

LUCIANE FONTANA DA SILVA

**Distribuição Longitudinal da Comunidade de  
Diatomáceas de Sedimentos Superficiais nos  
Reservatórios em Cascata do Rio  
Paranapanema**

Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área de Concentração de Plantas Avasculares e fungos em Análises Ambientais.

SÃO PAULO

2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

LUCIANE FONTANA DA SILVA

**Distribuição Longitudinal da Comunidade de  
Diatomáceas de Sedimentos Superficiais nos  
Reservatórios em Cascata do Rio  
Paranapanema**

Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área de Concentração de Plantas Avasculares e fungos em Análises Ambientais.

ORIENTADORA: DRA. DENISE DE CAMPOS BICUDO

*Dedico este trabalho ao amor e à  
dedicação dos meus pais Maria  
Inês e Francisco de Assis.*

*“É necessário ter o caos aqui dentro para poder gerar uma estrela”*

**Friedrich Nietzsche**

---

Silva, L.F.  
Distribuição Longitudinal da Comunidade de  
Diatomáceas de Sedimentos Superficiais nos  
Reservatórios em Cascata do Rio Paranapanema.  
2008. 139 p.

Dissertação (mestrado) – Instituto de Botânica.  
Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, Pós-  
graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio  
Ambiente, na Área de concentração de plantas  
avasculares e fungos. 2008.

---

Palavras-chave: diatomáceas, estrutura de  
comunidade, reservatório, sedimento, sistema lótico.

## Agradecimentos

---

Ao final desta etapa, gostaria de registrar meu eterno agradecimento e respeito às inúmeras pessoas que contribuíram para que este trabalho fosse realizado e chegasse a bom termo. Devo ainda agradecer ao fato de ter seguido a profissão que tanto amo e que, de uma forma ou de outra, permitiu-me também conhecer pessoas maravilhosas durante esta longa jornada. Volto, então, a minha gratidão e afeição àqueles que, certamente, fizeram parte desta trajetória, contribuindo de forma direta ou indireta.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Denise de Campos Bicudo, por seu exemplo de profissionalismo, sua excelente orientação, sua disponibilidade irrestrita para esclarecer dúvidas, revisar textos através de sua leitura atenciosa, sua forma exigente, crítica e criativa de discutir as idéias e os resultados deste trabalho, fornecendo subsídios para que o mesmo fosse realizado da melhor maneira possível e, sobretudo, a dedicação integral e a confiança depositada em meu trabalho. Também, pelo seu lado humano, cuja sensibilidade para com os outros vai muito além do profissionalismo.

Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo de Mattos Bicudo, pela pronta disponibilidade para esclarecer problemas de ordem nomenclatural ou taxonômica deste trabalho, pelo uso irrestrito de sua biblioteca particular e, acima de tudo, pelo seu exemplo de vida, meus mais sinceros agradecimentos e respeito.

Ao Prof. Dr. Marcos Gomes Nogueira, pela inestimável contribuição em todas as coletas realizadas para o presente estudo, contribuindo em todos os aspectos, desde a amostragem do material até a hospedagem dos envolvidos nas coletas e pela disponibilidade irrestrita para discussões e sugestões.

Ao Prof. Dr. Raoul Henry, por ter tornado possível a coleta realizada em algumas estações no Reservatório de Jurumirim, sobretudo pela disponibilidade e contribuição com valiosas sugestões, além de solucionar dúvidas prontamente.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Luiza Spadano Albuquerque, pelo auxílio nas análises granulométricas e de nitrogênio total do sedimento, disponibilizando aparelhos e o laboratório para a realização das mesmas.

Às professoras e pesquisadoras Dr<sup>a</sup> Ilka Schinkariol Vercellino, Dr<sup>a</sup> Carla Ferragutt, Dr<sup>a</sup> Andréia Tucci, pelas significativas contribuições e sugestões durante todo o andamento do trabalho, por compartilharem seus conhecimentos e sempre ajudarem das mais diversas formas.

Aos queridos amigos e pós-graduandos Sandra Vieira Costa, Tatiane Araujo, Angélica Righetti, Fernanda Ferrari, Carlos Eduardo Wetzel, Luciana Godinho, Sidney Fernandes, Luisiana Carneiro, Kleber Santos, Marisia Espósito e Lílian Carminitti, pelo apoio contínuo, pelas sugestões, por compartilharem seus conhecimentos e experiências e, acima de tudo, pela amizade construída ao longo de dois anos.

Aos queridos amigos e estagiários de iniciação científica Danielle Escudeiro, Murilo Borduqui, Alexandre Rodello, Bárbara Pellegrini, Thiago Rodrigues e Marina Massagardi, por compartilharem as alegrias, os momentos de descontração e, também, os momentos difíceis durante o percurso deste trabalho, auxiliando das mais variadas formas.

Aos queridos amigos e pós-graduandos da UNESP (Botucatu) Fernanda Lage “Apatita”, Luciana Sartori “Lu”, Fabiana Akemi “Gorran”, Gilmar Perbiche “Guil”, Danilo Naliato, Matheus Ferrareze “Cerol”, Paula R. Oliveira “Lamis” e Rafael Mortari “Gabi”, entre outros, pelo inestimável auxílio em todas as coletas e, sobretudo, pelas constantes contribuições com discussões e sugestões para este trabalho. Também agradeço pela amizade, por terem me recebido tão calorosa e atenciosamente em seus ambientes de trabalho, por me oferecerem estadia em suas casas, entre outros mil favores que me fizeram, agradeço imensamente.

Aos técnicos Daniel e Hamilton da UNESP (Botucatu), pela contribuição durante as coletas realizadas em alguns reservatórios.

Às técnicas do laboratório de Ecologia do Instituto de Botânica, Marli, Dora, Valdenice e Amarílis, pelo auxílio na realização de algumas análises laboratoriais.

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa Científica do Estado de São Paulo), pela concessão de Bolsa de Mestrado (Processo nº 05/57399-6).

A Duke Energy International, pela autorização das coletas nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema.

Ao Instituto de Botânica de São Paulo, pela utilização irrestrita de seus laboratórios, bem como pela infra-estrutura do Laboratório de Ecologia Aquática.

À minha linda família, pelo amor, pela paciência e compreensão de sempre.

Ao meu namorado e grande amigo Gustavo Guilherme Funk, pela paciência, amor, amizade e, principalmente, pela compreensão nos constantes momentos de ausência.

À música que me guiou em doces notas.



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

**Muito obrigada!**

## RESUMO

---

O presente visou conhecer a biodiversidade das diatomáceas de sedimentos superficiais e avaliar a heterogeneidade longitudinal da comunidade intra-reservatório (rio-barragem) e entre cinco reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Como tais sistemas variam de oligo a meso-eutrófico, pretendeu-se, ainda, avaliar associações de diatomáceas indicadoras da qualidade ecológica da série em cascata. Amostras de sedimentos foram coletadas entre os meses de janeiro e novembro de 2006, com draga Van Veen, em três estações de amostragem de cinco reservatórios distribuídos nas regiões do alto (represas de Jurumirim e Chavantes), médio (represas de Salto Grande e Capivara) e baixo Paranapanema (Represa de Rosana). Apenas no último reservatório foram feitas coletas em duas estações de amostragem. As análises incluíram fósforo, nitrogênio total, granulometria e a estrutura qualitativa e quantitativa das diatomáceas. Houve tendência de incremento de nutrientes nos reservatórios do médio curso do rio, cujos teores foram considerados moderados, e predominância de textura granulométrica de areia em todas as estações de amostragem. Foram identificados 60 táxons infra-genéricos, distribuídos em 31 gêneros, dos quais 34 (57%) representam citações pioneiras para a bacia do Paranapanema. Maior riqueza (45 táxons) foi encontrada no primeiro reservatório da série (Jurumirim), que apresentou, na montante, o maior número de espécies de ocorrência mais restrita. Foi verificada tendência de incremento da biodiversidade com adição de novas espécies em direção ao baixo Paranapanema. Dois táxons (*Cyclotella menegheniana* e *Aulacoseira granulata* var. *granulata*) apresentaram ampla distribuição na série em cascata. De modo geral, densidades mais elevadas foram registradas nos reservatórios do médio curso do rio. Com base nas espécies mais abundantes, a estrutura da comunidade de diatomáceas foi primordialmente influenciada pelo eixo longitudinal do Rio Paranapanema e não pela disponibilidade de nutrientes. Entretanto, já é notável a associação de algumas espécies indicadoras de ambientes mais eutrofizados com os reservatórios do médio curso do rio, tais como *Nitzschia palea*. Contrapondo, *Cocconeis placentula* e *Encyonema silesiacum* estiveram associadas aos reservatórios do alto Paranapanema (exceto ao Ribeirão das Posses). Finalmente, o estudo do compartimento dos sedimentos mostrou-se adequado para abordagens em escalas espaciais amplas (centenas de quilômetros), já que integra informações tanto espaciais quanto temporais. Neste sentido, os estudos com as comunidades de diatomáceas de sedimentos superficiais, apesar de recentes no Brasil e inéditos em reservatórios em cascata, podem constituir-se em mais uma ferramenta para avaliar processos de eutrofização.

**Palavras-chave:** diatomáceas, estrutura de comunidade, reservatório, sedimento, sistema lótico

## SUMMARY

---

This study aimed to know the surface sediment diatoms biodiversity and to evaluate the longitudinal heterogeneity of the intra-reservoir (river-lacustrine zone) community, as well as along five cascading reservoirs of the Paranapanema River. As these systems vary from oligo to meso-eutrophic, it was also our intention to evaluate the diatom assemblages that would indicate the ecological quality of the cascading series. Sediment samples were taken from January to November 2006, using a van Veen dredge, at three sampling stations of the five reservoirs located two in the upper Paranapanema River (Jurumirim and Chavantes), two in the river mid portion (Salto Grande and Capivara) and one at the low river (Rosana). The last reservoir samplings were performed in only two stations. Analyses included total phosphorus and nitrogen, grain size and the diatoms qualitative and quantitative structure. There was a trend towards nutrient increase in the middle basin reservoirs (moderate values) and the dominance of sand texture in all sampling stations. Sixty infrageneric taxa were identified, that were distributed among 31 genera, 34 of which (57%) were cited for the first time for the Paranapanema river basin. Higher species richness (45 taxa) was found in the first reservoir of the series (Jurumirim) that showed, upstream, the greatest number of species of restricted occurrence. It was also found a trend towards an increase of biodiversity, with addition of new species, towards the low Paranapanema River. Two taxa (*Cyclotella menegheniana* and *Aulacoseira granulata* var. *granulata*) showed a wide distribution in the cascading series. In general, higher densities were registered in the middle river reservoirs. Based on the most abundant species, the diatom community structure was mainly influenced by the Paranapanema River longitudinal axis, and not by the nutrients availability. However, species such as *Nitzschia palea* and *Gomphonema laticollum*, that are indicative of more eutrophic environments, were associated to the river most eutrophic reservoirs. On the contrary, *Cocconeis placentula* and *Encyonema silesiacum* were associated to reservoirs of the upper Paranapanema River (except for the Ribeirão das Posses). The study of the surface sediments compartment was considered adequate for broader spatial scale approaches (hundreds of kilometers), integrating both spatial and temporal information. In this sense, studies focusing on the surface sediment diatom communities, despite of being very recent in Brazil and pioneer for cascading reservoirs, may constitute one more efficient tool for evaluating eutrophication processes.

**Key words:** diatoms, community structure, reservoir, sediment, lotic system

# ÍNDICE

---

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. HIPÓTESE.....	7
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	7
4.1. Rio Paranapanema.....	7
4.2. Limnologia do Rio Paranapanema.....	10
4.3. Uso e Ocupação do Solo no Rio Paranapanema.....	11
4.4. Reservatórios Incluídos no Estudo.....	12
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
5.1. Amostragem.....	22
5.2. Análise Física e Química dos Sedimentos.....	24
5.3. Análise das Diatomáceas.....	25
5.4. Análise Estatística.....	27
6. RESULTADOS: COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA.....	28
6.1. Capítulo 1 - Diatomáceas (Ochrophyta) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR, Brasil): Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae.....	28
6.2. Capítulo 2 - Diatomáceas (Ochrophyta) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR, Brasil): Bacillariophyceae.....	51
7. RESULTADOS: ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE DIATOMÁCEAS.....	90
7.1. Caracterização dos Sedimentos.....	90
7.1.1. Granulometria.....	90
7.1.2. Fósforo e Nitrogênio Total.....	91
7.1.3. Avaliação Conjunta dos Dados Abióticos.....	93
7.2. Estrutura da Comunidade de Diatomáceas.....	94
7.2.1. Estrutura Qualitativa.....	94
7.2.2. Estrutura Quantitativa.....	99
7.2.3. Diversidade Específica.....	110
8. DISCUSSÃO.....	112
8.1. Caracterização Abiótica dos Reservatórios em Cascata.....	112
8.2. Estrutura da Comunidade de Diatomáceas.....	115
9. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	119
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122

## 1. INTRODUÇÃO

---

Até quase o final da Idade Média, a população europeia realizava laboriosas tarefas, como moagem de grãos ou corte de madeira, a partir do esforço humano ou animal. No século XIII difundiu-se o uso das rodas d'água, que atingiu seu ápice no século XVIII, quando só na Inglaterra, havia mais de 10.000 unidades. A roda d'água foi o primeiro engenho capaz de realizar trabalho a partir da queda de água, transformando energia hidráulica em energia mecânica. No final do século XIX este engenho foi sendo substituído gradativamente por um conjunto de turbina-gerador, que transforma energia hidráulica em elétrica. A partir deste momento a transmissão de energia elétrica por grandes distâncias tornou-se a técnica economicamente viável do século XX, causando grande desenvolvimento de usinas hidrelétricas (Kelman *et al.* 2002). Durante este mesmo século, houve tendência crescente para construção de barragens (Nogueira 2005). Nos anos 90, havia mais de 63.000 grandes reservatórios, ocupando área de 400.000 km<sup>2</sup> (Avakyan & Iakovleva 1998). Nos países industrializados e mais desenvolvidos, a taxa de construção de represas foi mais elevada no período de 1950-1980 (Kennedy 1999), mas recentemente houve declínio na construção deste tipo de empreendimento, principalmente, em razão das restrições ambientais. Entretanto, nos países em desenvolvimento continua a implantação de reservatórios artificiais de água para a produção de energia elétrica (Nogueira 2005).

Na América do sul, um continente dominado por grandes rios, praticamente todas as principais bacias hidrográficas em áreas tropicais e subtropicais foram reguladas pela construção de reservatórios (Straskraba *et al.* 1993; Tundisi 1994; Valencio *et al.* 1999; Henry & Nogueira 1999). O Brasil e outros poucos países, como Canadá, Suécia e Noruega, possuem numerosos rios com potencial de aproveitamento elétrico, sendo o parque hidrelétrico brasileiro um dos maiores do mundo em termos absolutos e relativos, enquanto em termos mundiais as usinas hidrelétricas são responsáveis pela produção de cerca de 25% da energia elétrica. Esta cifra tem aumentado nos últimos anos para 97%. No Brasil, o restante da energia é produzido por usinas termoelétricas, cujas turbinas são acionadas a partir da queima de combustíveis fósseis ou físseis, representadas principalmente pelas usinas nucleares e usinas acionadas pelas energias eólica ou solar. Estas usinas “alternativas” contribuem com uma porcentagem insignificante do total de energia elétrica produzida no mundo e no Brasil (Kelman *et al.* 2002).

Particularmente para o Brasil, onde as hidrelétricas têm sido responsáveis por até 97% da produção energética (Kelman *et al.* 1999), há 1.674 empreendimentos em operação, gerando 100.267.306 kw de potência (Aneel 2007). Está prevista para os próximos anos uma adição de 27.573.392 kw na capacidade de geração do país, proveniente dos 107 empreendimentos atualmente em construção (Aneel 2007).

Nos últimos vinte anos, os usos múltiplos desses sistemas diversificaram-se, ampliando a importância econômica e social desses ecossistemas artificiais e, ao mesmo tempo, produzindo e introduzindo novas complexidades no seu funcionamento e impactos (Tundisi 1994; Tundisi *et al.* 2002). Dentre as inúmeras finalidades, estão: produção de hidroeletricidade, reserva de água para irrigação, reserva de água potável, produção de biomassa (cultivo de peixes e pesca intensiva), transporte (hidrovias), recreação e turismo (Tundisi *et al.* 2002), contenção de cheias através da regularização da vazão do rio (Kelman *et al.* 2002). Entretanto, frequentemente esses sistemas prestam-se como depositários de efluentes urbanos, industriais e advindos da agricultura e pecuária, estando expostos a entradas não pontuais de sedimentos, nutrientes, defensivos agrícolas, além de outros materiais oriundos das atividades praticadas em seu entorno e em sua bacia hidrográfica (Tundisi 1998, Nogueira 2005). E, particularmente no Estado de São Paulo, cujos rios foram muito afetados pela construção de barragens, o uso intensivo dessas represas faz com que esses ambientes estejam sujeitos a intensos processos de eutrofização, assoreamento e toxicidade (Tundisi & Matsumura-Tundisi 1990; Calijuri & Tundisi 1990; Agostinho *et al.* 1995), além de levar ao desaparecimento de grandes extensões das planícies de inundações laterais a esses cursos de água (Henry 2005).

### **1.1. Heterogeneidade Espacial em Reservatórios**

Hidrologicamente um rio é considerado um sistema aberto, com fluxo contínuo da nascente à foz, o que exerce forte influência sobre as comunidades, as quais apresentam adaptações para evitar deriva em direção à foz (Kleerekoper 1990). Transformar sistemas fluviais em sistemas lênticos artificiais implica, assim, em provocar extensas modificações em muitos processos limnológicos, tais como modificações nos ciclos biogeoquímicos, no regime hidrológico, na dinâmica das comunidades aquáticas e no processo sedimentológico (Tundisi 2000).

Segundo Thomaz *et al.* (1997), a construção de barragens em rios implica no aumento imediato do tempo de residência da água, que por sua vez constitui um dos principais fatores propulsor das alterações nas características limnológicas observadas nas áreas represadas. Esta modificação leva ao estabelecimento de gradientes longitudinais associados a características hidrográficas e morfométricas da bacia, que, por sua vez, podem acentuar a heterogeneidade longitudinal nesses ambientes (Wetzel 1993).

Segundo Thornton *et al.* (1990), os reservatórios exibem um gradiente longitudinal, que ocorre ao longo do *continuum* fluvial em direção à barragem, resultando no estabelecimento de três zonas distintas, com características físicas, químicas e biológicas únicas, representadas respectivamente pelas zonas de montante (zona de rio), zona de transição (intermediária) e zona de barragem (lacustre). A zona de rio (montante) pode ser caracterizada por apresentar baixa

profundidade, relativamente bem misturada, devido ao fluxo elevado. Apesar da diminuição da velocidade, as forças advectivas são suficientes para promover grande suspensão de partículas finas na coluna de água, de forma que a disponibilidade de luz nesta zona pode ser um fator limitante para as comunidades de algas. A fonte de matéria orgânica é principalmente de origem alóctone. De acordo com (Kimmel *et al.* 1990), essa zona é teoricamente mais rica em nutrientes em relação às demais.

A zona de transição (intermediária) é caracterizada pela bacia mais larga e profunda, fluxo relativamente reduzido, favorecendo as taxas de sedimentação e conseqüente aumento da penetração de luz. É nesta zona que a produção de matéria orgânica de origem autóctone começa a prevalecer. A produtividade é relativamente elevada. De acordo com Kimmel *et al.* (1990), essa zona possui características limnológicas intermediárias entre as zonas de rio e lacustre. Por sua vez, a zona lacustre (barragem) assemelha-se ao ambiente lacustre (lagos), onde há redução de partículas em suspensão e conseqüente aumento da transparência. A penetração de luz é suficiente para promover a produção primária, sendo a disponibilidade de nutrientes o principal fator responsável pela limitação da comunidade de algas. Pode apresentar estratificações térmicas e as trocas efetuadas entre o epilímnion e o hipolímnion ocorrem, principalmente, através da ação do vento e movimentos internos. De acordo com Kimmel *et al.* 1990, essa zona é teoricamente menos produtiva do que as demais. Além disso, o padrão dendrítico ocasionado pelo barramento de rios tributários, por exemplo, permite um índice de desenvolvimento da margem maior, quando comparado aos lagos naturais que, segundo Thornton *et al.*(1990), resulta na formação de compartimentos com características limnológicas próprias. Outras fontes de variabilidade espacial são representadas pela flutuação do nível do sistema (regulado pelo ciclo hidrológico e operação da barragem) e o tempo de retenção da água, que pode variar com os usos, ciclo hidrológico e reserva necessária de água (Tundisi *et al.* 2002).

Os reservatórios são, assim, considerados ecossistemas artificiais híbridos entre rios e lagos (Tundisi 1990), com particularidades, principalmente, quando se consideram os gradientes espaciais horizontais e verticais, cuja organização depende dos processos que ocorreram na bacia hidrográfica ao longo do espaço e do tempo (Tundisi 1981; Barbosa *et al.* 1999).

Contudo, sabe-se atualmente que nos reservatórios distribuídos nas regiões tropicais essa zonação é multidimensional e bastante influenciada pela entrada de rios tributários com características limnológicas próprias, formando compartimentos diferenciados intra-reservatório (Nogueira *et al.* 1999; Nogueira, 2000; 2001).

## **1.2. Reservatórios em Cascata**

Em resposta às demandas de energia elétrica e aos avanços tecnológicos, atualmente são construídos sistemas de reservatórios hidrologicamente conectados entre si ou “em cascata”, cujo principal objetivo está na produção de energia elétrica (Straškraba & Tundisi 1999). De acordo com Straškraba & Tundisi (2000), existem quatro tipos de sistemas reservatórios, os **reservatórios em cascata** (cadeias de reservatórios localizados no mesmo rio); **sistemas de múltiplos reservatórios** (grupos de reservatórios localizados em diferentes trechos de um determinado rio ou de diversos rios em que as vazões são compartilhadas entre eles); **reservatórios para bombeamento** (refere-se à água bombeada que circula entre os reservatórios) e **transferências hídricas** (caracterizam-se pela água que é retirada e bombeada para outro sistema fluvial, objetivando aumentar as vazões deste último).

Os sistemas de reservatórios em cascata causam impactos cumulativos, alterando completamente as condições biogeofísicas, econômicas e sociais nos locais onde são implantados (Agostinho *et al.*, 2007). Assim, um efeito ocasionado em um determinado reservatório localizado à montante será transferido para os reservatórios subseqüentes, localizados à jusante (Straškraba & Tundisi 2000), produzindo um efeito em série ou em “cascata”. Nogueira (2005) ressalta que a extensão com que um reservatório modifica a qualidade da água do reservatório subseqüente vai depender, sobretudo, da capacidade do reservatório de influenciar os demais localizados à jusante. Fatores como a distância entre os mesmos, tempo de retenção da água, uso e ocupação do solo no entorno, profundidade e estratificação são apontados pela maioria dos autores como uma das principais funções de força (e.g. Margalef 1983; Straškraba & Tundisi 1999; Nogueira 2005). Outros fatores como a ordem dos rios e riachos alimentadores, idade e estado trófico, também são considerados relevantes.

No Estado de São Paulo, incluindo as zonas limítrofes com os Estados de Minas Gerais, Paraná e Mato Grosso do Sul, seqüências de grandes reservatórios hidrologicamente conectados entre si destacam-se nas principais redes hidrográficas, particularmente, no Estado de São Paulo (Rio Grande, Rio Tietê e Rio Paranapanema). Tais rios são os maiores do estado e suas bacias ocupam a maior parte do território paulista (cerca de 4/5). Têm em comum a orientação em direção a oeste, constituindo-se nos principais tributários do alto Rio Paraná (Nogueira *et al.* 2001a), região com maior concentração de reservatórios no Brasil (Nogueira *et al.* 2005).

Estudos em que se considera a conectividade hidrológica entre reservatórios em cascata são extremamente escassos (Nogueira 2005) e considerados incomuns (Barbosa *et al.* 1999), apesar da extensa área que ocupam e do grande impacto sócio-econômico e ambiental gerados pela sua construção. Em nível mundial, podem ser citados os trabalhos de Litvinov & Roshchupko (1994) e Korneva & Solovyova (1999) no Rio Volga (Rússia), Straškraba (1994) no Rio Vltava (República Tcheca) e Hart (1992, 1996) no Rio Mgeni (África do Sul).



No Brasil, destacam-se os trabalhos limnológicos desenvolvidos nos reservatórios em cascata localizados no Rio Paranapanema (e.g. Nogueira *et al.* 2001; 2002b; 2005; Henry *et al.* 2005; Ferrareze *et al.* 2005), além de outros que enfocaram a organização de algumas comunidades bióticas (Moschini-Carlos *et al.* 2000; Nogueira *et al.* 2005; Santos *et al.* 2005; Ferreira *et al.* 2005; Britto & Sirol 2005; Bicudo *et al.* 2005; Kudo *et al.* 2005; Felisberto & Rodrigues 2005; Henry *et al.* 2006).

De acordo com Bonetto (1993), problemas conceituais, metodológicos, logísticos e até financeiros são inerentes aos estudos realizados em grandes rios da América do Sul, constituindo-se em fatores de impedimento em estudos limnológicos que abarcam escalas espaciais amplas (centenas de km). Entretanto, estudo de ecossistemas complexos e amplos, como é o caso de reservatórios em cascata, tem contribuído e deverá contribuir ainda mais para a compreensão de hipóteses em ecologia aquática, tais como sobre efeitos do “pulso” na organização e resiliência dos ecossistemas, teorias de distúrbio intermediário, de contínuo fluvial e de descontinuidade serial, sucessão de comunidades em ambientes que mudam abrupta e rapidamente, entre outros (Nogueira 2005). Ainda, tais estudos são essenciais para compreender os mecanismos de funcionamento do sistema, estabelecer os fundamentos para utilização da água e modelos para aplicação de prognósticos (Nogueira *et al.* 2005).

### **1.3. Contextualização da Pesquisa**

O sedimento de superfície representa uma amostra espacial e temporalmente integrada dos eventos que se acumularam no passado recente. Desta forma, uma amostra de sedimento superficial apresenta as espécies presentes no sistema aquático ao longo do tempo, que se acumularam sucessivamente no fundo, como também os táxons provenientes de todos os hábitats do sistema, propiciando uma análise temporal e espacialmente integrada, inviável de ser obtida a partir de amostras isoladas de comunidades vivas (Bennion 1995).

Várias características têm levado à crescente utilização das diatomáceas de sedimentos em estudos ambientais, já que se encontram bem preservadas nos sedimentos, são passíveis de identificação em nível infragenérico, além de serem relativamente bem conhecidas em suas amplitudes ecológicas (Bennion 1995).

As diatomáceas de sedimentos vêm sendo consideradas como o grupo mais adequado em estudos sobre eutrofização (e.g. Hall & Smol 1992; Anderson *et al.* 1993; Hall *et al.* 1997; Hammer & Stoemer 1997; Bennion *et al.* 2005). Conforme destacado por Hall & Smol (1992), várias respostas ambientais podem ser obtidas como, por exemplo, se a eutrofização foi de ocorrência natural, se os nutrientes aumentaram ao longo do tempo e quando aumentaram e quais atividades antrópicas interferiram no processo de eutrofização.

No Brasil, trabalhos que incluem a avaliação da resposta de diatomáceas sedimentares às supostas variações ambientais são extremamente escassos, sendo todos realizados fora do Estado de São Paulo e nenhum sobre a avaliação de processos de eutrofização. Quatro deles versam sobre a utilização das diatomáceas na reconstrução do clima pretérito (Callegaro 1998, Dumont & Tundisi 1997, Moro 1998, Fürstenberger 2001); um sobre a reconstrução do pH em lagos da Amazônia (Gianini 2002) e outro, mais recente, sobre a bioindicação de paleoambientes do quaternário de Dois Irmãos, Recife, PE (Souza *et al.* 2007).

Embora a maioria dos reservatórios esteja concentrada nas regiões sul e sudeste do país, inexistente informação sobre a estrutura das diatomáceas presentes nos sedimentos. Ainda, abordagens sistêmicas sobre as comunidades algais, em que é considerada a conectividade hidrológica entre os reservatórios em cascata, são extremamente escassas e recentes no país. Dos quatro trabalhos existentes, três referem-se às comunidades fitoplanctônicas (incluindo diatomáceas) do sistema de reservatórios do Rio Tietê (Barbosa *et al.* 1999; Padisák *et al.* 2000), do Rio Iguaçu (Silva *et al.* 2004) e um sobre a comunidade perifítica do Rio Paranapanema (Felisberto & Rodrigues 2005). Desta forma, também não há qualquer contribuição sobre as diatomáceas de sedimentos superficiais para sistemas em cascata no Brasil.

Finalmente, em relação ao conhecimento da biodiversidade de diatomáceas da bacia do Rio Paranapanema, a maior parte da informação (aproximadamente 90%) está restrita a listas, ou citações de táxons em trabalhos ecológicos, tais como os realizados por Nogueira (2000), Bicudo *et al.* (2005), Felisberto & Rodrigues (2005), Henry *et al.* (2006). Apenas um trabalho versa sobre o estudo taxonômico do grupo, incluindo ilustrações e características morfométricas dos táxons. Este foi realizado no trecho a represar do Rio Paranapanema (Usina Hidrelétrica de Rosana) e abrangeu 51 táxons infragenéricos (Bicudo *et al.* 1993). Finalmente, outro trabalho sobre a diversidade da comunidade fitoplanctônica apresentou ilustração de 52 táxons de diatomáceas para o Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002).

A presente proposta insere-se em projeto mais amplo, que já apresenta resultados consolidados sobre a avaliação da eutrofização no sistema em cascata do Rio Paranapanema (Nogueira *et al.* 2002), a limnologia de reservatórios em cascata (Nogueira 2005), bem como informações sobre a organização de algumas comunidades bióticas (Nogueira *et al.* 2005), a distribuição de fósforo nos sedimentos ao longo da cascata de reservatórios (Jorcín & Nogueira 2005) e a contaminação dos sedimentos por pesticidas sintéticos orgânicos e metais e suas relações com os processos de eutrofização (Nogueira & Jorcín no prelo). Além dessas contribuições, há estudos mais compartimentados e específicos sobre alguns reservatórios desta série em cascata, como nas represas de Jurumirim (Henry & Nogueira 1999; Nogueira *et al.* 1999; Nogueira 2000; Henry *et al.* 2005) e Rosana (Bicudo *et al.* 1992; Bicudo *et al.* 1993, 2005).

Este estudo visa contribuir pioneiramente para o país e, mais especificamente, para os sistemas de reservatórios em cascata, com a avaliação da biodiversidade e da distribuição longitudinal da comunidade de diatomáceas de sedimentos superficiais na série de cinco reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Pretende, ainda, avaliar eventuais associações de diatomáceas indicadoras da qualidade ecológica da água, buscando subsidiar a avaliação de processos de eutrofização nessa série em cascata.

## 2. HIPÓTESE

---

*A estrutura específica das comunidades de diatomáceas nos reservatórios em cascata no Rio Paranapanema será condicionada, primordialmente, pelo grau de trofia dos sistemas.*

## 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

---

► Conhecer a biodiversidade das diatomáceas de sedimentos superficiais na série de reservatórios em cascata do Rio Paranapanema;

► Avaliar a heterogeneidade longitudinal da estrutura das diatomáceas de sedimentos superficiais intra e entre reservatórios da série em cascata;

► Avaliar eventuais associações de espécies de diatomáceas indicadoras da qualidade ecológica do sistema em cascata do Rio Paranapanema.

## 4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

---

### 4.1. Rio Paranapanema

O Rio Paranapanema tem suas nascentes localizadas na Serra de Paranapiacaba, no Município de Capão Redondo (SP), na área de proteção Ambiental da Serra do Mar, e deságua no Rio Paraná, oeste do Estado (figuras 1, 2). Sua bacia hidrográfica localiza-se nas coordenadas 22-26° S e 47-54° W, estendendo-se pelo sudoeste do Estado de São Paulo e norte do Estado de Paraná. A bacia é do tipo endorréica, pela presença de elevações próximas à costa e sua área drenada é de 100.800 km<sup>2</sup>, sendo 47% em território paulista e 53% no Paraná.

O curso principal do rio, em direção leste-oeste, tem extensão total de 929 km, com 570 m de desnível, desenvolvendo-se entre as altitudes 809 e 239 m (figura 3). A declividade relativamente elevada (0,6 m km<sup>-1</sup>), com restritas planícies de inundação, é uma característica importante do Rio Paranapanema (Agostinho *et al.* 1995). Seus principais afluentes na margem

direita, localizados no Estado de São Paulo, são os rios Turvo, Claro, Novo, Capivara, Pardo e Pirapozinho e os da margem esquerda, os rios Verde, das Cinzas, Tibagi (o maior) e Pirapó.

Entre 1958 e 1999, oito usinas hidrelétricas foram construídas pela CESP (Centrais Elétricas do Estado de São Paulo) e, atualmente, a exploração de energia elétrica desses empreendimentos é de propriedade privada da empresa de concessão de energia elétrica Duke Energy International (Nogueira *et al.* 2002). Este sistema em cascata de reservatórios do Rio Paranapanema é um dos principais tributários do alto Rio Paraná (figuras 1, 3).

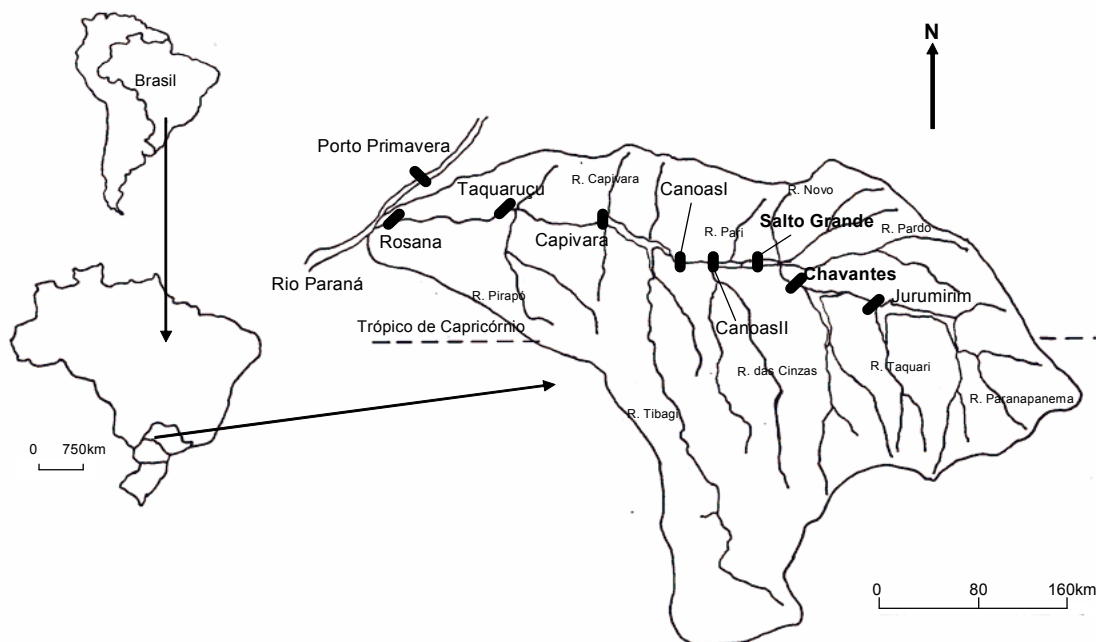


Figura 1. Localização da bacia do Rio Paranapanema e da série de reservatórios em cascata (Fonte: Nogueira *et al.* 2005).



Figura 2. Imagem de satélite do Rio Paranapanema (Fonte: Google Earth 2007).

O Reservatório de Jurumirim (UHE Armando Avellanal Laydner) é o primeiro da série, seguido pelos reservatórios de Chavantes, Salto Grande (UHE Lucas Nogueira Garcez), Canoas II, Canoas I, Capivara (UHE Escola de Engenharia Mackenzie), Taquaruçu e Rosana (figura 1). Presentemente são onze reservatórios, incluindo os recém-construídos (Piraju, Santa Cruz e

Ourinhos). Os reservatórios de Jurumirim, Chavantes e Capivara são dendríticos e os demais, do tipo fio d'água, isto é, aquele que utiliza a água sem alterar o regime fluvial (Kelman *et al.* 2002; Nogueira 2008). Suas características são muito variadas, conforme tabela 1 e, posteriormente, na caracterização mais detalhada de cada um.

O alto Paranapanema é referido ao trecho inicial do rio e inclui as represas de Jurumirim e Chavantes; o médio Paranapanema abrange o trecho compreendido entre as represas de Salto Grande e Capivara; e o baixo Paranapanema, as represas de Taquaruçu e Rosana (Figuras 1, 3).

Em termos climatológicos, trata-se de uma região de transição de climas quentes e latitudes baixas e climas mesotérmicos do tipo temperado de latitudes médias (Nimer 1979). Possui duas estações definidas pelo regime pluviométrico: estação chuvosa e seca. A pluviosidade média anual para a área da bacia é de 1250 mm, com valores máximos registrados para o mês de janeiro (40%). A temperatura média anual é de 20 °C, com máximas entre 38-40 °C e médias mínimas de 8 °C (Nogueira *et al.* 2002a).

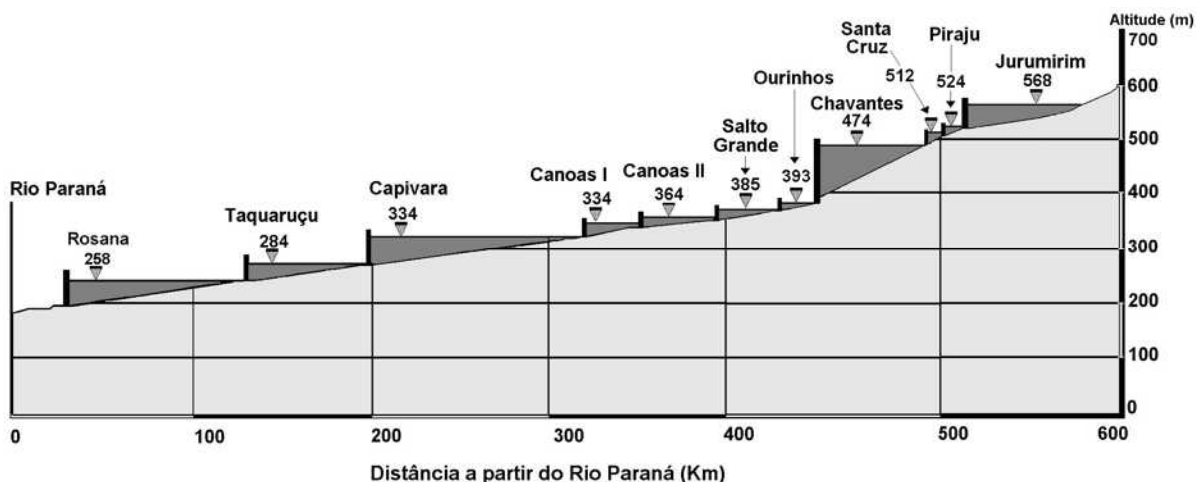


Figura 3. Distância entre reservatórios do Rio Paranapanema a partir do Rio Paraná e cotas altimétricas em relação ao nível do mar (Fonte: Perbiche-Neves 2008).

Tabela 1. Características morfométricas e hidrológicas dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. TR = tempo de residência da água; IDM = Índice de desenvolvimento da margem (D: dendrítico, F: fio d'água); IET = estado trófico (Oligot.: oligotrófico, Mesot.: mesotrófico, Meso-eut.: meso-eutrófico, Oligo-mesot.: oligo-mesotrófico). Fonte: Nogueira *et al.* (2005) e [www.duke-energy.com.br](http://www.duke-energy.com.br).

Características	Jurumirim	Chavantes	Salto Grande	Canoas II	Canoas I	Capivara	Taquaruçu	Rosana
TR (dias) (média anual)	322,8	418	1,5	10	10	131	10	18-21
IDM	D	D	F	F	F	D	F	F
IET	Oligot.	Oligot.	Meso-eut.	Meso-eut.	Mesot.	Meso-eut.	Oligo-mesot.	Oligot.
Fechamento da barragem	1962	1971	1960	1999	1999	1978	1989	1987
Área de inundação (km <sup>2</sup> )	449	400	12	22,5	30,85	576	80,1	220
Volume (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	7.008	8.795	44,5	207	207	10.540	672,5	1.920

#### 4.2. Limnologia do Rio Paranapanema

O Rio Paranapanema é ainda considerado um rio de águas oligotróficas tendendo à mesotrofia (Nogueira *et al.* 2005; Nogueira *et al.* 2002a). Contudo, dados recentes têm revelado condições meso-eutróficas no médio curso do rio em função do uso intensivo do solo para fins agrícolas praticados na região (Nogueira *et al.* 2002a).

Na porção superior do Rio Paranapanema (Reservatório de Jurumirim), a concentração de nutrientes é baixa e a transparência mais elevada. Em geral, as características mais oligotróficas se mantêm ao longo de um trecho de aproximadamente 100 km, até o Reservatório de Salto Grande. Na região do médio Paranapanema, onde se pratica a agricultura intensiva, há aumento do grau de trofia em função dos aportes via terrestre e rios tributários. As condições tendem a melhorar novamente em direção ao trecho final do rio (baixo Paranapanema), onde se encontram os reservatórios de Taquaruçu e Rosana (Nogueira *et al.* 2002a).

O Rio Paranapanema possui inúmeros tributários que, segundo Nogueira *et al.* (2002a), apresentam baixa qualidade ecológica, com águas mais turbidas e ricas em nutrientes do que os próprios reservatórios. Conforme estes autores, as conseqüências do avanço do processo de eutrofização já são notadas, como o aumento excessivo de macrófitas aquáticas (ex. Salto Grande, Taquaruçu e Rosana) e freqüentes florações de cianobactérias (ex. em alguns compartimentos de Capivara e Jurumirim).

