKERETH, F.I.H.; HERON, J. & TALLING, J.F. 1978. Water analysis: some revised methods for limnologists. London: Freshwater Biological Association, 120p.
- MARGALEF, R. 1983. *Limnología*. Omega. Barcelona. 1010 p.
- MERCADO, L.M. 2003. A comparative analysis of the phytoplankton from six pampean lotic systems (Buenos Aires, Argentina). Hydrobiologia, 495: 103-117.
- NEIFF, J. J. 1990. Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. Interciência 15 (6): 424- 41.
- NOGUEIRA, M.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. 1996. Limnologia de um sistema artificial raso (Represa do Monjolinho - São Carlos, SP). Dinâmica das populações planctônicas. Acta Limnologica Brasiliensia, Botucatu, v. 8, p. 149-168.
- NOGUEIRA, M.G.; JORCIN, A.; VIANNA, N.C. & BRITTO, Y.C.T. 2006. Reservatórios em cascata e os efeitos na limnologia e organização das comunidades bióticas (fitoplâncton, zooplâncton e zoobentos) - um estudo de caso no rio Paranapanema (SP/PR). In: Marcos Gomes Nogueira; Raoul Henry; Adriana Jorcin. (Org.). Ecologia de reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata. São Carlos: Rima Editora, p. 83-125.
- ODUM, E.P. 2004. Fundamentos de ecologia. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 927 p.
- OLIVEIRA, M. C. B. 1994. Ficoflórula do reservatório de Balbina, Estado do Amazonas, I: Chlorococcales (Chlorophyceae). Rev. Brasil. Biol., v.53, n.1, p.113-129.