Considerando o fluxo de nutrientes nas bacias hidrográficas, alguns autores sugerem que as represas têm papel importante na retenção de fósforo e na exportação de nitrogênio (Agostinho *et*

*al.* 1995; Tundisi *et al.* 1999; Henry *et al.* 1999), promovendo uma diminuição gradativa do grau de poluição “rio abaixo”. Conforme Nogueira *et al.* (2002a), no Rio Paranapanema, ocorre um gradiente crescente de trofia após os dois primeiros reservatórios (Jurumirim e Chavantes), indicando que a exportação de cargas pelos reservatórios prevalece amplamente em relação à retenção. Os autores consideram, ainda, que os aportes provenientes dos tributários (aportes laterais) podem ser um fator de grande importância para o balanço total de nutrientes e sólidos transportados.

### **4.3. Uso e Ocupação do Solo no Rio Paranapanema**

Em relatório emitido por Theodoro Sampaio, em 1889, após expedição nos rios Itapetininga e Paranapanema juntamente à Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo, a equipe expedicionária relatou que originalmente a bacia hidrográfica do Rio Paranapanema era dominada por diferentes tipos de vegetação referida pelos autores como “matas frondosas”, mais tarde classificadas como Mata Atlântica, Florestas semi-desciduais, Cerrado e Mata Araucária (Nimer 1979) e que suas águas eram dominadas por numerosas cachoeiras e corredeiras. As paisagens desérticas com pequenos núcleos de aldeias de populações indígenas dominavam a paisagem local (Sampaio 1889). Atualmente, em face da demanda energética que ocasionou a massiva construção de reservatórios e dos usos empregados a esses empreendimentos, a paisagem foi completamente alterada. Presentemente, suas paisagens são ocupadas por fragmentos isolados de mata, campos cultivados e áreas de preservação ambiental, todas compondo um mosaico que integra os municípios ribeirinhos (Duke Energy International 2007).

O uso e a ocupação das terras adjacentes às margens do rio variam conforme a região. Assim, podem ser observadas grandes áreas plantadas com *Pinus* e *Eucalyptus*, culturas variadas de café, cana-de-açúcar, banana e pastagens para gado no alto Paranapanema; agricultura intensiva de cana-de-açúcar, milho, soja e formações florestais no médio Paranapanema e o predomínio de pecuária extensiva no baixo Paranapanema. As formações florestais estão distribuídas em fragmentos isolados e pequenos, exceto à área de preservação do Parque Estadual do Morro do Diabo, junto à margem paulista da Represa de Rosana e a Estação Caiuá, localizada na margem paranaense do mesmo reservatório. A pesca comercial não tem tradição, sendo responsável por apenas 3,5% do total de pescado do Estado de São Paulo (Nogueira *et al.* 2005).

Algumas condições são favoráveis, quando se compara o Rio Paranapanema aos outros rios localizados no Estado de São Paulo, como a ausência da pressão antrópica de grandes centros urbanos, baixa densidade demográfica e vocação agropecuária, florestal, turística predominante, que de certa forma tornam promissora a implantação de ações e programas conservacionistas e de

mitigação de impactos nesta bacia hidrográfica estratégica em termos de recursos hídricos para os estados de São Paulo e Paraná (Nogueira 2005).

A síntese dos principais usos e ocupação do solo no Rio Paranapanema, em função do trecho do rio, é dada a seguir (Nogueira *et al.* 2005):

**Alto Paranapanema** - Plantações e culturas (permanentes e temporárias) variadas de café, cana-de-açúcar, milho, soja, *Pinus*, *Eucalyptus*, pastagens de gado, empreendimentos imobiliários, atividades de recreação, lazer e turismo;

**Médio Paranapanema** - Uso do solo intensivo para fins agrícolas, principalmente plantações de soja, feijão, milho, cana-de-açúcar;

**Baixo Paranapanema** - Predomínio de pecuária extensiva, culturas variadas, fragmentos de mata (Parque Estadual do Morro do Diabo e Estação Caiuá, ambos nas margens do Reservatório de Rosana).

#### 4.4. Reservatórios Incluídos no Estudo

##### 4.4.1. Reservatório de Jurumirim

O Reservatório de Jurumirim (UHE Armando Avellanal Laydner) é o primeiro reservatório do complexo de barragens do Rio Paranapanema. Está localizado na região sul do Estado de São Paulo e a barragem encontra-se nas coordenadas 23°12'17''S e 49°13'19''W (Figura 4). Em sua margem direita está localizado o Município de Cerqueira César (SP) e em sua esquerda, o Município de Piraju (SP).

As maiores cidades localizadas na região que compreende o alto Paranapanema são: Itapetininga (138.450 hab.), Itapeva (85.537 hab.), Itararé (48.732 hab.), Capão Bonito (45.275 hab.), São Miguel Arcanjo (30.384 hab.) e Piraju (28.228 hab.), valores correspondentes à população total segundo o censo demográfico (IBGE 2007). A bacia do reservatório inclui 28 municípios, entre os quais 10 cidades (Itatinga, Avaré, Cerqueira César, Arandu, Piraju, Tejuapá, Itaí, Taquarituba, Paranapanema e Angatuba) estão diretamente associadas com a área do reservatório, com uma população total estimada em 201.000 habitantes (Henry & Nogueira 1999).

O reservatório foi formado pela confluência entre dois grandes rios, o Paranapanema e o Taquari, com o propósito principal de produção de energia elétrica, tendo sua construção finalizada em 1962 (Henry *et al.* 2006). A extensão do primeiro na área inundada é de aproximadamente 95 km enquanto que o segundo tem cerca de 40 km de comprimento (Henry & Nogueira 1999).

Aproximadamente 112 cursos de água de pequenas dimensões deságuam diretamente no reservatório, não incluindo neste total os Rios Taquari, Paranapanema e seus principais afluentes (Henry 1990). Influências alóctones são de grande importância, uma vez que o Rio Paranapanema introduz cerca de 550 ton dia<sup>-1</sup> de sólidos suspensos no reservatório e o Rio Taquari, 190 ton dia<sup>-1</sup>, sendo que as taxas de sedimentação podem variar em função do regime de chuvas em particular nas



zonas de influências dos dois rios (Henry & Nogueira 1999). Considerando as taxas de sedimentação do tripton (material particulado não vivo), Henry & Maricato (1996) observaram uma variação de 0,19-3,79 g m<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>.

A bacia hidrográfica do reservatório está inserida dentro da chamada Depressão Periférica Paulista, constituindo a zona do Paranapanema (Henry *et al.* 2006). Esta se estende paralelamente à costa entre o Oceano Atlântico e a Depressão Periférica, onde algumas áreas de remanescentes de Mata Atlântica podem ser encontradas. Na margem direita do reservatório, está situada a Cuesta de Botucatu, a qual divide as duas grandes províncias geomorfológicas, a Depressão Periférica e o Planalto Ocidental Paulista, nessa região do Estado.

De acordo com os critérios de Nimer (1979), o clima local pode ser identificado como tropical subsequente úmido com três meses secos.

Na bacia hidrográfica do reservatório, podem ser reconhecidas três formas de relevo: colinas amplas, colinas médias, morrotes alongados, morros e espigões. A primeira ocupa uma zona relativamente significativa. As colinas médias são evidenciadas predominantemente na bacia do Rio Taquari. Os morrotes e espigões ocorrem em áreas isoladas como, por exemplo, na margem esquerda do reservatório, entre o Ribeirão das Posses e o local de desembocadura do rio Paranapanema no reservatório, e também em ambas as margens do Rio Guareí (Município de Angatuba) próximo à sua desembocadura no reservatório (Henry, 1990). As nascentes dos principais tributários (Rio Paranapanema e Taquari) estão localizadas num Plateau Cristalino (Planalto Atlântico) para o interior (Henry & Nogueira 1999).

Em relação aos aspectos geológicos, o extremo sudeste da bacia é composto principalmente pela Formação Furnas (Paleozóico inferior), constituída por partículas grosseiras, arenosas de origem marinha, resistentes à erosão que sedimentaram sobre rochas cristalinas (Henry & Nogueira 1999).

Com relação aos usos do reservatório, além da produção de energia elétrica, o reservatório possui inúmeros usos secundários, tais como lazer, turismo e áreas destinadas a grandes empreendimentos imobiliários. Jurumirim é também utilizado como reservatório de acumulação de água para o sistema (Nogueira 2005). Na bacia de drenagem podem ser observadas áreas com florestas e reflorestamentos (aproximadamente 35,2%), áreas de pastagem (30,3%), cultivos permanentes (17%), cultivos temporários (10%) e outros (7,5%) (Henry *et al.* 2006) (Figura 5).

A média anual do tempo de residência no reservatório é de 322,8 a 334 dias (Nogueira 2005; Henry *et al.* 2006). Dentro do *continuum* lago-rio, pode-se afirmar que o Reservatório de Jurumirim assume características típicas de ecossistema lântico (Henry 1990). Estrutura multicompartmental das massas d'água já foi verificada para este reservatório (Henry & Maricato 1996; Nogueira *et al.* 1999), bem como a influência desse padrão sobre a estrutura da comunidade fitoplânctônica (Henry

*et al.* 1998; Nogueira 2000, 2001). De acordo com Henry (1990), o crescimento do fitoplâncton na zona lacustre do reservatório (próximo à barragem) é limitado pelo fósforo.

Na região de desembocadura do reservatório podem ser observadas áreas permanentemente inundadas, com inúmeras lagoas marginais com conectividade, isto é, potencial de intercâmbio de água e biota (Henry *et al.* 2005). Henry (2003) ressalta que a desembocadura do Rio Paranapanema no Reservatório de Jurumirim não é uma planície de inundação com transbordamento das águas do rio na época de enchente e com desconexão dos ambientes lacustres laterais no período de estiagem, já que se apresenta sempre conectada com o sistema lótico.

Em relação à trofia, Henry (1992) classificou o reservatório como oligotrófico, usando dados de déficit de oxigênio. Posteriormente, Nogueira (1996) com base no índice de Carlson (clorofila-e e fósforo) classificou diferentes zonas do reservatório como oligo-mesotrófico. Contudo, a condição oligotrófica é dominante (Henry & Nogueira 1999).

Na tabela 2 encontra-se o resumo das principais características limnológicas, hidráulicas e hidrológicas do Reservatório de Jurumirim (UHE Armando Avellanal Laydner).

**Tabela 2.** Características hidráulicas, hidrológicas e limnológicas do Reservatório de Jurumirim (UHE Armando Avellanal Laydner). Fonte: # Duke Energy International; □ Nogueira *et al.* (1992) e € Henry *et al.* (2006).

<b>Características</b>	
Área do reservatório #	444 km <sup>2</sup>
Ano de construção €	1962
Volume máximo normal #	7.008 hm <sup>3</sup>
Estado Trófico (IET) □	Oligo-mesotrófico
Tempo de residência da água (TR) €	334 dias
Transparência média (Secchi) □	2,5 m
Padrão de desenvolvimento da margem (PDM) □	Dendritico
Potencial Instalado #	98.000 kW
Vazão máxima (média diária) #	2.787,00 m <sup>3</sup> /s

#### 4.4.2. Reservatório de Chavantes

O Reservatório de Chavantes (UHE Chavantes) é o segundo reservatório da série em cascata do Rio Paranapanema e está localizado nas coordenadas 23°07'00''S e 49°44'00''W, na região do alto Paranapanema. Em sua margem direita, encontra-se o Município de Chavantes (SP) e em sua margem esquerda, o Município de Ribeirão Claro (PR) (Figura 6).

Sua bacia hidrográfica ocupa área de 27.500 km<sup>2</sup>, cuja área de inundação do reservatório é de 400 km<sup>2</sup>, 50 km de comprimento e volume de 8.795 hm<sup>3</sup>, sendo o principal responsável pela regularização da vazão média do Rio Paranapanema.

A Usina Hidrelétrica teve suas obras finalizadas em 1970, tendo como finalidade principal a produção de energia elétrica. Alguns usos secundários como práticas esportivas, pesca e produção em tanques-rede são observados no reservatório. O mesmo possui um potencial instalado de 414 MW e sua barragem situa-se a 3 km abaixo da Foz do Rio Itararé. A vazão máxima (média mensal) e mínima (média mensal) são, respectivamente, 3.972,0 m<sup>3</sup>/s e 85,0 m<sup>3</sup>/s e a regularizada de 306,0 m<sup>3</sup>/s (Duke Energy 2007).

A região apresenta relevo mais acidentado, com encostas elevadas e alternância de áreas com vegetação preservada e áreas de pastagens (Nogueira 2005).

O Reservatório de Chavantes exibe um padrão dendrítico de desenvolvimento da margem e é considerado o reservatório mais profundo da série (com pontos em torno de 100 metros) e o segundo em termos de volume. É oligotrófico, chegando a apresentar, em média, até 4,5 m de transparência da água (Nogueira 2005). Conforme Nogueira (2006, dados não publicados), a região de montante do reservatório apresenta a maior taxa de sedimentação, com média de 0,062 g m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup>. Na tabela 3 está o resumo das principais características do reservatório.

**Tabela 3.** Características hidráulicas, hidrológicas e limnológicas do Reservatório de Chavantes (UHE Chavantes). Fonte: # Duke Energy International; □ Nogueira *et al.* (1992).

<b>Características</b>	
Área do reservatório #	400 km <sup>2</sup>
Ano de construção □	1971
Volume máximo normal #	8.795 hm <sup>3</sup>
Estado Trófico (IET) □	Oligotrófico
Tempo de residência da água (TR) #	397-418,1 dias
Transparência média (Secchi) □	4,20 e 4,50 m
Padrão de desenvolvimento da margem (PDM) □	Dendrítico
Potencial Instalado #	414 MW
Vazão (máxima média mensal) #	3.972,00 m <sup>3</sup> /s

#### 4.4.3. Reservatório de Salto Grande

O Reservatório de Salto Grande (UHE Lucas Nogueira Garcez) está localizado nas coordenadas 22° 54'00''S e 50°00'00''W na região do médio Paranapanema. Em sua margem direita localiza-se o Município de Salto Grande (SP) e em sua margem esquerda o Município de Cambará (PR) (figura 7). Apresenta em uma de suas margens um núcleo de desenvolvimento urbano (Município de Salto Grande), cuja população é de 8.592 hab (IBGE 2007) e poucas áreas de mata nativa.

A entrada de tributários como os rios Pardo e Novo, em condições muito degradadas (altas cargas de nutrientes), causa grande impacto, principalmente devido ao seu tamanho reduzido.

O tempo médio de residência da água no reservatório é de 1,5 dias, o que faz com que o mesmo apresente características similares a condições fluviais (Nogueira *et al.* 2002a; Nogueira *et al.* 2005). Outra característica distintiva de sua hidrodinâmica é a elevada frequência de oscilação no nível da água, embora a amplitude de variação seja pequena. Essas condições comuns em reservatórios tipo fio d'água inibem o estabelecimento de uma maior biomassa planctônica, pois atuam como fontes de distúrbios que impedem o desenvolvimento de populações (Nogueira 2005).

É considerado o menor e o reservatório mais antigo do Rio Paranapanema, tendo sido construído com o propósito maior de geração de energia elétrica e suas obras concluídas no ano de 1960 (Nogueira 2005). Na tabela 4 está o resumo das principais características do reservatório.

A Bacia hidrográfica do reservatório ocupa área de 38.765 km<sup>2</sup>. A área de inundação é de apenas 12 km<sup>2</sup>, com comprimento de 30 km. O volume médio e mínimo do reservatório é de 44,5 e 15,1 hm<sup>3</sup>. Em seus braços laterais ocorre formação de bancos de macrófitas dos gêneros *Eichhornia*, *Pistia*, *Salvinia* e *Egeria* entre outras. As vazões máxima e mínima (média diária) são, respectivamente, 4.458,00 m<sup>3</sup>/s e 106,00 m<sup>3</sup>/s e a vazão regularizada é de 387,00 m<sup>3</sup>/s (Duke Energy 2007).

**Tabela 4.** Características Hidráulicas, hidrológicas e limnológicas do Reservatório de Salto Grande (UHE Lucas N. Garcez). Fonte: # Duke Energy International ; □ Nogueira *et al.* (1992).

<b>Características</b>	
Área do reservatório #	12 km <sup>2</sup>
Ano de construção #	1960
Volume máximo normal #	44,2
Estado Trófico (IET) □	Meso- eutrófico a Eutrófico
Tempo de residência da água (TR) #	1,3-1,5 dias
Transparência média (Secchi) □	4,20 e 4,50 m
Padrão de desenvolvimento da margem (PDM) □	Fio d'água
Potencial Instalado #	74 MW
Vazão (máxima média diária) #	4.458,00 m <sup>3</sup> /s

#### 4.4.4. Reservatório de Capivara

O Reservatório de Capivara (UHE Escola de Engenharia Mackenzie) localiza-se nas coordenadas 27°39'00''S e 51°21'00''W na porção média do Rio Paranapanema. Em sua margem direita está localizado o Município de Taciba (SP) e em sua margem esquerda, o Município de Porecatu (PR) (figura 8).

O reservatório foi construído em 1978 e teve como finalidade principal a produção de energia elétrica. Neste reservatório encontra-se o maior potencial instalado (640 MW) da bacia do Rio Paranapanema. Sua bacia hidrográfica ocupa área de 85.000 km<sup>2</sup>, sendo 576 km<sup>2</sup> de área

inundada. Apresenta aspecto dendrítico, com extensos braços laterais formados na foz de seus inúmeros riachos e tributários (Cinzas, Capivara, Tibagi, Vermelho e Barra Grande) e o tempo de residência da água é de aproximadamente 130,6 e 131 dias (Nogueira *et al.* 2005; Duke Energy 2006).

As margens são ocupadas principalmente por plantações de cana, soja, pastagens e pequenas áreas de vegetação. Os braços laterais são ocupados por macrófitas aquáticas, principalmente *Eichhornia azurea* nas regiões marginais. De acordo com Nogueira *et al.* (1992), o estado trófico atual do reservatório varia de mesotrófico a eutrófico. As principais características de Capivara estão resumidas na tabela 5.

**Tabela 5.** Características Hidráulicas, hidrológicas e limnológicas do Reservatório de Capivara (UHE Escola de Engenharia Mackenzie). Fonte: # Duke Energy International; □ Nogueira *et al.* (1992).

<b>Características</b>	
Área do reservatório #	576 km <sup>2</sup>
Ano de construção #	1978
Volume máximo normal #	10.540 hm <sup>3</sup>
Estado Trófico (IET) □	Meso-eutrófico
Tempo de residência da água (TR) #	130,6-151 dias
Transparência média (Secchi) □	0,70 cm
Padrão de desenvolvimento da margem (PDM) □	Dendrítico
Potencial Instalado #	619 MW
Vazão (máxima média diária) #	12. 680,00 m <sup>3</sup> /s

#### 4.4.5. Reservatório de Rosana

O reservatório foi fechado em 1987, resultando em uma área inundada de 220 km<sup>2</sup>. A barragem localiza-se entre os municípios de Diamante do Norte (PR), na margem esquerda, e Rosana (SP), na sua margem direita, e a 20 km de sua foz, no Rio Paraná. Exibe padrão tipo fio d'água com tempo de residência de 18,6 dias e pequena profundidade (CESP 1998; Nogueira *et al.* 2005; Duke Energy 2006). As taxas de sedimentação no reservatório variam em torno de 0,05-5,76 g m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup> (Nogueira, dados não publicados).

Há duas unidades de conservação em suas margens: o Parque Estadual do Morro do Diabo à direita (figuras 9, 10) e a Estação Caiuá, à esquerda. Entretanto, a maior parte do seu entorno está ocupada por áreas de pastagens. O reservatório apresenta conformação alongada, com pequenos braços em seus afluentes e bancos flutuantes de macrófitas enraizadas do gênero *Eichhornia* e de macrófitas submersas *Egeria najas*. É um reservatório considerado oligotrófico (Nogueira *et al.* 2005).

As principais características do reservatório estão resumidas na tabela 6.

**Tabela 6.** Características hidráulicas, hidrológicas e limnológicas do Reservatório de Rosana (UHE Rosana). Fonte: # Duke Energy International; □ Nogueira *et al.* (1992).

<b>Características</b>	
Área do reservatório #	220 km <sup>2</sup>
Ano de construção #	1987
Volume máximo normal #	1.920 hm <sup>3</sup>
Estado Trófico (IET) □	Oligotrófico
Tempo de residência da água (TR) #	18-21,3 dias
Transparência média (Secchi) □	3,30 m
Padrão de desenvolvimento da margem (PDM) □	Fio d'água
Potencial Instalado #	353 MW
Vazão (máxima média diária) #	14.096 m <sup>3</sup> /s

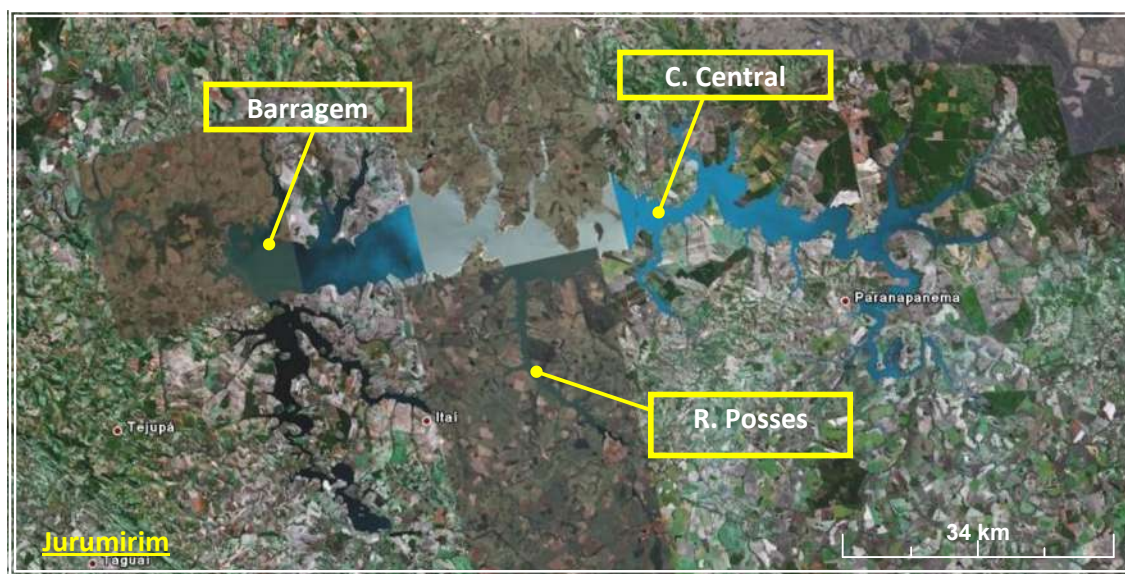


Figura 4. Imagem de satélite do Reservatório de Jurumirim (Fonte: Google Earth 2007). Abreviações: C. central = Compartimento central; R. Posses= Ribeirão das Posses (braço lateral).

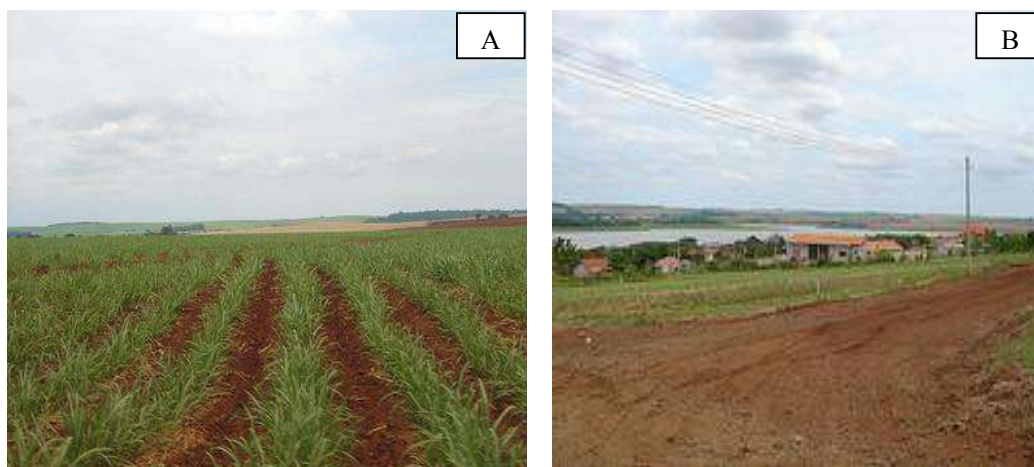


Figura 5. A. Cultivo de cana-de-açúcar; B. Terreno destinado a empreendimentos imobiliários, ambos localizados na margem à montante do Reservatório de Jurumirim. (Fonte: Fontana 2006).

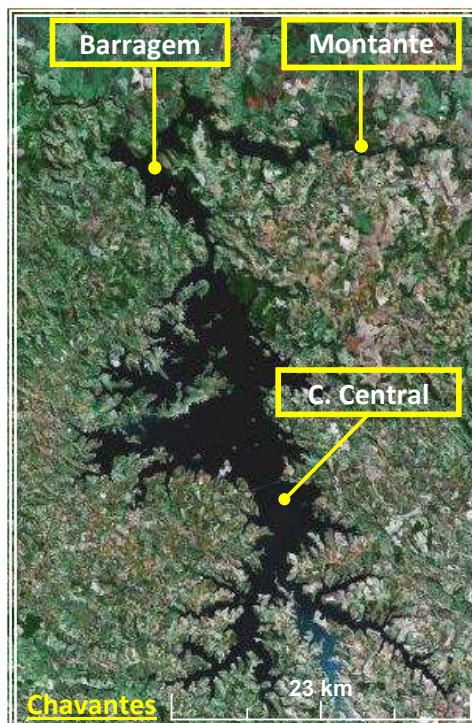


Figura 6. Imagem de satélite do Reservatório de Chavantes (Fonte: Google Earth 2007). Abreviações: C. central = Compartimento Central.

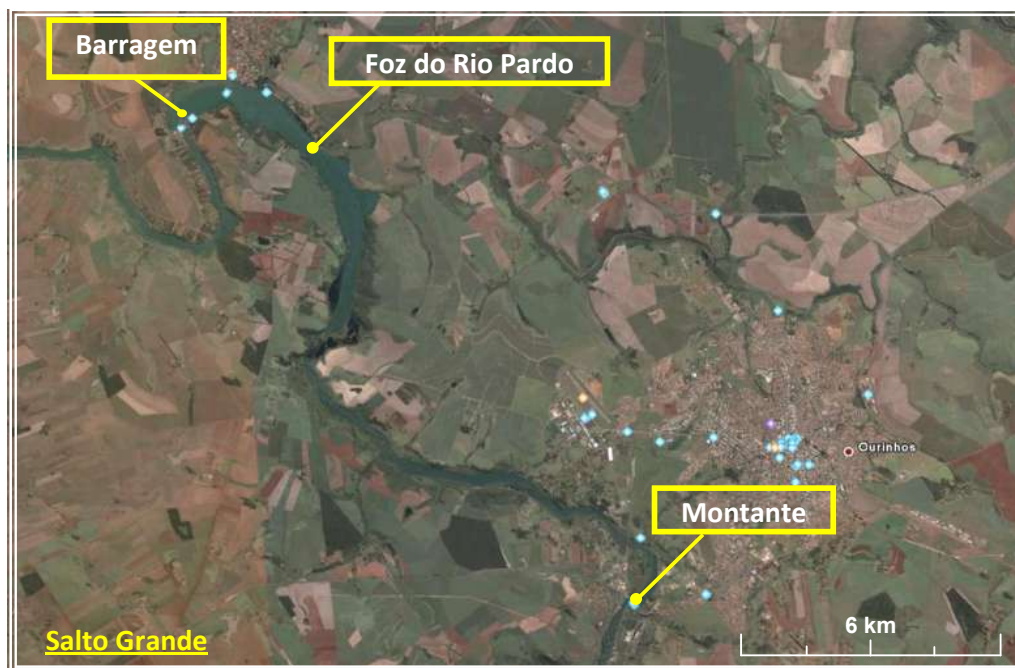


Figura 7. Imagem de satélite do Reservatório de Salto Grande (Fonte: Google Earth 2007).



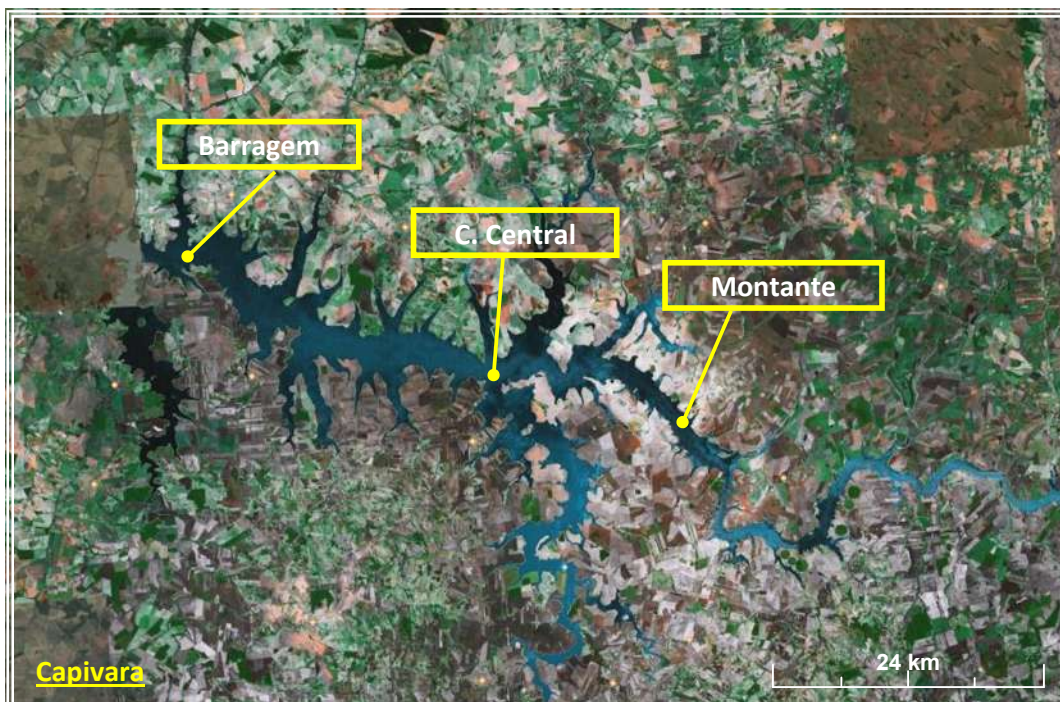


Figura 8. Imagem de satélite do Reservatório de Capivara. Abreviações: C. central = Compartimento Central, próximo à desembocadura do Rio Tibagi. (Fonte: Google Earth 2007).



Figura 9. Imagem de satélite do Reservatório de Rosana. Seta= Parque Estadual do Morro do Diabo (Fonte: Google Earth 2007).



Figura 10. Parque Estadual do Morro do Diabo, localizado na margem do Reservatório de Rosana. (Fonte: <http://www.iflorestsp.br>).

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

---

### 5.1. Amostragem

A amostragem contemplou os cinco reservatórios mais antigos da série em cascata do Rio Paranapanema. O Reservatório de Jurumirim é o primeiro do complexo de barragens, seguindo, no sentido montante-jusante, os reservatórios de Chavantes, Salto Grande, Capivara e Rosana.

O trabalho de campo foi realizado em janeiro, abril, junho e novembro de 2006, com tempo de duração entre 1 e 5 dias para cada período, iniciando-se sempre pela região de montante.

Em cada reservatório foram estabelecidas três estações de amostragem, que abrangeram três zonas: zona fluvial (zona de montante); preferencialmente a desembocadura dos principais tributários no compartimento principal dos reservatórios e região lacustre, próxima à barragem. Apenas no Reservatório de Rosana as amostragens foram realizadas na região de montante e barragem. Desta forma foram obtidas 14 unidades amostrais, com duas repetições ( $n = 2$ ) e georreferenciadas com auxílio de GPS (Garmim II plus) (tabela 7; figura 11), conforme descrição abaixo:

**Reservatório de Jurumirim** - estação 1: montante; estação 2: Ribeirão das Posses (braço lateral) e estação 3: barragem.

**Reservatório de Chavantes** - estação 4: montante; estação 5: compartimento central e estação 6: barragem.

**Reservatório de Salto Grande** - estação 7: montante; estação 8: Foz do Rio Pardo (tributário) e estação 9: barragem.

**Reservatório de Capivara** - estação 10: montante; estação 11: compartimento central, próximo à desembocadura do Rio Tibagi e estação 12: barragem.

**Reservatório de Rosana** - estação 13: montante e estação 14: barragem.

Para coleta dos sedimentos superficiais utilizou-se draga Van Veen de 308 cm<sup>2</sup> de área. As amostras foram acondicionadas em potes plásticos e posteriormente transportadas sob refrigeração em caixas térmicas contendo gelo e, no laboratório, foram mantidas congeladas até o início do processo analítico.

Tabela 7. Relação dos pontos de amostragem nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema.

Trecho do rio	Reservatório	Região	Estação de amostragem	Coordenadas geográficas
Alto Paranapanema	Jurumirim	Montante	1	38° 51'33.4''N / 94° 47'94.1''W
	Chavantes	Ribeirão das Posses (braço lateral)	2	23° 22'63.5''S / 49° 00'0,67''W
		Barragem	3	23° 13'43.4''S / 49° 13'27.8''W
		Montante	4	23° 07'57.94''S / 49°54'58.95''W
		Compartimento central	5	23° 24'10.7''S / 49° 34'26.9''W
		Barragem	6	23° 8'43.5''S / 49° 42'36.9''W
Médio Paranapanema	Salto Grande	Montante	7	22° 53'50''S / 49° 59'20''W
		Foz do Rio Pardo	8	22° 54'37''S / 49° 58'11''W
		Barragem	9	22° 55'11.5''S / 49° 57'52''W
	Capivara	Montante	10	22° 54'01''S / 50° 47'38''W
		Compartimento central (próximo à foz do Rio Tibagi)	11	23° 00'05''S / 50° 57'16''W
		Barragem	12	22° 39'21.2''S / 51° 20'49.9''W
Baixo Paranapanema	Rosana	Montante	13	22° 36'06.9''S / 52° 09'48.8''W
		Barragem	14	22° 36'21.5''S / 52° 51'50.8''W

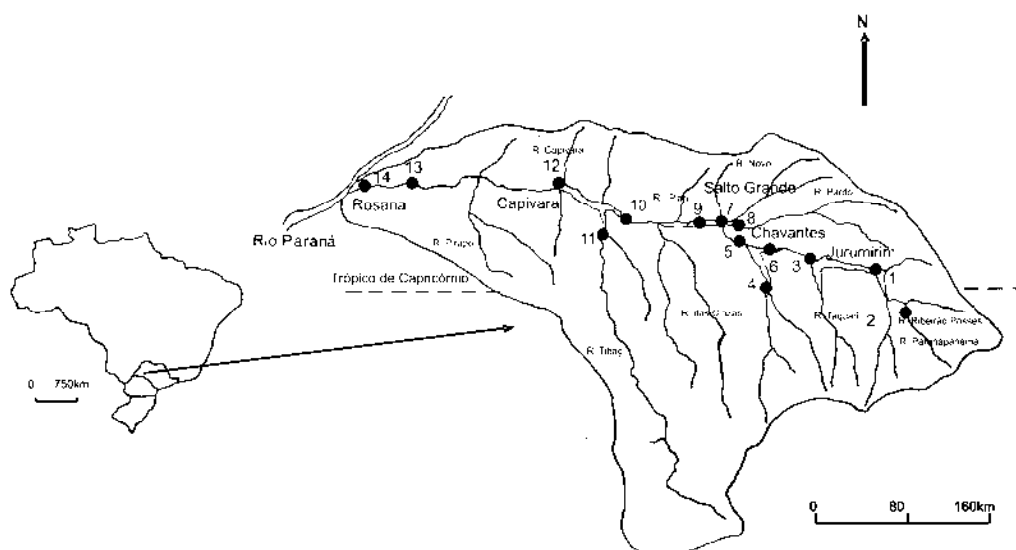


Figura 1. Localização das estações de amostragem nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Estações 1 a 6: Alto Rio Paranapanema; 7 a 12: Médio Rio Paranapanema e estações 13 a 14: Baixo Rio Paranapanema (Modificado de Nogueira *et al.* 2005).

## 5.2. Análise Física e Química dos Sedimentos

A determinação granulométrica das amostras foi feita em analisador granulométrico CILAS 1064L, que classificou as frações sedimentares quanto ao tamanho da partícula. Esta técnica automatizada requer etapa prévia que consistiu na eliminação do conteúdo de matéria orgânica por meio da oxidação das amostras (1g de sedimento seco) com peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) em placa aquecedora (70 °C).

Após oxidação, as amostras foram acondicionadas em tubos de ensaio contendo 30ml de dispersante granulométrico (pirofosfato) e, posteriormente, mantidas em agitador por 24 horas. Em seguida, as mesmas foram inseridas no analisador granulométrico automático e os dados transferidos para o computador acoplado ao aparelho. Os resultados obtidos foram calculados através do programa estatístico Gradstat 10.0 (University of London-UK 2000), que oferece 10 tipos de classificação granulométrica (tabela 8).

Tabela 8. Classificação dos grãos.

<b>Grão</b>	<b>Tamanho (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
Areia grossa	500
Areia média	250
Areia fina	125
Areia muito fina	63
Silte muito grosso	31
Silte grosso	16
Silte médio	8
Silte fino	4
Silte muito fino	2
Argila	<2

Os teores de fósforo total nos sedimentos foram obtidos conforme Andersen (1976), optando-se pela digestão nítrico-perclórica em placa aquecedora (40-50 °C). Em seguida, foi utilizado o método colorimétrico de Valderrama (1981) para a formação de complexo colorido e posterior leitura de absorbâncias em espectrofotômetro.

As concentrações de nitrogênio total do sedimento foram determinadas em analisador elementar Carlo Erba EA 1110. Previamente, foi feita a descarbonatação das amostras com ácido clorídrico (HCl 1%) e posterior secagem em estufa (40 °C) (Hedges e Stern, 1984). Cerca de 0,001g do material seco foi transferido para cápsulas de estanho e, acondicionado em estojo ELISA®

para análise. A quantificação foi realizada utilizando-se curvas de calibração ( $r > 0,999$ ) e cistina como padrão.

### 5.3. Análise das Diatomáceas

Para estudo das diatomáceas foi eliminado o conteúdo de matéria orgânica das amostras com peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$  30 vol.), em placa aquecedora ( $50\text{ }^\circ\text{C}$ ). Em seguida, as amostras foram submetidas a um processo de peneiramento em malha com abertura de 0,5 mm ( $500\text{ }\mu\text{m}$ ) a fim de reter partículas inorgânicas que pudessem dificultar a visualização das valvas, conforme Battarbee (1986). Para confecção das lâminas permanentes foi feita diluição de 0,25 g da amostra oxidada em 10 ml de água ultrapura, com a utilização de 1 ml do sobrenadante para a montagem da lâmina, utilizando Zrax ( $IR = 1,7$ ) como meio de inclusão.

**Análise Qualitativa** - O exame taxonômico foi baseado em análise populacional, de forma a avaliar as expressões polimórficas e eventuais deformações das frústulas. Os táxons foram, sempre que possível, identificados em níveis específico e infra-específico com auxílio de obras clássicas e mais recentes (e.g. Hustedt 1930; Patrick & Reimer 1966, 1975; Germain 1981; Simonsen 1987; Round *et al.* 1990; Metzeltin & Lange-Bertalot 1998; Rumrich *et al.* 2000; Metzeltin & García-Rodríguez 2003; Metzeltin & Lange-Bertalot 2007), das floras ficológicas do Estado de São Paulo (Ludwig 1996, Tavares 2001, Morandi 2002, Carneiro 2003), além de trabalhos mais recentes sobre a diatomoflora do Estado do Paraná (Brassac & Ludwig 2003; Ludwig *et al.* 2004; Landucci & Ludwig 2005; Brassac & Ludwig 2005; Ferrari & Ludwig 2007).

A análise foi feita por meio de microscópio óptico binocular Zeiss, Axioscop 2 plus, equipado com contraste-de-fase, câmara-clara e com sistema de captura de imagem.

**Análise Quantitativa** - Para a análise quantitativa das diatomáceas, estabeleceu-se um limite de contagem mínima de 500 valvas em cada amostra, conforme Battarbee (1986). A contagem de indivíduos foi feita em transecções longitudinais nas lâminas permanentes em aumento de  $1.000\times$ , sob microscópio óptico binocular Zeiss, Axioscop 2 plus, com sistema de captura de imagem.

O cálculo da densidade relativa de diatomáceas seguiu a equação abaixo (Battarbee 1986):

$$\text{Densidade (valvas gMS}^{-1}\text{)} = N \times (A_l / N_c \times A_c) \times (V_a / V_s).$$

**Onde:**

**N** = número de valvas contadas;

**A<sub>l</sub>** = área da lamínula;

**N<sub>c</sub>** = número de campos contados;

**A<sub>c</sub>** = área do campo;

**V<sub>a</sub>** = volume da amostra;

**V<sub>s</sub>** = volume da subamostra

Conforme Lobo & Leighton (1986), foram consideradas espécies dominantes aquelas cujas densidades são maiores do que 50% da densidade total da comunidade e espécies abundantes aquelas cujas densidades superam a densidade média das populações de cada amostra.

**Informação ecológica** - Os dados ecológicos das espécies foram avaliados a partir das análises quantitativas e de literatura especializada, tais como Lowe (1974), Lange-Bertalot (1979), Round *et al.* (1990), Descy & Coste (1990), Round (1991), Denys (1991), Van Dam (1994), Lobo *et al.* (2000, 2004). As informações também foram obtidas através do software OMNIDIA 8.1, bem como busca pelos “sites” de diatomáceas (<http://diatom-l@listserv.indiana.edu>; [diatomologos@yahoogrupos.com.br](mailto:diatomologos@yahoogrupos.com.br)), European Diatom Database (<http://craticula.ncl.ac.uk/Eddi/jsp/index.jsp>).

**Índices Biológicos** - Foram calculados índices de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), conforme Shannon & Weaver 1963), equitatividade (Lloyd & Ghelardi 1964), dominância (Simpson 1949) e riqueza ( $n^\circ$  táxons/amostra).

► **Índice de Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ):**  $H' = - \sum p_i \cdot \log_2 p_i$ ,

Onde:

$H'$  = índice de diversidade (bits.ind<sup>-1</sup>)

$p_i$  =  $n_i/N$

$n_i$  = abundância relativa de cada táxon na unidade amostral

$N$  = número total de indivíduos na amostra

► **Índice de Equitabilidade (E):**  $E = H' / \log_2 S$

Onde:

$H'$  = Índice de diversidade (bits ind<sup>-1</sup>)

$S$  = número total de táxons contados na amostra.

► **Índice de Dominância de Simpson (D):**  $D = \sum (p_i)^2$

Onde:

$p_i$  =  $n_i/N$

$n_i$  = abundância relativa de cada táxon na unidade amostral

$N$  = número total de indivíduos na amostra.

#### **5.4. Análise Estatística**

Para análise da similaridade da comunidade de diatomáceas, empregou-se análise de agrupamento (UPGMA), utilizando o índice de Jaccard.

Para a avaliação conjunta dos dados quantitativos, aplicou-se análise de componentes principais (ACP). Para a matriz biológica foram consideradas as espécies com representação igual ou superior a 0,7% da abundância total da comunidade (em cada unidade amostral), excluindo as de ocorrência rara, ou seja, em uma única estação de amostragem. Foi feita a transformação dos dados pelo  $[\log (x+1)]$ , com utilização de matriz de covariância. Para a matriz abiótica, os dados foram transformados utilizando a matriz de correlação.

A transformação dos dados foi feita a partir do programa FITOPAC (Shepard 1996) e as análises, propriamente ditas, pelo programa PC-ORD, versão 4.10 para Windows (McCune & Mefford 1997).

## **6. RESULTADOS: COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA**

---

**6.1.** Capítulo 1 - Diatomáceas (Ochrophyta) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR, Brasil): Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae (submetido à publicação na Acta Botanica Brasilica).



**Diatomáceas (Ochrophyta) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR, Brasil): Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae**

Luciane Fontana<sup>1,2</sup> & Denise de C. Bicudo<sup>2,3</sup>

**RESUMO – (Diatomáceas (Ochrophyta) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR, Brasil): Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae).** Foi realizado inventário florístico das diatomáceas pertencentes às classes Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Amostras de sedimentos foram coletadas entre os meses de janeiro e novembro de 2006, com draga Van Veen, em três estações de amostragem de cinco reservatórios distribuídos nas regiões do alto (represas de Jurumirim e Chavantes), médio (represas de Salto Grande e Capivara) e baixo Paranapanema (Represa de Rosana). Foram identificados 13 táxons infragênicos, seis e sete respectivamente pertencentes às classes Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae. *Cyclotella menegheniana* e *Aulacoseira granulata* var. *granulata* apresentaram ampla distribuição enquanto que *Discostella pseudostelligera* e *Staurosira crassa* ocorreram exclusivamente na montante do Reservatório de Jurumirim. As espécies *Thalassiosira* sp., *Asterionella formosa* var. *formosa*, *Staurosira martyi*, *Staurosira acutirostrata* e *Fragilaria crassa* constituem novas citações para a bacia hidrográfica do Rio Paranapanema.

**Palavras-chave:** algas, Bacillariophyta, flora, taxonomia, sistema lótico

**ABSTRACT - (Diatoms (Ochrophyta) from superficial sediments of cascade reservoirs in the Paranapanema River (SP/PR, Brazil): Coscinodiscophyceae and Fragilariophyceae).** Floristic survey of Coscinodiscophyceae and Fragilariophyceae from superficial sediments of cascade reservoirs in the Paranapanema River is presented. Sediment samplings were gathered during January-November 2006, with van Veen dredge in three sampling stations of five reservoirs located in the upper Paranapanema River (Jurumirim and Chavantes reservoirs), middle portion (Salto Grande and Capivara reservoirs) and lower river (Rosana Reservoir). Thirteen infrageneric taxa were identified, six of them belonging to class Coscinodiscophyceae and the other seven to Fragilariophyceae. *Cyclotella menegheniana* and *Aulacoseira granulata* var. *granulata* were the best distributed species, while *Discostella pseudostelligera* and *Fragilaria crassa* occurred exclusively in the Upstream zone of Jurumirim reservoir. *Thalassiosira* sp., *Asterionella Formosa* var. *formosa*, *Staurosira martyi*, *Staurosira acutirostrata* and *Fragilaria crassa* were new records for the Paranapanema River Basin.

**Key words:** algae, Bacillariophyta, flora, taxonomy, lotic system

<sup>1</sup> Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora – Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente do Instituto de Botânica (lucianefontana@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Seção de Ecologia, Instituto de Botânica, Av. Miguel Stéfano, 3687, CEP 04301-012 São Paulo, SP, Brasil

<sup>3</sup> Autor para correspondência: dbicudo@terra.com.br

## **Introdução**

Estudos referentes à diatomoflora de ambientes lóticos continentais brasileiros são extremamente escassos (Brassac & Ludwig 2005), especialmente, em rios que foram submetidos à construção de reservatórios. Considerando o compartimento dos sedimentos aquáticos, inexistem qualquer contribuição, exceto aos raros estudos sobre paleolimnologia realizados em ambientes lênticos no país (Dumont & Tundisi 1997; Callegaro 1998; Moro 1998; Fürstenberger 2001; Gianini 2002; Souza *et al.* 2007).

Apenas quatro trabalhos resumem o conhecimento da diatomoflora do Rio Paranapanema, sendo apenas um taxonômico, que inventariou as diatomáceas do trecho a represar do Reservatório de Rosana, identificando o total de 51 táxons (Bicudo *et al.* 1993). Outro, de cunho ecológico, trata da diversidade das comunidades fitoplanctônicas e inclui ilustrações de 52 táxons de diatomáceas do Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002). Os demais, de caráter eminentemente ecológico, apresentam listas de espécies (Felisberto & Rodrigues 2005; Henry *et al.* 2006) ou apenas citações de alguns táxons (Nogueira 2000).

Este trabalho pretende contribuir pioneiramente com a taxonomia e a distribuição das diatomáceas pertencentes às classes Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Representa, ainda, contribuição inédita sobre a composição de diatomáceas de sedimentos superficiais de reservatórios em cascata no país. Como o sedimento acumula os eventos que ocorreram na bacia de drenagem, esse compartimento representa uma amostra espacial e temporalmente integrada da biodiversidade da área de estudo.

## **Material e métodos**

O Rio Paranapanema tem suas nascentes localizadas na Serra de Paranapiacaba, no Município de Capão Redondo (SP), na área de proteção ambiental da Serra do Mar. Sua bacia hidrográfica localiza-se nas coordenadas 22-26° S e 47-54° W, estendendo-se pelo sudoeste do Estado de São Paulo e norte do Estado de Paraná. A área drenada é de 100.800 km<sup>2</sup>, sendo 47% em território paulista e 53% no Paraná. O sistema em cascata de reservatórios do Rio Paranapanema é um dos principais tributários do alto Rio Paraná. O curso principal do rio, em direção leste-oeste, tem extensão total de 929 km, com

570 m de desnível, desenvolvendo-se entre as altitudes 809 e 239 m. A declividade relativamente elevada ( $0,6 \text{ m km}^{-1}$ ), com restritas planícies de inundação, é uma característica importante do Rio Paranapanema (Agostinho *et al.* 1995).

Conforme Nogueira *et al.* (2002), entre 1958 e 1999, oito usinas hidrelétricas foram construídas pela CESP (Centrais Elétricas do Estado de São Paulo) no curso principal do rio. A Represa de Jurumirim é a primeira delas, seguida pelas represas de Chavantes, Salto Grande, Canoas II, Canoas I, Capivara, Taquaruçu e Rosana. O volume máximo é atingido em Capivara ( $10.540 \text{ hm}^3$ ), seguido por Chavantes ( $8.795 \text{ hm}^3$ ) e Jurumirim ( $7.008 \text{ hm}^3$ ). As demais não possuem grandes reservatórios em operação, sendo do tipo fio d'água. Uma represa de menor porte localizada no Município de Piraju (SP), Taquaruçu do Complexo Canoas e duas outras recém construídas, não foram incluídas neste trabalho, que abrange os cinco reservatórios mais antigos da série em cascata (Jurumirim, Chavantes, Salto Grande, Capivara e Rosana). O alto Paranapanema é referido ao trecho inicial do rio, incluindo as represas de Jurumirim e Chavantes, o médio Paranapanema abrange o trecho compreendido entre Salto Grande e Capivara e o baixo Paranapanema, as represas de Taquaruçu e Rosana.

O uso e a ocupação das terras adjacentes às margens do rio variam conforme a região. Assim, podem ser observadas grandes áreas plantadas com *Pinus* e *Eucalyptus*, culturas variadas como café, cana-de-açúcar, banana e pastagens para gado no alto Paranapanema; agricultura intensiva de cana-de-açúcar, milho, soja e formações florestais no médio Paranapanema; e o predomínio de pecuária extensiva no baixo Paranapanema. Ainda, as formações florestais estão distribuídas em fragmentos isolados e pequenos, exceto à área de preservação do Parque Estadual do Morro do Diabo, junto à margem paulista da Represa de Rosana (Nogueira *et al.* 2002). Dados recentes mostram que condições meso-eutróficas já ocorrem nos reservatórios do médio curso do rio em função do uso intensivo do solo para fins agrícolas na região, nos demais trechos (alto e baixo curso do rio) prevalecem condições oligotróficas (Nogueira *et al.* 2005).

As amostras de sedimentos superficiais (10 cm) foram coletadas com Draga Van Veen ( $308 \text{ cm}^2$ ) em três estações de amostragem de cinco reservatórios distribuídos nas regiões do alto (represas de Jurumirim e Chavantes), médio (represas de Salto Grande e Capivara) e baixo Paranapanema (Represa de Rosana) do Rio Paranapanema, entre os meses de janeiro e novembro de 2006 (Fig. 1, Tab. 1). Apenas no Reservatório de Rosana foi coleta em duas regiões.

O material coletado foi imediatamente congelado até seu processamento. Lâminas permanentes foram preparadas segundo a técnica de oxidação com peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) descrita em Battarbee (1986), utilizando-se Zrax como meio de inclusão. O exame qualitativo foi baseado em análise populacional, de forma a representar a variabilidade morfológica dos indivíduos estudados. A análise foi feita por meio de microscópio óptico binocular Zeiss, Axioscop 2 plus, equipado com contraste-de-fase,

câmara-clara e com sistema de captura de imagem. Para fins de distribuição geográfica na bacia hidrográfica do Rio Paranapanema, foram considerados os táxons citados em literatura desde que passíveis de reidentificação.

O sistema de classificação adotado foi o de Cavallier-Smith (1998) e Round *et al.* (1990). Alguns gêneros foram propostos em obras mais recentes, tais como *Ulnaria* (Compère 2001) e *Discostella* (Houk & Klee 2004).

As amostras em lâminas permanentes e material seco encontram-se depositadas no acervo do Herbário Científico do Estado “Maria Eneida P. Kauffmann Fidalgo” do Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SP390881 a SP390894).

## Resultados e discussão

O estudo florístico das classes Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae de cinco reservatórios em cascata do Rio Paranapanema permitiu a identificação de 13 táxons. A riqueza para estas classes variou de 8 a 9 táxons por reservatório (incluindo as estações de amostragens), exceto ao de Rosana, no qual foi bem menor (Tab. 2). Cinco táxons foram citados pela primeira vez para a bacia hidrográfica do Rio Paranapanema (*Thalassiosira* sp., *Asterionella formosa* Hassal var. *formosa*, *Fragilaria crassa* Metzeltin & Lange-Bertalot, *Staurosira martyi* (Héribaud) Morales & Manoylov e *Staurosira acutirostrata* (Metzeltin & Lange-Bertalot) Metzeltin & Lange-Bertalot. Exceto ao reservatório de Rosana e ao Rio Tibagi, todos os táxons foram registrados pela primeira vez para os respectivos reservatórios (Tab. 2). Dentre os táxons inventariados, *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen var. *granulata* e *Cyclotella menegheniana* Kützing apresentaram ampla distribuição, sendo registradas nos cinco reservatórios e em 13 e 14 estações de amostragem, respectivamente (Tab. 2). As espécies *Discostella pseudostelligera* (Hustedt) Houk & Klee e *Fragilaria crassa* Metzeltin & Lange-Bertalot foram encontradas apenas na estação de montante do Reservatório de Jurumirim.

Os 13 táxons identificados estão distribuídos em três ordens, quatro famílias e nove gêneros, como seguem:

Classe Coscinodiscophyceae

Ordem Thalassiosirales

Família Thalassiosiraceae

*Thalassiosira* Cleve

*Thalassiosira* sp.

Fig. 2-4.

Valvas cilíndricas, solitárias, superfície valvar plana, estrias conspícuas de tamanhos irregulares na região central, tornando-se inconspícuas de tamanhos regulares em direção às margens, dispostas radialmente, processos (fultopórtulas) formando um anel na margem da valva de difícil visualização em amostras de sedimento. Diâmetro: 17,6-35,2  $\mu\text{m}$ , fultopórtulas: 10-11.

Este táxon difere dos demais conhecidos para o gênero por apresentar estrias conspícuas de tamanhos irregulares na região central, tornando-se inconspícuas e de tamanhos regulares em direção às margens e ausência de fultopórtulas na região central. Trata-se, muito provavelmente, de uma nova espécie.

*Thalassiosira* é um gênero bem representado em ambiente marinho, porém algumas espécies já foram registradas em ambientes de água doce (Cassie & Dempey 1980). Conforme Ferrari & Ludwig (2007), a ocorrência de espécies de *Thalassiosira* é escassa em ambientes continentais paranaenses, entretanto, para o Rio Paranapanema, o táxon foi amplamente representado, ocorrendo em 43% das estações de amostragem. Distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 3), Chavantes (estações 5 e 6), Salto Grande (estações 7 e 9) e Capivara (estação 10) (Tab. 2).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390885, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390889); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890).

Família Stephanodiscaceae

*Cyclotella* (Kützing) Brébisson

*Cyclotella menegheniana* Kützing. Bacillaria, p. 50, pl. 30: 68. 1844.

Fig. 5-8.

Valvas circulares, superfície valvar lisa a delicadamente ondulada; área central hialina ou com pontuação granular delicada; estrias alveolares marginais dispostas radialmente, alargando-se em direção à margem valvar. Diâmetro: 6,0-20,9  $\mu\text{m}$ ; estrias: 8-18 em 10  $\mu\text{m}$ .

A espécie é comumente encontrada em ambientes lóticos paranaenses (Brassac *et al.* 1999). Já foi citada para o Reservatório de Rosana por Bicudo *et al.* (1993), que encontraram espécimes com número igual a inferior de estrias.

Apresentou ampla distribuição na área de estudo, ocorrendo em todas as estações de amostragem (Tab. 2).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio

Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390390884, SP390885, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390888, SP390889); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893, 390894).

### ***Discostella*** Houk & Klee

#### Chave para os táxons de ***Discostella***

1. Processos marginais conspicuos..... 1. ***D. pseudostelligera***

1. Processos marginais inconspicuos..... 2. ***D. stelligera***

1. ***Discostella pseudostelligera*** (Hustedt) Houk & Klee. *Diatom Research*, 19(2): 2223. 2004.

Fig.11-12.

Valvas circulares em vista valvar, área central projetada, diferenciada da margem valvar, com estria alveolar central, circular, circundada por estrias alveolares de tamanhos irregulares, radiadas, formando uma roseta; região marginal com estrias radiadas e presença de processos (fultopórtulas) conspicuos na margem valvar. Diâmetro valvar: 7,1-8,9  $\mu\text{m}$ ; estrias 13-15 em 10  $\mu\text{m}$ ; processos: 8-9.

Difere de *D. stelligera* por apresentar fultopórtulas marginais conspicuas. Além disso, *D. pseudostelligera* possui diâmetro valvar menor e valvas menos silicificadas (Haworth & Hurley 1986).

A espécie já foi citada para a área de estudo no Reservatório de Rosana (Bicudo *et al.* 1993), ocorrendo, no presente, exclusivamente na montante do Reservatório de Capivara (estação 1).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881).

2. ***Discostella stelligera*** (Cleve & Grunow) Houk & Klee. *Diatom Research*, 19(2): 208. 2004.

Fig. 9-10.

Valvas circulares em vista valvar, área central projetada, diferenciada da margem valvar, contendo estria alveolar central arredondada, circundada por estrias alveolares de tamanhos irregulares, formando uma roseta; estrias alveolares marginais dispostas radialmente. Diâmetro valvar: 8,9-13,1  $\mu\text{m}$ , 14-17 estrias em 10  $\mu\text{m}$ .

Difere de *D. pseudostelligera* (Hustedt) Houk & Klee, principalmente, pelos processos marginais inconspicuos, de difícil visualização em microscopia óptica e ausência de estrias suplementares mais curtas entre as estrias.

O táxon já foi citado para o Reservatório de Rosana (Bicudo *et al.* 1993) e, no presente, distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1 e 3), Chavantes (estações 5 e 6), Salto Grande (estação 9) e Capivara (estação 12), ocorrendo em 43% das estações de amostragem (Tab. 2).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390885, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390889); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390892).

## Ordem Aulacoseirales

### Família Aulacoseiraceae

#### *Aulacoseira* Twaites

#### Chave para os táxons de *Aulacoseira*

1. Diâmetro valvar superior a 4,0  $\mu\text{m}$  .....1. *A. granulata* var. *granulata*  
 1. Diâmetro valvar inferior a 2,5  $\mu\text{m}$  .....2. *A. granulata* var. *angustissima*

1. *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen var. *granulata*. Bacillaria 2: 58. 1979.

Fig. 13-18.

Valvas cilíndricas em vista conectival, unidas em cadeias retas por espinhos de ligação curtos e longos, manto ornamentado com estrias areoladas, grosseiras ou não, paralelas a levemente oblíquas em relação ao eixo perivalvar. Altura da semicélula: 9,4-24,4  $\mu\text{m}$ ; diâmetro: 4,5-13,6; estrias: 8-18 em 10  $\mu\text{m}$ ; aréolas 7-9 em 10  $\mu\text{m}$ .

Landucci & Ludwig (2005) ressaltam que a presença de estrias grosseiras e espinhos de ligação são importantes características para a taxonomia deste grupo em nível específico.

O táxon já foi citado para a área de estudo para o Reservatório de Rosana (Bicudo *et al.* 1993) e para o Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002). Teve ampla distribuição, ocorrendo nos reservatórios de Jurumirim (estações 2 e 3), Chavantes (estações 5 e 6), Salto Grande (estações 7, 8 e 9), Capivara (estações 10, 11 e 12) e Rosana (estações 13 e 14), ou seja, em 86% das estações de amostragem (Tab. 2).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882, SP390883); **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390885, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390888, SP390889);

Reservatório Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893, SP390894);

2. *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen var. *angustissima* (O. Müller) Simonsen. Bacillaria 2: 58.1979.

Fig. 19.

Valvas cilíndricas em vista conectival, formando cadeias retas, unidas por espinhos de ligação curtos, manto ornamentado por estrias areoladas, delicadas, dispostas paralela a levemente obliquas em relação ao eixo perivalvar. Comprimento da semicélula: 6,3-11,0  $\mu\text{m}$ , diâmetro: 1,4-2,3  $\mu\text{m}$ ; 10-12 estrias em 10  $\mu\text{m}$ ; aréolas 15-20 em 10  $\mu\text{m}$ .

Essa variedade difere da variedade típica da espécie principalmente pelo diâmetro valvar menor e pelas estrias do manto delicadamente areoladas (Hustedt 1927-1930).

A variedade já foi citada para a área de estudo no reservatório de Rosana (Bicudo *et al.* 1993) e no Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002). No presente, apresentou distribuição restrita ao Reservatório de Capivara (Tab. 2).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892).

Classe Fragilariophyceae

Ordem Fragilariales

Família Fragilariaceae

*Asterionella* Hassal

*Asterionella formosa* Hassal var. *formosa*. Microscopic Examination of the Water p. 10, pl.2, fig.5. 1855. Fig. 20-21.

Valvas heteropolares, lineares, extremidades capitadas, distintas do restante da valva; esterno estreito, inconspícua, estrias delicadas de difícil visualização em amostras de sedimento. Comprimento: maior do que 46,0  $\mu\text{m}$ , largura: 2,7-4,3  $\mu\text{m}$ .

Apesar dos espécimes apresentarem as valvas quebradas, a análise de extremidades capitadas de dimensões marcadamente distintas permitiu a identificação dos materiais.

O táxon distribuiu-se apenas em duas estações de amostragens, nos reservatórios de Salto Grande (estação 9) e Capivara (estação 11), ocorrendo em 14% dos locais amostrados (Tab. 2). Trata-se da primeira citação da ocorrência da espécie para a área de estudo.



Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390889), Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891).

***Fragilaria*** Lyngbye

Chave para táxons de ***Fragilaria***

1. Valvas linear a linear-lanceoladas .....1. ***Fragilaria capucina*** var. ***capucina***  
 1. Valvas elípticas a elíptico-lanceoladas .....2. ***Fragilaria crassa***

1. ***Fragilaria capucina*** Desmazières var. ***capucina*** “*sensu lato*”, in Rumrich, Lange-Bertalot & Rumrich Iconographia Diatomologica 9: pl. 3, fig. 1-6. 2000.

Fig. 22-24.

Valvas linear a linear-lanceoladas, extremidades subcapitadas, esterno linear, estreita; área central retangular, expandida bilateralmente, não intumescida, esterno estreito, linear, estrias robustas, paralelas, intercaladas com as estrias da margem oposta. Comprimento: 22,2-45,7 µm, largura: 4,1-7,8 µm, 13-18 estrias em 10 µm.

Ludwig & Flores (1997) comentam a problemática taxonômica que envolve a circunscrição das variedades de *F. capucina* Desmazières, que usualmente se separam pelo número de estrias, intumescimento central e contorno valvar. Como os materiais examinados não apresentaram intumescimento central uni ou bilateral, adotou-se a circunscrição mais ampla da variedade típica de Rumrich *et al.* (2000).

O táxon já foi citado em nível específico para o Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002). No presente, distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1 e 3), Chavantes (estação 6), Salto Grande (estação 9) e Capivara (estação 11), ocorrendo em 36% das estações amostradas (Tab. 2).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390889); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891).

2. ***Fragilaria crassa*** Metzeltin & Lange-Bertalot, Iconographia Diatomologica 5: 89-90, pl. 1, fig. 20-23, pl. 2, fig.1. 1998.

Fig. 25-26

Valvas elípticas a elíptico-lanceoladas, ápices atenuado-arredondados, estrias robustas, paralelas, disposição alterna em relação às da margem oposta, esterno linear-lanceolado. Comprimento: 8,0-14,2  $\mu\text{m}$ , largura: 2,6-3,6  $\mu\text{m}$ , estrias: 11-14 em 10  $\mu\text{m}$ .

Os materiais concordam com a circunscrição original da espécie, exceto por apresentarem medidas menores. O táxon ocorreu exclusivamente na região de montante do Reservatório de Jurumirim (estação 1), sendo citado pela primeira vez para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881).

### *Staurosira* Ehrenberg

#### Chave para os táxons de *Staurosira*

1. Extremidades valvares destacadas, estreitamente rostrado-alongadas .....1. *Staurosira acutirostrata*  
 1. Extremidades valvares atenuado-arredondadas .....2. *Staurosira martyi*

1. *Staurosira acutirostrata* (Metzeltin & Lange-Bertalot) Metzeltin & Lange-Bertalot *in* Metzeltin, Lange-Bertalot & García-Rodríguez, *Iconographia Diatomologica* 15: 229. 2005.

Fig 27.

Valvas lineares amplamente intumescidas na região central, extremidades valvares destacadas, estreitamente rostrado-alongadas; estrias grosseiras, unisseriadas que se estendem pelo manto valvar, disposição alterna, esterno linear-lanceolado, de difícil visualização em amostras de sedimento. Comprimento: 15,1  $\mu\text{m}$ , largura: 4,0  $\mu\text{m}$ , estrias: 12 em 10  $\mu\text{m}$ .

O único exemplar examinado concorda com a circunscrição dos menores exemplares da espécie em Metzeltin & Lange-Bertalot (1998). Entretanto, amplia de 9 para 12 estrias em 10  $\mu\text{m}$ , concordando com o espécime ilustrado em Rumrich *et al.* (2000: pl. 7, fig. 29) e identificado como *Fragilaria* (*Staurosira*) cf. *acutirostrata* Metzeltin & Lange-Bertalot.

O táxon ocorreu exclusivamente na foz do Rio Pardo (Represa de Salto Grande, estação 8). Trata-se da primeira citação da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390888).

2. *Staurosira martyi* (Héribaud) Morales & Manoylov. *Diatom Research* 21(2): 354. 2006.

Fig. 28 - 30.

Valvas lanceoladas; extremidades valvares atenuado-arredondadas; estrias robustas, paralelas a sutilmente intercalares com as da margem oposta; esterno linear a linear-lanceolado de difícil visualização em amostras de sedimento. Comprimento: 15,3-20,5  $\mu\text{m}$ ; largura: 4,1-6,4  $\mu\text{m}$ , estrias: 6-8 em 10  $\mu\text{m}$ .

Assemelha-se à população examinada por Ferrari & Ludwig (2007) e identificada como *Martyana martyi* (Héribaud) Round var. *martyi*. O táxon distribuiu-se restritamente no Reservatório de Chavantes (estações 5 e 6), em 14% das estações de amostragem. É a primeira citação da ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390885, SP390886).

### *Synedra* Ehrenberg

*Synedra goulardii* Brébisson ex Cleve & Grunow var. *goulardii*, in Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar 17(2): 107, pl.6, fig. 119.1880.

Fig. 31-33.

Valvas linear-lanceoladas, constrição mediana suave a pronunciada; extremidades atenuado-arredondadas, capitadas a subcapitadas; esterno linear, estreita; área central quadrangular, estrias paralelas, opostas. Comprimento: 35,8-60,7  $\mu\text{m}$ ; largura: 7,3-9,6  $\mu\text{m}$ . 7-14 estrias em 10  $\mu\text{m}$ .

O táxon já foi citado para o reservatório de Rosana (Bicudo *et al.* 1993) e, presentemente, ocorreu em 50% das estações amostradas, distribuindo-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1, 2 e 3), Chavantes (estação 5), Capivara (estação 11) e Rosana (estações 13 e 14) (Tab. 2).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390885); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893, SP390894).

### *Ulnaria* (Kützing) Compère

*Ulnaria ulna* (C.L. Nitzsch) Compère var. *ulna*, in Jahn *et al.* Studies on diatoms, p. 100. 2001.

Fig. 34-35.

Valvas lineares a linear-lanceoladas; constrição mediana ausente; extremidades rostradas a subcapitadas; esterno linear; área central retangular delimitada por estrias menores de difícil visualização em amostras de sedimento; estrias paralelas, opostas em relação às da outra margem. Comprimento: 59,1-72,2  $\mu\text{m}$ ; largura: 7,0-7,6  $\mu\text{m}$ ; estrias 9-24 em 10  $\mu\text{m}$ .

O táxon já foi citado para o Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002) e, no presente, foi registrado para os reservatórios de Jurumirim (estações 1, 2 e 3), Chavantes (estação 5), Salto Grande (estação 8) e Capivara (estação 11), ocorrendo em 43% das estações de amostragem (Tab. 2).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390885); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390888); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891).

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Marcos Gomes Nogueira e ao Prof. Dr. Raoul Henry, do Departamento de Zoologia da Universidade Estadual Paulista, Botucatu, pelo inestimável auxílio nas coletas, a “Duke Energy International” pela autorização das coletas, à FAPESP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela bolsa em nível de mestrado concedida à primeira autora (processo 05/57399-6) e ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Bolsa concedida a DCB, processo 520745/96-5 to DCB).

### Referências Bibliográficas

- Agostinho, A.A.; Vazzoler, A.E.A.M. & Thomaz, S.M. 1995. The high river Paraná basin: limnological and ichthyological aspects. Pp. 59-570. In: Tundisi, J. G.; Bicudo C.E.M. & Matsumura-Tundisi, T. (eds.). **Limnology in Brazil**. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências e Sociedade Brasileira de Limnologia.
- Batarbee, R.W. 1986. Diatoms analysis. Pp. 527-570. In: Berglund, B.E. (ed.). **Handbook of Holocene Palaeohydrology**. New York, John Wiley & Sons.
- Bicudo, D.C., Bicudo, C.E.M., Castro, A.A.J. & Picelli-Vicentim, M.M. 1993. Diatomáceas (Bacillariophyceae) do trecho a represar do Rio Paranapanema (Usina Hidrelétrica de Rosana), Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea** 20: 47-68.
- Bittencourt-Oliveira, M.C. 2002. A comunidade fitoplantônica do rio Tibagi: uma abordagem preliminar de sua diversidade. Pp. 373-402. In: M.E. Medri; E. Bianchini; O.A. Shibatta; J.A. Pimenta (orgs.). **A bacia do rio Tibagi**. Londrina, M.E. Medri.

- Brassac, N.M.; Atab, D.; Landucci, M.; Visinoni, N.D. & Ludwig, T.A.V. 1999. Diatomáceas cêntricas de rios na região de abrangência da Usina Hidrelétrica de Salto Caxias, PR (bacia do rio Iguaçu). **Acta Botanica Brasilica** 13(3): 277-289.
- Brassac, N.M., Ludwig, T.A.V. 2005. Amphipleuraceae e Diploneidaceae (Bacillariophyceae) da bacia do rio Iguaçu, PR, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 19(2): 359-368.
- Callegaro, V.L.M. 1988. Diatomáceas da turfeira de Águas Claras, planície costeira do rio Grande do Sul: taxonomia, aspectos ecológicos e subsídios à Paleolimnologia. **Tese de doutoramento, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre**. 299 p.
- Cassie, V. & Dempsey, G.P. 1980. A new freshwater species of *Thalassiosira* from some oxidation ponds in a new Zealand, and its ultrastructure. **Bacillaria** 3: 273-292.
- Cavallier-Smith, T. 1998. A revised six-kingdom system of life. **Biological Reviews** 73: 203-266.
- Compère, P. 2001. *Ulnaria* (Kützing) Compère, a new genus name for *Fragilaria* subgen. *Alterasynedra* Lange-Bertalot with comments on the typification of *Synedra* Ehrenberg. Pp. 97-101. In: R. Jahn; J.P. Kociolek; A. Witkowski & P. Compère (eds.). **Lange-Bertalot Festschrift: studies on Diatoms**. Ruggell, A.R.G. Gantner.
- Dumond, H.J. & Tundisi, J.G. 1997. Preliminary data on the paleolimnology of four lakes. In: Tundisi, J.G.; Saijo, Y. (eds.). **Limnological studies on the Rio Doce valley lakes, Brazil**. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências & USP, 528 p.
- Felisberto, S.A. & Rodrigues, L. 2005. Periphytic community of reservoirs cascade in the Paranapanema river, Brazil. **Acta Scientiarum** 27(3): 215-223.
- Ferrari, F. & Ludwig, T.A.V. 2007. Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae e Bacillariophyceae (Achnanthes) dos rios Ivaí, São João e dos Patos, bacia hidrográfica do rio Ivaí, Município de Prudentópolis, PR, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 21(2): 421-441.
- Fürstenberger, C.B. 2001. Interpretações paleolimnológicas do quaternário recente a partir da análise da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyceae) no sedimento do Rio Icatu, Município de Xique-Xique, Estado da Bahia, Brasil. **Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro**. 128p.
- Gianini, C. E. de C. 1998. Diatomáceas como indicadoras de acidificação em lagos da Amazônia Central. **Dissertação de Mestrado, INPA, AM**. 63 p.
- Haworth, E.Y. & Hurley, M.A. 1986. Comparison of the stelligeroid taxa of the centric diatom genus *Cyclotella*. Pp. 43-66. In: M. Richard (ed.). **Proceedings 8<sup>th</sup> International Symposium of Recent & Fossil Diatoms**. Koeigstein, O. Koeltz.

- Henry, R., Ushinohama, E. & Ferreira, R.M.R. 2006. Fitoplankton em três lagoas marginais ao Rio Paranapanema e em sua desembocadura no Reservatório de Jurumirim (São Paulo, Brasil) durante o período prolongado de seca. **Revista Brasileira de Botânica** 29(3): 399-414.
- Houk, V. & Klee, R. 2004. The stelligeroid taxa of the genus *Cyclotella* (Kützing) Brábisson (Bacillariophyceae) and their transfer into the new genus *Discostella* gen. nov. **Diatom Research** 19(2): 203-228.
- Hustedt, F. 1927-1930. Die Kieselalgen. In: Rabenhorst, L. **Kryptogamen-Flora**. Leipzig, Akademische Verlagshandlung, v. 5, n. 2.
- Landucci, M. & Ludwig, T.A.V. 2005. Diatomáceas de rios da bacia hidrográfica Litorânea, PR, Brasil: Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae. **Acta Botanica Brasilica** 19(2):345-357.
- Ludwig, T.A.V. & Flôres, T. 1997. Diatomoflora dos rios da região a ser inundada para a construção da Usina Hidrelétrica de Segredo, Paraná - Fragilariophyceae (*Fragilaria* e *Synedra*). **Hoehnea** 24(1): 55-65.
- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H. 1998. **Tropische Diatomeen in Südamerika I**. In: Lange-Bertalot, H. (ed.). *Iconographia Diatomologica*. Königstein, Költz Scientific Books, v. 5.
- Moro, R.S. 1998. Interpretações paleolimnológicas do quaternário a partir da análise da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyceae) nos sedimentos da Lagoa Dourada, Ponta Grossa, Paraná. **Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro**. 330 p.
- Nogueira, M.G. 2000. Phytoplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia** 431: 115-128.
- Nogueira, M.G.; Jorcin, A., Vianna, N.C. & Britto, Y.C. 2002. Uma avaliação dos processos de eutrofização nos reservatórios em cascata do rio Paranapanema (SP/PR), Brasil. Pp. 91-106. In: A.C. Fernández & G.M. Chalar (eds). **El agua em Iberoamérica – de la limnología a la gestión em Sudamérica**. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Buenos Aires.
- Nogueira, M.G.; Jorcin, A.; Vianna, N.C. & Britto, Y.C. 2005. 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). Pp. 83-125. In: Nogueira, M.G.; Henry, R. & Jorcin, A. (orgs). **Ecologia de Reservatórios – Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata**. São Carlos, Rima.
- Round, F.E.; Crawford, R.M. & Mann, D.G. 1990. **The Diatoms: biology and morphology of the genera**. Cambridge, Cambridge University Press.

- Rumrich, U., Lange-Bertalot, H. & Rumrich, M. 2000. **Diatomeen der Anden Von Venezuela bis Patagonien/Feuerland**. In: H. Lange-Bertalot (ed.). *Iconographia Diatomologica*. Verlag, A.R.G. Gantner Verlag K.G., v. 9.
- Souza, G.S.; Koenig, M.L.; Leça, E. E. & Coelho, M.P.C. de A. 2007. Diatomáceas indicadoras de paleoambientes do Quaternário de Dois irmãos, Recife, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* **21**(3): 521-529

Tabela 1. Localização das estações de amostragem nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR).

Trecho do rio	Reservatório	Estação de amostragem	Região	Longitude	Latitude
Alto Paranapanema	Jurumirim	1	Montante	38° 51'33,4''N	94° 47'94,1''W
		2	Ribeirão das Posses (braço lateral)	23° 22'63,5''S	49° 00'0,67''W
		3	Barragem	23° 13'43,4''S	49° 13'27,8''W
	Chavantes	4	Montante	23° 07'57,9''S	49°54'58,9''W
		5	Compartimento central	23° 24'10,7''S	49° 34'26,9''W
		6	Barragem	23° 8'43,5''S	49° 42'36,9''W
Médio Paranapanema	Salto Grande	7	Montante	22° 53'50''S	49° 59'20''W
		8	Foz do Rio Pardo	22° 54'37''S	49° 58'11''W
		9	Barragem	22° 55'11,5''S	49° 57'52''W
	Capivara	10	Montante	22° 54'01''S	50° 47'38''W
		11	Compartimento central (próximo à foz do Rio Tibagi)	23° 00'05''S	50° 57'16''W
		12	Barragem	22° 39'21,2''S	51° 20'49,9''W
Baixo Paranapanema	Rosana	13	Montante	22° 36'06,9''S	52° 09'48,8''W
		14	Barragem	22° 36'21,5''S	52° 51'50,8''W



Tabela 2. Distribuição dos táxons nas estações de amostragens dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR).