- OLIVEIRA, M. A.; TORGAN, L.C. & RODRIGUES, S. C. 2002. Diatomáceas perifíticas dos arroios Sampaio e Sampaio, Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta bot. Bras.* 16(2): 151-160.
- PARRA, O., GONZALEZ, M., DELARROSA, V. 1982. Manual Taxonômico del Fitoplâncton de Águas Continentales. Vol.I: Cyanobacteria. Ed. Universidad de Concepción, Chile, 70p.
- PARRA, O., BICUDO, C. E. M. 1995. Introducción a la biología y sistemática de las algas de aguas continentales. Santiago: Ed. Universidad de Concepción. 268p.
- PATRICK, R. & REIMER, C. W. 1969. The diatoms of the United States. Pennsylvania: Sutter House. v. 1, 688p.
- PATRICK, R. & REIMER, C. W. 1975. The diatoms of the United States. Pennsylvania: Sutter House. v. 2, 213p.
- PELD – Pesquisas Ecológicas de Longa Duração. 2007. Relatório Anual: A Planície Alagável do Alto Rio Paraná (Sítio 6). Capítulo 3 – Fitoplâncton. Disponível em: http://www.peld.uem.br/Relat2007/pdf/capitulo_3.pdf.
- RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. 2007. *Biologia Vegetal*. 7 Ed. Guanabara Koogan, 856p.
- REYNOLDS, C. S. 1984. The ecology of freshwater phytoplankton, Cambridge University Press, 384p.
- REYNOLDS, C.S. 1995. River Plankton: the paradigm regained. In: HARPER, D.M.; FERGUSON, A.J.D. *The ecological basis for river management*. Chichester: John Wiley; Sons. cap. 13, p.161-174.
- RODRIGUES, LC., TRAIN, S., PIVATO, BM, BOVO-SCOMPARIN, VM., BORGES, PAF. & JATI, S. 2005. Assembléias fitoplanctônicas de 30 Reservatórios do estado do Paraná. In RODRIGUES, L., THOMAZ, SM., AGOSTINHO, AA. and GOMES, LC. *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. São Carlos: RIMA. p. 57-72.
- RODRIGUES, S.C.; TORGAN, L. & SCHWARZBOLD, A. 2007. Composição e variação sazonal da riqueza do fitoplâncton na foz dos rios do delta do Jacuí, RS, Brasil. *Acta bot. Bras.* 21(3): 707-721.
- RODRIGUES, L.C.; TRAIN, S.; BOVO-SCOMPARIN, V.M.; JATI, S.; BORSALLI, C.C.J. & MARENGONI, E. 2009. Interannual variability of phytoplankton in the main rivers of the Upper Paraná River floodplain, Brazil: influence of upstream reservoirs. *Braz. J. Biol.*, 69(2, suppl.): 501-516.
- ROUND, F. E. 1971. The taxonomy of the Chlorophyta. *Bot. Phycol. J.*, v. 6, n. 2, p.235-264.
- SANT'ANNA, C. L. 1984. Chlorococcales (Chlorophyceae) do Estado de São Paulo, Brasil. Berlin; Stuttgart: J. Cramer, Bibliotheca Phycologica, band 67, 348p.
- SANT'ANNA, C. L. 1991. Two new taxa of Anabaena and other Nostocaceae (Cyanobacteria) from the State of São Paulo, southeastern Brazil. *Algological Studies*. v.64; p.527-545.
- SANT'ANNA, C. L. & AZEVEDO, M. T. P. 1995. Oscillatoriaceae (Cyanobacteria) from São Paulo State, Brazil. *Nova Hedwigia*, v.60: p.19-58.
- SANT'ANNA, C. L. & AZEVEDO, M. T. P. 2000. Contribution to the knowledge of potentially toxic Cyanobacteria from Brazil. *Nova Hedwigia*. v.71: p.359-385.
- SANT'ANNA, C. L.; MELCHER, S. S.; CARVALHO, M. C.; GEMELGO, M. P. & AZEVEDO, M. T. P. 2007. Planktic Cyanobacteria from upper Tietê basin reservoirs, SP, Brazil. *Rev. Bras. Bot.*, Vol. 30, n.1, p. 1-17.
- SCHIAFFINO, M.M. 1981. Limnological cruise Keratella 1 through the middle part of the Parana river. Phytoplankton, lotic environment (Argentina). *Revista de la Asociacion de Ciencias Naturales del Litoral (Argentina)*, n.12, p. 140-147.
- SENNA, P. A. C. 1992. Estudos das Nostocophyceae (Cyanobacteria) do Distrito Federal, 2: Lagoas Joaquim Medeiros e dos Carás. *Rev. Brasil. Biol.*, v.52, n.3, p.461-479.
- SILVA, L. H. S. 1999. Fitoplâncton de um reservatório eutrófico (lago Monte Alegre), Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. *Ver. Brasil. Biol.*, 59(2): 281-303.
- SILVA, C.A.; TRAIN, S. & RODRIGUES, L.C. 2001. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica a jusante e montante do reservatório de Corumbá, Caldas Novas, Estado de Goiás, Brasil. *Acta Scientiarum. Maringá*, v.23, n.2, p.283-290.
- SIVONEN, K. & JONES, G. 1999. Cyanobacterial toxins. In: CHORUS, I.; BARTRAM, J. (Eds.). *Toxic cyanobacteria in Water: Guide to their public health consequences, monitoring and management*. London: E & FN Spon, cap. 3, p. 41-111.
- STATSOFT, INC. 2002. STATISTICA (Data Analysis Software System), version 7.0.