Reservatórios	Jurumirim			Chavantes			Salto Grande			Capivara			Rosana	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Asterionella formosa</i> var. <i>formosa</i>									X		X			
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i>	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>A. granulata</i> var. <i>angustissima</i>										X	X	X		
<i>Cyclotella menegheniana</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Discostella pseudostelligera</i>	X													
<i>D. stelligera</i>	X		X		X	X			X				X	
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>capucina</i>	X		X			X			X		X			
<i>F. crassa</i>	X													
<i>Staurosira martyi</i>					X	X		X						
<i>Staurosira acutirostrata</i>								X						
<i>Synedra goulardii</i> var. <i>goulardii</i>	X	X	X		X						X		X	X
<i>Thalassiosira</i> sp.			X		X	X	X		X	X				
<i>Ulnaria ulna</i> var. <i>ulna</i>	X	X	X		X			X			X			
Total de táxons	8	4	7	1	7	6	3	4	6	4	7	4	3	3

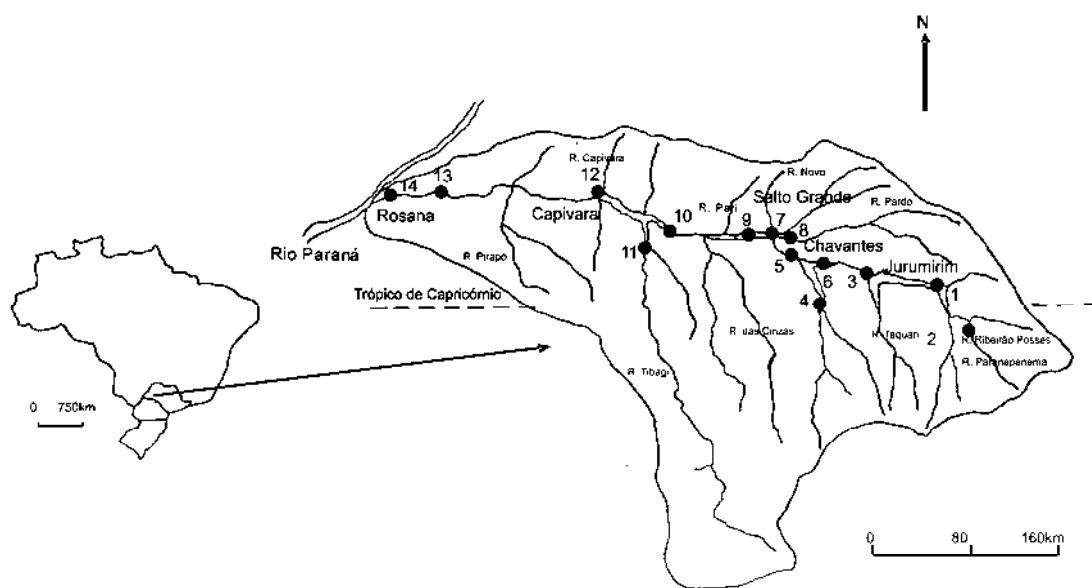
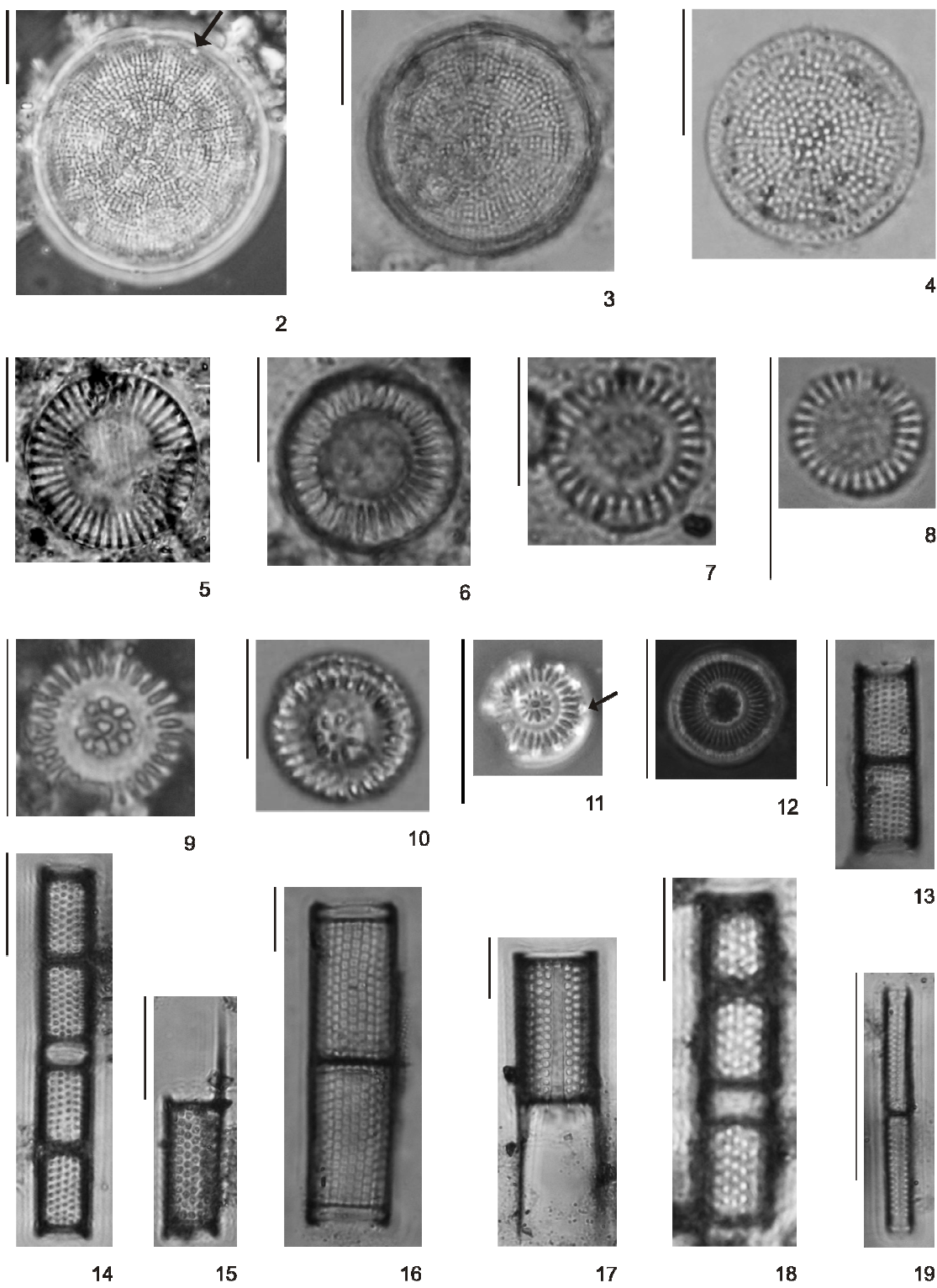
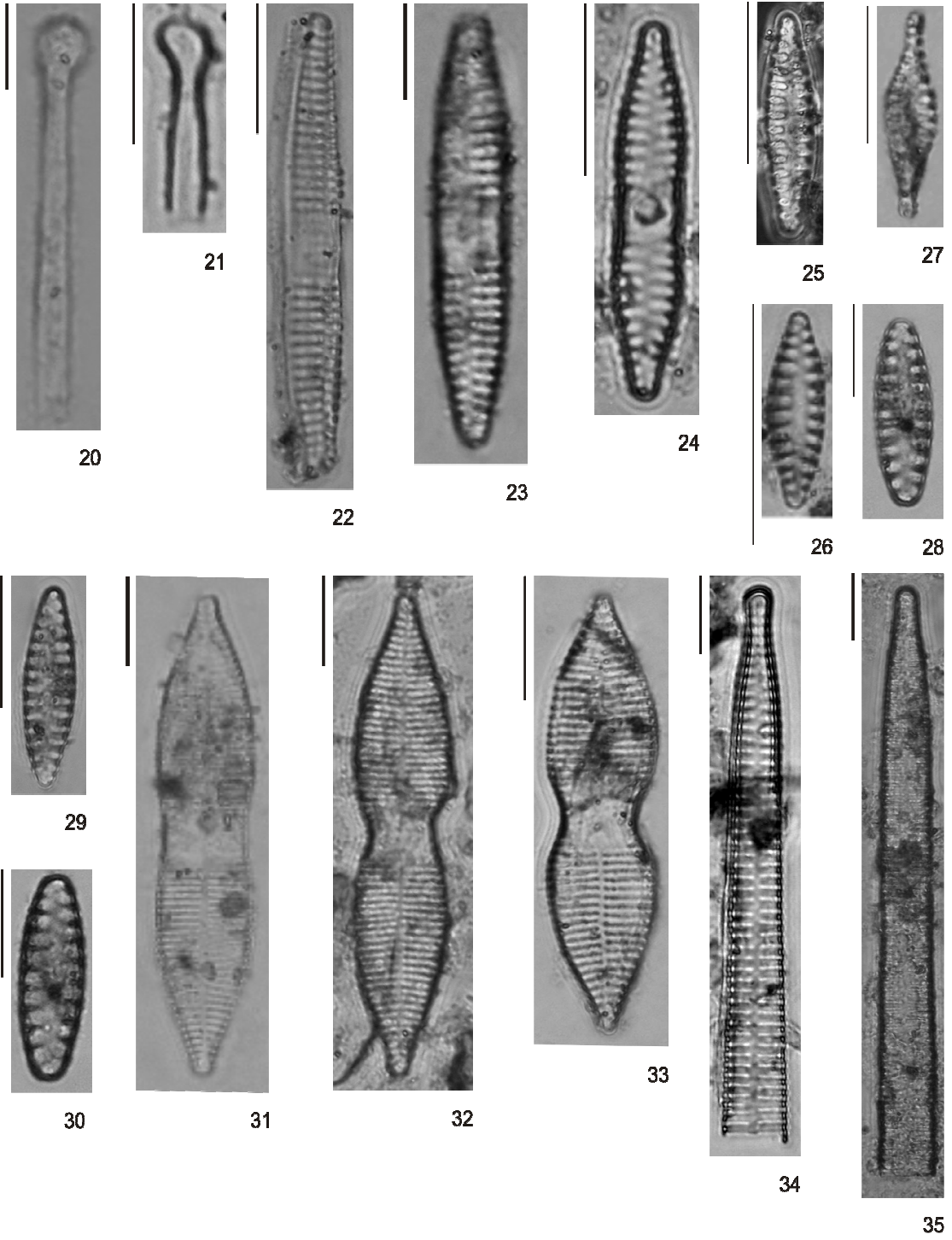


Figura 1. Localização das estações de amostragem nos reservatórios em cascata do Rio Parapanema. Estações 1 a 6: alto Rio Parapanema, estações 7 a 12: médio Rio Parapanema e estações 13 a 14: baixo Rio Parapanema (modificado de Nogueira *et al.* 2002).

Figuras 2-19. Representantes da Classe Coscinodiscophyceae; 2-4. *Thalassiosira* sp., 2. seta indicando processo marginal (fultopórtula); 5-8. *Cyclotella menegheniana* Kützing; 9-10. *Discostella stelligera* (Cleve & Grunow) Houk & Klee; 11-12. *Discostella pseudostelligera* (Hustedt) Houk & Klee, 11. 2. seta indicando processo marginal (fultopórtula); 13-18. *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen var. *granulata*; 19. *A. granulata* (Ehrenberg) Simonsen var. *angustissima* (O. Müller) Simonsen. Escala: 10 µm.



Figuras 20-35. Representantes da Classe Fragilariophyceae; 20-21. *Asterionella formosa* var. *formosa* Hassal; 22-24. *Fragilaria capucina* Desmazières var. *capucina*; 25-26. *F. crassa* Metzeltin & Lange-Bertalot; 27. *Staurosira acutirostrata* (Metzeltin & Lange-Bertalot) Metzeltin & Lange-Bertalot; 28-30. *S. martyi* (Héribaud) Morales & Manoylov; 31-33. *Synedra goulardii* Brébisson ex Cleve & Grunow var. *goulardii*; 34-35. *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère var. *ulna*. Escala: 10 µm.



## **6. RESULTADOS: COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA**

---

**6.2.** Capítulo 2 - Diatomáceas (Ochrophyta) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR, Brasil): Bacillariophyceae (a ser submetido à Acta Botanica Brasilica).

**Diatomáceas (Ochrophyta) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR): Bacillariophyceae**

Luciane Fontana<sup>1,2</sup> & Denise de C. Bicudo<sup>2,3</sup>

**RESUMO – (Diatomáceas (Ochrophyta) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR, Brasil): Bacillariophyceae).** Foi realizado inventário florístico das diatomáceas pertencentes à classe Bacillariophyceae de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Amostras de sedimentos foram coletadas entre os meses de janeiro e novembro de 2006, com draga Van Veen, em três estações de amostragem de cinco reservatórios distribuídos nas regiões do alto (represas de Jurumirim e Chavantes), médio (represas de Salto Grande e Capivara) e baixo Paranapanema (Represa de Rosana). Foram identificados 47 táxons infragenéricos, pertencentes a 22 gêneros. *Eunotia* e *Gomphonema* foram os gêneros mais bem representados, com cinco táxons cada um. A maior riqueza (36) e a menor (17) ocorreram, respectivamente, nos reservatórios de Jurumirim e Chavantes. Foram citados pioneiramente 29 táxons para a bacia hidrográfica do Rio Paranapanema.

**Palavras-chave:** algas, Bacillariophyta, flora, taxonomia, sistema lótico.

**ABSTRACT - (Diatoms (Ochrophyta) from superficial sediments of cascade reservoirs in the Paranapanema River (SP/PR, Brazil): Bacillariophyceae).** Floristic survey of Bacillariophyceae from superficial sediments of cascade reservoirs in the Paranapanema River is presented. Sediment samplings were gathered during January-November 2006, with van Veen dredge in three sampling stations of five reservoirs located in the upper Paranapanema River (Jurumirim and Chavantes reservoirs), middle portion (Salto Grande and Capivara reservoirs) and lower river (Rosana Reservoir). Forty seven infrageneric taxa, classified in 22 genera, were identified. *Eunotia* and *Gomphonema* were the best represented genera with 5 taxa each. The highest (36) and the lowest (17) richness occurred, respectively, in Jurumirim and Chavantes reservoirs. Twenty nine taxa were new records for the Paranapanema River Basin.

**Key words:** algae, Bacillariophyta, flora, taxonomy, lotic system

<sup>1</sup> Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora – Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente do Instituto de Botânica (lucianefontana@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Seção de Ecologia, Instituto de Botânica, Av. Miguel Stéfano, 3687, CEP 04301-012 São Paulo, SP, Brasil

<sup>3</sup> Autor para correspondência: [dbicudo@terra.com.br](mailto:dbicudo@terra.com.br)



## Introdução

O Rio Paranapanema tem suas nascentes localizadas na Serra de Paranapiacaba, em área de proteção ambiental da Serra do Mar, apresentando extensão de 929 km. Sua bacia hidrográfica drena uma área de 100.800 km<sup>2</sup>, sendo 47% em território paulista e 53% no Paraná. Entre 1958 e 1999, seu curso principal foi interrompido pela construção de oito usinas hidrelétricas, sendo que este sistema em cascata de reservatórios é um dos principais tributários do alto Rio Paraná (Nogueira *et al.* 2002).

Apesar da extensa área que esses reservatórios em cascata ocupam e dos impactos gerados pela sua construção, pouco ainda se conhece sobre sua biodiversidade de algas. Mais especificamente, o conhecimento sobre as diatomáceas é extremamente escasso, sendo a maior parte da informação (aproximadamente 90%) restrita a listas ou apenas citações de táxons em trabalhos ecológicos (e.g. Nogueira 2000, Felisberto & Rodrigues 2005, Bicudo *et al.* 2005, Henry *et al.* 2006).

Apenas um trabalho versa sobre a taxonomia do grupo, que inventariou as diatomáceas do trecho a represar do Reservatório de Rosana, identificando o total de 51 táxons (Bicudo *et al.* 1993). Outro, de cunho ecológico, trata da diversidade das comunidades fitoplanctônicas e inclui ilustrações de 52 táxons de diatomáceas do Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002). Apenas mais recentemente, foi feita a primeira contribuição para a série dos reservatórios em cascata, mediante o levantamento das classes Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae (Fontana & Bicudo, capítulo 1).

Considerando que os sedimentos aquáticos acumulam os eventos que ocorreram na bacia de drenagem, esse compartimento é rico em informações visto que representa uma amostra espacial e temporalmente integrada da biodiversidade da área de estudo. Este trabalho pretende dar continuidade ao inventário das diatomáceas de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema, contribuindo, pioneiramente, com a taxonomia e a distribuição das diatomáceas pertencentes à classe Bacillariophyceae.

## Material e métodos

Uma caracterização detalhada da área de estudo encontra-se em Fontana & Bicudo (capítulo 1).

As amostras de sedimentos superficiais (10 cm) foram coletadas com Draga Van Veen (308 cm<sup>2</sup>) em três estações de amostragem de cinco reservatórios distribuídos nas regiões do alto (represas de Jurumirim e Chavantes), médio (represas de Salto Grande e Capivara) e baixo Paranapanema (Represa de Rosana) do Rio Paranapanema, entre os meses de janeiro e novembro de 2006 (Fig. 1, Tab. 1). Apenas no Reservatório de Rosana foi feita coleta em duas regiões.

O material coletado foi imediatamente congelado até seu processamento. Lâminas permanentes foram preparadas segundo a técnica de oxidação com peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) descrita em Battarbee (1986), utilizando-se Zrax como meio de inclusão. O exame qualitativo foi baseado em análise

populacional, de forma a representar a variabilidade morfológica dos indivíduos estudados. A análise foi feita por meio de microscópio óptico binocular Zeiss, Axioscop 2 plus, equipado com contraste-de-fase, câmara-clara e com sistema de captura de imagem. Para fins de distribuição geográfica na bacia hidrográfica do Rio Paranapanema, foram considerados os táxons citados em literatura desde que passíveis de reidentificação.

O sistema de classificação adotado foi o de Cavallier-Smith (1998) e Round *et al.* (1990). A terminologia utilizada nas descrições seguiu Barber & Haworth (1981).

As amostras em lâminas permanentes e material seco encontram-se depositadas no acervo do Herbário Científico do Estado “Maria Eneida P. Kauffmann Fidalgo” do Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SP390881 a SP390894).

## Resultados e discussão

O estudo florístico das Bacillariophyceae dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema permitiu a identificação de 47 táxons infragênicos, distribuídos em 22 gêneros, dos quais *Eunotia* e *Gomphonema* foram os mais bem representados, com cinco táxons cada um. Dentre os táxons inventariados, 29 representam novas citações para a bacia hidrográfica do Rio Paranapanema. Exceto ao reservatório de Rosana e ao Rio Tibagi, todos os táxons foram registrados pela primeira vez para os respectivos reservatórios. A riqueza variou de 17 a 36 táxons por reservatório (incluindo as estações de amostragens), sendo menor e maior para os reservatórios de Chavantes e Jurumirim, respectivamente (Tab. 2).

Os 47 táxons identificados estão distribuídos em 14 famílias e 22 gêneros, como seguem:

### Ordem Eunotiales

#### Família Eunotiaceae

#### *Eunotia* Ehrenberg

### Chave para os táxons de *Eunotia*

1. Margem dorsal com duas ou mais ondulações
  2. Ondulações (8-9) proeminentes, com cristas arredondadas ..... 3. *E. georgii*
  2. Ondulações (2-4) mais suaves, arredondadas
    3. Margem dorsal 3-ondulada ..... 6. *E. tridentula*
    3. Margem dorsal 2 ou 4-ondulada
      4. Extremidades cuneadas a cuneado-arredondadas ..... 7. *E. zygodon*
      4. Extremidades protraídas, rostradas, atenuado-arredondadas ..... 1. *Eunotia camelus*
1. Margem dorsal com uma ondulação ou não ondulada
  5. Margem dorsal com uma ondulação mediana ..... 4. *E. rabenhorstii* var. *monodon*

## 5. Margem dorsal convexa destituída de ondulação

6. Valva 10,0-40,0  $\mu\text{m}$  compr.; 2,0-5,2  $\mu\text{m}$  larg. .... 5. *E. sudetica*6. Valva 84-92,7  $\mu\text{m}$  compr.; 9,9-13,0  $\mu\text{m}$  larg. .... 2. *E. monodon*

1. *Eunotia camelus* Ehrenberg. Abhandlungen der Königlich-Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1841 (125): 413, pl. 2/1, fig. 1, 1843.

Fig. 2-3.

Valvas com margem dorsal convexa, 2 ou 4-ondulada, ondulações moderadas a pouco acentuadas, margem ventral côncava, extremidades protraídas, rostradas, atenuado-arredondadas, direcionadas para a margem dorsal; nódulos terminais nas extremidades, de difícil visualização em amostras de sedimento; estrias paralelas a radiadas. Comprimento: 36,0-39,5  $\mu\text{m}$ , largura: 6,23-7,5  $\mu\text{m}$ , estrias: 8-10 em 10  $\mu\text{m}$ .

O táxon ocorreu apenas na barragem dos reservatórios de Jurumirim (estação 3) e de Chavantes (estação 6), ocorrendo em 14% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390883); **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390886).

3. *Eunotia georgii* Metzeltin & Lange-Bertalot. Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs: 5: 61-62, pl. 41, fig. 1-7, pl. 42, fig. 7-8. 1998.

Fig. 5.

Valvas com margem dorsal convexa, 7-8 ondulações com cristas arredondadas, margem ventral côncava; extremidades rostrado-arredondadas; nódulos terminais ventrais, de difícil visualização em amostras de sedimento; estrias paralelas na região mediana da valva, tornando-se radiadas em direção às extremidades. Comprimento: 50,5-52,7  $\mu\text{m}$ , largura: 6,3-9,8  $\mu\text{m}$ , estrias: 10 em 10  $\mu\text{m}$ .

Conforme Metzeltin & Lange-Bertalot (1998), *Eunotia georgii* assemelha-se a *E. serra* Ehrenberg, diferenciando-se pelo maior número de ondulações na margem dorsal e menor largura valvar. Metzeltin & Lange-Bertalot (2007) propuseram *Eunotia acuticrenulata* que se diferencia de *E. georgii* pelas ondulações com cristas mais agudas na margem dorsal e não arredondadas como em *E. georgii*.

O táxon distribuiu-se no Reservatório de Jurumirim (estações 1, 2 e 3), ocorrendo em 21% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência do táxon para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882, SP390883, SP390884).

2. *Eunotia monodon* Ehrenberg. Abhandlungen der Königlich-Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1841: pl. 2/5, fig. 7, pl. 3/3, fig. 3, 1843.

Fig. 4.

Valvas com margem dorsal convexa, margem ventral côncava; extremidades pouco diferenciadas do corpo valvar por um leve estreitamento da margem dorsal; extremidades levemente cuneadas a arredondadas, nódulos terminais nas extremidades, estrias conspícuas, paralelas a radiadas em direção às extremidades. Comprimento: 84-92,7  $\mu\text{m}$ , largura: 9,9-13,0  $\mu\text{m}$ , estrias: 9 em 10  $\mu\text{m}$ .

A espécie difere de *E. maior* (W. Sm.) Rab., basicamente, pela extremidade menos destacada e curvatura valvar mais pronunciada na primeira. O táxon distribuiu-se apenas no Reservatório de Jurumirim (estações 2 e 3), ocorrendo em 14% das estações de amostragem. Já foi citado para a área de estudo, no Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882, SP390883).

4. *Eunotia rabenhorstii* Cleve & Grunow var. *monodon* Cleve & Grunow in Van Heurck. Synopsis des Diatomées de Belgique, pl. 35, fig. 12B, 1881.

Fig. 6-7.

Valvas com margem dorsal convexa, com uma ondulação mediana pronunciada ou mais suave, margem ventral côncava; extremidades capitadas ou amplamente arredondadas; nódulos terminais próximos às extremidades ventrais; estrias paralelas a radiadas em direção às extremidades da valva. Comprimento: 9,9-17,7  $\mu\text{m}$ , largura: 4,9-5,7  $\mu\text{m}$ , estrias: 13-14 em 10  $\mu\text{m}$ .

Os materiais concordam com a circunscrição do táxon em Metzeltin *et al.* (2005). Conforme estes autores, duas variedades foram originalmente propostas, porém sem a designação de uma variedade típica.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 2 e 3), Salto Grande (estação 9) e Rosana (estação 13), ocorrendo em 29% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência do táxon para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema; Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390889); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893).

5. *Eunotia sudetica* O.F. Müller. Forschungsberichte aus der Biologischen Station zu Plön 6: 12, pl. 3, fig. 25-26, 1898.

Fig. 8.

Valvas com margem dorsal convexa, destituída de ondulações, margem ventral reta a levemente côncava; extremidades atenuadas, arredondadas; nódulos terminais nas extremidades, de difícil

visualização em amostras de sedimento; estrias paralelas a radiadas, de difícil visualização. Comprimento: 10,0-40,0  $\mu\text{m}$ , largura: 2,0-5,2  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 2 e 3), Chavantes (4, 5 e 6), Salto Grande (estação 7, 8, 9) e Capivara (estações 10, 11 e 12), ocorrendo em 79% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência do táxon para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882, SP390883); **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390884, SP390885, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390888, SP390889); Reservatório Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892).

6. *Eunotia tridentula* Ehrenberg var. *tridentula*. Abhandlungen der Königlich Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1841: 414, pl. 2, fig. 14. 1843.

Fig. 9.

Valvas com margem dorsal convexa, 3-ondulada, ondulação central mais proeminente, margem ventral côncava; extremidades arredondadas; nódulos terminais nas extremidades; estrias paralelas, levemente radiadas em direção às extremidades. Comprimento: 30,0-33,5  $\mu\text{m}$ , largura: 7,4-8,5  $\mu\text{m}$ , estrias: 10 em 10  $\mu\text{m}$ .

O táxon ocorreu apenas na montante do Reservatório de Jurumirim (estação 1), em 7% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881).

7. *Eunotia zygodon* Ehrenberg. Abhandlungen Akademie der Wissenschaften zu Berlin: 415, pl. 2, fig. 6. 1844.

Fig. 10.

Valvas com margem dorsal convexa, duas ondulações medianas pronunciadas, margem ventral levemente côncava; extremidades cuneadas a cuneado-arredondadas; nódulos terminais nas extremidades ventrais; estrias paralelas a levemente radiadas em direção às extremidades. Comprimento: 39,6-54,7  $\mu\text{m}$ , largura: 9,2-10,4  $\mu\text{m}$ , estrias: 15 em 10  $\mu\text{m}$ .

Assemelha-se à população encontrada por Ferrari *et al.* (2007) para os Igarapés da Amazônia Central, apesar dos autores encontrarem um maior espectro de variação morfométrica. Metzeltin & Lange-Bertalot (1998) descreveram *E. yanomami* diferenciando-a de *E. zygodon* apenas por apresentar maior comprimento valvar (40-180  $\mu\text{m}$ ), largura média sempre maior do que 10 (10-18  $\mu\text{m}$ ) e estrias com

maior densidade de pontos. Conforme Ferrari *et al.* (2007), estudos mais detalhados são necessários já que existe recobrimento métrico entre ambas as espécies.

O táxon distribuiu-se no reservatório de Jurumirim (estações 2 e 3), Chavantes (estação 4) e Salto Grande (estações 8 e 9), ocorrendo em 36% das estações de amostragem. A espécie já foi citada para a área de estudo, no Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882, SP390883); **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390884); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390888, SP390889).

## Ordem Cymbellales

### Família Cymbellaceae

#### *Cymbella* C. Agardh

*Cymbella tropica* Krammer & Metzeltin. *In* Diatoms of Europe, 3: 61, pl. 44, fig. 1-10, pl. 49, fig. 12-13, 2002.

Fig. 11.

Valvas dorsiventrais, margens dorsal convexa, margem ventral levemente convexa; extremidades rostradas; estrias radiadas na região mediana valvar, estigma isolado, distinto, de difícil visualização em amostras de sedimento; esterno da rafe linear, acompanhando a dorsiventralidade da valva. Comprimento: 31,0-38,2  $\mu\text{m}$ , largura: 9,5-12,0  $\mu\text{m}$ , estrias: 12 estrias em 10  $\mu\text{m}$ .

O material concorda plenamente com a obra original em Krammer (2002).

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 2 e 3), Chavantes (estação 5) e Capivara (estações 9 e 11), ocorrendo em 36% das estações de amostragem. O táxon já foi citado em Rosana por Bicudo *et al.* (1993), como *C. affinis*.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882, SP390883); **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390885); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390889, SP390891); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893).

#### *Cymbopleura* (Krammer) Krammer

*Cymbopleura naviculiformis* (Auerswald ex Heiberg) Krammer. *Diatoms of European* 4: 56, pl. 76, fig. 1-13, 2003.

Fig. 12.

Valvas moderadamente dorsiventrals, margens dorsal e ventral convexas; extremidades subcapitadas; estrias curvado-radiadas em toda a extensão valvar, interestria mais larga do que a estria na região mediana da valva; esterno da rafe linear, área central elíptica, irregular, estigma ausente. Comprimento: 35,4 µm, largura: 11,2µm, estrias: 9 estrias em 10µm.

A espécie distingue-se de *C. amphicephala* Nägeli principalmente, por apresentar rafe mais lateralizada em função da dorsiventralidade mais acentuada, bem como interestrias mais largas do que as estrias na região central. Ainda, a extremidade apical da segunda espécie é mais capitada. Apesar da não observação das extremidades valvares, as demais características permitiram a identificação do material.

O táxon ocorreu apenas na montante do reservatório de Capivara (estação 10), em 7% das estações de amostragem. É a primeira citação da espécie para a área de estudo.

**BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890).

### *Encyonema* Kützing

#### Chave para os táxons de *Encyonema*

1. Dorsiventralidade valvar pouco pronunciada ..... 1. *E. perpusillum* var. *perpusillum*  
 1. Dorsiventralidade valvar pronunciada ..... 2. *E. silesiacum*

2. *Encyonema perpusillum* (A. Cleve) Mann var. *perpusillum*. In Round, Crawford & Mann, Diatoms, p.666, 1990.

Fig. 13.

Valvas dorsiventrals, dorsiventralidade pouco acentuada, margem dorsal convexa, margem ventral suavemente convexa; extremidades subcapitadas a atenuado-arredondadas; estrias grosseiras, paralelas a levemente radiadas; esterno da rafe linear, estreito, estigmóide na extremidade da estria mediana dorsal, de difícil visualização em amostras de sedimento. Comprimento: 18,2-20,7 µm, largura: 4,3-6,0 µm, estrias: 8 em 10 µm.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 1, 2), Chavantes (estação 5), Salto Grande (estação 9), Capivara (estação 10, 11) e Rosana (estação 14), ocorrendo em 50% das estações de amostragem. O táxon já foi registrado para a área de estudo, no Reservatório de Rosana, como *Cymbella perpusilla* var. *perpusilla* (Bicudo *et al.* 1993).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390885); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390889); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390894).

3. *Encyonema silesiacum* (Bleisch) Mann. In Round, Crawford & Mann, Diatoms, p.667, 1990.

Fig. 14-15.

Valvas dorsiventrals, dorsiventralidade acentuada, margem dorsal convexa, margem ventral reta ou intumescida no centro; extremidades atenuado-arredondadas, retas ou rostradas, levemente voltadas para a margem ventral da valva; estrias dorsais paralelas a levemente radiadas em direção às extremidades, estrias ventrais levemente radiadas a convergentes; esterno da rafe linear, estreito, área central reduzida, estigmóide na extremidade da estria mediana dorsal, de difícil visualização em amostras de sedimento; rafe filiforme. Comprimento: 21,3-36,2  $\mu\text{m}$ , largura: 4,9-12,1  $\mu\text{m}$ , estrias: 10-11 em 10  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1, 3), Chavantes (4, 5 e 6), Salto Grande (7 e 8), Capivara (estação 11, 12) e Rosana (estação 13), ocorrendo em 71% das estações de amostragem. O táxon já foi encontrado na área de estudo para o Reservatório de Rosana (Bicudo *et al.* 1993) e o Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002), como *Cymbella silesiaca* Bleisch.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390390884, SP390885, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.*

Família Gomphonemataceae

*Gomphonema* Ehrenberg

Chave para os táxons de *Gomphonema*

1. Valvas marcadamente heteropolares, clavadas
  2. Extremidade apical com expansão lateral proeminente e ápice amplamente rostrado ..... 1. *G. acuminatum*
  2. Extremidade apical amplamente arredondada ..... 5. *G. laticollum*
1. Valvas não marcadamente heteropolares, de outras formas
  3. Extremidades não destacadas do corpo valvar
    4. Esterno da rafe linear, estreito ..... 3. *G. gracile*
    4. Esterno da rafe amplamente lanceolado ..... 2 *G. costae*
  3. Extremidades destacadas do corpo valvar
    5. Valvas lanceoladas; extremidades apical e basal nitidamente diferentes ..... 7. *G. subtile*
    5. Valvas clavado-lanceoladas; extremidade apical e basal semelhantes
      6. Extremidades rostradas a subcapitadas, estrias retas ..... 6. *G. parvulum*
      6. Extremidades apical e basal rostrado-capitadas a capitadas,



1. *Gomphonema acuminatum* Ehrenberg. Abhandlungen der Königlich Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1831: 88, 1832.

Fig. 16.

Valvas acentuadamente heteropolares, clavadas, intumescidas na região mediana, constrictas próximo da extremidade anterior; extremidade apical com expansão lateral proeminente, mais larga do que a região mediana da valva, ápice amplamente rostrado; extremidade basal atenuado-arredondada; estrias paralelas a curvado-radiadas, de difícil visualização em amostras de sedimento, estigma não visualizado. Comprimento: 49,0-52,0  $\mu\text{m}$ , largura: 9,1-12,9  $\mu\text{m}$ , estrias: 13 estrias em 10 $\mu\text{m}$ .

O táxon ocorreu apenas no Reservatório de Jurumirim (estação 1, 2 e 3), em 21% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882, SP390883).

2. *Gomphonema costae* Metzeltin & Lange-Bertalot. Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs, 6: 115, pl. 154, fig. 7-12, 1998.

Fig. 17.

Valvas clavado-lanceoladas; extremidade apical arredondada, extremidade basal atenuado-arredondada; estrias robustas, curtas, paralelas a radiadas, estigma localizado próximo ao nódulo central; esterno da rafe amplamente lanceolado; rafe filiforme. Comprimento: 42,1-46,5  $\mu\text{m}$ , largura: 9,0-10,0  $\mu\text{m}$ , estrias: 5 em 10 $\mu\text{m}$ .

Os materiais examinados concordam plenamente com a circunscrição original da espécie em Metzeltin & Lange-Bertalot (1998).

O táxon distribuiu-se restritamente no Reservatório de Capivara (estações 10, 11 e 12). Ocorrendo em 21% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência do táxon para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892).

3. *Gomphonema gracile* Ehrenberg. Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen: 217, pl. 18, fig. 3, 1838.

Fig. 18.

Valvas rombo-lanceoladas a lanceoladas; extremidade apical aguda; extremidade basal aguda ou atenuado-arredondada; estrias paralelas, tornando-se levemente radiadas em direção às extremidades; esterno da rafe linear, estreito, área central delimitada pelo encurtamento de uma estria, estigma presente na base da estria mediana alongada; rafe filiforme. Comprimento: 56,0-60,2  $\mu\text{m}$ , largura: 12,4-13,5  $\mu\text{m}$ , estrias: 15 em 10  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Capivara (estação 10 e 11) e Rosana (estação 13 e 14), ocorrendo em 29% das estações de amostragem. A espécie já foi citada para a área de estudo, no Rio Tibagi por Bittencourt-Oliveira (2002).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893, 390894).

4. *Gomphonema lagenula* Kützing. Die Kieselschaligen. Bacillarien oder Diatomeen: 85, pl. 30, fig. 60. 1844.

Fig. 19.

Valvas clavado-lanceoladas; extremidades apical e basal rostrado-capitadas a capitadas; estrias curvado-radiadas, área central unilateral, delimitada pelo encurtamento de uma estria, estigma na extremidade da estria mediana maior; interestria maior do que estria na região mediana da valva; esterno da rafe linear, rafe filiforme. Comprimento: 20,0-22,3  $\mu\text{m}$ , largura: 4,1-5,1  $\mu\text{m}$ , estrias: 9 estrias em 10 $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se restritamente ao Reservatório de Jurumirim (estação 1 e 2), ocorrendo em 14% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882).

5. *Gomphonema laticollum* E. Reichart. Studies on Diatoms: 199, pl. 5. fig. 1-14, 2001.

Fig. 20.

Valvas marcadamente heteropolares, clavadas, extremidade apical amplamente arredondada, com leve constrição na base; extremidade basal atenuado-arredondada; estrias convergentes a radiadas; esterno da rafe linear, suavemente ondulado, área central delimitada pelo encurtamento irregular de estrias; estigma presente na base de estria mediana alongada; rafe filiforme. Comprimento: 43,0-44,7  $\mu\text{m}$ , largura: 14,2-16,0  $\mu\text{m}$ , estrias: 11 em 10  $\mu\text{m}$ .

Aproxima-se mais de *G. italicum* Kützing, da qual difere pela forma valvar mais alongada.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 2), Capivara (estação 10 e 11), Rosana (estação 13 e 14), ocorrendo em 29% das estações de amostragem. A espécie já foi registrada para a área de estudo, para o Reservatório de Rosana, porém como *Gomphonema truncatum* Ehrenberg (Bicudo *et al.* 1993).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893, SP390894).

6. *Gomphonema parvulum* (Kützing) Kützing. Species Algarum, p. 65, 1849.

Fig. 21.

Valvas clavado-lanceoladas; extremidade apical rostrada a subcapitada; extremidade basal rostrada; estrias retas; externo da rafe linear, área central unilateral, delimitada pelo encurtamento de uma estria, estigma na extremidade da estria mediana maior, de difícil visualização em amostras de sedimento, interestria maior do que estria na região mediana, rafe filiforme. Comprimento: 22,0-27,5  $\mu\text{m}$ , largura: 7,3-8,9  $\mu\text{m}$ , estrias: 7-12 em 10 $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1, 2 e 3), Chavantes (estação 6), Salto Grande (estações 8 e 9) e Capivara (estação 11 e 12), ocorrendo em 57% das estações de amostragem. Já foi citado para a área de estudo, no Reservatório de Rosana (Bicudo *et al.* 1993) e no Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390888, SP390889); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891, SP390892).

7. *Gomphonema subtile* Ehrenberg. Abhandlungen der Königlich Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1841: 416 (128), 1843.

Fig. 22.

Valvas lanceoladas; extremidade apical capitada, protraída; extremidade basal atenuado-arredondada; estrias paralelas de difícil visualização em amostras de sedimento. Largura: 7,3-8,2  $\mu\text{m}$ .

As valvas quebradas não permitiram a mensuração do comprimento valvar na população identificada.

O táxon distribuiu-se apenas no Reservatório de Capivara (estação 11), ocorrendo em 7% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891).

Família Cocconeidaceae

*Cocconeis* Ehrenberg

Chave para os táxons de *Cocconeis*

1. Valva sem rafe com estrias nitidamente interrompidas

por linhas longitudinais irregulares ..... 2. *C. placentula* var. *acuta*

1. Valva sem rafe sem esta característica

2. Estriação delicada; extremidades acuminado-arredondadas ..... 3. *C. placentula* var. *placentula*
2. Estriação grosseira; extremidades arredondadas
3. Aréolas arredondadas, mais alongadas em direção  
às margens ..... 1. *C. fluviatilis* var. *fluviatilis*
3. Aréolas arredondado-alongadas, mais estreitas em direção  
às extremidades ..... 4. *C. placentula* var.

1. *Cocconeis fluviatilis* var. *fluviatilis* Wallace. Notulae Naturae (Academy of Natural Sciences of Philadelphia) 331: 2, pl. 1, fig. 2 a-b, 1960.

Fig. 23.

Valvas elípticas; extremidades arredondadas; valva sem rafe: estrias grosseiras, paralelas na região central da valva, radiadas nas extremidades; aréolas arredondadas, mais alongadas em direção às margens, fileira de aréolas menores e mais regulares próxima ao esterno. Comprimento: 17,0-26,4  $\mu\text{m}$ , largura: 10,0-16,0  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1 e 3), Chavantes (estações 4 e 6), Salto Grande (7 e 8), Capivara (estações 10, 11 e 12), ocorrendo em 64% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência do táxon para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390884, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390888); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892).

2. *Cocconeis placentula* Ehrenberg var. *acuta* Meister. Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft 44: 99, fig. 60, 1935.

Fig. 24.

Valvas elípticas; extremidades cuneadas; valva sem rafe: esterno linear, estreito; estrias radiadas, aréolas arredondado-alongadas; fileiras de aréolas irregularmente arranjadas; estriação interrompida por 4-5 linhas hialinas longitudinais irregulares. Comprimento: 24,0-37,3  $\mu\text{m}$ ; largura: 11,0-15,0  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1 e 3), Chavantes (estações 4 e 6), Salto Grande (7 e 8), Capivara (estações 10, 11 e 12), ocorrendo em 64% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da variedade para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390884, SP390886); Reservatório

de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390888); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892).

3. *Cocconeis placentula* var. *placentula* Ehrenberg. Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen: 194. 1938.

Fig. 25.

Valvas elípticas a estreito-elípticas; extremidades acuminado-arredondadas; valva sem rafe: esterno linear, estreito; estrias paralelas na região mediana a radiadas em direção às extremidades; aréolas delicadas, arredondadas; fileiras regulares; estriação interrompida por 16-18 linhas hialinas longitudinais. Comprimento: 20,2-31,4  $\mu\text{m}$ , largura: 10,0-16,0  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1 e 3), Chavantes (estações 4 e 6), Salto Grande (7 e 8), Capivara (estações 10, 11 e 12), ocorrendo em 64% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da variedade típica para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390884, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390888); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892).

4. *Cocconeis placentula* Ehrenberg var.

Fig. 26.

Valvas elípticas; extremidades arredondadas; valva sem rafe: esterno linear, estreito, estrias paralelas na região mediana a curvado-radiadas em direção a extremidades; aréolas arredondado-alongadas, mais estreitas em direção às extremidades. Comprimento: 20,1-24,5  $\mu\text{m}$ , largura: 13,0-17,2  $\mu\text{m}$ .

O material não pode ser identificado em nível varietal, pois a presença de duas valvas nos espécimes dificultou a visualização das características diagnósticas, optando-se pela identificação em nível específico.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1 e 3), Chavantes (estações 4 e 6), Salto Grande (7 e 8), Capivara (estações 10, 11 e 12), ocorrendo em 64% das estações de amostragem.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390884, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390888); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892).

Família Achnanthidiaceae

*Achnanthidium* Kützing

Chave para os táxons de *Achnanthidium*

1. Valvas com constrição mediana ..... 2. *Achnanthidium exiguum*  
 1. Valvas com intumescimento mediano ..... 1. *Achnanthidium catenatum*

1. *Achnanthidium catenatum* (Bily & Marvan) Lange-Bertalot. Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs, 6: 277, 1999.

Fig. 27-28.

Valvas estreitamente lanceoladas, extremidades arredondadas a subcapitadas. Valva sem rafe: esterno da rafe linear, área central elíptico-lanceolado; estrias levemente radiadas, de difícil visualização em amostras de sedimento; plano valvar levemente côncavo. Comprimento: 9,6-9,8 µm, largura: 1,7-2,3 µm.

O táxon distribuiu-se apenas no Reservatório de Rosana (estação 13 e 14), ocorrendo em 14% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893, 390894).

2. *Achnanthidium exiguum* (Grunow) Czarnecki var. *exiguum*. Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Diatom Symposium. Memoirs of the California Academy of Sciences 17: 157, 1994.

Fig. 29-30.

Valvas lineares; margens com constrição mediana; extremidades amplamente rostradas a subcapitadas; estrias radiadas em direção às extremidades da valva. Valva com rafe: esterno da rafe linear, estreito, área central expandida transversalmente, alcançando as margens, rafe filiforme. Valva sem rafe: esterno linear-lanceolado, estreito, área central bilateralmente expandida. Comprimento: 8,1-10,0 µm, largura: 3,1-3,4 µm, estrias: 29-31 em 10µm.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 3), Salto Grande (estação 7), Capivara (estação 11) e Rosana (estação 14), ocorrendo em 29% das estações de amostragem. O táxon foi registrado para a área de estudo, no Reservatório de Rosana, como *Achnantes exigua* Grunow var. *exigua* por Bicudo *et al.* (1993).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (390894).

*Planothidium* Round & BukhtiyarovaChave para os táxons de *Planothidium*

1. Extremidades arredondadas, não destacadas do corpo valvar, ..... 1. *P. lanceolatum*  
 1. Extremidades rostradas, destacadas do corpo valvar..... 2. *P. rostratum*

1. *Planothidium lanceolatum* (Brébisson ex Kützing) H. Lange-Bertalot. Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs 6: 287, 1999.

Fig. 31-33.

Valvas elíptico-lanceoladas, extremidades largamente arredondadas a atenuado-arredondadas. Valva com rafe: não visualizada. Valva sem rafe: externo da rafe linear a linear-lanceolado, área central com estrutura em forma de ferradura em um dos lados da valva; estrias radiadas a curvado-radiadas. Comprimento: 9,6-11,4 µm, largura: 3,6-5 µm, estrias: 16-20 estrias em 10µm.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 3), Salto Grande (estação 7 e 8) e Capivara (estação 11), ocorrendo em 29% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390888); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891).

2. *Planothidium rostratum* (Østrup) Round & Bukhtiyarova. Diatom Research 11(2): 345-361, 1996.

Fig. 34.

Valvas lanceoladas, extremidades rostrado-capitadas. Valva com rafe: não visualizada. Valva sem rafe: externo da rafe linear-lanceolado, área central com estrutura em forma de ferradura e um dos lados da valva; estrias radiadas em toda a extensão valvar. Comprimento: 11,1 µm, largura: 5,7 µm, estrias: 18 em 10µm.

O táxon distribuiu-se apenas no reservatório de Jurumirim (estação 1 e 2), ocorrendo em 14% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882).

Família Diadesmidiaceae

*Diadesmis* Kützing

*Diadesmis contenta* (Grunow ex Van Heurck) Mann in Round, Crawford & Mann. Diatoms, p. 666, 1990.

Fig. 35.

Valvas lineares, margens valvares côncavas; extremidades alargadas, amplamente arredondadas; estrias inconspícuas; esterno da rafe linear, estreito, área central retangular; rafe filiforme, de difícil visualização. Comprimento: 7,8-8,7  $\mu\text{m}$ , largura: 1,9-2,1  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se apenas no reservatório de Rosana (estações 13 e 14), ocorrendo em 14% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893, 390894).

### *Luticola* Mann

#### Chave para os táxons de *Luticola*

- 1. Estigma lineado ..... 1. *Luticola dapalis*
- 1. Estigma punctiforme
  - 2. Extremidades amplamente arredondadas; 12,6-27,9  $\mu\text{m}$  compr. .... 2. *Luticola goeppertiana*
  - 2. Extremidades truncado-arredondadas; 9,1-9,8  $\mu\text{m}$  compr..... 3. *Luticola mutica*

1. *Luticola dapalis* (Frenguelli) Mann in Round, Crawford & Mann. Diatoms, p. 670, 1990.

Fig. 36.

Valvas lanceoladas; extremidades sub-rostradas; estrias radiadas a curvado-radiadas em direção as extremidades; grosseiramente areoladas; região marginal com areolação distinta; esterno da rafe linear, área central expandida lateralmente; estigma pontuado isolado; rafe filiforme, extremidades proximais fletidas para o mesmo lado. Comprimento: 51,3  $\mu\text{m}$ , largura: 15,8, estrias: 16 em 10  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1 e 3), Chavantes (estação 6), Salto Grande (7 e 8) e Capivara (estação 11), ocorrendo em 43% das estações de amostragem. Já foi registrado para a área de estudo, no Reservatório de Rosana, como *Navicula goeppertiana* (Bleisch) H. L. Smith var. *dapalis* (Frenguelli) Lange-Bertalot (Bicudo *et al.* 1993).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390888); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891).

2. *Luticola goeppertiana* (Bleisch in Rabenhorst) Mann in Round, Crawford & Mann. Diatoms, p. 670, 1990.

Fig. 37.



Valvas lanceoladas a rômbico-lanceoladas; extremidades amplamente arredondadas; estrias radiadas, grosseiramente areoladas, estigma punctiforme isolado; esterno da rafe linear a linear-lanceolado, área central expandida; rafe filiforme. Comprimento: 12,6-27,9  $\mu\text{m}$ ; largura: 3,2-7,9  $\mu\text{m}$ , estrias: 13-19 em 10 $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1 e 3), Chavantes (estações 4, 5 e 6), Capivara (estação 12) e Rosana (estação 13), ocorrendo em 50% das estações de amostragem. Trata-se da primeira citação da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390390884, SP390885, SP390886); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390892); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893).

3. *Luticola mutica* (Kützing) Mann in Round, Crawford & Mann. Diatoms, p. 670, 1990.

Fig. 38.

Valvas rômbico-lanceoladas, extremidades truncado-arredondadas; estrias radiadas; estigma punctiforme isolado; esterno da rafe linear, área central lateralmente expandida; rafe filiforme. Comprimento: 9,1-9,8  $\mu\text{m}$ , largura: 3,9-4,4  $\mu\text{m}$ .

O táxon ocorreu apenas na montante do reservatório de Rosana (estação 13), em 7% das estações de amostragem. Foi identificado como *Navicula mutica* para o Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893).

Família Amphipleuraceae

*Amphipleura* Kützing

*Amphipleura lindheimerii* Grunow. Verhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien 12: 155 (469), pl. 11, fig. 11, 1862.

Fig. 39.

Valvas rombo-lanceoladas, extremidades cuneada-arredondada; estrias delicadas, de difícil visualização; esterno da rafe linear, estreito, alargando-se nas regiões terminais da valva; área central ausente; extremidades distais da rafe incluídas em costelas silicificadas. Comprimento: 90,0  $\mu\text{m}$ ; largura: 11,4-12,0  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Salto Grande (estação 7 e 8), Capivara (estação 11) e Rosana (estação 14), ocorrendo em 29% das estações de amostragem. Já foi registrado para a área de estudo, no Rio Tibagi, por Bittencourt-Oliveira (2002).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390888); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390894).

### *Frustulia* Rabenhorst

*Frustulia saxonica* Rabenhorst. Die Algen Sachsens. Resp. Mittel-Europa's Gesammelt und herausgegeben von Dr. L. Rabenhorst, n 42, 1848-1860 (Exsicata, publicação em várias datas).

Fig. 40.

Valvas linear-lanceoladas, extremidades rostradas, esterno da rafe linear, estreito, rafe filiforme, situada entre costelas, sutilmente arqueada, estrias transversais paralelas e longitudinais sutilmente onduladas, de difícil visualização e contagem em amostras de sedimento, margem valvar lisa, arredondada. Comprimento: 62,7 µm, largura: 11,5 µm.

A característica principal que distingue *F. saxonica* de *F. crassinervia* (Brébisson) Costa é o contorno valvar destituído de ondulações na primeira. O presente concorda plenamente com os espécimes observados por Brassac & Ludwig (2005) na Bacia do Rio Iguaçu, Paraná.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 2), Salto Grande (estação 9), Capivara (estação 10 e 11) e Rosana (estação 13), ocorrendo em 36% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390889); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893).

### Família Sellaphoraceae

#### *Sellaphora* Mereschkowsky

*Sellaphora pupula* (Kützing) Mereschkowsky. Annals and Magazine of Natural History, series 7, 9: 185-195. p. 187, pl. 4, fig. 1-5. 1902.

Fig. 41.

Valvas lineares, retangulares; extremidades amplamente subcapitadas; estrias delicadamente radiadas, de difícil visualização em amostras de sedimento, espaçadas e irregularmente encurtadas na região mediana; esterno da rafe linear, rafe filiforme. Comprimento: 18,9-21,5 µm, largura: 5,0-5,7 µm.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 2), Chavantes (estação 6), Salto Grande (estação 9), Capivara (estação 11) e Rosana (estação 14), ocorrendo em 36% das estações de

amostragem. A espécie foi registrada para a área de estudo, no Reservatório de Rosana, como *Navicula pupula* var. *pupula* Kützing por Bicudo *et al.* (1993).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390889); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390894).

Família Pinnulariaceae

*Pinnularia* Ehrenberg

Chave para os táxons de *Pinnularia*

- 1. Estrias robustas, alveoladas
  - 2. Extremidades amplamente arredondadas a truncado-arredondadas ..... 2. *P. borealis* var. *scalaris*
  - 2. Extremidades arredondadas ..... 1. *P. borealis* var. *borealis*
- 1. Estrias mais delicadas
  - 3. Extremidades subcapitadas, levemente cuneadas ..... 3. *P. subgiba*
  - 3. Extremidades subcapitadas, amplamente arredondadas ..... 4. *P. trigiboides*

1. *Pinnularia borealis* Ehrenberg var. *borealis*. Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1841: 420 (132), pl. 1/2, fig. 6, pl. 4/1, fig. 5, 1843.

Fig. 42.

Valvas lineares, margens retas; extremidades arredondadas; esterno da rafe linear, área central expandida, não alcançando as margens; rafe filiforme com extremidades proximais fletidas para o mesmo lado; estrias robustas, alveoladas, paralelas a radiadas. Comprimento: 18,5-25,0 µm, largura: 4,0-6,0 µm, estrias: 6-7 estrias em 10µm.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 2) e Rosana (estações 13 e 14), ocorrendo em 21% das estações de amostragem. Já foi registrado para a área de estudo, no Rio Tibagi, por Bittencourt-Oliveira (2002).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893, SP390894).

2. *Pinnularia borealis* Ehrenberg var. *scalaris* (Ehrenberg) Rabenhorst. Flora Europaea Algarum aquae dulcis et submarinae. Sectio I: 216, 1864.

Fig. 43.

Valvas lineares, retangulares; margens retas a levemente onduladas, extremidades amplamente arredondadas a truncado-arredondadas; esterno da rafe linear, área central circular, delimitada por estrias mais curtas; rafe filiforme com extremidades proximais fletidas para o mesmo lado; estrias robustas, alveoladas, longas, paralelas a sutilmente radiadas. Comprimento: 24,5-29,7  $\mu\text{m}$ , largura: 4,0-6,5  $\mu\text{m}$ , estrias: 6 em 10 $\mu\text{m}$ .

Difere da variedade típica pela presença de ápices amplamente arredondados. Os materiais concordaram com a população examinada por Krammer (2000), entretanto os ápices variaram de amplamente arredondados a truncado-arredondados e a largura foi inferior a 8,0  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1, 2 e 3), Salto Grande (estações 8 e 9), Capivara (estação 12) e Rosana (estação 14), ocorrendo em 50% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da variedade para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390888, SP390889); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390892); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390894).

3. *Pinnularia subgiba* Krammer. Bibliotheca Diatomologica 26: 126, 176, pl. 46, fig. 1-4, 6-7, pl. 47, fig. 2-4, 6. 1992.

Fig. 44.

Valvas lineares, extremidades subcapitadas, levemente cuneadas; esterno da rafe lanceolado, área central lanceolada, expandida lateralmente pelo encurtamento ou ausência de estrias na região mediana da valva; rafe filiforme com extremidades proximais fletidas para o mesmo lado; estrias radiadas a convergentes. Comprimento: 65,4-69,8  $\mu\text{m}$ , largura: 8,2-8,8  $\mu\text{m}$ , estrias: 11-12 estrias em 10 $\mu\text{m}$ .

O táxon ocorreu apenas na montante do Reservatório de Jurumirim (estação 1), em 7% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência do táxon para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881).

4. *Pinnularia trigiboides* Metzeltin & Lange-Bertalot. Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs 18: 229, pl. 258, fig. 4-5. 2007.

Fig. 45.

Valvas lineares; extremidades subcapitadas, amplamente arredondadas; esterno da rafe lanceolado; área central lateralmente expandida não alcançando as margens; rafe levemente ondulada, extremidades proximais fletidas para o mesmo lado; estrias radiadas a convergentes. Comprimento: 82,4-89,1  $\mu\text{m}$ , largura: 10,1-14,5  $\mu\text{m}$ , estrias: 9 em 10 $\mu\text{m}$ .

Os espécimes do presente concordam plenamente com a circunscrição original da espécie original (Metzeltin & Lange-Bertalot, 2007).

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1 e 3), Chavantes (estações 4 e 6), Salto Grande (estações 8 e 9), Capivara (estações 11 e 12) e Rosana (estação 14), ocorrendo em 64% das estações de amostragem. Trata-se da primeira citação da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390884, SP390886); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891, SP390892); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390894).

Família Naviculaceae

*Navicula* Bory

#### Chave para os táxons de *Navicula*

1. Valvas lanceoladas, extremidades levemente rostradas, arredondadas ..... 2. *N. capitatoradiata*

1. Valvas estreitamente lanceoladas, extremidades atenuado-arredondadas ..... 1. *N. heimansioides*

1. *Navicula heimansioides* Lange-Bertalot. Bibliotheca Diatomologica 27: 113-114, pl. 62, fig. 7-10, Bacill. 2/4, fig. 1-8, Bacill. 2/1, fig. 9-11, 1993.

Fig. 46.

Valvas estreitamente lanceoladas; extremidades atenuado-arredondadas; estrias curvado-radiadas, radiadas a levemente convergentes em direção às extremidades; esterno da rafe linear, delimitado pelo encurtamento irregular das estrias, área central rômbo-lanceolada; rafe filiforme, reta Comprimento: 40,0-42,2  $\mu\text{m}$ , largura: 4,9-5,1  $\mu\text{m}$ , estrias: 16 estrias em 10  $\mu\text{m}$ .

O material concorda plenamente com a descrição original do táxon em Lange-Bertalot (1993). Assemelha-se a *N. radiosiola* Lange-Bertalot, porém a última apresenta valvas mais amplamente lanceoladas e extremidades mais estreitas.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 2 e 3) e Rosana (estação 13), ocorrendo em 21% das estações de amostragem. Trata-se da primeira citação da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893).

2. *Navicula capitatoradiata* Germain. Flore des diatomées, p.188-189; pl. 72, fig. 7, 1981.

Fig. 47.

Valvas lanceoladas; extremidades levemente rostradas, arredondadas; estrias encurvadas, radiadas a convergentes; esterno da rafe linear, rafe filiforme, extremidades da rafe de difícil visualização em amostras de sedimento. Comprimento: 24,2-29,3  $\mu\text{m}$ , largura: 5,3-5,7  $\mu\text{m}$ , estrias: 18 estrias em 10 $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 2), Salto Grande (estação 7), Capivara (estações 10 e 11), ocorrendo em 29% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891).

#### *Geissleria* Lange-Bertalot & Metzeltin

*Geissleria aikenensis* (Patrick) Torgan & Oliveira. Proceedings of the 16Th International Diatom Symposium 1: 115-126, 2001.

Fig. 48.

Valvas elíptico-lanceoladas; extremidades rostrado-arredondadas; estrias mais retas na região central da valva e mais espaçadas, radiadas para as extremidades; esterno da rafe linear, área central arredondada, reduzida; rafe filiforme, reta. Comprimento: 19,2-21,1  $\mu\text{m}$ , largura: 5,0-5,9  $\mu\text{m}$ , estrias: 16 em 10 $\mu\text{m}$ .

O táxon ocorreu apenas na montante do reservatório de Jurumirim (estação 1), em 7% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881).

#### *Capartograma* Kufferath

*Capartogramma crucicola* (Grunow ex Cleve) Ross Bulletin of the British Museum (Natural History) Botany Series 3(2): 59, pl. 1, fig. B, pl. 2, fig. A, fig. la, 8-11. 1963.

Fig. 49.

Valvas lanceoladas, extremidades rostradas, arredondadas; esterno da rafe linear, estreito; área central com estauo área tigilada. Comprimento: 17,0  $\mu\text{m}$ , largura: 6,0  $\mu\text{m}$ .

A espécie ocorreu apenas na montante do reservatório de Rosana (estação 13), ocorrendo em 7% das estações de amostragem. Foi registrada para a área de estudo, no Reservatório de Rosana, por Bicudo *et al.* (1993) para o Reservatório de Rosana.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893).

Família Pleurosigmales

*Gyrosigma* Hassal

*Gyrosigma nodiferum* (Grunow) Reimer. The Diatoms of the United States Exclusive of Alaska and Hawaii 1: 320, pl. 24, fig. 2, 1966.

Fig. 50.

Valvas sigmóides, linear-lanceoladas; extremidades atenuado-arredondadas; esterno da rafe sigmóide, estreito; área central elíptica, oblíqua; de difícil visualização em amostras de sedimento; rafe sigmóide, estrias transversais e longitudinais conspícuas. Comprimento: 38,2-41,2  $\mu\text{m}$ , largura: 5,0-5,4  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se apenas no Reservatório de Jurumirim (estação 1, 2 e 3), ocorrendo em 21% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882, SP390883).

Família Catenulaceae

*Amphora* Ehrenberg

*Amphora copulata* (Kützing) Schoeman & Archibald. Journal of South African Botany 52(5): 429, fig. 11-13, 30-34, 1986.

Fig. 51.

Valvas dorsiventrais; margem dorsal convexa, margem ventral suavemente côncava; extremidades atenuado-arredondadas; esterno da rafe arqueado, estreito, área central expandida atingindo as margens valvar; rafe arqueada, extremidades proximais fletidas dorsalmente, estrias dorsais paralelas interrompidas na região mediana por uma área central regular, estrias ventrais radiadas, aréolas alongadas. Comprimento: 19,8-21,7  $\mu\text{m}$ , largura: 4-5,7  $\mu\text{m}$ , estrias: 13 em 10  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se apenas no Reservatório de Capivara (estações 10 e 11), ocorrendo em 14% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891).

Família Bacillariaceae

*Nitzschia* Hassal

Chave para os táxons de *Nitzschia*

1. Estrias robustas, areolação conspícua ..... 1. *Nitzschia amphibia*

1. Estrias inconspícuas ..... 2. *Nitzschia palea*

1. *Nitzschia amphibia* Grunow. Verhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien 12: 574; pl. 28/12, fig. 23, 1862.

Fig. 52-53.

Valvas lanceoladas; extremidades atenuado-arredondadas; fíbulas marginais robustas; estrias grosseiras, areolação conspícua, paralelas a levemente radiadas próximas às extremidades. Comprimento: 11,7-21,5  $\mu\text{m}$ , largura: 3,0-4,0  $\mu\text{m}$ , estrias: 23-26 em 10 $\mu\text{m}$ ; fíbulas: 10-12 em 10 $\mu\text{m}$ .

O táxon ocorreu apenas no Reservatório de Jurumirim (estação 1, 2 e 3), em em 21% das estações de amostragem. Já foi registrado para a área de estudo, no Reservatório de Rosana, por Bicudo *e al.* (1993).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882, SP390883).

2. *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith. Synopsis of British Diatomaceae 2: 89, 1856.

Fig. 54.

Valvas elíptico-lanceoladas; extremidades rostrato-capitadas a subcapitadas; fíbulas marginais equidistantes; estrias inconspícuas. Comprimento: 13,2-15,6  $\mu\text{m}$ , largura: 2,0-2,4  $\mu\text{m}$ ;

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 2), Chavantes (estações 5 e 6), Salto Grande (estação 7), Capivara (estações 10, 11, 12) e Rosana (estação 14). Ocorrendo em 57% das estações de amostragem. O táxon foi citado para o Reservatório de Rosana por Bicudo *et al.* (1993) e para o Rio Tibagi por Bittencourt-Oliveira (2002).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390885, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390894).

*Hantzschia* Grunow

*Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow in Cleve & Grunow. Beiträge zur Kenntniss der Arctischen Diatomeen. Kongliga Svenska-Vetenskaps Akademiens Handlingar 17 (2): 121pp., p.103, 1880.

Fig. 55.



Valvas lineares, constrictas na região mediana da margem fibulada; extremidades rostrado-capitadas a subcapitadas; fíbulas marginais conspícuas; estrias delicadas, de difícil visualização em amostras de sedimento. Comprimento: 25,2-30,0 µm, largura: 3,2-4,2 µm.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 2), Chavantes (estação 5 e 6), Salto Grande (estação 7), Capivara (estações 10, 11 e 12) e Rosana (estação 14), ocorrendo em 57% das estações de amostragem. Foi citado para a área de estudo por Bicudo *et al.* (1993) para o Reservatório de Rosana.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390885, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390894).

Família Rhopalodiaceae

*Rhopalodia* Müller

*Rhopalodia musculus* (Kützing) O. Müller. Hedwigia 38(6): 278, 294, 1900.

Fig. 56.

Valvas marcadamente dorsiventrais, margem dorsal convexa, margem ventral côncava; costelas transapicais e estrias radiadas em direção a extremidades. Comprimento: 12,6-22,0 µm, largura: 8,0-9,2 µm, costelas: 5-6 em 10 µm, estrias: 16 em 10 µm.

Apesar da não visualização das extremidades, características como estrias bisseriadas e margem ventral côncava permitiram a separação deste táxon de *R. gibberula* (Ehr.) O. Müller.

O táxon ocorreu exclusivamente na barragem do reservatório de Rosana (estação 14), ocorrendo em 7% das estações de amostragem. Trata-se da primeira citação da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390894).

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Marcos Gomes Nogueira e ao Prof. Dr. Raoul Henry, do Departamento de Zoologia da Universidade Estadual Paulista, Botucatu, pelo auxílio nas coletas e aos Pós-graduandos Angélica C. Righetti da Rocha, Fernanda Ferrari e Carlos Eduardo Wetzel, pelo auxílio na identificação de alguns materiais. Agradecem também a “Duke Energy International” pela autorização das coletas, à FAPESP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela bolsa em nível de

mestrado concedida à primeira autora (processo 05/57399-6) e ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Bolsa concedida a DCB, processo 520745/96-5 to DCB).

### Referências Bibliográficas

- Barber, H.G. & Haworth, E.Y. 1981. **A guide to the morphology of the diatom** frustule with a key to the british freshwater genera. Freshwater Biological Association, Scientific Publication, nº 44, 112p.
- Batarbee, R.W. 1986. Diatoms analysis. Pp. 527-570. In: Berglund, B.E. (ed.). **Handbook of Holocene Palaeohydrology**. New York, John Wiley & Sons.
- Bicudo, D.C., Bicudo, C.E.M., Castro, A.A.J. & Picelli-Vicentim, M.M. 1993. Diatomáceas (Bacillariophyceae) do trecho a represar do Rio Paranapanema (Usina Hidrelétrica de Rosana), Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea** **20**: 47-68.
- Bicudo, D.C., Ferragut, C.; Crossetti, L.O. & Bicudo, C.E.M. 2005. Efeitos do represamento sobre a estrutura da comunidade fitoplanctônica do reservatório de Rosana, baixo rio Paranapanema, Estado de São Paulo. Pp. 349-377. In: M. Nogueira; R. Henry & A. Jorcin (orgs.) **Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. São Carlos, RiMa Editora.
- Bittencourt-Oliveira, M.C. 2002. A comunidade fitoplanctônica do rio Tibagi: uma abordagem preliminar de sua diversidade. Pp. 373-402. In: M.E. Medri; E. Bianchini; O.A. Shibatta; J.A. Pimenta (orgs.). **A bacia do rio Tibagi**. Londrina, M.E. Medri.
- Brassac, N.M., Ludwig, T.A.V. 2005. Amphipleuraceae e Diploneidaceae (Bacillariophyceae) da bacia do rio Iguaçu, PR, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **19**(2): 359-368.
- Cavallier-Smith, T. 1998. A revised six-kingdom system of life. **Biological Reviews** **73**: 203-266.
- Felisberto, S.A. & Rodrigues, L. 2005. Periphytic community of reservoirs cascade in the Paranapanema river, Brazil. **Acta. Sci. Biol. Sci.** **27** (3): 215-223.
- Ferrari, F.; Procopiak, L. K.; Alencar, Y. B. & Ludwig, T. A. V. 2007. Eunotiaceae (Bacillariophyceae) em Igarapés da Amazônia Central, Manaus e Presidente Figueiredo, Brasil. **Acta Amazonica**. **37**(1): 1-16.
- Henry, R., Ushinohama, E. & Ferreira, R.M.R. 2006. Fitoplankton em três lagoas marginais ao Rio Paranapanema e em sua desembocadura no Reservatório de Jurumirim (São Paulo, Brasil) durante o período prolongado de seca. **Revista Brasileira de Botânica** **29**: 399-414.
- Krammer, K. 2000. The genus Pinnularia. In: Lange-Bertalot, H (ed.). **Diatoms of Europe**, v. 1, 703 p.
- Karmmer, K. 2002. Cymbella. In: Lange-Bertalot, H. (ed). **Diatoms of Europe**, v. 3, 584 p.
- Lange-Bertalot. 2003. **85 New Taxa and much more than 100 taxonomic clarifications supplementary to SüBwasserflora von Mitteleuropa**, vol. 2/1-4, 453 p.

- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H. 1998. **Tropische Diatomeen in Südamerika I**. In: Lange-Bertalot, H. (ed.). *Iconographia Diatomologica*. Königstein, Költz Scientific Books, v. 5.
- Metzeltin, D.; Lange-Bertalot, H. & García-Rodríguez, F. 2005. Diatoms of Uruguay. **Iconographia Diatomologica** 15: 1-736.
- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H. 2007. Tropical Diatoms of South America, 2. *In*: Lange-Bertalot, H. (ed.). **Iconographia Diatomologica**, annotated diatom micrographs. Stuttgart: Koeltz Scientific Books, v. 18, 877 p.
- Nogueira, M.G. 2000. Phytoplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental **compartmentalization** in Jurumirim Reservoir (Parapanema River), São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia** 431: 115-128.
- Nogueira, M.G.; Jorcin, A., Vianna, N.C. & Britto, Y.C. 2002. Uma avaliação dos processos de eutrofização nos reservatórios em cascata do rio Parapanema (SP/PR), Brasil. Pp. 91-106. In: A.C. Fernández & G.M. Chalar (eds). **El agua em Iberoamérica – de la limnología a la gestión em Sudamérica**. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Buenos Aires.
- Round, F.E.; Crawford, R.M. & Mann, D.G. 1990. **The Diatoms: biology and morphology of the genera**. Cambridge, Cambridge University Press.

Tabela 1. Localização das estações de amostragem nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR).

Trecho do rio	Reservatório	Estação de amostragem	Região	Longitude	Latitude
Alto Paranapanema	Jurumirim	1	Montante	38° 51'33,4''N	94° 47'94,1''W
		2	Ribeirão das Posses (braço lateral)	23° 22'63,5''S	49° 00'0,67''W
	Chavantes	3	Barragem	23° 13'43,4''S	49° 13'27,8''W
		4	Montante	23° 07'57,9''S	49°54'58,9''W
		5	Compartimento central	23° 24'10,7''S	49° 34'26,9''W
		6	Barragem	23° 8'43,5''S	49° 42'36,9''W
Médio Paranapanema	Salto Grande	7	Montante	22° 53'50''S	49° 59'20''W
		8	Foz do Rio Pardo	22° 54'37''S	49° 58'11''W
		9	Barragem	22° 55'11,5''S	49° 57'52''W
	Capivara	10	Montante	22° 54'01''S	50° 47'38''W
		11	Compartimento central (próximo à foz do Rio Tibagi)	23° 00'05''S	50° 57'16''W
		12	Barragem	22° 39'21,2''S	51° 20'49,9''W
Baixo Paranapanema	Rosana	13	Montante	22° 36'06,9''S	52° 09'48,8''W
		14	Barragem	22° 36'21,5''S	52° 51'50,8''W

Tabela 2. Distribuição dos táxons nas estações de amostragem dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR).

Reservatórios	Jurumirim			Chavantes			Salto Grande			Capivara			Rosana	
Estações de amostragem/táxons	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Achnanthydium catenatum</i>													X	X
<i>A. exiguum</i> var. <i>exiguum</i>			X				X				X			X
<i>Amphipleura lindheimerii</i>							X	X			X			X
<i>Amphora copulata</i>										X				X
<i>Capartogramma crucicola</i>														X
<i>Cocconeis fluviatilis</i> var. <i>fluviatilis</i>	X		X	X		X	X	X		X	X	X		
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>acuta</i>	X		X	X		X	X	X		X	X	X		
<i>C. placentula</i> var. <i>placentula</i>	X		X	X		X	X	X		X	X	X		
<i>C. placentula</i> var.	X		X	X		X	X	X		X	X	X		
<i>Cymbella tropica</i>		X	X		X				X		X			
<i>Cymbopleura naviculiformis</i>										X				
<i>Diadesmis contenta</i>													X	X
<i>Encyonema perpusillum</i> var. <i>perpusillum</i>	X	X			X				X	X	X			X
<i>E. silesiacum</i>	X		X	X	X	X	X	X			X	X	X	
<i>Eunotia camelus</i>			X			X								
<i>E. georgii</i>	X	X	X											
<i>E. monodon</i>		X	X											
<i>E. rabenhorstii</i> var. <i>monodon</i>		X	X						X					
<i>E. sudetica</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>E. tridentula</i> var. <i>tridentula</i>	X													
<i>E. zygodon</i>		X	X	X				X	X					
<i>Frustulia saxonica</i>		X								X	X	X		X
<i>Geissleria aikenensis</i>	X													
<i>Gomphonema acuminatum</i>	X	X	X											
<i>G. costae</i>										X	X	X		
<i>G. gracile</i>										X	X		X	X

Tabela 2. Cont.

Reservatórios Estações de amostragem/táxons	Jurumirim			Chavantes			Salto Grande			Capivara			Rosana	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>G. lagenula</i>	X	X												
<i>G. laticollum</i>		X								X	X		X	X
<i>G. parvulum</i>	X	X	X			X		X	X		X	X		
<i>G. subtile</i>											X			
<i>Gyrosigma nodiferum</i>	X	X	X											
<i>Hantzschia amphioxys</i>		X			X	X	X			X	X	X		X
<i>Luticola dapalis</i>	X		X			X	X	X			X			
<i>L. goeppertiana</i>	X		X	X	X	X						X	X	
<i>L. mutica</i>													X	
<i>Navicula heimansioides</i>		X	X										X	
<i>N. capitatoradiata</i>		X					X			X	X			
<i>Nitzschia amphibia</i>	X	X	X											
<i>N. palea</i>		X			X	X	X			X	X	X		X
<i>Pinnularia borealis</i> var. <i>borealis</i>		X											X	X
<i>P. borealis</i> var. <i>scalaris</i>	X	X	X					X	X			X		X
<i>P. subgiba</i>	X													
<i>P. trigibboides</i>	X		X	X		X		X	X		X	X		X
<i>Planotidium lanceolatum</i>			X				X	X			X			
<i>P. rostratum</i>	X	X												
<i>Rhopalodia musculus</i>														X
<i>Sellaphora pupula</i>		X				X			X		X			X
Total de táxons	20	22	23	9	7	14	13	13	10	15	23	13	12	14

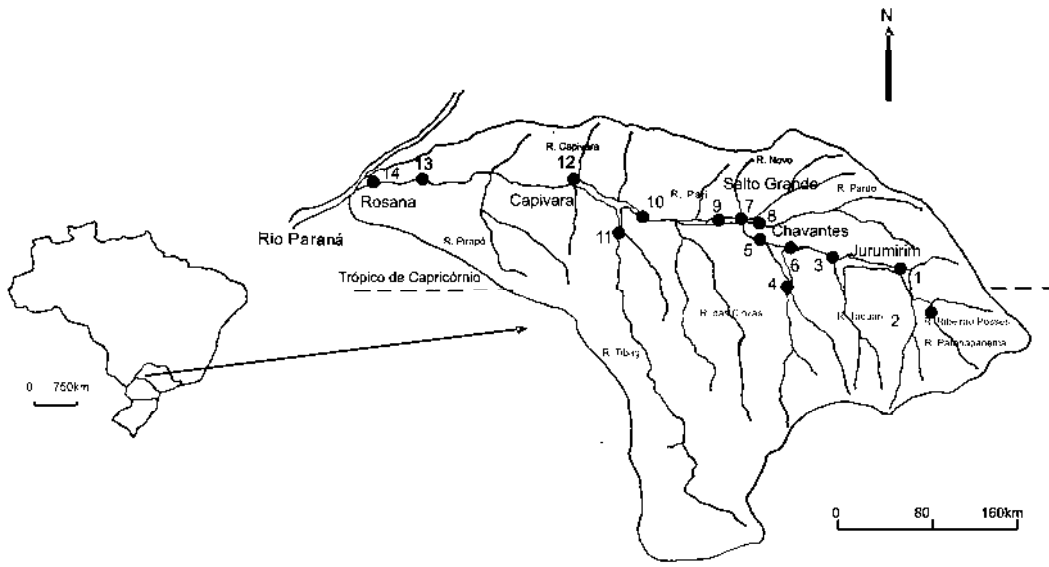
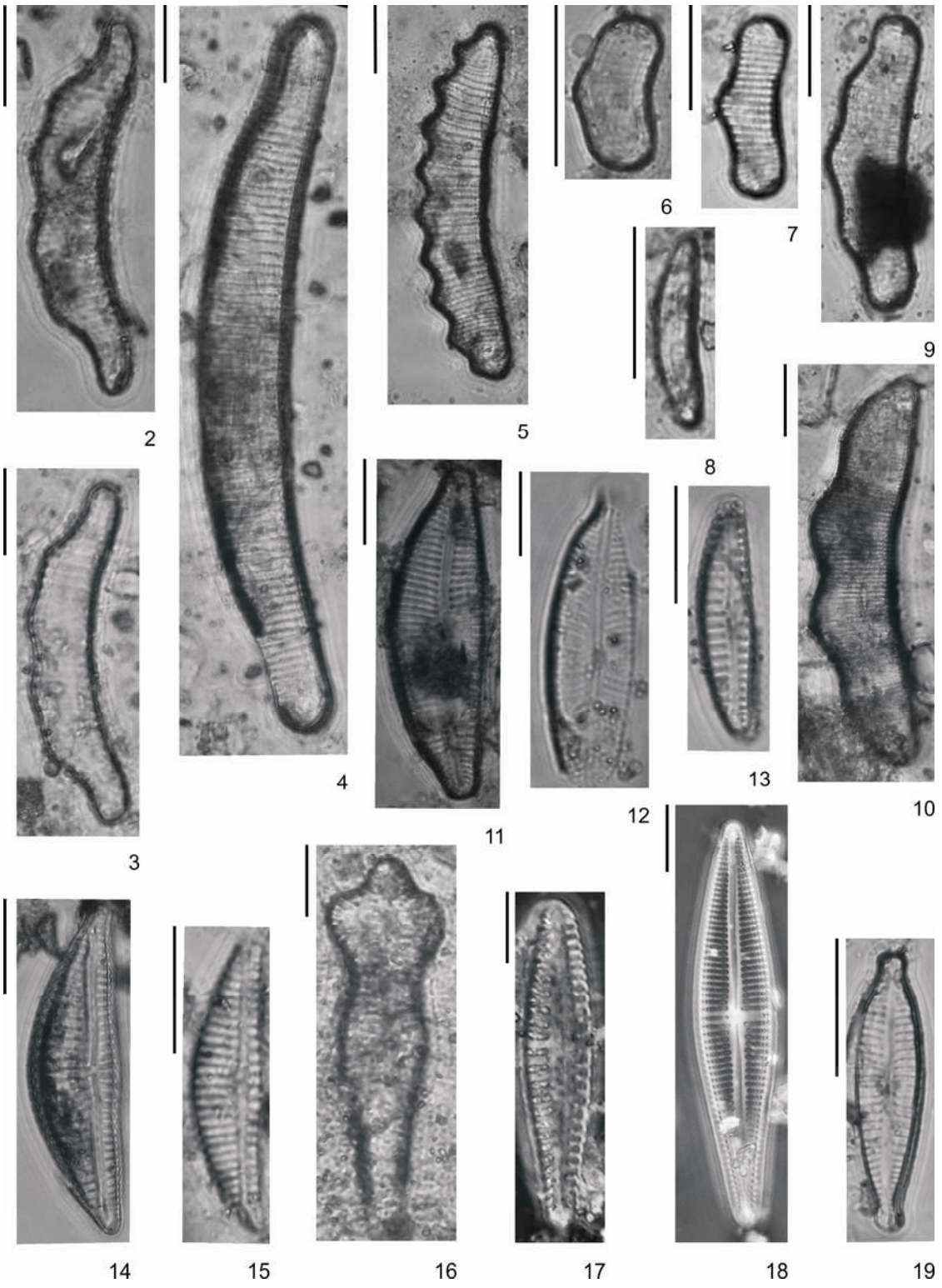


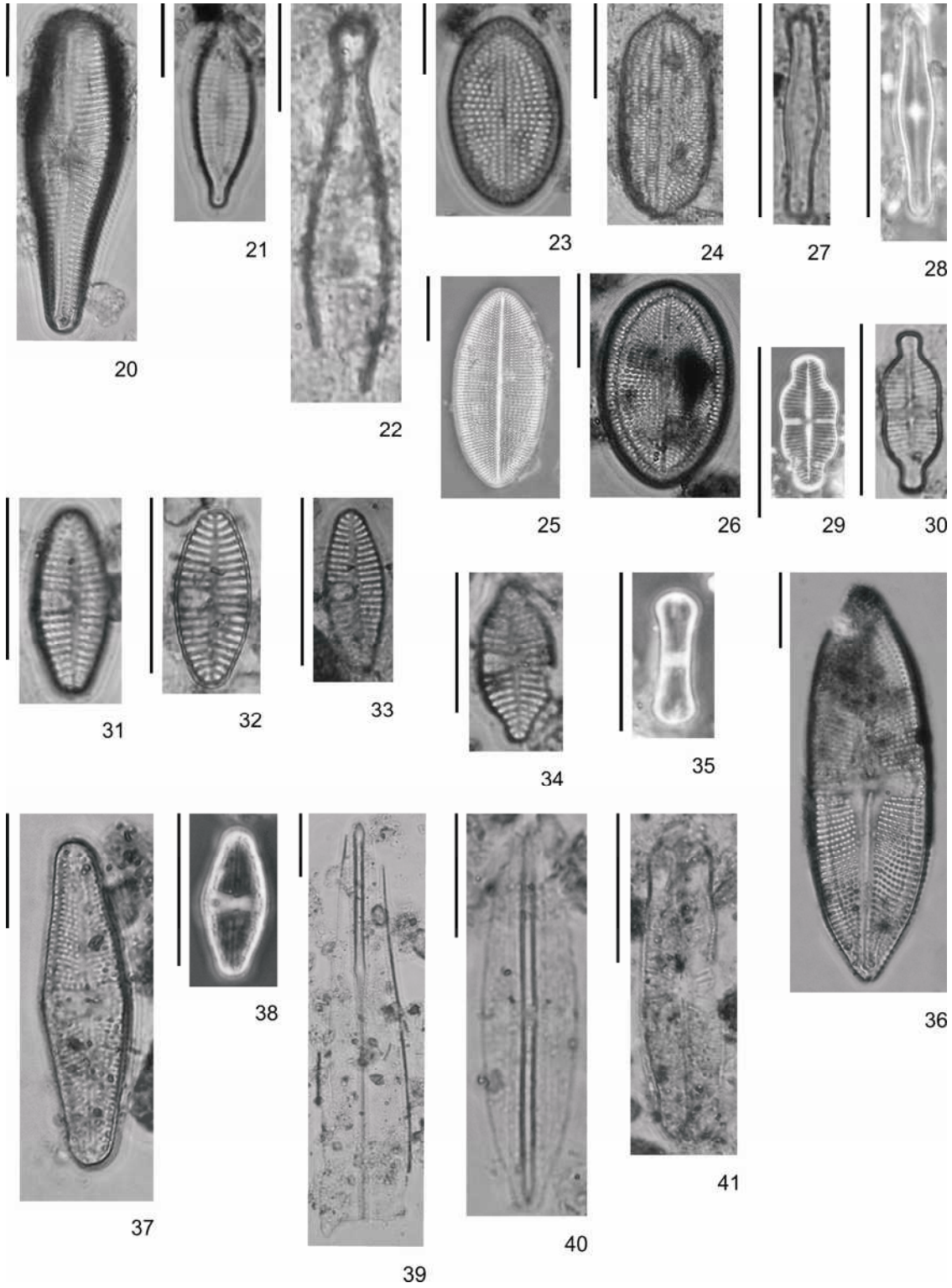
Figura 1. Localização das estações de amostragem nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Estações 1 a 6: alto Rio Paranapanema, estações 7 a 12: médio Rio Paranapanema e estações 13 a 14: baixo Rio Paranapanema (modificado de Nogueira *et al.* 2005).

Figuras 2-19. Representantes da Classe Bacillariophyceae; 2-3. *Eunotia camelus* Ehrenberg; 4. *E. monodon* Ehrenberg; 5. *E. georgii* Metzeltin & Lange-Bertalot; 6-7. *E. rabenhorstii* Cleve & Grunow var. *monodon* Cleve & Grunow; 8. *E. sudetica* O.F. Müller; 9. *E. tridentula* Ehrenberg var. *tridentula*; 10. *E. zygodon* Ehrenberg; 11. *Cymbella tropica* Krammer & Metzeltin; 12. *Cymbopleura naviculiformis* (Auerswald ex Heiberg) Krammer; 13. *Encyonema perpusillum* (A. Cleve) Mann var. *perpusillum*; 14-15. *E. silesiacum* (Bleisch) Mann; 16. *Gomphonema acuminatum* Ehrenberg; 17. *G. costae* Metzeltin & Lange-Bertalot; 18. *G. gracile* Ehrenberg; 19. *G. lagenula* Kützing. Escala: 10 µm.

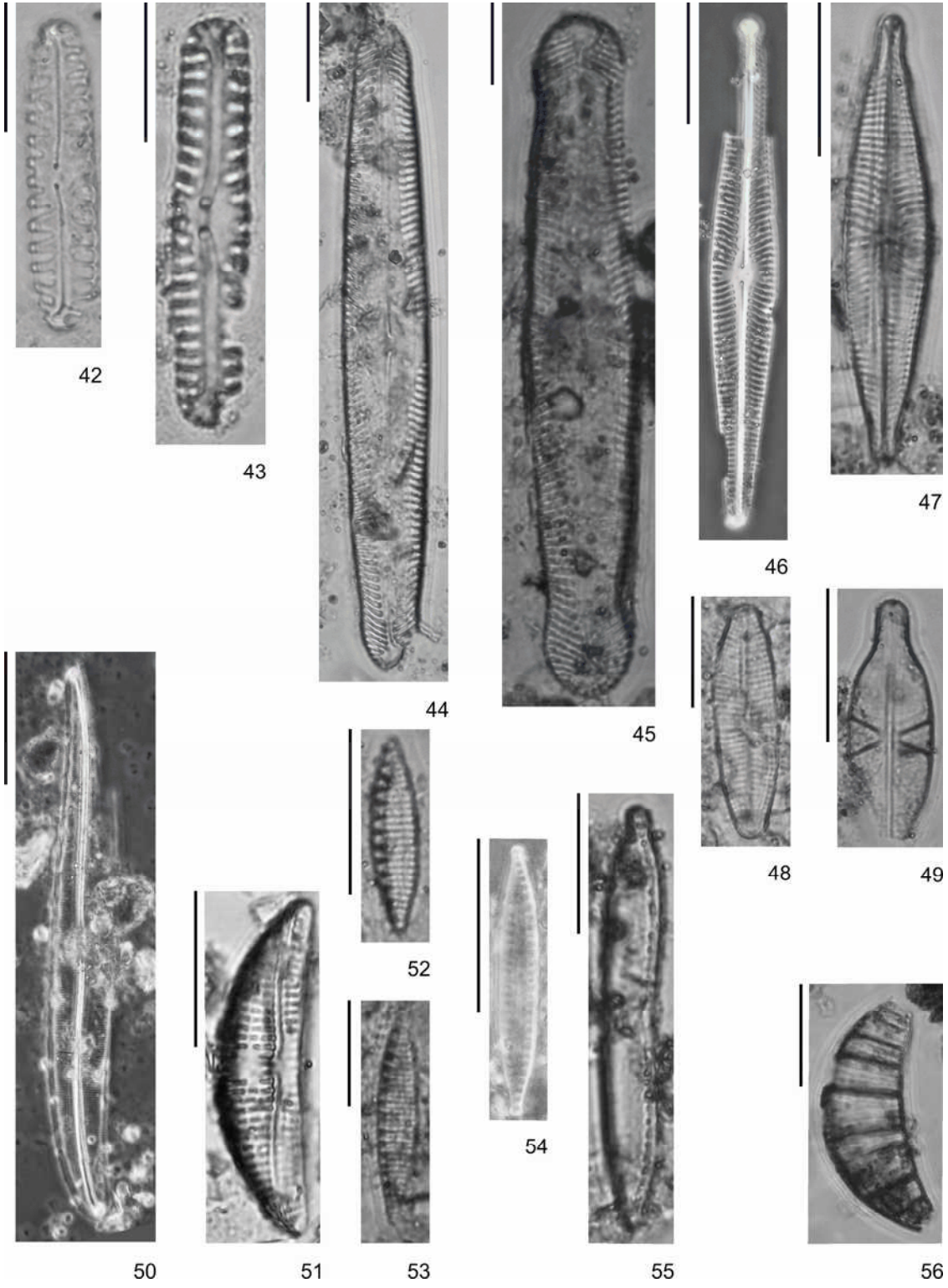




Figuras 20-41. Representantes da Classe Bacillariophyceae; 20. *G. laticollum* E. Reichart; 21. *G. parvulum* (Kützing) Kützing; 22. *G. subtile* Ehrenberg; 23. *Cocconeis fluviatilis* var. *fluviatilis* Wallace; 24. *C. placentula* Ehrenberg var. *acuta* Meister; 25. *C. placentula* var. *placentula* Ehrenberg; 26. *C. placentula* Ehrenberg var; 27-28. *Achnanthidium catenatum* (Bily & Marvan) Lange-Bertalot; 29-30. *A. exiguum* (Grunow) Czarnecki var. *exiguum*; 31-33. *Planothidium lanceolatum* (Brébisson ex Kützing) H. Lange-Bertalot; 34. *P. rostratum* (Østrup) Round & Bukhtiyarova; 35. *Diadesmis contenta* (Grunow ex Van Heurck) Mann; 36. *Luticola dapalis* (Frenguelli) Mann; 37. *L. goeppertiana* (Bleisch in Rabenhorst) Mann; 38. *L. mutica* (Kützing) Mann; 39. *Amphipleura lindheimerii* Grunow; 40. *Frustulia saxonica* Rabenhorst; 41. *Sellaphora pupula* (Kützing) Mereschkowsky. Escala: 10 µm.