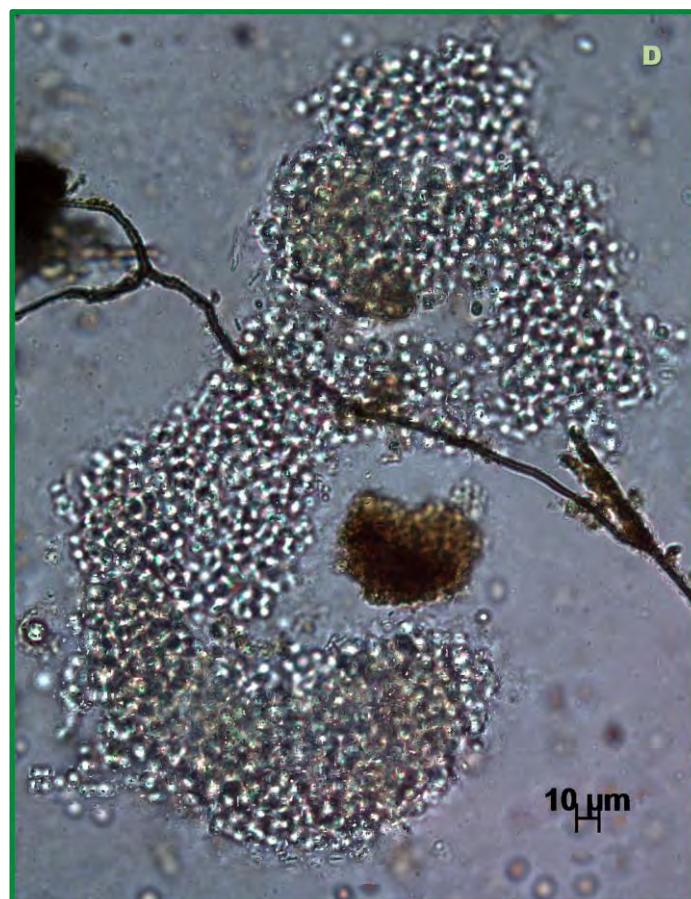
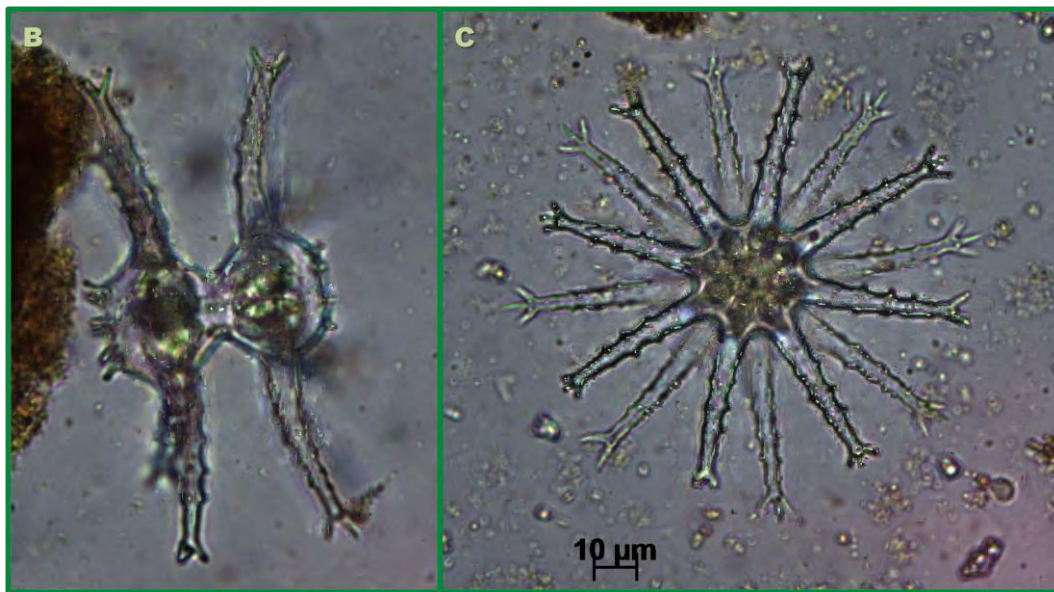
- STRICKLAND, J. D. & PARSONS, T. R. 1960. A manual of sea water analysis. Bull. Fish. Res. Bel. Can., 125: 1-185.
- TALLING, J. F. & DRIVER, D. 1963. Some problems in the estimation of chlorophyll a in phytoplankton. In: Proceedings, Conference of primary productivity measurements in marine and freshwater. Hawaii: USAEE, 1961, 142-146.
- TELL, G. & CONFORTI, V. 1986. Euglenophyta Pigmentadas de la Argentina. Berlin; Stuttgart: J. Cramer, Bibliotheca Phycologica, Band 75, 301p.
- TRACANNA, B. 1982. Estudio taxonomico de las Chlorophyta de Tucumán. Ministério de cultura y educación. Fundación Miguel Lillo. 91p.
- TRAIN, S., RODRIGUES, L. C. 2004. Phytoplanktonic Assemblages. In: *The Upper Paraná River and its floodplain: Physical aspects, ecology and conservation* (Eds Thomaz, S. M. et al.), Backhuys, Leiden. pp. 103-124.
- TUNDISI, J.G. 1990. Distribuição espacial, seqüência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. Rev. Bras. Biol., Rio de Janeiro, v. 50, n. 4, p. 937-955.
- TUNDISI, J. G. 1993. VIII Man-Made Lakes: Theoretical basis for reservoir management, Verh. Internat. Verein. Limnol., Stuttgart, n. 25, p. 1153-1156.
- TUNDISI, J.G. 2003. Água no século XXI: Enfrentando a Escassez. São Carlos: RiMa, IIE, 2^a ed, 247p.
- TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; CALIJURI, M. C. 1993. Limnology and management of reservoirs in Brazil. In: STRASKRABA, M., TUNDISI, J.G., DUNCAN, A. (Eds.) *Comparative reservoir limnology and water quality management*. Dordrecht: Klumer Academic, cap.2. p. 25-55.
- TUNDISI, J.G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. 2003. Integration of research and management in optimizing multiple uses of reservoirs: the experience of South American and Brazilian cases studies. *Hydrobiologia*. 500, 231-242.
- TUNDISI, J.G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. 2008. Limnologia. Oficina de textos. 1 ed. 632 p.
- UTERMÖHL, H. 1958. On the perfecting of quantitative phytoplankton method. Int. Ass. Theor. Appl. Limnol. Commum. v.9, 38p.
- VALDERRAMA, J. G. 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry*, 10: 109-122.
- WHITTON, B.A.; POTTS, M. 2000. The ecology of cyanobacteria. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- WETZEL, R.G; LIKENS, G.E. 1991. Limnological Analyses. 2 ed. Springer-Verlag. 391p.