Figuras 42-56. Representantes da Classe Bacillariophyceae; 42. *Pinnularia borealis* Ehrenberg var. *borealis*; 43. *P. borealis* Ehrenberg var. *scalaris* (Ehrenberg) Rabenhorst; 44. *P. subgiba* Krammer; 45. *P. trigibboides* Metzeltin & Lange-Bertalot; 46. *Navicula heimansiodes* Lange-Bertalot; 47. *N. capitatoradiata* Germain; 48. *Geissleria aikenensis* (Patrick) Torgan & Oliveira; 49. *Capartogramma crucicola* (Grunow ex Cleve) Ross; 50. *Gyrosigma nodiferum* (Grunow) Reimer; 51. *Amphora copulata* (Kützing) Schoeman & Archibald; 52-53. *Nitzschia amphibia* Grunow; 54. *N. palea* (Kützing) Wm. Smith; 55. *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow; 56. *Rhopalodia musculus* (Kützing) O. Müller. Escala: 10 µm.



## 7. RESULTADOS: ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE DIATOMÁCEAS

### 7.1. Caracterização dos Sedimentos

#### 7.1.1. Granulometria

Os resultados da análise granulométrica mostraram predominância de grãos compreendidos em faixa granulométrica de areia (incluindo as frações de areia grossa, média, fina e muito fina) com amplitude de variação entre 50,7-100% em todas as estações de amostragem do Rio Paranapanema (figura 12). Quase a totalidade das estações de amostragem (71%) apresentou predominância de frações de areia fina (125  $\mu$ m), as demais estações (29%) apresentaram predominância de areia média (250  $\mu$ m).

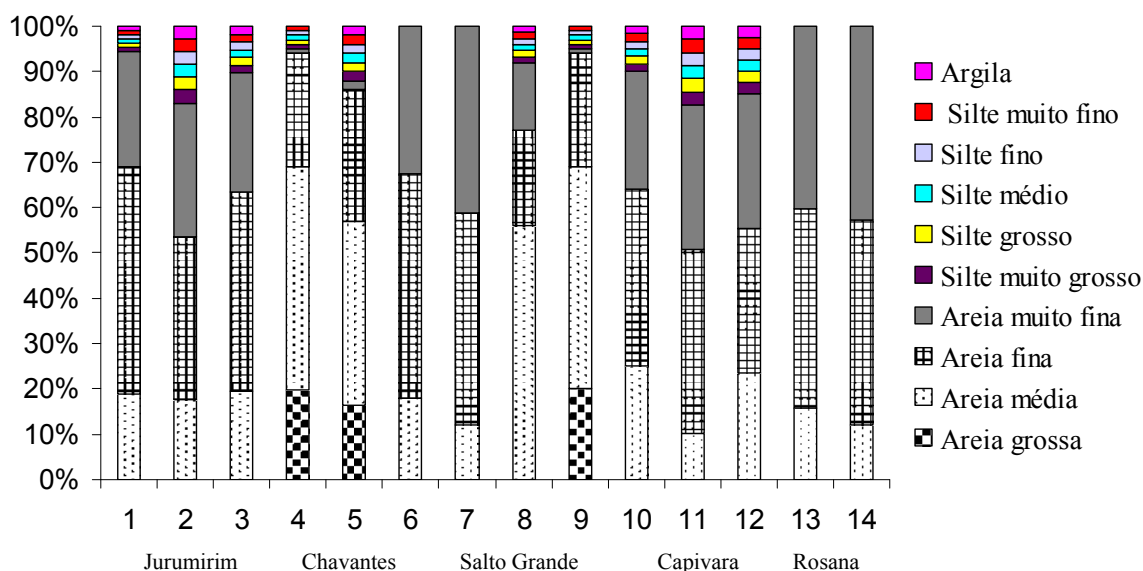


Figura 12. Porcentagem de frações granulométricas nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema: Jurumirim (1 = montante Jurumirim, 2 = Ribeirão das Posses (braço lateral), 3 = barragem Jurumirim); Chavantes (4 = montante Chavantes, 5 = compartimento central de Chavantes; 6 = Barragem Chavantes); Salto Grande (7 = Montante Salto Grande; 8 = Foz do Rio Pardo; 9 = barragem Salto Grande); Capivara (10 = montante Capivara; 11 = Corpo central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi), 12 = barragem Capivara); Rosana (13 = montante Rosana, 14 = barragem Rosana).

As estações de amostragem 6 (barragem de Chavantes), 7 (montante de Salto Grande), 13 e 14 (montante e barragem de Rosana) apresentaram 100% de areia no sedimento (incluindo as frações de areia grossa, média e fina). As estações 4 (montante de Chavantes) e 9 (barragem de Salto Grande) apresentaram 95% e foram seguidas em ordem decrescente de contribuição de areia pelas estações 1 (montante de Jurumirim, 94,5%), 8 (Foz do Rio Pardo, 91,9%), 10 (montante de Capivara, 90%), 3 (barragem de Jurumirim, 89,6%), 5 (compartimento central de Chavantes, 88%), 12 (barragem, 85,0%), 2 (Ribeirão das Posses, 83,1%) e 11 (compartimento central de Capivara, 82,7%). As demais estações apresentaram variação entre 50,7-63,4% de areia.

Com relação ao silte (incluindo as frações de silte muito grosso, grosso, médio, fino e muito fino), a maior porcentagem (14,4%) foi observada na estação 11 (compartimento central de Capivara, próximo à desembocadura do Rio Tibagi), seguida pela a estação 2 (Ribeirão das Posses, braço lateral em Jurumirim), com 14,1%. A menor porcentagem foi observada na estação de montante de Jurumirim (4,6%). As estações barragem de Chavantes (6), montante de Salto Grande (7), Montante e barragem de Rosana (Ro13, Ro14) não apresentaram grãos compreendidos em faixa granulométrica de silte a argila.

Pequena variação foi observada quanto às porcentagens de argila entre as estações de amostragem, que esteve entre 0-2,8%.

### 7.1.2. Fósforo e Nitrogênio Total

**Fósforo Total** - As concentrações de fósforo total do sedimento, expressas em massa de sedimento seco, variaram de 0,11-1,90 mg gMS<sup>-1</sup> (tabela 9, figura 13). Houve incremento nos níveis de fósforo total no trecho médio do Rio Paranapanema, de forma que os maiores valores ocorreram no Reservatório de Capivara (1,90 mg gMS<sup>-1</sup> na montante e 1,42 mg gMS<sup>-1</sup> na barragem), seguido por Salto Grande (1,36 mg gMS<sup>-1</sup> na Foz do Rio Pardo e 0,98 mg gMS<sup>-1</sup> na barragem). Os reservatórios de Jurumirim e Chavantes, localizados no alto Paranapanema, apresentaram os valores mais baixos (0,68 mg gMS<sup>-1</sup> na montante de Jurumirim e 0,11 mg gMS<sup>-1</sup> na barragem; 0,50 mg gMS<sup>-1</sup> no compartimento central e 0,71 mg gMS<sup>-1</sup> na montante de Chavantes). Para o Reservatório de Rosana, localizado no Baixo Paranapanema, as concentrações mais elevadas foram observadas na região da barragem (1,22 mg gMS<sup>-1</sup>).

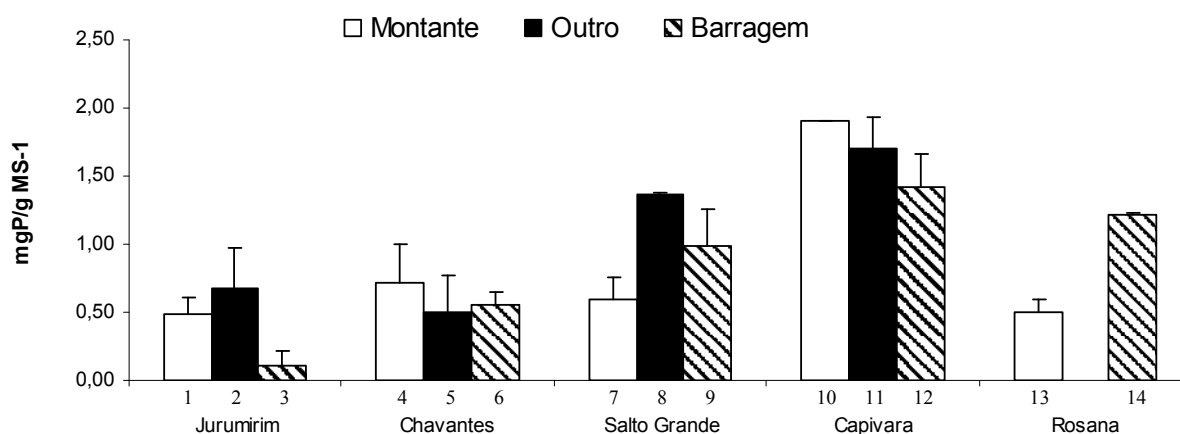


Figura 13. Média ( $\pm$  DP) das concentrações de fósforo total do sedimento (mg gMS<sup>-1</sup>) nos reservatórios do Rio Paranapanema. Barra branca: montante; barra achuriada: barragem; outro: 2 = Ribeirão das Posses (braço lateral), 5 = compartimento central, 8 = Foz do Rio Pardo e 11 = compartimento central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi).

Tabela 9. Valores médios e desvio padrão ( $n = 2$ ) das concentrações de fósforo total do sedimento (mg gMS<sup>-1</sup>) nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Outro: Jurumirim = Ribeirão das Posses (braço

lateral), Chavantes = compartimento central, Salto Grande = Foz do Rio Pardo, Capivara = compartimento central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi).

Estações de amostragem	Jurumirim (mgP gMS <sup>-1</sup> )	Chavantes (mgP gMS <sup>-1</sup> )	Salto Grande (mgP gMS <sup>-1</sup> )	Capivara (mgP gMS <sup>-1</sup> )	Rosana (mgP gMS <sup>-1</sup> )
Montante	0,49 ± 0,12	0,71 ± 0,29	0,60 ± 0,15	1,90 ± 0,00	0,50 ± 0,10
Outro	0,68 ± 0,29	0,50 ± 0,27	1,36 ± 0,01	1,70 ± 0,23	-
Barragem	0,11 ± 0,11	0,55 ± 0,10	0,98 ± 0,27	1,42 ± 0,25	1,22 ± 0,01

**Nitrogênio Total** - A figura 14 aponta tendência de incremento nas concentrações de nitrogênio total nos reservatórios localizados na região do médio Paranapanema, especialmente em Capivara, onde a maior concentração foi observada na estação de barragem (3,59 mg gMS<sup>-1</sup>). Os menores teores ocorreram no compartimento central do Reservatório de Chavantes (0,14 mg gMS<sup>-1</sup>), seguido pela barragem de Jurumirim (0,16 mg gMS<sup>-1</sup>).

No Reservatório de Jurumirim, o primeiro da série em cascata observou-se as maiores concentrações de nitrogênio nas estações de montante e Ribeirão das Posses (braço lateral) do reservatório (1,82 e 1,84 mg gMS<sup>-1</sup>, respectivamente). No extremo da série, no Reservatório de Rosana localizado no baixo Paranapanema, já foi observado maior concentração na barragem (1,35 mg gMS<sup>-1</sup>).

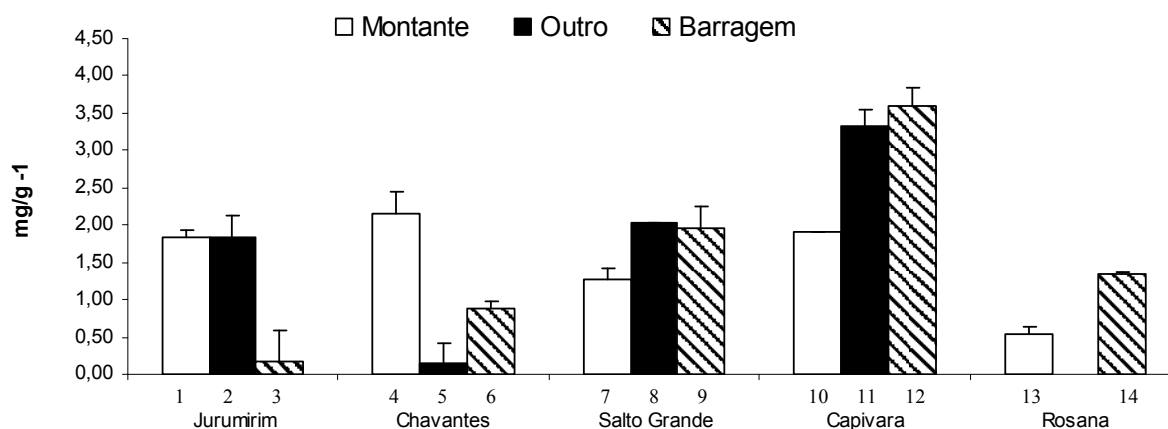


Figura 14. Média (± DP) das coconcentrações de nitrogênio total do sedimento (mg gMS<sup>-1</sup>) nos reservatórios do Rio Paranapanema: barra branca: montante; barra achuriada: barragem; outro: 2 = Ribeirão das Posses (braço lateral), 5 = compartimento central, 8 = Foz do Rio Pardo e 11 = compartimento central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi).

Tabela 10. Valores médios e desvio padrão ( $n = 2$ ) das concentrações de nitrogênio total do sedimento (mg gMS<sup>-1</sup>) nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Outro: Jurumirim = Ribeirão das Posses (braço lateral), Chavantes = compartimento central, Salto Grande = Foz do Rio Pardo, Capivara = compartimento central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi).

Estações de amostragem	Jurumirim (mgN gMS <sup>-1</sup> )	Chavantes (mgN gMS <sup>-1</sup> )	Salto Grande (mgN gMS <sup>-1</sup> )	Capivara (mgN gMS <sup>-1</sup> )	Rosana (mgN gMS <sup>-1</sup> )
Montante	1,82 ± 0,12	2,16 ± 0,29	1,28 ± 0,15	1,90 ± 0,00	0,53 ± 0,10
Outro	1,84 ± 0,29	0,14 ± 0,27	2,02 ± 0,01	3,32 ± 0,23	-
Barragem	0,16 ± 0,41	0,88 ± 0,10	1,97 ± 0,27	3,59 ± 0,25	1,35 ± 0,01



### 7.1.3. Avaliação Conjunta dos Dados Abióticos

Com o objetivo de visualizar as principais tendências de variação das características abióticas analisadas nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema, foi aplicada análise de componentes principais, utilizando cinco variáveis: nitrogênio total, fósforo total, profundidade, silte e areia. A fração argila não foi considerada por estar pouco representada, além de sua distribuição mais uniforme nas estações de amostragem.

A análise resumiu 71,8% da variabilidade total dos dados em seus dois primeiros eixos (figura 15). A principal separação ocorreu no eixo 1 (43,7% de variação explicada), no qual as unidades amostrais se ordenaram principalmente em função da maior disponibilidade de nutrientes. As unidades relativas ao médio trecho do rio posicionaram-se, em sua quase totalidade, do lado positivo do eixo 1 e estiveram associadas às maiores concentrações de PT (fósforo total,  $r = 0,91$ ), NT (nitrogênio total,  $r = 0,80$ ), seguidas pela maior porcentagem de areia no sedimento ( $r = 0,69$ ). Em contrapartida, as unidades relativas ao alto trecho do rio posicionaram-se do lado negativo do eixo, estando associadas às menores concentrações das variáveis mencionadas. A estação de montante de Salto Grande (SG7), localizada no médio trecho do rio, também esteve associada às baixas concentrações de nutrientes e porcentagem de areia no sedimento. Ainda no eixo 1, a profundidade foi a variável que menos contribuiu para a ordenação das unidades amostrais ( $r = 0,49$ ). O eixo 2 (28,1% de variação explicada) separou, principalmente, as unidades amostrais Ju2 (braço lateral Ribeirão das Posses em Jurumirim) das estações de montante e barragem de Rosana (Ro13 e Ro14, respectivamente), no qual as últimas estiveram-se associadas às menores porcentagens de silte no sedimento.

Em síntese, a análise conjunta dos dados indicou que a principal fonte de variação foi o nível de enriquecimento, mais acentuado no trecho médio do rio Paranapanema.

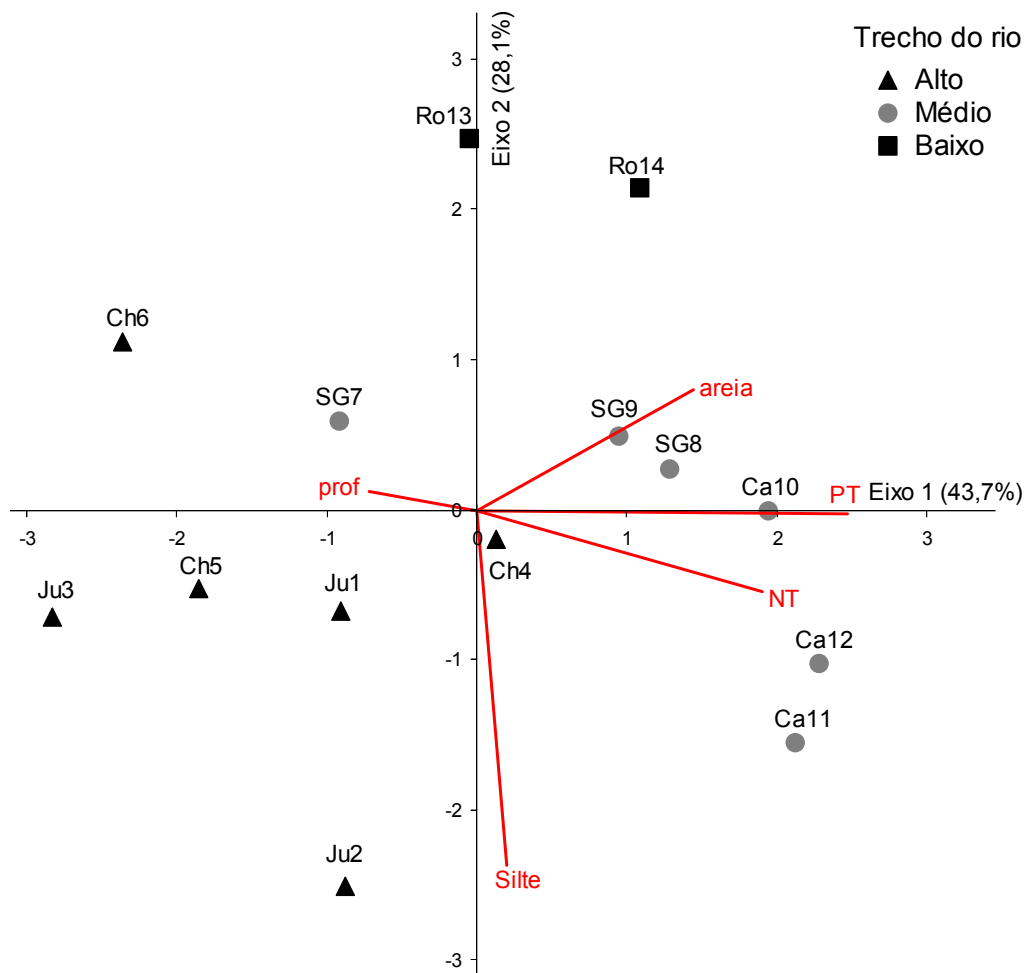


Figura 15. Ordenação pela ACP (Análise de Componentes Principais) das unidades amostrais relativas aos trechos do Rio Paranapanema (alto, médio e baixo Paranapanema). **Abreviações das unidades amostrais - Ju1:** montante de Jurumirim, **Ju2:** Ribeirão das Posses, **Ju3:** barragem de Jurumirim; **Ch4:** montante de Chavantes, **Ch5:** compartimento central, **Ch6:** barragem de Chavantes; **SG7:** montante de Salto Grande, **SG8:** Foz do Rio Pardo, **SG9:** barragem de Salto Grande; **Ca10:** montante de Capivara, **Ca11:** compartimento central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi), **Ca12:** barragem de Capivara; **Ro13:** montante de Rosana; **Ro14:** barragem de Rosana. **Abreviações dos vetores – NT:** nitrogênio total do sedimento; **PT:** fósforo total do sedimento; **prof:** profundidade.

## 7.2. Estrutura da Comunidade de Diatomáceas

### 7.2.1. Estrutura Qualitativa da Comunidade de Diatomáceas

A composição das diatomáceas nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema foi constituída por 31 gêneros e 60 táxons infragenéricos (tabela 11, capítulos 1 e 2).

A maior riqueza (figura 16), englobando as estações de amostragem de cada reservatório, foi encontrada no reservatório de Jurumirim (45), seguido em ordem decrescente pelos reservatórios de Capivara (36), Salto Grande (31), Chavantes (25) e Rosana (24).

Considerando a riqueza por estação de amostragem (figura 17), o maior número de táxons foi encontrado na barragem do Reservatório de Jurumirim e no compartimento central (próximo à

desembocadura do Rio Tibagi) do Reservatório de Capivara (30) e o menor, na montante de Chavantes (10).

Como tendência geral, as maiores riquezas foram observadas no Reservatório de Jurumirim, bem como nas zonas de barragem dos reservatórios estudados (exceto ao compartimento central do Reservatório de Capivara, próximo à desembocadura do Rio Tibagi).

Em relação à adição de novas espécies ao longo das estações de amostragem, foi verificada tendência de incremento em direção ao baixo Paranapanema. O aumento foi mais elevado no início da série, especialmente, na estação Ribeirão das Posses (braço lateral) em Jurumirim (12 táxons), tornando-se mais gradual até a barragem de Salto Grande (estação 9) e elevando-se mais a partir do Reservatório de Capivara até o final da série em cascata (Figura 18).

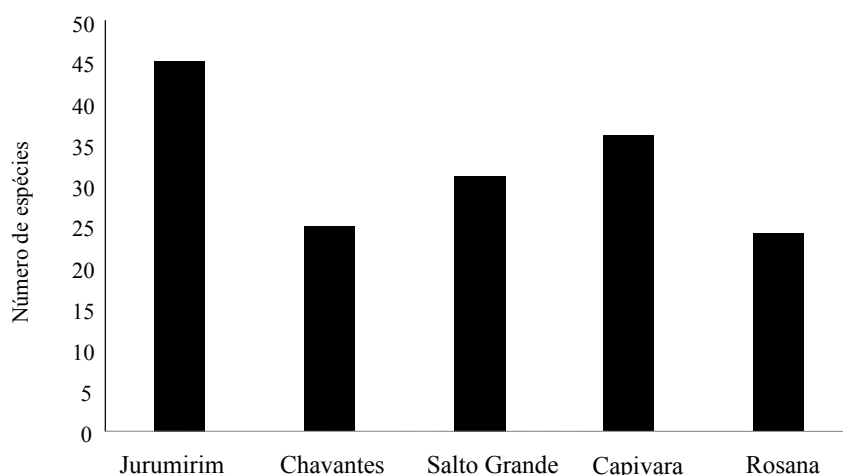


Figura 16. Riqueza de táxons nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema.

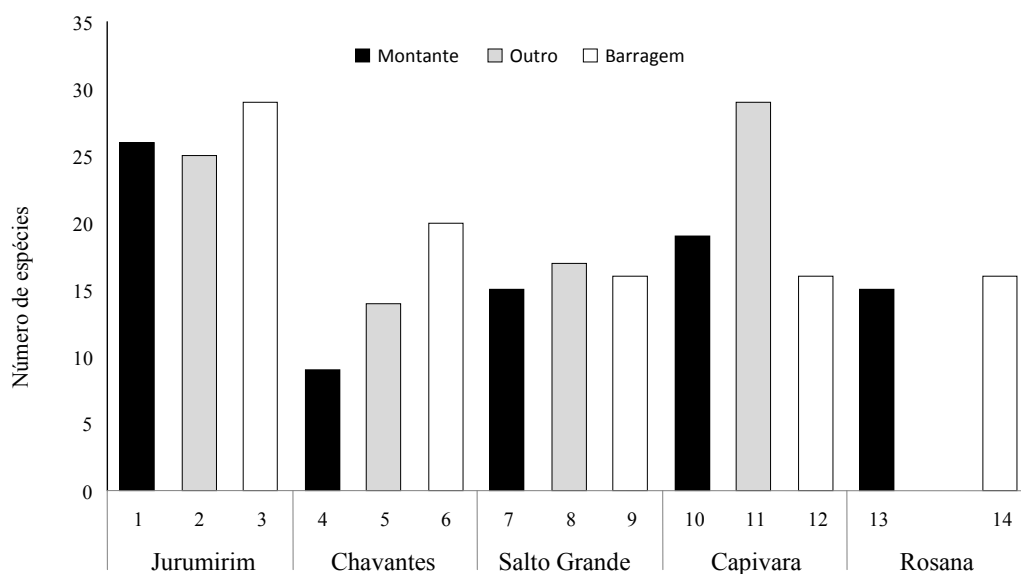


Figura 17. Riqueza de diatomáceas nas estações de amostragem dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Barra preta: montante; barra branca: barragem; barra cinza outro: **2** = Ribeirão das Posses (braço lateral), **5** = compartimento central, **8** = Foz do Rio Pardo e **11** = compartimento central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi).

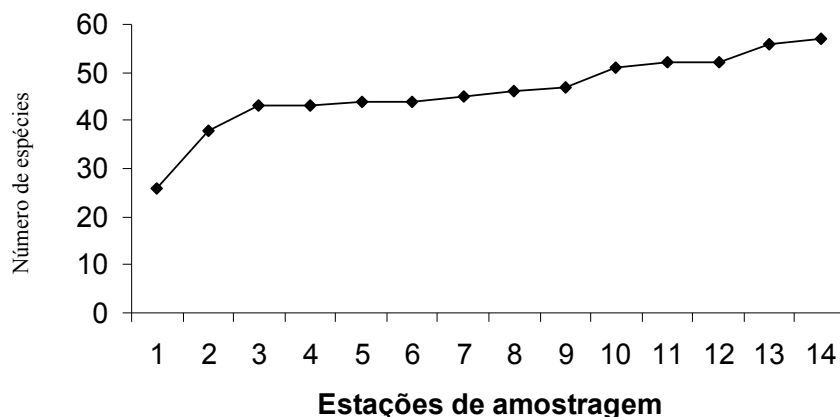


Figura 18. Curva de rarefação de espécies ao longo do eixo longitudinal dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Estações de amostragem, conforme Tabela 7.

Em relação à distribuição dos táxons (tabela 11), *Cyclotella menegheniana* foi a espécie de maior distribuição, sendo encontrada em todas as estações de amostragem e, em seguida, está *Aulacoseira granulata* var. *granulata* que apenas não foi registrada na região de montante do Reservatório de Chavantes. A estação de montante do Reservatório de Jurumirim apresentou o maior número de espécies de ocorrência mais restrita (*Discostella pseudostelligera*, *Fragilaria crassa*, *Eunotia tridentula*, *Pinnularia subgiba* e *Geissleria aikenensis*). Ainda, outras quatro espécies foram registradas apenas neste reservatório (*Gomphonema lagenulla*, *G. acuminatum*, *Planothidium rostratum* e *Nitzschia amphibia*). Duas espécies ocorreram exclusivamente na estação de montante do Reservatório de Rosana (*Luticola mutica* e *Capartogramma crucicola*) e outras duas foram de ocorrência restrita ao Reservatório de Capivara (*Aulacoseira granulata* var. *angustissima* e *Gomphonema costei*).

Finalmente, a similaridade florística da comunidade de diatomáceas entre as estações de amostragem dos reservatórios em cascata (figura 19) mostrou a formação de dois grupos principais (nível de corte de 20%). O primeiro grande grupo foi formado pelos reservatórios localizados no alto e médio Paranapanema (Jurumirim, Chavantes, Salto Grande e Capivara) e o segundo e menor grupo foi formado pelo Reservatório de Rosana, localizado no baixo trecho do rio. Em um nível de corte maior (28%) foi possível verificar a formação de três grupos principais. O primeiro grupo (**A**) foi formado pelas unidades amostrais localizadas no baixo trecho do rio (Ro13 e Ro14) e relativas ao Reservatório de Rosana, o segundo grupo (**B**) foi formado pela quase totalidade das unidades amostrais localizada no médio trecho do rio (exceto à estação de barragem de Salto Grande = SG9) e pelas unidades amostrais pertencentes ao Reservatório de Chavantes (Ch4, Ch5 e Ch6). O terceiro grupo (**C**) foi formado pelas unidades amostrais concernentes ao Reservatório de Jurumirim (**Ju1**, **Ju2** e **Ju3**) e pela estação de amostragem **SG9** (barragem do Reservatório de Salto Grande).

Em suma, a comunidade de diatomáceas distribuída no baixo trecho do Rio Paranapanema foi a mais dessemelhante na série em cascata e, em seguida, ocorreu a separação do primeiro reservatório da série em cascata (Jurumirim) dos demais, ou seja, havendo tendência de separação em função, principalmente, do trecho médio do Rio Paranapanema.

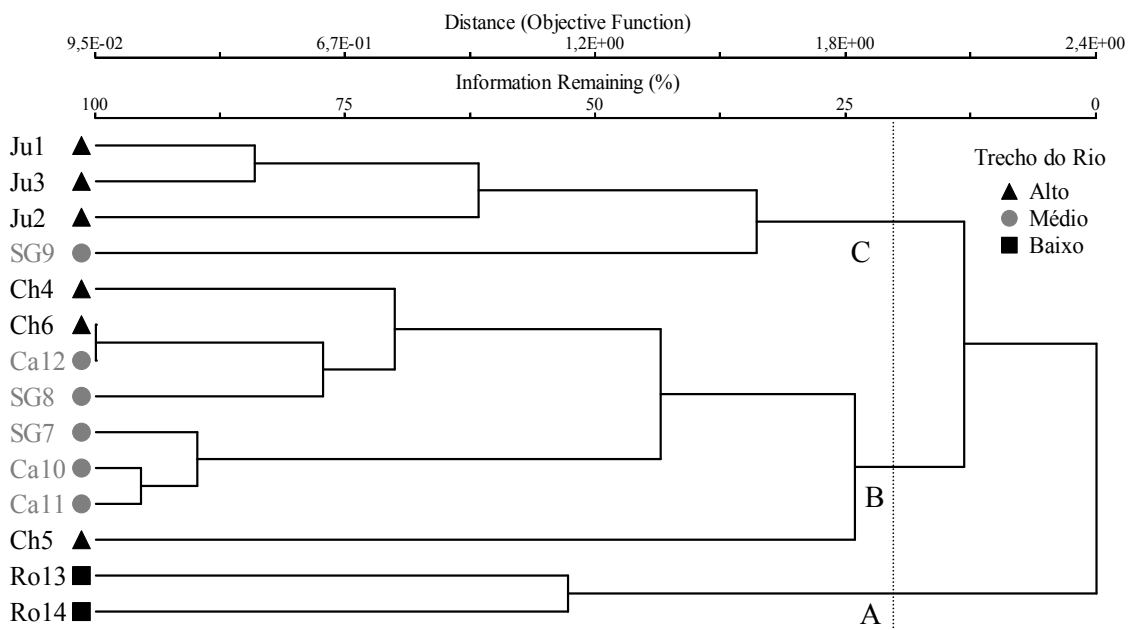


Figura 19. Análise de similaridade (índice de Jaccard) da comunidade de diatomáceas distribuídas nos sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Abreviações: **Ju1**: montante de Jurumirim; **Ju2**: Ribeirão das Posses; **Ju3**: barragem de Jurumirim; **Ch4**: montante de Chavantes; **Ch5**: compartimento central; **Ch6**: barragem de Chavantes; **SG7**: montante de Salto Grande; **SG8**: Foz do Rio Pardo; **SG9**: barragem de Salto Grande; **Ca10**: montante de Capivara; **Ca11**: compartimento central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi); **Ca12**: barragem de Capivara; **Ro13**: montante de Rosana; **Ro14**: barragem de Rosana.

Tabela 11. Ocorrência dos táxons de diatomáceas nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema.

Estações de amostragem / Táxons	Jurumirim			Chavantes			Salto Grande			Capivara			Rosana	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Achnanthydium catenatum</i>													X	X
<i>A. exiguum</i> var. <i>exiguum</i>			X				X				X			X
<i>Amphipleura lindheimerii</i>							X	X			X			X
<i>Amphora copulata</i>										X	X			
<i>Asterionella formosa</i> var. <i>formosa</i>									X		X			
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>										X	X	X		
<i>A. granulata</i> var. <i>granulata</i>	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Capartogramma crucicola</i>													X	
<i>Cocconeis fluviatilis</i> var. <i>fluviatilis</i>	X		X	X		X	X	X		X	X	X		
<i>C. placentula</i> var. <i>acuta</i>	X		X	X		X	X	X		X	X	X		
<i>C. placentula</i> var. <i>placentula</i>	X		X	X		X	X	X		X	X	X		
<i>C. placentula</i> var.	X		X	X		X	X	X		X	X	X		
<i>Cyclotella menegheniana</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cymbella tropica</i>		X	X		X				X					
<i>Cymbopleura naviculiformis</i>										X				
<i>Diadesmis contenta</i>													X	X
<i>Discostella pseudostelligera</i>	X													
<i>D. stelligera</i>	X		X		X	X			X			X		
<i>Encyonema perpusillum</i> var. <i>perpusillum</i>	X	X			X				X	X	X			X
<i>E. silesiacum</i>	X		X	X	X	X	X	X			X	X	X	
<i>Eunotia camelus</i>			X			X								
<i>E. georgii</i>			X			X								
<i>E. monodon</i>		X	X											
<i>E. rabenhorstii</i> var. <i>monodon</i>		X	X						X				X	
<i>E. sudetica</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>E. tridentula</i> var. <i>tridentula</i>	X													
<i>E. zygodon</i>		X	X	X				X	X					
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>capucina</i>	X		X			X			X		X			
<i>F. crassa</i>	X													
<i>Frustulia saxonica</i>		X							X	X	X		X	
<i>Geissleria aikenensis</i>	X													
<i>Gomphonema acuminatum</i>	X	X	X											
<i>G. costae</i>										X	X	X		
<i>G. gracile</i>										X	X		X	X
<i>G. lagenulla</i>	X	X												
<i>G. laticollum</i>		X								X	X		X	
<i>G. parvulum</i>	X	X	X			X		X	X		X	X		
<i>G. subtile</i>											X			

Tabela 11. Continuação.

Estações de amostragem / Táxons	Jurumirim			Chavantes			Salto Grande			Capivara			Rosana	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Gyrosigma nodiferum</i>	X	X	X											
<i>Hantzschia amphioxys</i>		X			X	X	X			X	X	X		X
<i>Luticola dapalis</i>	X		X			X	X	X			X			
<i>L. goeppertiana</i>	X		X	X	X	X						X	X	
<i>L. mutica</i>														X
<i>Navicula heimansioides</i>		X	X											X
<i>N. capitatoradiata</i>		X					X			X	X			
<i>Nitzschia amphibia</i>	X	X	X											
<i>N. palea</i>		X			X	X	X			X	X	X		X
<i>Pinnularia borealis</i> var. <i>borealis</i>		X											X	X
<i>P. borealis</i> var. <i>scalaris</i>	X	X	X					X	X	X		X		X
<i>P. subgiba</i>	X													
<i>P. trigibboides</i>	X		X	X		X		X	X		X	X		X
<i>Planothidium lanceolatum</i>			X				X	X			X			
<i>P. rostratum</i>	X	X												
<i>Rhopalodia musculus</i>														X
<i>Sellaphora pupulla</i>		X				X			X		X			X
<i>Staurosira acutirostrata</i>								X						
<i>S. martyi</i>					X	X		X						
<i>Synedra gouldarii</i> var. <i>gouldarii</i>	X	X	X		X						X		X	X
<i>Thalassiosira</i> sp.			X		X	X	X		X	X				
<i>Ulnaria ulna</i> var. <i>ulna</i>	X	X	X		X			X			X			
TOTAL	27	25	30	10	14	21	16	18	16	20	30	17	15	16

### 7.2.2. Estrutura Quantitativa da Comunidade de Diatomáceas

A densidade total média das diatomáceas, incluindo as estações de amostragem para cada reservatório, foi mais elevada no Reservatório de Salto Grande ( $1,3 \cdot 10^3$  valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ), localizado no médio Paranapanema, seguido, em ordem decrescente, pelos reservatórios de Capivara ( $0,9 \cdot 10^3$  valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ) também localizado do médio trecho do rio, Jurumirim ( $0,7 \cdot 10^3$  valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ) e Chavantes ( $0,6 \cdot 10^3$  valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ), localizados no alto Paranapanema e, finalmente, Rosana ( $0,5 \cdot 10^3$  valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ), localizado no baixo Paranapanema (figura 20).

Considerando as estações de amostragem, no primeiro reservatório da série em cascata (Jurumirim), a maior densidade foi observada na estação Ribeirão das Posses ( $1.361$  valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ) e a menor na montante ( $428$  valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ), com valor muito próximo da barragem. Para o Reservatório de Chavantes, também localizado no alto Paranapanema, a maior densidade foi observada na estação de montante ( $720$  valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ) e a menor no compartimento central ( $552$

valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ) e, assim, com pouca variação intra-reservatório. Para o médio trecho do rio, as densidades foram usualmente mais elevadas de forma que em Salto Grande o maior valor ocorreu na estação de barragem (1.581 valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ) e o menor (992 valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ) na foz do Rio Pardo. Já, no Reservatório de Capivara, a maior densidade foi observada na estação de montante (1.297 valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ) e densidades similares foram observadas para o compartimento principal (próximo à desembocadura do Rio Tibagi) e barragem do reservatório (846 e 831 valvas  $\text{gMS}^{-1}$ , respectivamente). No baixo Paranapanema (Reservatório de Rosana) as densidades foram similares entre as estações de montante e barragem (803 e 804 valvas  $\text{gMS}^{-1}$ , respectivamente) (figura 21).

De modo geral, as maiores densidades foram encontradas nas estações de amostragem no trecho médio do Rio Paranapanema, exceto ao braço lateral (Ribeirão das Posses) do Reservatório de Jurumirim, localizado no trecho alto do rio.

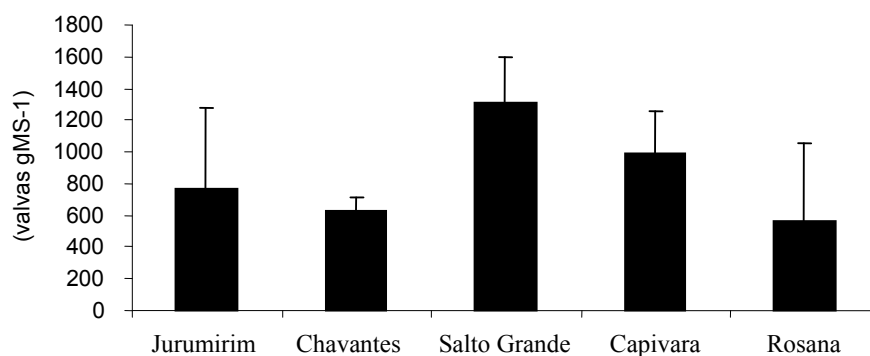


Figura 20. Densidade total média e desvio padrão de diatomáceas (valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ) nos sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema.

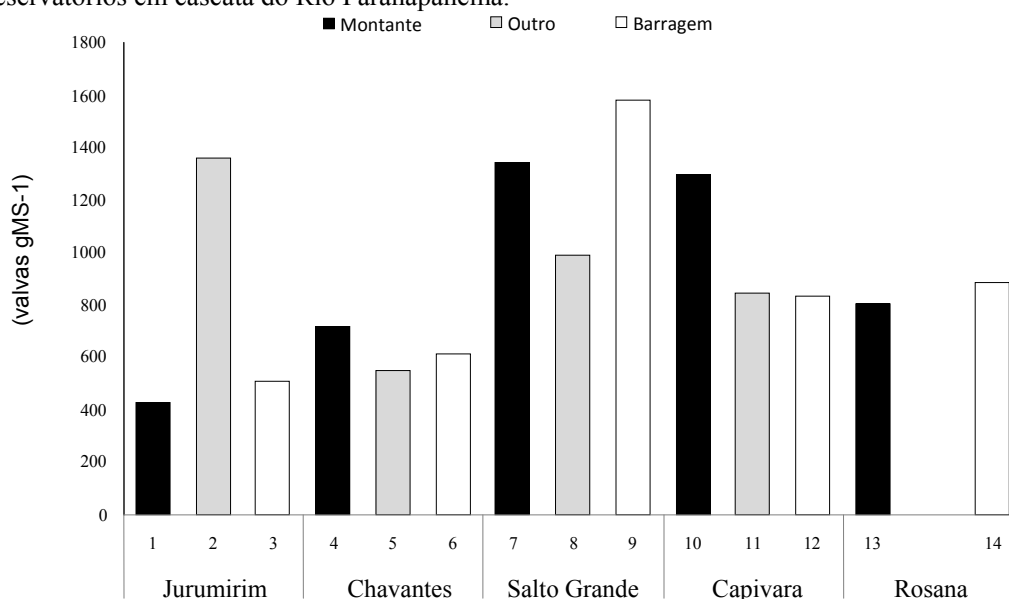


Figura 21. Densidade total de diatomáceas (valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ) nos sedimentos superficiais das estações de amostragem dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Barra branca: montante; barra achuriada: barragem; outro: 2 = Ribeirão das Posses (braço lateral), 5 = compartimento central, 8 = Foz do Rio Pardo e 11 = compartimento central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi).



Para análise mais fina da estrutura da comunidade, foram representados os 10 táxons mais abundantes da comunidade, os quais perfizeram, conjuntamente, 67,6 a 100% da densidade total, dependendo da estação de amostragem. Nenhum táxon foi considerado dominante na série de reservatórios em cascata, isto é, com abundância superior a 50% da densidade total da comunidade. A abundância máxima registrada foi registrada para *Cocconeis placentula* (27,1%).

No reservatório de Jurumirim, os 10 mais abundantes contribuíram com 72 a 89% da comunidade (figura 22). Apenas na estação de montante houve maior predominância de uma espécie, havendo, nas demais, uma distribuição mais similar entre espécies. Assim, *Aulacoseira granulata* var. *granulata*, que se destacou em abundância na estação de montante (20,2%), diminuiu em representatividade ao longo do gradiente longitudinal, passando a contribuir com apenas 5,1% da densidade total na estação de barragem. Já *Ulnaria ulna* manteve contribuição similar entre as três estações de amostragem, variando de 9,5% (montante) a 5,7% na barragem. Na estação de amostragem Ribeirão das Posses (braço lateral) as espécies com maiores representatividades foram *Encyonema perpussillum* e *Eunotia rabenhorstii* var. *monodon*, que contribuíram conjuntamente com 30,5%. Para a estação de barragem as espécies *Eunotia camelus* e *Cocconeis placentula* foram as mais abundantes, perfazendo 28,5% de contribuição.

No Reservatório de Chavantes, as 10 mais abundantes contribuíram com 77 a 100% da comunidade (figura 23). Na região de montante, a comunidade esteve constituída por apenas sete táxons, onde *Cocconeis placentula* destacou-se com 27% de representação, seguida por *Cyclotella menegheniana* (20%) e *Eunotia sudetica* (15%). Na zona do compartimento central, nenhuma espécie teve maior destaque em relação às demais, sendo as três abundantes representadas por *Thalassiosira* sp. (13%), *Aulacoseira granulata* var. *granulata* (12%) e *Nitzschia palea* (9,4%). Já, na zona de barragem, estas duas primeiras espécies se destacaram, contribuindo com 18 e 17%, respectivamente.

No Reservatório de Salto Grande, localizado no trecho médio do rio, as 10 espécies mais abundantes contribuíram com 74 a 82% da comunidade (figura 24). As quatro espécies abundantes na estação de montante foram *Nitzschia palea* (15%), *Fragilaria capucina* (13%), *Cyclotella menegheniana* (11%) e *Hantzschia amphioxys* (9%), que contribuíram com 49% da comunidade. Na estação Foz do Rio Pardo, quatro espécies também se destacaram, *Luticola dapalis* (15%), *Eunotia sudetica* (13%), *Ulnaria ulna* (13%) e *Cocconeis placentula* (12%), perfazendo o total de 53% da comunidade. Na barragem, três espécies foram bem mais abundantes, *Encyonema perpusillum* (14%), *Aulacoseira granulata* var. *granulata* (13%) e *Asterionella formosa* var. *formosa* (13%), contribuindo com o total de 40%.

Para o Reservatório de Capivara, também localizado no médio curso do rio, as 10 espécies mais abundantes contribuíram com 74 a 93% da comunidade (figura 25). As três espécies que se

destacaram na região de montante foram *Frustulia saxonica* (13%), *Encyonema perpusillum* (12%) e *Thalassiosira* sp. (12%), que contribuíram com 37%. No compartimento central as três mais abundantes, *Nitzschia palea* (13%), *Cyclotella menegheniana* (13%) e, novamente, *Thalassiosira* sp. (12%), perfizeram 38% da comunidade. E, na região de barragem, as quatro espécies que se destacaram com contribuição entre 13-16% (*Aulacoseira granulata* var. *granulata*, *Hantzschia amphioxys*, *Cocconeis placentula* e *Encyonema silesiacum*), perfizeram 57% da comunidade.

Finalmente para o Reservatório de Rosana, único localizado no baixo curso do rio, as 10 espécies mais abundantes contribuíram com 68 a 73% da comunidade (figura 26). Na região de montante, as três mais abundantes foram *Frustulia saxonica* (14%), *Gomphonema laticollum* (13%) e *Encyonema silesiacum* (11%), que contribuíram com 38% da comunidade. Já, na estação de barragem, *Encyonema perpusillum* e *Frustulia saxonica* destacaram-se, com 12% de contribuição cada.

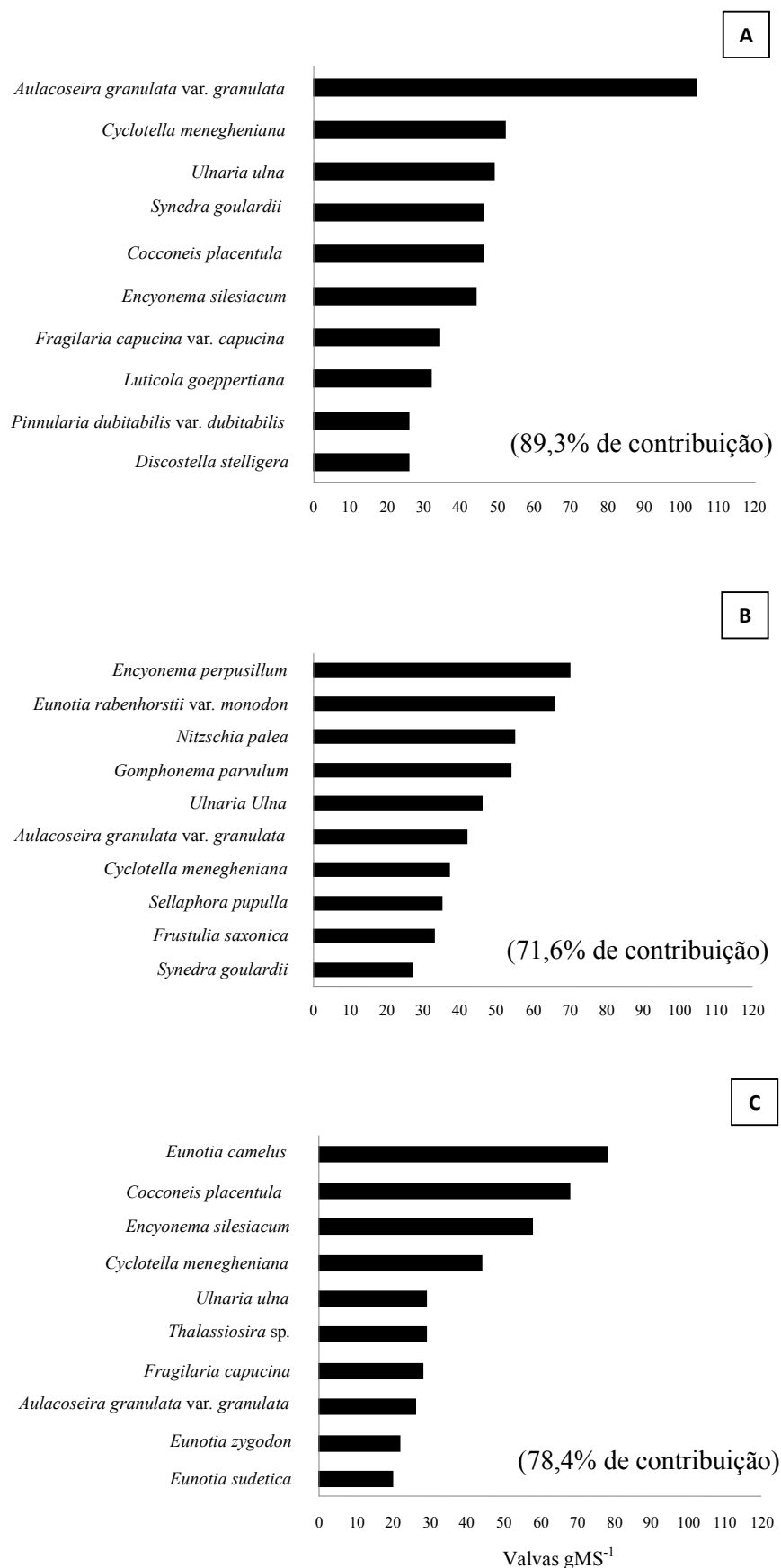


Figura 22. Densidade dos 10 táxons mais abundantes de diatomáceas de sedimentos superficiais do Reservatório de Jurumirim, nas estações de montante (A), Ribeirão das Posses (braço lateral) (B) e barragem (C).

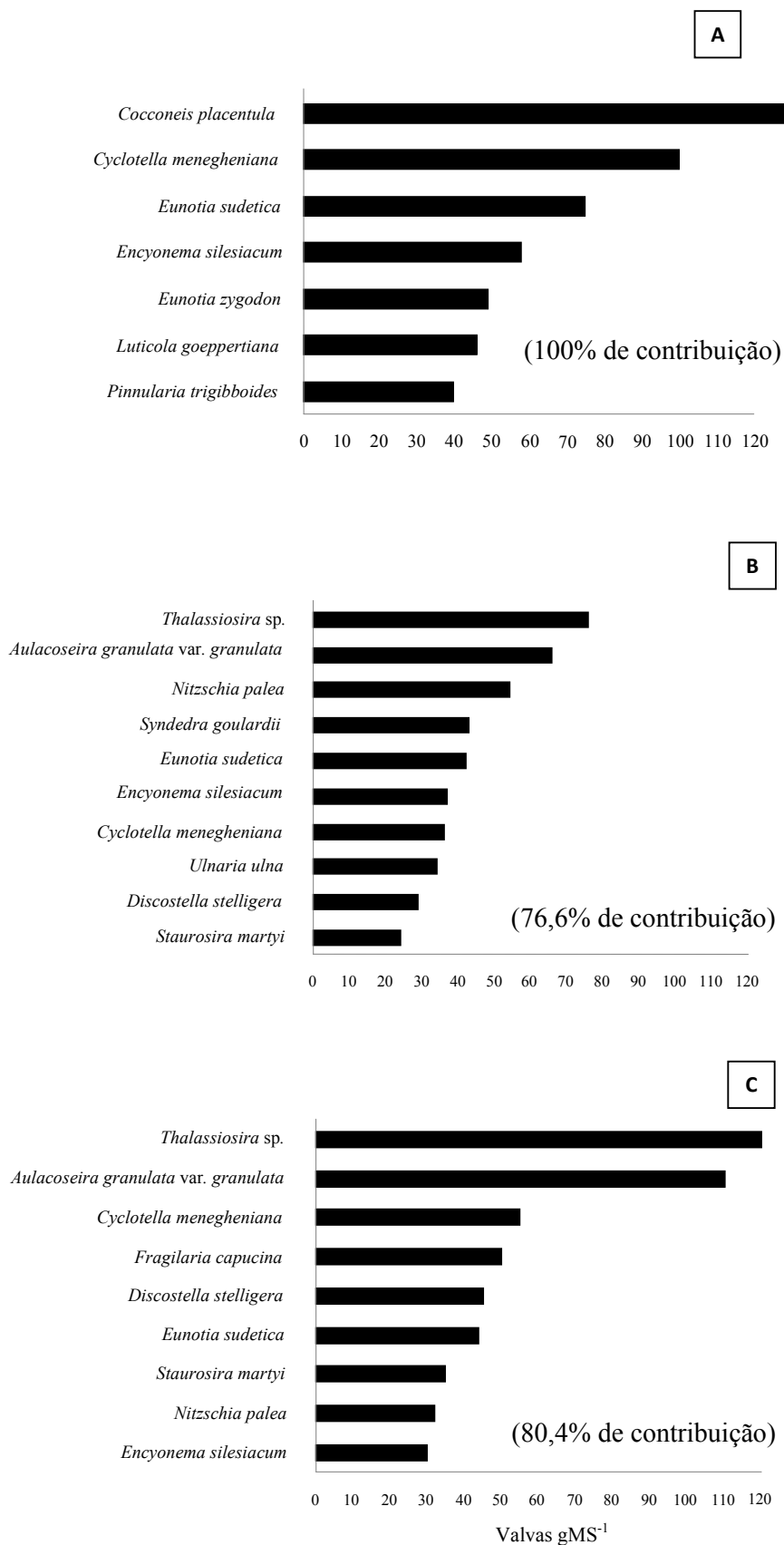


Figura 23. Densidade dos 10 táxons mais abundantes de diatomáceas de sedimentos superficiais do Reservatório de Chavantes, nas estações de montante (A), compartimento central (B) e barragem (C).

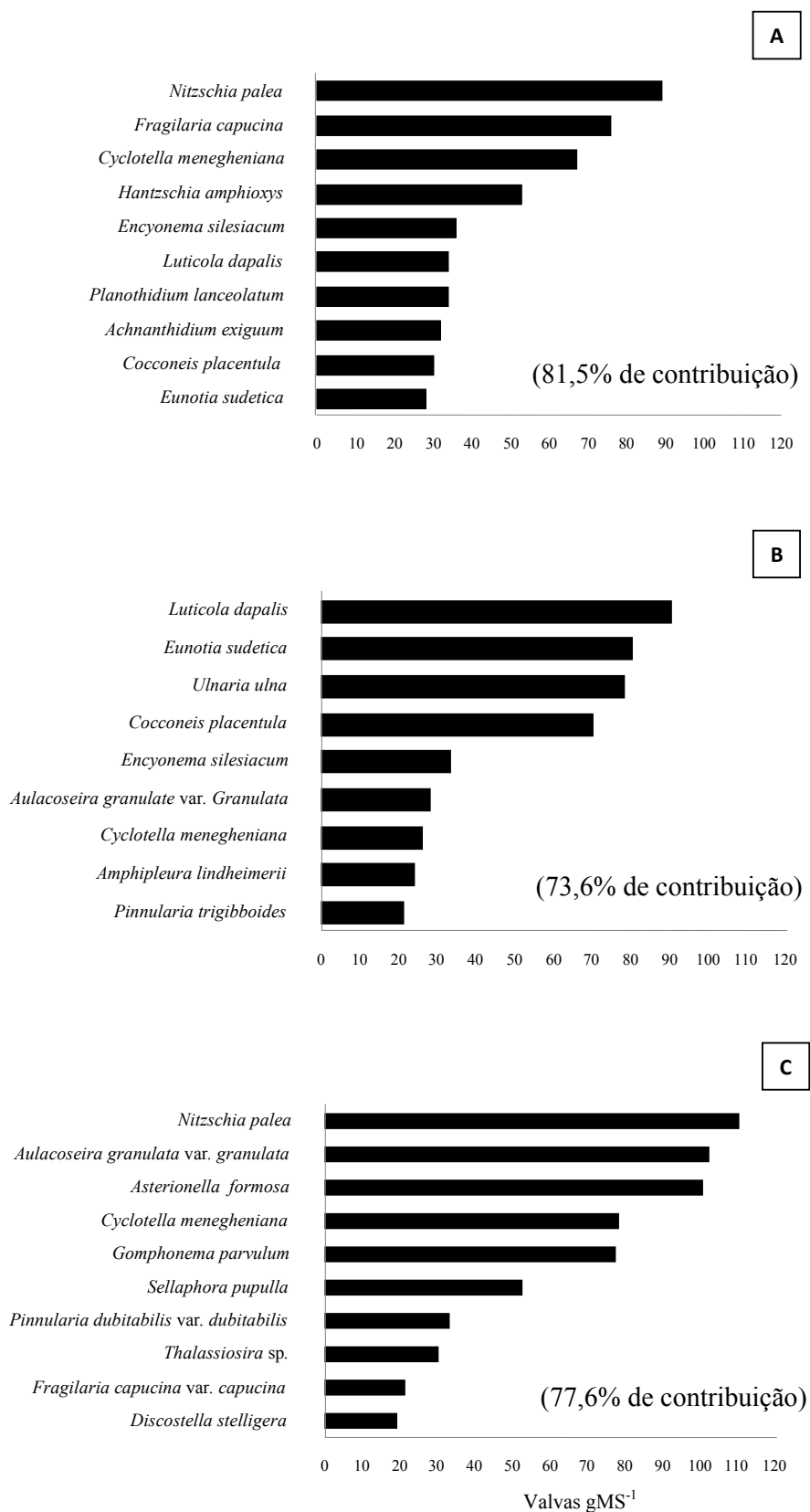


Figura 24. Densidade dos 10 táxons mais abundantes de diatomáceas de sedimentos superficiais do Reservatório de Salto Grande, nas estações de montante (A), Foz do Rio pardo (B) e barragem (C).

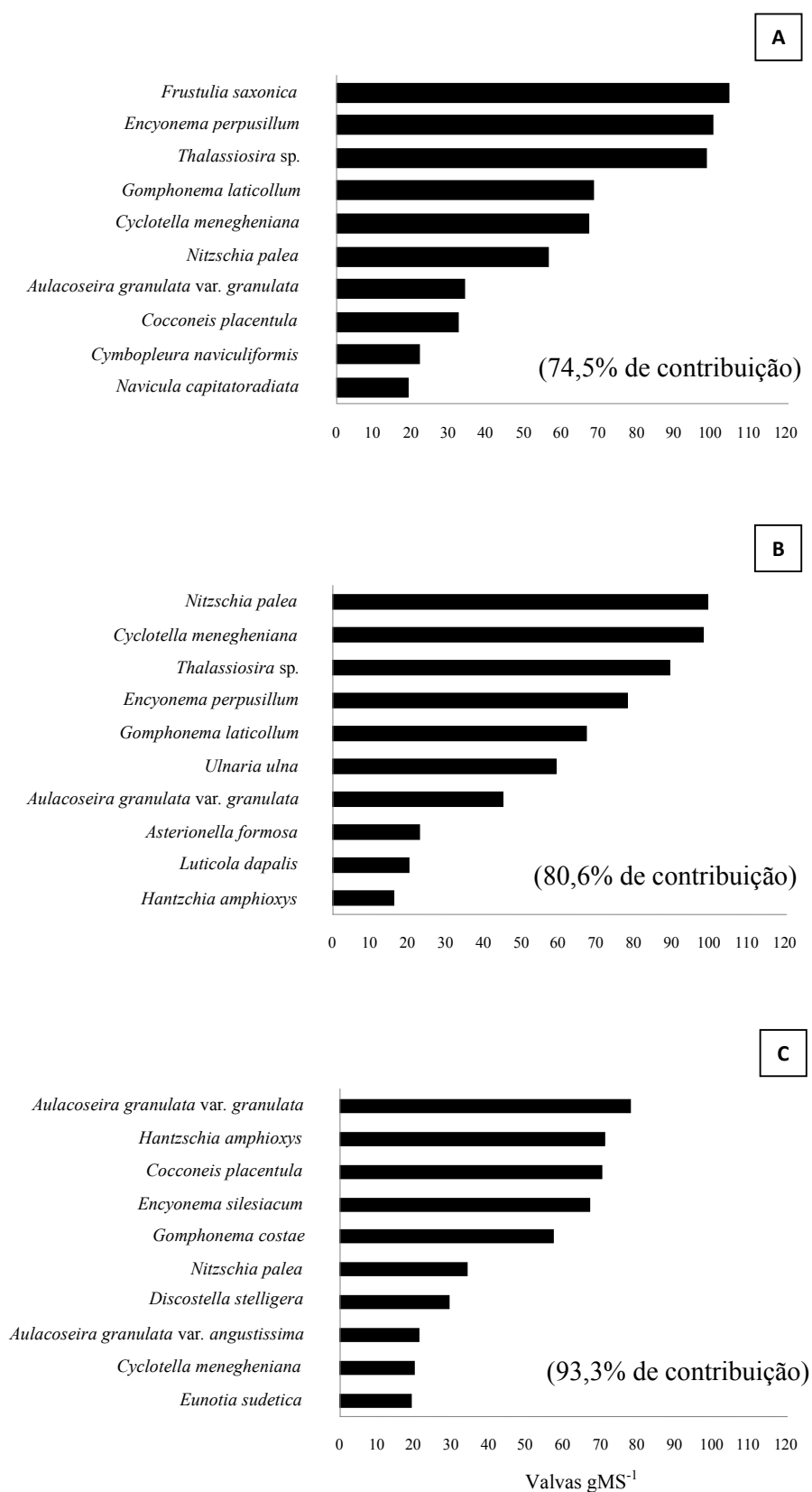


Figura 25. Densidade dos 10 táxons mais abundantes de diatomáceas de sedimentos superficiais do Reservatório de Capivara, nas estações de montante (A), compartimento central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi) (B) e barragem (C).

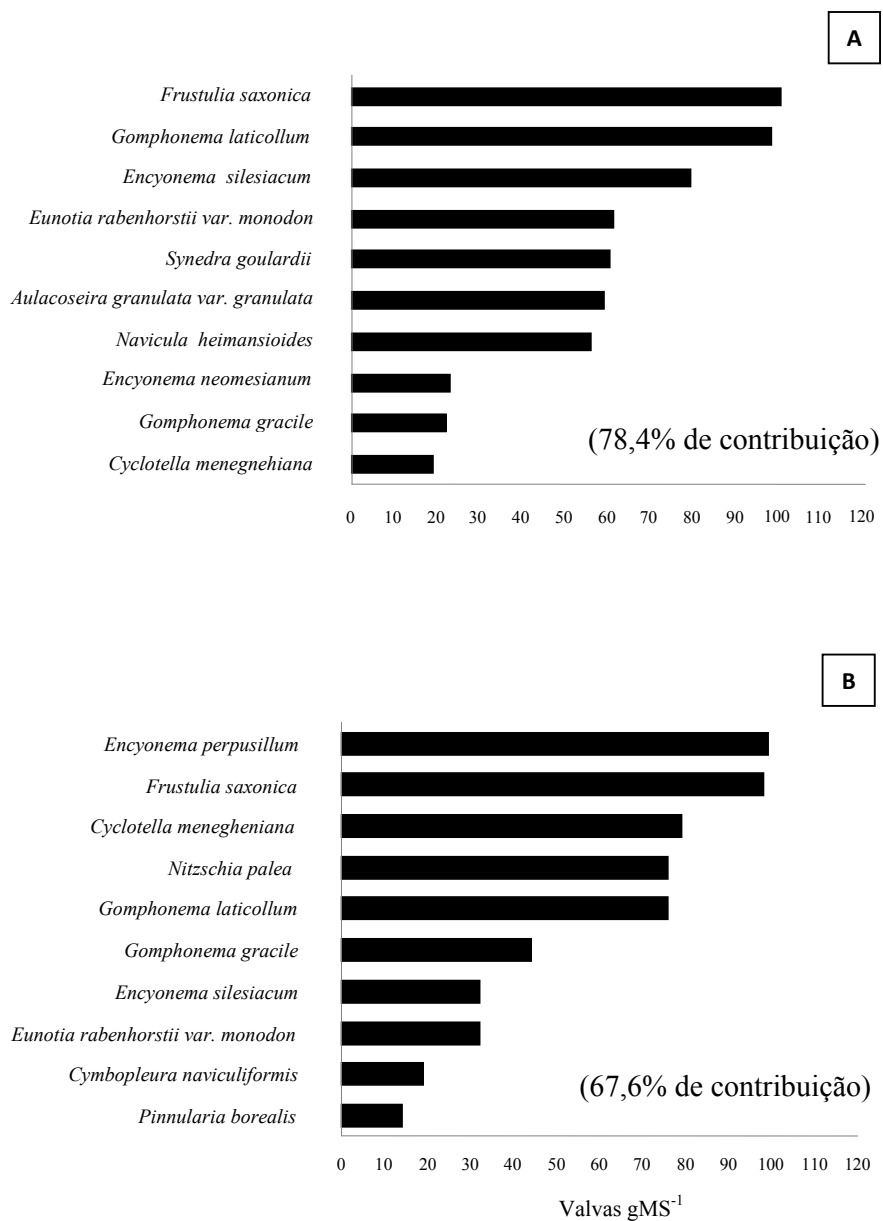


Figura 26. Densidade dos 10 táxons mais abundantes de diatomáceas de sedimentos superficiais do Reservatório de Rosana, nas estações de montante (A) e barragem (B).

Com o objetivo de avaliar as principais tendências de variação da estrutura quantitativa da comunidade de diatomáceas na série em cascata dos reservatórios estudados, aplicou-se análise de componentes principais (ACP) com base nos táxons com contribuição igual ou superior a 0,7% da densidade total da comunidade, bem como com ocorrência em mais de uma estação de amostragem, o que resultou em nove espécies.

A análise resumiu 55% da variabilidade total dos dados em seus dois primeiros eixos (figura 27, tabela 12). No primeiro componente (34% de variação explicada), as unidades amostrais apresentaram tendência de ordenação em função dos trechos do rio. No extremo direito do eixo, posicionaram-se principalmente as unidades relativas ao baixo trecho do rio (Reservatório de Rosana), que estiveram associadas às densidades mais elevadas de *Gomphonema laticollum* (GLTC,  $r = 0,84$ ) e *Encyonema perpusillum* (ENPE,  $r = 0,76$ ). Em contrapartida, a maioria das unidades amostrais relativas ao alto trecho do rio posicionaram-se no lado negativo do eixo, de forma que três delas (Ju1, Ju3: Reservatório de Jurumirim e Ch4: montante do Reservatório de Chavantes) se associaram às menores densidades dos táxons mencionados, bem como às maiores densidades de *Encyonema silesiacum* (ESLE,  $r = -0,93$ ) e *Cocconeis placentula* (CPLA,  $r = -0,72$ ). As estações de amostragem localizadas no trecho médio do rio ordenaram-se nos dois lados do eixo 1. Assim, três unidades (SG9: barragem de Salto Grande, Ca10: montante de Capivara, Ca11: compartimento central, próximo a desembocadura do Rio Tibagi no Reservatório de Capivara) posicionaram-se no lado positivo do eixo, estando principalmente associadas às densidades mais elevadas de *Nitzschia palea* (NPAL,  $r = 0,47$ ). As outras três (SG7: montante de Salto Grande, SG8: Foz do Rio Pardo, Ca12: barragem de Capivara) posicionaram-se no lado negativo do eixo 1 e positivo do eixo 2, estando associadas à menor densidade do último táxon, bem como às maiores densidades de *Cocconeis placentula* (CPLA). Finalmente, no eixo 2 (21% de variação explicada), também foi observada a ordenação, em seu lado negativo, de três unidades amostrais do trecho do alto do rio (Ch5, Ch6: Reservatório de Chavantes e Ju2: Ribeirão das Posses, braço lateral de Urumirim), associadas às maiores densidades de *Thalassiosira* sp. (TASP  $r = -0,78$ ) e *Aulacoseira granulata* var. *granulata* (AUGR  $r = -0,62$ ).



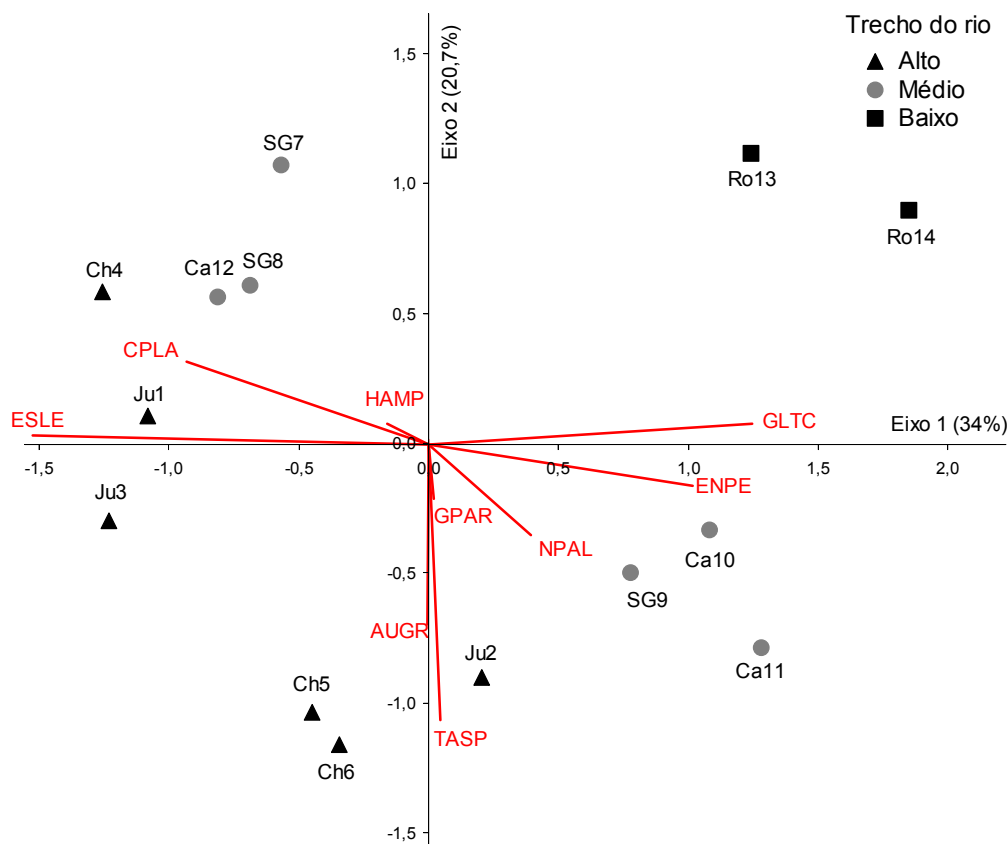


Figura 27. Ordenação pela ACP das estações de amostragem dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema, com base na densidade de nove táxons (abundância  $\geq 0,7\%$ ). Alto trecho do rio: reservatórios de Jurumirim (Ju) e Chavantes (Ch), médio trecho: reservatórios de Salto Grande (SG) e Capivara (Ca) e baixo trecho do rio: Reservatório de Rosana (Ro). Os números indicam as estações de amostragem. Abreviação das espécies, conforme tabela 12.

Tabela 12. Correlação das variáveis com os componentes principais 1 e 2.

Variáveis (Táxons de diatomáceas)	Abreviações	Componentes Principais	
		1	2
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i>	AUGR	-0,048	<b>-0,623</b>
<i>Cocconeis placentula</i>	CPLA	<b>-0,729</b>	0,427
<i>Encyonema perpusillum</i>	ENPE	<b>0,760</b>	-0,305
<i>Encyonema silesiacum</i>	ESLE	<b>-0,934</b>	0,143
<i>Gomphonema laticollum</i>	GLTC	<b>0,844</b>	0,211
<i>Gomphonema parvulum</i>	GPAR	0,109	<b>-0,344</b>
<i>Hantzschia amphioxys</i>	HAMP	-0,300	0,216
<i>Nitzschia palea</i>	NPAL	<b>0,474</b>	-0,447
<i>Talassiosira</i> sp.	TASP	0,153	<b>-0,781</b>
Variância explicada		34,0%	20,7%

### 7.2.3. Diversidade Específica

A diversidade de Shannon ( $H'$ ) não apresentou uma tendência de variação em função do trecho do Rio Paranapanema, sendo alterada em função dos reservatórios, mas também das estações de amostragem intra-reservatórios (figura 28). A amplitude de variação dos dados esteve entre 2,08-3,95 bits ind<sup>-1</sup>.

De modo geral, os maiores valores foram observados em todas as estações de amostragem do Reservatório de Jurumirim, associados às maiores riquezas, que apresentaram boa repartição de espécies. Diversidade mais elevada também ocorreu na estação 11 (compartimento central, próximo à desembocadura do Rio Tibagi) no Reservatório de Capivara, onde também foi encontrada elevada riqueza de espécies. Em contrapartida, a menor diversidade ocorreu na estação 4, referente à região de montante do Reservatório de Chavantes, claramente associada ao menor valor de riqueza de espécies da série dos reservatórios.

Em relação à riqueza de espécies ( $S$ ), pode-se notar uma tendência de valores mais baixos a partir do primeiro reservatório (Jurumirim), exceto à estação 11 no Reservatório de Capivara (compartimento central, próximo à desembocadura do Rio Tibagi).

A equitabilidade ( $E$ ) manteve-se com valores similares e elevados em todas as estações de amostragem, exceção à estação 9 (barragem do Reservatório de Salto Grande), sendo inversa à tendência de flutuação da dominância. Mesmo nesta estação, os valores de dominância foram considerados baixos, visto que o índice pode variar de 0-1.

Desta forma, a diversidade de espécies na série dos reservatórios em cascata foi mais influenciada pela riqueza do que pela equitabilidade de espécies das comunidades presentes nas diferentes estações de amostragem.

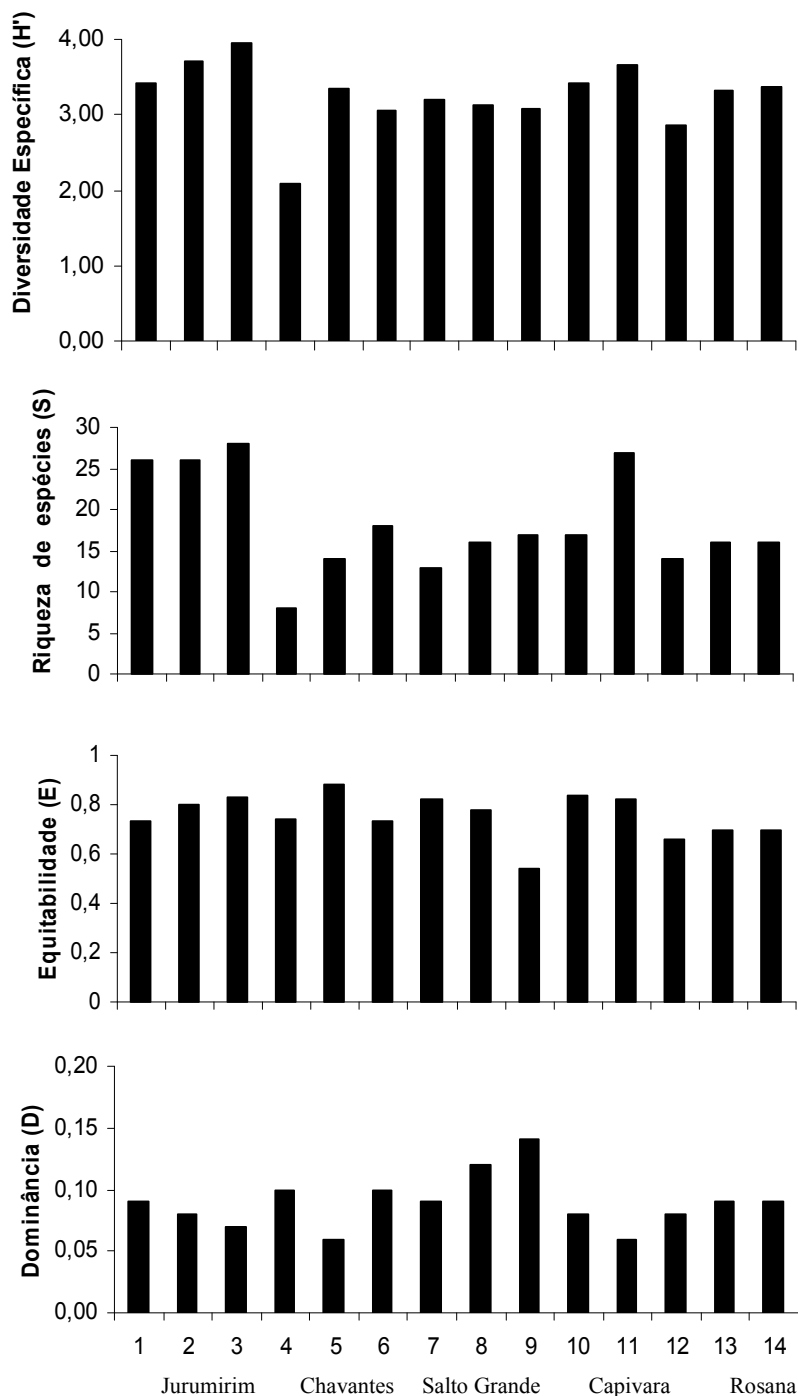


Figura 28. Variação da diversidade de Shannon ( $H'$  bits.ind<sup>-1</sup>), riqueza (S) e dos índices de equitabilidade (E) e dominância (D) da comunidade de diatomáceas dos sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Estações de amostragem: alto trecho do rio (1-6): Reservatório de Jurumirim, 1 (montante), 2 (braço lateral, Ribeirão das Posses), 3 (barragem); Reservatório de Chavantes, 4 (montante), 5 (compartimento central), 6 (barragem); médio trecho do rio (7-12): Reservatório de Salto Grande, 7 (montante), 8 (foz do Rio Pardo), 9 (barragem); Reservatório de Capivara, 10 (montante), 11 (compartimento central, próximo à desembocadura do Rio Tibagi), 12 (barragem); baixo trecho do rio (13-14): Reservatório de Rosana, 13 (montante), 14 (barragem).

## 8. DISCUSSÃO

---

### 8.1. Caracterização Abiótica dos Reservatórios em Cascata

A construção de reservatórios em rios usualmente resulta em importantes transformações ecológicas, incluindo mudanças na morfometria do canal principal e variações nas condições de fluxo e velocidades da água, tais como diminuição das velocidades e aumento da transparência, em função da elevação das taxas de sedimentação em direção à barragem (Thornton *et al.* 1990). Como consequência, diferentes estruturas sedimentológicas podem ser formadas ao longo do eixo longitudinal de um reservatório (Rice *et al.* 2001 *apud* Jorcin & Nogueira 2005). Assim, há um contínuo com o início da região de influxo do rio até atingir a barragem, onde se observam três zonas distintas, que se diferenciam quanto às propriedades físicas, químicas e biológicas da água (Thornton *et al.* 1990).

No caso do Rio Paranapanema, que foi submetido à construção de uma série de reservatórios em cascata, importantes alterações nas características físicas, químicas e na organização de algumas comunidades biológicas têm sido documentadas em vários trabalhos (Nogueira *et al.* 2002a, b; Nogueira *et al.* 2005; Nogueira 2005; Jorcin & Nogueira 2005; Ferrareze & Nogueira 2006), além de outros que abordaram alguns reservatórios isoladamente (Nogueira 2000; Henry & Maricatto 1996; Henry *et al.* 2005; Bicudo *et al.* 2005; Ferreira *et al.* 2005; Felisberto & Rodrigues 2005, Henry *et al.* 2006).

Em um sistema de reservatórios em cascata, cada reservatório, em teoria, pode funcionar como um quimiostato quando as concentrações de nitrogênio e fósforo apresentarem-se mais elevadas no primeiro reservatório e menores ao longo da série (Tundisi *et al.* 1991). Assim, cada reservatório elimina parte do fluxo de nutrientes, ocorrendo diminuição progressiva dos efeitos da eutrofização, fato este constatado por Barbosa *et al.* (1999) no médio Rio Tietê, corroborando a teoria do *continuum fluvial* proposta por Vannote *et al.* (1980).

Particularmente para o Rio Paranapanema, Ferrareze & Nogueira (2006) consideraram que a exportação de nutrientes predomina sobre a retenção ao longo da cascata, o que resulta em aumento das condições tróficas após os dois primeiros reservatórios. Tal fato foi corroborado pelas maiores concentrações de fósforo total na região do médio Paranapanema, quando comparadas aos demais reservatórios localizados nas regiões do alto e baixo curso do rio (Jorcin & Nogueira *et al.* 2005). Segundo Nogueira *et al.* (2002a), o que provavelmente explica o balanço total de materiais transportados no Rio Paranapanema é a grande influência dos aportes laterais associados à entrada dos rios tributários.

O Rio Paranapanema tem sido considerado como oligotrófico (Nogueira *et al.* 2001a; 2002a; Nogueira 2005). Contudo, dados recentes já confirmam condições meso-eutróficas e até eutróficas no médio curso do rio em função do uso intensivo do solo para fins agrícolas e entradas pontuais ou difusas da rede de tributários com águas mais turbidas e ricas em nutrientes do que os próprios reservatórios (Nogueira *et al.* 2005; Nogueira 2005; Ferrareze & Nogueira 2006). No presente, também foi verificado incremento de nutrientes (fósforo e nitrogênio) nos sedimentos superficiais dos reservatórios localizados no médio curso do rio (Salto Grande e Capivara), muito provavelmente, pelo uso do solo nessa região quando comparados aos das regiões do alto e baixo Paranapanema, onde o uso é menos intenso em termos de produção agrícola. Os maiores valores de fósforo foram observados no reservatório de Capivara, principalmente na região de montante, seguida pelo compartimento central, próximo à desembocadura do Rio Tibagi, e pela região de barragem. Jorcín & Nogueira (2005) também verificaram as maiores concentrações desse nutriente nos sedimentos dos reservatórios localizados no médio Paranapanema, estimando teores similares para as regiões de montante ( $1,46 \text{ mg gMS}^{-1}$ ), no Rio Tibagi ( $1,96 \text{ mg gMS}^{-1}$ ) e na de barragem de Capivara ( $1,21 \text{ mg gMS}^{-1}$ ).