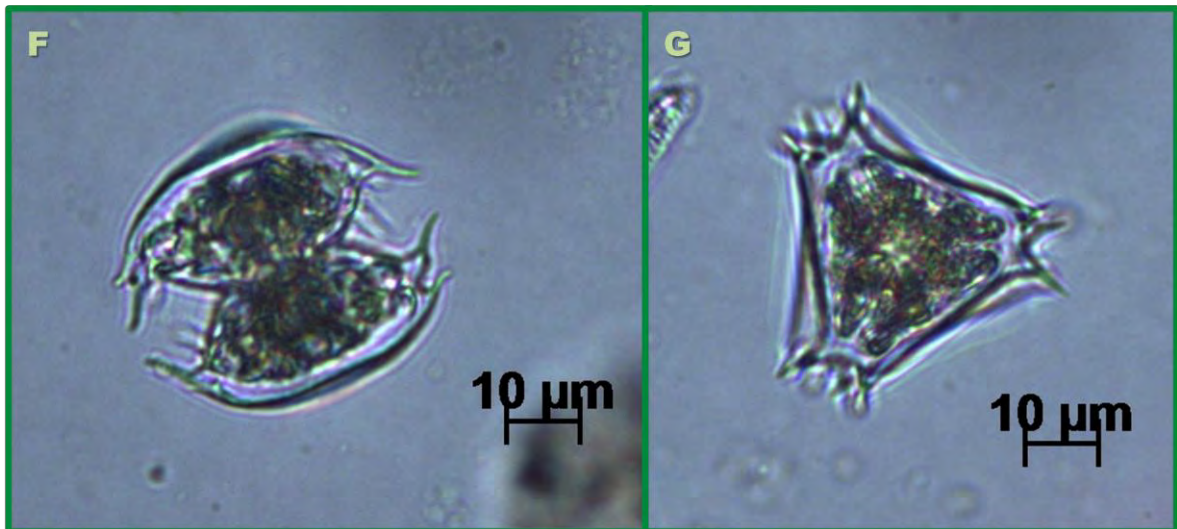
16 - ANEXOS

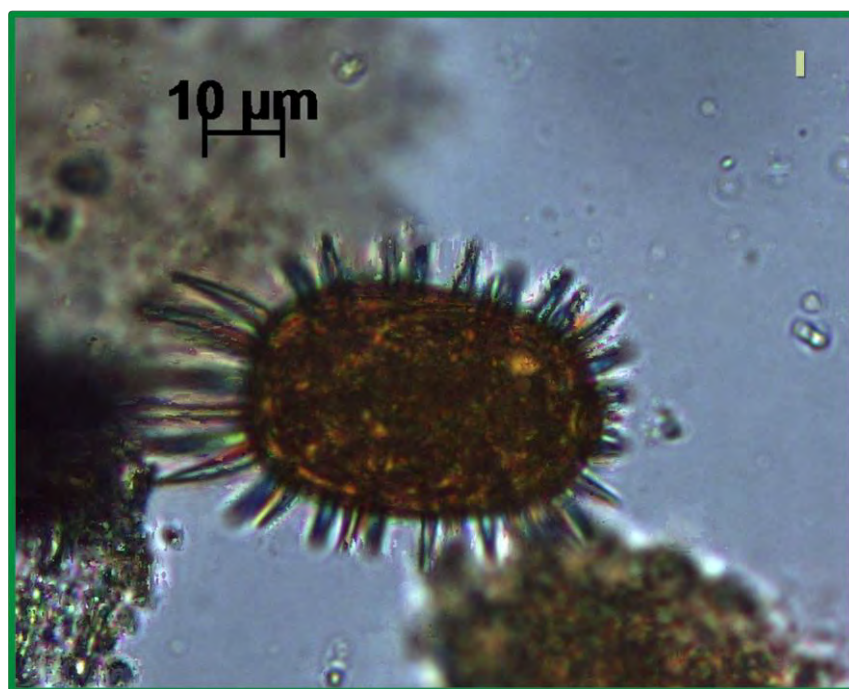
16.1 - Fotos dos táxons do fitoplâncton

A seguir são apresentadas fotos de alguns indivíduos encontrados. A-*Closterium setaceum*; B- *Staurastrum rotula*; C- *S. rotula*, vista apical; D- *Microcystis aeruginosa* com *Pseudanabaena muciccola*; E- *Desmidium* cf. *swartzii*; F - *Staurastrum trifidum* var. *inflexum*; G- *S. trifidum*, vista apical; H- *Xanthidium trilobum*; I- *Trachelomonas armata*; J- *Staurastrum setigerum*; K- *Sphaerocystis* sp.; L- *Kirchneriella lunaris*; M- *Synura* sp.; N- *Euglena* sp.; O- *Cosmarium* sp.; P- *Hydrosera whampoensis*; Q- *Encyonema minutum*; R- *Synedra goulardi*; S- *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*. A obtenção de imagens do conjunto de táxons encontrados está sendo obtida atualmente, como parte do trabalho de conclusão de curso (modalidade bacharelado) da bolsista.

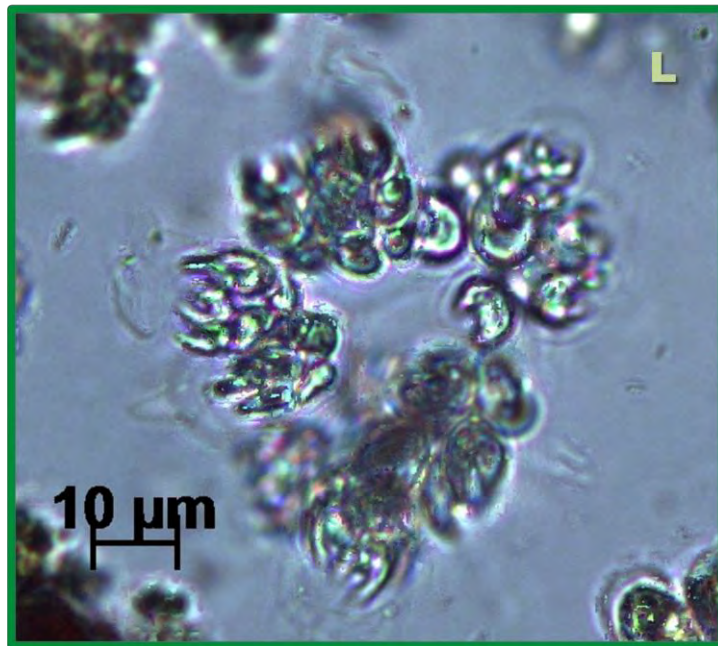




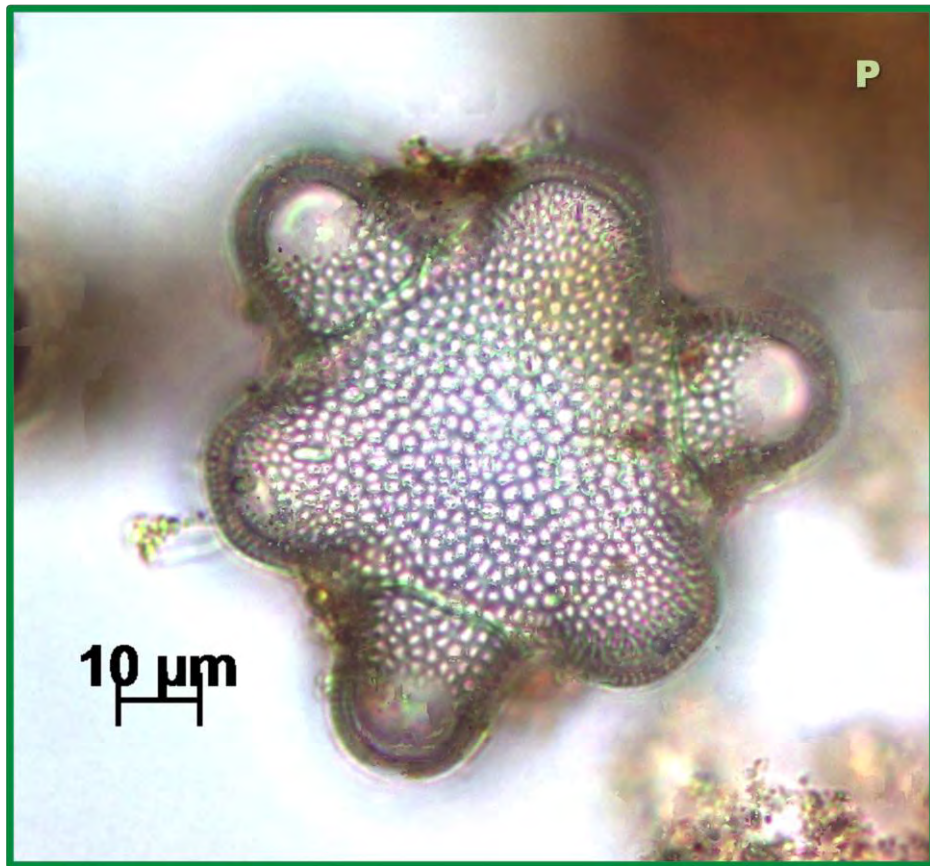


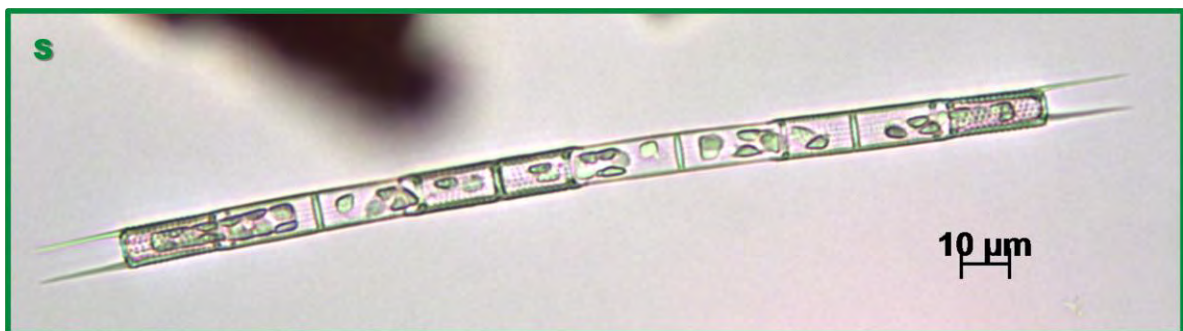












16.2 - Fotos dos pontos de coleta e atividades desenvolvidas no campo.



Coleta de amostra qualitativa no ponto P1.



Coleta de amostra qualitativa no ponto P2.



Ponto P2.



Ponto rio Iguaçu.



Filtração de amostras de água para análise do material em suspensão e clorofila a.