Ainda em relação ao médio trecho do rio, no presente também notou-se que a maior concentração de fósforo no Reservatório de Salto Grande ocorreu na Foz do Rio Pardo, cujo tributário funciona como fonte substancial de nutrientes para o sistema (Nogueira *et al.* 2005). Entretanto, Jorcín & Nogueira (2005) reportaram valores abaixo do nível de detecção em amostras de sedimento para este tributário ( $0-0,02 \text{ mg g}^{-1}$ ), atribuindo às elevadas velocidades de correntes, que, provavelmente, inibiram a deposição de sedimento fino e matéria orgânica nos sedimentos, diminuindo a retenção de fósforo neste compartimento. Isso foi constatado, quando os mesmos autores observaram altas concentrações desse nutriente na coluna d'água no mesmo período estudado.

As concentrações de fósforo obtidas nos sedimentos do médio Rio Paranapanema podem ser consideradas moderadas quando comparadas a sistemas reconhecidamente hipereutróficos, como no caso do Lago das Garças, localizado em São Paulo (Bicudo *et al.* 2007). Os níveis encontrados no presente são similares aos reportados em fatias sedimentares equivalentes ao período de mesotrofia ( $2,3 \text{ mg gMS}^{-1}$ ) no referido lago, que em condições de hipereutrofia podem atingir valores maiores do que  $4,5 \text{ mg gMS}^{-1}$  (S.V. Costa, comunicação pessoal em 01/2008).

Nos reservatórios localizados no alto Paranapanema, foram observados valores bem mais baixos (Jurumirim:  $0,11-0,68 \text{ mg gMS}^{-1}$  e Chavantes:  $0,50-0,71 \text{ mg gMS}^{-1}$ ). Particularmente, no primeiro reservatório da série (Jurumirim), as maiores concentrações de nutrientes (fósforo e nitrogênio) ocorreram nas estações de montante e Ribeirão das Posses. Segundo Nogueira *et al.* (2005), a influência de represamentos na montante desse reservatório é mais acentuada e,

provavelmente, a combinação de fatores como: os aportes de nutrientes pelas inúmeras lagoas marginais, o potencial erosivo do Rio Paranapanema, principalmente após a sua passagem do Planalto Atlântico para a depressão periférica, cujos terrenos são mais facilmente erodidos; das intensas trocas com sistemas terrestres e lagoas marginais adjacentes, levam ao aumento dos nutrientes na região de montante deste reservatório e à marcada diminuição em direção à zona da barragem. Henry & Maricatto (1996) observaram gradiente acentuado nas taxas de sedimentação nas regiões de montante deste reservatório, demonstrando uma clara heterogeneidade espacial intra-reservatório. Isso pode explicar, em parte, as maiores taxas de nutrientes na região de montante. No caso da estação Ribeirão das Posses (braço lateral), características como o elevado tempo de residência da água, “fetch” pouco acentuado, uso do solo no entorno e elevada taxa de sedimentação podem explicar as elevadas concentrações de nutrientes. Além disso, este local é considerado aparentemente o compartimento mais eutrofizado do reservatório (Nogueira 2000).

Em suma, os resultados obtidos corroboram os dados obtidos por Jorcin & Nogueira (2005), que verificaram os menores valores na região do alto Paranapanema, reportando em Jurumirim os menores valores na estação de barragem em comparação à zona de montante (0,11-0,59 mg g<sup>-1</sup> de fósforo e 0,70-5,99 mg g<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente).

Para o reservatório de Rosana, último da série em cascata e localizado no baixo Paranapanema, as concentrações mais elevadas de fósforo foram observadas na região da barragem. Jorcin & Nogueira (2005) também reportaram valores baixos deste nutriente para o baixo curso do rio, que variaram de 0,36-1,50 mg gMS<sup>-1</sup> na montante e de 0-1.61 mg gMS<sup>-1</sup> na barragem de Rosana. As maiores concentrações de nutrientes na zona de montante podem estar associadas aos processos de ressuspensão hidrodinâmica (ação dos ventos) ou mesmo aos extensos bancos de macrófitas aquáticas. Segundo Kurata & Kira (1990) *apud* Kudo *et al.* (2005), a quantidade de nutrientes encontrada nos sedimentos pode estar relacionada diretamente às macrófitas aquáticas encontradas na área, uma vez que quantidade significativa de nutrientes pode ser liberada para a água e incorporada à água intersticial do sedimento após a morte da planta.

Em relação ao nitrogênio, também se verificou incremento na região do médio Paranapanema, região de agricultura intensiva. Segundo Smil (1997), o principal problema causado pela utilização de compostos nitrogenados na agricultura é que menos de 50% de todo o nitrogênio é colhido pela produção agrícola, o restante se acumula no solo ou perde-se para a atmosfera e hidrosfera (águas subterrâneas, rios, lagos e ambientes marinhos).

Segundo Nogueira *et al.* (2005), há tendência de aumento na concentração de nutrientes nos sedimentos em direção à barragem dos reservatórios do Rio Paranapanema, provavelmente associado ao processo de sedimentação de material particulado da coluna d'água em função do maior tempo de retenção. Contudo, no presente, esta hipótese não foi confirmada, já que esta

tendência não foi consistente, ou seja, apenas ocorreu em Rosana (para o fósforo) e nos reservatórios de Capivara e Rosana (para o nitrogênio).

Finalmente, a textura granulométrica dos sedimentos apresentou predominância de grãos areia em todas as estações de amostragem. Conforme Jorcin & Nogueira (2005), os sedimentos deste rio são constituídos por frações de areia média, fina e silte com diâmetro ( $\phi$ ) entre 1,09-5,58 $\phi$ . Com base em 19 estações de amostragem distribuídas ao longo do Rio Paranapanema e sua desembocadura no Rio Paraná, estes autores verificaram que 96% das estações amostrais foram constituídas por frações granulométricas de areia e que o silte foi predominante no canal principal e a areia média, nas zonas de montante e barragem do Rio Paranapanema. No presente 71% das estações de amostragem apresentaram predominância de frações de areia fina e 29% apresentaram predominância de areia média. Com relação ao silte, a maior porcentagem foi encontrada no compartimento central de Capivara (próximo à desembocadura do Rio Tibagi), corroborando dados de Jorcin & Nogueira (2005), que classificaram a textura do sedimento para o Rio Tibagi como silte.

## 8.2. Estrutura da Comunidade de Diatomáceas

A biodiversidade de diatomáceas no Rio Paranapanema é bem pouco conhecida e restringe-se à comunidade fitoplanctônica e perifítica. Apenas um trabalho versa sobre a taxonomia do grupo, sendo realizado no Reservatório de Rosana (Bicudo *et al.* 1993). Outro, de cunho ecológico, apresenta ilustrações e medidas dos táxons, permitindo a reidentificação de material do Rio Tibagi, importante tributário do Rio Paranapanema (Bittencourt-Oliveira 2002). Os demais se referem à compilação de listas ou citações de táxons em trabalhos eminentemente ecológicos. No presente, foram identificados 60 táxons distribuídos em 31 gêneros, dos quais 34 representam novas citações para a bacia hidrográfica do Rio Paranapanema.

Ao longo do eixo longitudinal do rio, foi observado aumento da biodiversidade de diatomáceas nos sedimentos superficiais com adições de novas espécies, principalmente, no início do curso do rio (Jurumirim) e a partir do final do trecho médio até o baixo Paranapanema (Capivara e Rosana). Nogueira *et al.* (2005) também verificaram essa tendência para a comunidade fitoplanctônica em determinados períodos de estudo. Mesmo padrão também foi observado para a ictiofauna deste rio (Britto 2003).

Em relação à riqueza, o maior número de táxons foi observado no primeiro reservatório da série em cascata (Jurumirim), havendo decréscimo a partir deste e tornando-se novamente elevada no compartimento central de Capivara (próximo à desembocadura do Rio Tibagi), com subsequente queda no baixo curso do rio (Reservatório de Rosana). A multidimensionalidade ocasionada pela existência de vários compartimentos ecológicos no Reservatório de Jurumirim (Henry & Maricatto 1996; Nogueira *et al.* 1999; Nogueira 2000; Nogueira 2001), certamente, confere maior

heterogeneidade ambiental, contribuindo para a maior riqueza observada neste sistema. Em especial, nas regiões de montante do reservatório, formam-se extensas áreas permanentemente inundadas com exuberante cobertura de macrófitas aquáticas, como *Echinochloa polystachya* Hitch, *E. azurea* Kunth, *Polygonum spectabile* Mart. Os bancos de macrófitas, além de representarem um local rico em alimento, abrigo e proteção para inúmeros organismos aquáticos, disponibilizam substratos excelentes para algas perifíticas, contribuindo substancialmente para a diversidade de habitats e para a biodiversidade (Rodrigues *et al.* 2003).

A elevada riqueza observada no compartimento central de Capivara, próximo à desembocadura do Rio Tibagi, pode estar em parte associada à entrada deste tributário no reservatório. Conforme Nogueira *et al.* (2005), este rio é o maior tributário da bacia e funciona como um grande inóculo de populações fitoplanctônicas para o sistema, sobretudo para o Reservatório de Capivara. De fato, Bittencourt-Oliveira (2002) já havia reportado elevada diversidade de algas planctônicas para o Rio Tibagi. Ainda, no presente, houve tendência de variação da riqueza intra-reservatório, ou seja, aumento em direção às zonas de barragem nos reservatórios dendríticos (exceto em Capivara, onde a maior riqueza foi observada no compartimento central, como mencionado anteriormente), enquanto que nos reservatórios tipo fio d'água a distribuição foi mais uniforme (Salto Grande e Rosana). Nos reservatórios fio d'água, nos quais a utilização da água não altera o regime fluvial (Kelman *et al.* 2002), a heterogeneidade de habitat é menor em razão das freqüentes oscilações hidrológicas e homogeneização das massas de água, além da exportação ser mais elevada e a taxa de sedimentação menor, quando comparados aos sistemas dendríticos. Assim, a mistura dessas zonas (intra-reservatório), em função da elevada vazão, tem sido considerada importante fator no controle da abundância e composição do fitoplâncton (Tundisi 1990). Ferrareze & Nogueira (2006), comparando o fitoplâncton de 20 estações de amostragem na bacia do Rio Paranapanema, verificaram maiores riquezas à jusante dos reservatórios no período do inverno, quando comparado aos seus tributários, o que associaram ao moderado aumento do tempo de retenção da água neste compartimento. Ao que tudo indica, a hidrodinâmica intra-reservatório foi essencial para as tendências de riqueza na série em cascata, uma vez que as diatomáceas presentes no sedimento são, principalmente, oriundas da coluna d'água e, assim, do fitoplâncton que se deposita sequencialmente ao longo do tempo e do espaço (Bennion 1995).

Comparando a composição específica das comunidades (presença/ausência), a menor similaridade ocorreu entre as comunidades do alto e baixo curso do rio, de forma que as do reservatório do baixo Paranapanema (Rosana) separaram-se prontamente das demais. Assim sendo, a escala espacial parece ter desempenado papel mais preponderante na estrutura qualitativa da comunidade de diatomáceas ao longo do eixo longitudinal do rio, do que as condições de maior



enriquecimento no trecho médio do rio. Entretanto, em condições mais acentuadas de eutrofização, esta tendência deve ser reavaliada. Segundo Straskraba e Tundisi (1990), em sistemas de reservatórios em cascata, um efeito produzido em um dado reservatório à montante será transferido para os demais localizados à jusante e esses efeitos podem ser reduzidos no caso de reservatórios posicionados entre si a uma grande distância, pois, normalmente, as alterações na qualidade da água do reservatório subsequente deixariam de ser observadas.

Considerando a distribuição dos táxons, *Cyclotella menegheniana* foi a única espécie presente em todas as estações de amostragem, ou seja, ao longo de todo eixo longitudinal do Rio Paranapanema. Em seguida, destacou-se *Aulacoseira granulata* var. *granulata* que apenas não foi encontrada na região de montante do Reservatório de Chavantes. Além da conectividade hidrológica entre os reservatórios em cascata ter, muito provavelmente, contribuído para a ampla distribuição desses táxons, os mesmos são considerados ubíquos e extremamente tolerantes a níveis acentuados de poluição, ocorrendo em ambientes oligo, meso e eutróficos (Van Dam 1994). Ainda, apresentam-se sob as formas perifíticas e planctônicas, normalmente dominando o plâncton (Van Dam 1994). São, assim, espécies comuns em águas doces, tendo sido consideradas dominantes no fitoplâncton de reservatórios brasileiros em condições específicas (Tundisi 1990). Ainda, o gênero *Aulacoseira* possui elevada capacidade de captura de luz o que possibilita o seu desenvolvimento em ambientes com elevada turbidez e baixa disponibilidade deste recurso (Reynolds *et al.* 1994).

Em relação à estrutura quantitativa da comunidade, as maiores densidades de diatomáceas ocorreram nos reservatórios do médio trecho do rio (Salto Grande e Capivara), sendo pouco mais elevada (1,3X) no primeiro. Maior abundância de fitoplâncton também foi reportada para o médio Paranapanema por Nogueira *et al.* (2005). Tais autores consideraram, ainda, que a densidade fitoplanctônica só não foi maior em função da elevada vazão da água, principalmente em Salto Grande, onde o tempo de retenção é de aproximadamente 2 dias. Ainda conforme Nogueira (2005), o fitoplâncton, em termos de densidade e biomassa (clorofila-a), apresentou desenvolvimento mais acentuado no médio Paranapanema, onde há níveis mais elevados de enriquecimento. Em relação à variação da densidade de diatomáceas intra-reservatório, não foi encontrada tendência geral mais clara. Entretanto, nos reservatórios tipo fio d'água (Salto Grande e Rosana), as maiores densidades parecem ocorrer na zona de barragem, enquanto que nos dendríticos, na região de montante (exceto à estação Ribeirão das Posses em Jurumirim). De acordo com Thornton *et al.* (1990), a região lacustre de reservatórios extensos e profundos apresenta, em geral, reduzida produtividade fitoplanctônica, principalmente em decorrência do processo de sedimentação de nutrientes. Ainda, de modo geral, as zonas de montante dos reservatórios do Rio Paranapanema são mais produtivas do que as zonas de barragem (Nogueira *et al.* 2005). No presente, considerando os reservatórios dendríticos, esta tendência, considerando densidade, somente não foi observada na estação Ribeirão

das Posses (braço lateral do Reservatório de Jurumirim). Este braço lateral, em particular, é mais isolado, apresentando características próprias como baixa vazão, maior concentração de nutrientes e elevado tempo de retenção (Nogueira 2000) podem ter favorecido a maior densidade e sedimentação das valvas de diatomáceas. Já, nos reservatórios rio d'água, a elevada vazão pode controlar o carreamento das valvas com maior depósito nos sedimentos na região de barragem.

As comunidades de diatomáceas encontradas no sedimento superficial dos reservatórios em cascata não apresentaram espécies dominantes e foram constituídas por poucos táxons abundantes. A análise conjunta das espécies mais abundantes permitiu inferir que a estrutura das diatomáceas foi principalmente influenciada pelo eixo longitudinal do Rio Paranapanema, já que a separação das comunidades ocorreu mais em função dos extremos dos trechos alto e baixo do Rio Paranapanema e não da disponibilidade de nutrientes. Muito provavelmente, as condições de trofia do médio Paranapanema ainda não sejam tão elevadas para promover mudanças na estruturação das comunidades de diatomáceas, visto que os teores de fósforo do sedimento não foram considerados elevados quando comparados com sistema eutrófico a hipereutrófico, conforme discutido anteriormente.

Apesar da maior influência espacial na organização geral das comunidades na série em cascata dos reservatórios, já se percebe associação de maiores densidades de *Nitzschia palea* com as estações de barragem de Salto Grande, montante e compartimento central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi) de Capivara. Segundo as classificações de Lowe (1974), Van Dam (1994) e Lange-Bertalot (1979), *Nitzschia palea* é comum em ambientes pouco oxigenados e com elevadas concentrações de nutrientes, especialmente fósforo, podendo ser encontrada em águas poluídas. Ainda, Fore & Grafe (2002) verificaram densidades elevadas desta espécie em locais onde houve aumento nas concentrações de nutrientes em áreas onde prevalecem paisagens de campos fertilizados nos grandes rios em Idaho (EUA). Conforme reportado no presente e em outros trabalhos (Nogueira *et al.* 2002b; Nogueira 2005; Nogueira *et al.* 2005), as estações de amostragem no médio trecho do Rio Paranapanema, especialmente em Capivara, apresentam teores mais elevados de nutrientes quando comparados aos demais reservatórios localizados no mesmo rio, em função da atividade agrícola nessa área. Densidades mais elevadas de *Gomphonema laticollum* também foram associadas ao trecho médio do rio e ao Reservatório de Rosana, no baixo curso do rio. Esse táxon foi proposto a partir de populações anteriormente determinadas como *G. truncatum* e é considerado tolerante a ambientes mesosapróbios (Hoffmann 1994, Van Dam 1994), ou seja, onde a poluição é moderada.

Em contrapartida, *Cocconeis placentula* e *Encyonema silesiacum* estiveram associadas aos reservatórios do alto Paranapanema, Jurumirim (exceto ao Ribeirão das Posses) e montante de Chavantes. *Cocconeis placentula* é uma espécie que vem sendo reportada como muito sensível à

poluição (Lange-Bertalot 1979; Lobo *et al.* 1996; Lobo *et al.* 2002; Lobo *et al.* 2004). *Encyonema silesiacum*, por sua vez, é uma espécie tolerante a ambientes alfa-mesotróficos (Hoffmann 1994; Van Dam (1994).

Finalmente, a diversidade de diatomáceas ao longo da série dos reservatórios pode ser considerada elevada, desde que o valor máximo para o índice utilizado é de 5 bits ind<sup>-1</sup> (Margalef 1972 apud Vercellino 2007) e os valores encontrados estiveram em sua grande maioria acima de 3,0 bits ind<sup>-1</sup>, exceto à zona de montante de Chavantes. Considerando a baixa dominância de espécies em todas as estações de amostragem e, conseqüentemente, elevada distribuição equitativa, a diversidade foi primordialmente afetada pela riqueza de espécies das comunidades presentes no eixo longitudinal do Rio Paranapanema.

## **9. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

---

A avaliação dos sedimentos superficiais e da estrutura específica das comunidades de diatomáceas associadas a este compartimento nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema permitiu as seguintes conclusões:

Os dados presentemente obtidos permitem inferir que a variação longitudinal intra e entre reservatórios dos teores de nutrientes (fósforo e nitrogênio) foi influenciada por fatores como morfometria dos reservatórios, entrada de afluentes com águas mais ricas em nutrientes e, principalmente, uso e ocupação da bacia de drenagem, de forma que:

► O médio curso do Rio Paranapanema (Salto Grande e Capivara) apresentou-se mais enriquecido, refletindo o uso mais intenso do solo para fins agrícolas praticado na região.

► Apesar dos indícios de processo de eutrofização no trecho médio do rio, os teores de fósforo dos sedimentos superficiais dos reservatórios foram considerados moderados quando comparados à evolução trófica de represa hipereutrófica situada no Estado de São Paulo.

► O fósforo, em particular, permitiu melhor avaliação da influência de aportes pelos afluentes, tais como o Rio Tibagi (Capivara), Rio Pardo (Salto Grande), ambos no trecho médio do rio, bem como Ribeirão das Posses (braço lateral de Jurumirim), situado no alto curso do rio.

► Considerando que a textura granulométrica dos sedimentos foi predominantemente constituída por frações de areia e com predominância de areia fina (71%) na quase totalidade das estações de amostragem, esta característica deve ter tido pouca influência sobre a distribuição longitudinal do fósforo nos sedimentos. Assim sendo, a influência da granulometria na distribuição longitudinal dos nutrientes nos sedimentos deve ter sido irrelevante.

**Biodiversidade de diatomáceas** - Foram identificados 60 táxons distribuídos em 31 gêneros, dos quais 34 (57%) representam novas citações para a bacia do Paranapanema. Com base na distribuição desses táxons, as seguintes tendências foram apontadas:

▶ Ao longo do eixo longitudinal do rio, foi observado aumento da biodiversidade de diatomáceas com adições de novas espécies, principalmente, no início do curso do rio (Jurumirim) e a partir do final do trecho médio até o baixo Paranapanema (Capivara e Rosana), demonstrando a importância de estudos sobre a biodiversidade que abarcam escalas espaciais mais amplas e a bacia hidrográfica.

▶ Maior riqueza (45 táxons) foi encontrada no primeiro reservatório da série em cascata (Jurumirim), o qual apresentou, em sua região de montante, o maior número de espécies de ocorrência mais restrita, indicando a importância dessa região para ações de conservação.

▶ Dentre os táxons inventariados, *Cyclotella menegheniana* Kütz. e *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim. var. *granulata* foram os que apresentaram ampla distribuição ao longo do eixo do rio, muito provavelmente, favorecidos pela sua grande amplitude ecológica, podendo ocupar os habitats bentônicos e planctônicos de águas oligotróficas a eutróficas.

▶ A escala longitudinal do Rio Paranapanema desempenhou importante papel na estrutura qualitativa da comunidade de diatomáceas, sendo a menor similaridade observada no baixo trecho do rio.

**Estrutura quantitativa da comunidade de diatomáceas** – As comunidades de diatomáceas na série em cascata de reservatórios não apresentaram espécies dominantes e foram constituídas por poucos táxons abundantes. As principais tendências observadas foram:

▶ As densidades mais elevadas foram observadas nos reservatórios localizados no médio Paranapanema (Salto Grande e Capivara), exceto ao braço lateral do Reservatório de Jurumirim (Ribeirão das Posses), localizado no trecho alto do rio.

▶ A estrutura quantitativa de diatomáceas não apresentou tendência clara de variação intra-reservatório. De modo geral, as maiores densidades ocorreram nas zonas de montante dos reservatórios dendríticos e nas zonas de barragem dos reservatórios fio d'água.

▶ Com base nas espécies mais abundantes, a estrutura das comunidades de diatomáceas foi primordialmente influenciada pelo eixo longitudinal do Rio Paranapanema, já que a principal separação ocorreu mais em função dos extremos dos trechos alto e baixo do Rio Paranapanema do que da disponibilidade de nutrientes.

▶ Apesar das condições de trofia do médio Paranapanema não serem suficientemente elevadas para promover grandes mudanças na estruturação das comunidades de diatomáceas, já é notável a associação de algumas espécies indicadoras de ambientes mais eutrofizados com os reservatórios do médio curso do rio, onde prevalecem condições meso-eutróficas, tais como

*Nitzschia palea* (Kütz.) W. Smith. Contrapondo, *Cocconeis placentula* Ehr. e *Encyonema silesiacum* (Bleisch) Mann estiveram associadas aos reservatórios do alto Paranapanema (exceto ao Ribeirão das Posses, no qual a disponibilidade de nutrientes é maior), sendo que a primeira delas é comumente reportada como muito sensível à poluição.

► A diversidade das diatomáceas ao longo do eixo longitudinal do Rio Paranapanema foi elevada (na maioria  $\geq 3,0$  bits ind<sup>-1</sup>), sendo primordialmente afetada pela riqueza de espécies.

**Hipótese do trabalho** - com base nas considerações acima, a hipótese deste trabalho foi refutada uma vez que o fator longitudinal foi preponderante na estruturação das comunidades de diatomáceas no Rio Paranapanema. Entretanto, algumas associações de espécies, bem como os teores de nutrientes nos sedimentos reforçam o processo de eutrofização mais avançado no médio Paranapanema.

Finalmente, o estudo do compartimento dos sedimentos mostrou-se adequado para abordagens em escalas espaciais amplas (centenas de quilômetros) como no caso deste trabalho, já que integra informações tanto espaciais quanto temporais, reduzindo a multidimensionalidade do ecossistema. Neste sentido, os estudos envolvendo as comunidades de diatomáceas de sedimentos superficiais, apesar de recentes no Brasil e inéditos em abordagens sobre a conectividade hidrológica de reservatórios em cascata, podem constituir-se em mais uma ferramenta para avaliar processos de eutrofização.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- ACIESP.** 1997. Academia de Ciências do Estado de São Paulo. Glossário de Ecologia. 2 ed. ACIESP, CNPq, FINEP, FAPESP, SCTDT.
- Agostinho, A. A.; Vazzoler, A. E. A de M. & Thomaz, S. M.** 1995. The high river Paraná basin: Limnological and ichthyological aspects. In: Tundisi, J. G.; Bicudo C. E. M. & Matsumura-Tundisi, T. (eds.). Limnology in Brazil. Rio de Janeiro. ABC/SBL. 59-103.
- Alefs, J. & Müller, J.** 1999. Differences in the eutrophication dynamics of Ammersee and Starnberger See (Southern Germany), reflected by the diatom succession in varve-dated sediments. *J. Paleolimnology* 21:395-407.
- ANEEL.** Disponível em: [virtual@aneel.gov.br](mailto:virtual@aneel.gov.br). Acesso: 2007.
- Andersen, J.M.** 1976. An ignition method for determination of total phosphorus in lake sediments. *Water Research* 10:329-331.
- Anderson, N.J.; Rippey, B. & Gibson, C.E.** 1993. A comparison of sedimentary and diatom inferred phosphorus profiles: implications for defining pre-disturbance nutrient conditions. *Hydrobiologia* 253: 357-366.
- Avakyan, A. B. & Iakovleva, V. B.** 1998. Status of global reservoirs: the position in the late twentieth century. *Lakes and reservoirs. Research and Management*, v. 3, p.45-52.
- Barbosa, F.A.R., Padisák, J., Espíndola, E.G.L., Borics, G. & Rocha, A.** 1999. The cascading reservoir continuum concept (CRCC) and its application to the river Tietê-Basin, São Paulo State, Brazil. In: Tundisi, J.G. & Srtraskraba (eds.) *Theoretical Reservoir Ecology and its Applications*. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences and Blackhuys Publishers, São Carlos, p. 425-437.
- Batarbee, R.W.** 1986. Diatoms analysis. In: Berglund, B.E. (ed.) *Handbook of Holocene Palaeohydrology*. New York: John Wiley & Sons. p.527-570.
- Bennion, H.** 1995. Surface-sediment diatom assemblages in shallow, artificial, enriched ponds and implications for reconstructing trophic status. *Diatom Research* 10(1):1-19.
- Bennion, H. Johnes, P., Ferrier, R., Phillips, G. & Hawaorth, E.** 2005. A comparison of diatom phosphorus transfer functions and export coefficient models as tools for reconstructing lake nutrients histories. *Freshwater Biology* 50: 132-141.

- Bicudo, C.E.M., Bicudo, D.C., Castro, A.A.J. & Picelli-Vicentim, M.M.** 1992. Fitoplâncton do trecho a represar do Rio Paranapanema (UHE de Rosana), Estado de São Paulo, Brasil. *Revista brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, 52(2): 293-310, fig. 1-70.
- Bicudo, D.C., Bicudo, C.E.M., Castro, A.A.J. & Picelli-Vicentim, M.M.** 1993. Diatomáceas do trecho a represar do Rio Paranapanema (UHE de Rosana), Estado de São Paulo, Brasil. *Hoehnea*, São Paulo, 20(1-2): 47-68, fig. 1-72.
- Bicudo, D.C.; Ferragut, C.; Crossetti, L.O. & Bicudo, C.E.M.** 2005. Efeitos do represamento sobre a estrutura da comunidade fitoplanctônica do reservatório de Rosana, baixo rio Paranapanema, estado de São Paulo. *In*: Nogueira, M., Henry, R. & Jorcin, A. (orgs.) *Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: RiMa Editora, p. 349-377.
- Bicudo, D.C., Fonseca, B.M., Bini, L.M., Crossetti, L.O., Bicudo, C.E.M. & Araújo-Jeus, T.** 2007. Undesirable side-effects of water hyacinth control in a shallow tropical reservoir. *Freshwater Biology* 52:1120-1133.
- Bittencourt-Oliveira, M.C.** 2002. A comunidade fitoplanctônica do rio Tibagi: uma abordagem preliminar de sua diversidade. Pp. 373-402. *In*: M.E. Medri; E. Bianchini; O.A. Shibatta; J.A. Pimenta (orgs.). *A bacia do rio Tibagi*. Londrina, M.E. Medri.
- Bonetto, A. A.** 1993. Metodologias em la investigación de los grandes rios sudamericanos Boltovksoy, A.; Lopez, H. (Eds.). *Conferencias de Limnologia*. La Plata: Instituto de Limnologia Dr. R. Ringuelet, 1993.p.53-69
- Brassac, N.M.; Atab, D.; Landucci, M.; Visinoni, N.D. & Ludwig, T.A.V.** 1999. Diatomáceas cêntricas de rios na região de abrangência da Usina Hidrelétrica de Salto Caxias, PR (bacia do rio Iguaçu). *Acta Botanica Brasilica* 13(3): 277-289.
- Brassac, N.M. & Ludwig, T.A.V.** 2003. Flagelariaceae (Bacillariophyceae) de rios da bacia do Iguaçu, Estado do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*. V.26, n.3, p.311-318.
- Brassac, N.M., Ludwig, T.A.V.** 2005. Amphipleuraceae e Diploneidaceae (Bacillariophyceae) da bacia do rio Iguaçu, PR, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19(2): 359-368.
- Britto, S. G. de C.** 2003. Atributos da Ictiofauna do Reservatório de Taquaruçu (baixo Rio Paranapanema, SP/PR), como modelo referencial dos efeitos dos represamentos na bacia hidrográfica. Dissertação de mestrado. Instituto de Biociências de Botucatu, Unesp.
- Britto, S. G. de C. & Sirol, R. N.** 2005. Transposição de Peixes como forma de manejo: As escadas do Complexo Canoas, Médio Rio Paranapanema, Bacia do Alto Rio Paraná. *In*:

- Nogueira, M., Henry, R. & Jorcin, A. (orgs.) *Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: RiMa Editora, p. 285-304.
- Calijuri, M. C. & Tundisi, J. G.** 1990. limnologia Comparada das represas do Lobo (Broa) e Barra Bonita – Estado de São Paulo: mecanismos de funcionamento e bases para o gerenciamento. *Revista Brasileira de Biologia* 50 (4): 893-913.
- Callegaro, V.L.M.** 1998. Diatomáceas da turfeira de Águas Claras, planície costeira do rio Grande do Sul: taxonomia, aspectos ecológicos e subsídios à Paleolimnologia. Tese de doutoramento, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 299 p.
- Callegaro, V.L.M.; Silva, K.R. de M. & Salomoni, S. E.** 1993. Flórmula diatomológica de ambientes lênticos e lóticos do Parque Florestal Estadual do Turvo, Rio Grande do Sul, Brasil. *Hieringia, Série Botânica, Porto Alegre*, (43):89-134.
- Carneiro, L. A.** 2003. Ordem Achnanthes (Bacillariophyceae) de águas doces do estado de São Paulo: Levantamento florístico. Dissertação de Mestrado. UNESP, Rio Claro, SP. 225p.
- Cazotti, R.I.** 2003. Geocronologia de sedimentos recentes com 210Pb: metodologia e critérios para sua aplicação em lagos e represas. São Carlos. 131p. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Química, Universidade Federal de São Carlos.
- CESP. Companhia Energética de São Paulo.** 1998. Programa de gerenciamento de reservatórios da CESP, 1986-1996. Série divulgação e informação 219. São Paulo. 67pp.
- Contin, L.F.** 1990. Contribuição ao estudo das diatomáceas (Chrysophyta, Bacillariophyceae) na região de captação de água do Rio Iguaçu (Sanepar) em Curitiba, Estado do Paraná, Brasil. *Estudos de Biologia* 24:1-95.
- Côrte-Real, M. & Aguiar, L.M.** 1972. Diatomáceas do Arroio Dilúvio com referência às espécies de interesse sanitário e poluição. *Iheringia, Série Botânica* 16:15-54.
- De-Oliveira, P.E.** 1985. The paleoecology of Lake Cunro, Ecuador with evidence from diatoms, sedimentary pigments and inorganic cations. Dissertação de Mestrado, University of Cincinnati, Cincinnati. 154 p.
- Dennys, L.** 1991. A check-list of the diatoms in the Holocene deposits of the Western Belgian Coastal plain with a survey of their apparent ecological requirements, II, Centrales. Professional paper Ministère des Affaires Economiques-Service Géologique de Belgique, 246 :41p.
- Descy, J. P. & Coste, M.** 1990. Utilisation des diatomées benthique pour l'évolution de la qualité des eaux courant. Rapport Final Contract CEE B-71, 23, 64p.



- Digby, P.G. N. & Kempton, R.A.** 1987. Multivariate analysis of ecological communities. London and New York: Chapman and Hall, 206p.
- Duke Energy Internacional.** Disponível em: [www.dukeenergy.com.br](http://www.dukeenergy.com.br). Acesso: 2006 e 2007.
- Dumond, H.J. & Tundisi, J.G.** 1997. Preliminary data on the paleolimnology of four lakes. In: Tundisi, J.G.; Saijo, Y. (eds.). Limnological studies on the Rio Doce valley lakes, Brazil. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências & USP, 528 p.
- Esteves, F.A.; Barbosa, F.A.R.; Bicudo, C.E. de M.** 1995. Limnology in Brazil: origin, development and perspectives. In: Tundisi, J.G.; Bicudo, C.E.M.; Matsumura-Tundisi, T. (Eds.). Limnology in Brazil. Rio de Janeiro: ABC/SBL, p. 1-18.
- Felisberto, S. A. & Rodrigues, L.** 2005. Influência do gradiente longitudinal (rio-barragem) na similaridade das comunidades de desmídias perifíticas. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 28, n.2, p. 241.
- Ferrari, F.** 2004. Diatomáceas do rio Ivaí, São João e dos Patos, bacia do Ivaí, município de Prudentópolis, Paraná. Curitiba, 289 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.
- Ferrari, F. & Ludwig, T. A. V.** 2007. Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae e Bacillariophyceae (Achnanthes) dos rios Ivaí, São João e dos Patos, bacia hidrográfica do rio Ivaí, município de Prudentópolis, PR, Brasil. *Acta Botânica. Brasília*. 21(2): 421-441.
- Ferreze, M. F. F.; Nogueira, M. G. & Vianna, N. C.** 2005. Transporte de nutrientes e sedimentos no Rio Paranapanema (SP/PR) e seus principais tributários nas estações seca e chucosa. In: Nogueira, M., Henry, R. & Jorcin, A. (orgs.) *Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: RiMa Editora, p. 434-459.
- Ferreze, M. F.F. & Nogueira, M. G.** 2006. Phytoplankton Assemblages and Limnological characteristics in lotic systems of the Paranapanema basin (Southeast Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia.*, 18(4):389-405.
- Ferreira, R. A. R.; Santos, C. M. & Henry, R.** 2005. Estudo Qualitativo da Comunidade Perifítica no Complexo Canoas (Rio Paranapanema, SP/PR) durante as fases de pré e pós-enchimento. In: Nogueira, M. G.; Henry, R. & Jorcin, A. (orgs.) *Ecologia de Reservatórios – Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata*. Rima, São Carlos. 205-234.
- Fore, L. S. & Grafe, C.** 2002. Using diatoms to assess the biological condition of large rivers in Idaho (U.S.A). *Freshwater Biology*, 47, p. 2015-2037.

- Fürstenberger, C.B.** 2001. Interpretações paleolimnológicas do quartenário recente a partir da análise da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyceae) no sedimento do Rio Icatu, Município de Xique-Xique, Estado da Bahia, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 128p.
- Gianini, C. E. de C.** 2002. Diatomáceas como indicadoras de acidificação em lagos da Amazônia Central. Dissertação de mestrado, Programa de Pós Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, INPA, UA. 63 p.
- Germain, H.** 1981. Flore des Diatomées. Paris: Societé Nouvelle des Éditions Boubée. 444 p.
- Golterman, H.L.; Clymo, R.S. & Ohnstad, M.A.M.** Methods for physical and chemical analysis of fresh waters. 2a ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications. International Biological Program, 1978. 213p. (Handbook, 8).
- Gulliver, John S. & Arndt, Roger E.** 1991. Hydropower Engineering Handbook. Mcgraw-Hill.
- Guzkowska, M.A.J. & Gasse, F.** 1990. Diatoms as indicators of water quality in some English urban lakes. *Freshwater Biology* 23:233-250.
- Hall, R.I. & Smol, J.P.** 1992. A weighted-averaging regression and calibration model for inferring total phosphorus concentration from diatoms in British Columbia (Canada) lakes. *Freshwater Biology* 27:417-434.
- Hall, R.I., Leavitt, P.R., Smol, J. & Zirnhelt, N.** 1997. Comparison of diatoms, fossil pigments and historical records as measures of lake eutrophication. *Freshwater Biology* 38:401-417.
- Hammer, B.K. & Stoermer, E.** 1997. Diatom-based interpretation of sediment banding in an urbanized lake. *J. Paleolimnology* 17:437-449.
- Hart, R. C.** 1992. Aspects of Comparative Plankton Ecology in Cascading Migeni River reservoirs (Midmar, Albert Falls, and Nagle): an overview. *South African Journal of aquatic Science*, v.18, n.1, p.20-41.
- Hart, R. C.** 1996. Comparative Ecology of Plankton in Cascading Warm-Water Reservoirs: aspects of relevance to tropical limnology. In: Schiemer, F.; Boland, K. T. (Eds.). *Perspectives in tropical limnology*. The Netherlands: SPB Academic Publishing, p. 113-130.
- Hedges, J.I. and Stern, J.H.,** 1984. Carbon and nitrogen determinations of carbonate-containing solids. *Limnology and Oceanography*, 29(3): 657-663.
- Henry, R.** 1990. Estrutura Espacial e Temporal do Ambiente Fisico e Quimico e Análise de Alguns Processos Ecológicos na Represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP) e na sua Bacia

Hidrográfica. Tese apresentada ao Instituto de Biociências – UNESP, campus de Botucatu para concurso de Livre-docência na disciplina de Ecologia Animal.

- Henry, R.** 1992. The oxygen deficit in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River, São Paulo, Brazil). *Japanese Journal of Limnology*. 53:379-84.
- Henry, R. & Gouveia, L.** 1993. Os fluxos de nutrientes e seston em cursos de água do Alto Paranapanema (São Pulo) - sua relação com usos do solo e morfologia das bacias de drenagem. *Anais da Academia Brasileira de Ciências. Ci.*, v.65, n.4, p. 439-451.
- Henry, R. & Gouveia, L.** 1994. The Transport of Nutrients and Suspended solids by some rivers of the upper Paranapanema drainage basin (São Paulo, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia.*, v.5, p. 113-122.
- Henry, R.; Maricatto, F. E.** 1996 Sedimentation rates of tripton in Jurumirim reservoir (São Paulo, Brazil). *Limnologica*, v. 25, p. 15-25.
- Henry, R.; Nunes, M. A.; Mitsuka, P. M.; Lima, N. de; Casanova, S. M. C.** 1998. Variação espacial e temporal da produtividade primária pelo Fitoplâncton na Represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP). *Revista Brasileira de Biologia*. v. 58, n. 4, p. 571-590.
- Henry, R. & Nogueira, M.G.** 1999. A Represa de Jurumirim (São Paulo): primeira síntese sobre o conhecimento limnológico e uma proposta preliminar de manejo ambiental. In: Henry, R. (ed.). *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Fundibio/FAPESP, Botucatu. 653-685.
- Henry, R.** 2003. Os Ecótonos nas Interfaces dos Ecossistemas Aquáticos: Conceitos, Tipos, Processos e Importância. Estudo de Aplicação em lagoas marginais ao Rio Paranapanema na Zona de sua desembocadura na Represa de Jurumirim.
- Henry, R.** 2005. The connectivity of the Paranapanema river with two lateral lakes in its mouth zone into the Jurumirim reservoir. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 17, n. 1, p. 57-69.
- Henry, R., Panarelli, E.A., Casanova, S.M.C., Suiberto, M.R. & Afonso, A.D.O.** 2005. Interações hidrológicas entre lagoas marginais e o Rio Paranapanema na zona de desembocadura na Represa de Jurumirim. In: Nogueira, M., Henry, R. & Jorcin, A. (orgs.) *Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: RiMa Editora, p. 57-82.
- Henry, R.; Ushinohama, E.; Ferreira, R. M. R.** 2006. Fitoplâncton em três lagoas marginais ao Rio Paranapanema e em sua desembocadura no Reservatório de Jurumirim (São Paulo, Brasil) durante um período prolongado de seca.

- Henry, R.; Nogueira, M. G.; Pompeo, M. L. M. & Moschini-Carlos, V.** 2006. Annual and short-Term Variability in Primary Productivity by Phitoplankton and Correlated Abiotic Factors in the Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 66(1B): 239-261.
- Hoeck, C.; Mann, D. G. & Jahns, H. M.** 1995. *Algae: an introduction to phycology*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Hofmann, G.** 1994. Aufwuchs diatoms in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. *Bibliotheca Diatomologica* 30: 241p.
- IBGE.** <http://www.ibge.gov.br/home/> (site consultado em 2007).
- Jorcín, A. & Nogueira, M. G.** 2005. Temporal and spatial patterns based on sediment and sediment-water interface characteristics along a cascade of reservoirs (Paranapanema River, south-east Brazil). *Lakes and Reservoirs: Research and Management* 10: 1-12.
- Jorcín, A. & Nogueira, M. G.** 2005. Phosphate distribution in the sediments along a cascade of reservoirs (Paranapanema River, SE, Brazil). In: Serrano, L. & Golterman, H. (eds.). *Phosphate in Sediments - proceedings of the 4th International Symposium*. Backhuys Publishers, Leiden. 77-86.
- Jorcín, A. & Nogueira, M. G.** 2005b. Temporal and spatial patterns on sediment and sediment-water interface characteristics along a cascade of reservoirs (Paranapanema river, Sout-Past Brazil). *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, v.10, p.1-12.
- Jorcín, A. & Nogueira, M. G.** (no prelo). *Benthic Macroinvertebrates in the Paranapanema reservoir cascade (Southeast Brazil)*.
- Kalff, J.** 2001. *Limnology. Inland Water Ecosystems*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Kelman, J.; Pereira, M. V.; Neto, T. A. A. & Sales, P. R. de H.** 2002. Hidreletricidade. In: Rebouças, A. da C.; Braga, B. & Tundisi, J. G. *Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação*, 2º ed. Escrituras, São Paulo, p. 371-449.
- Kennedy, R. H.** 1999. Reservoir design and operation; limnological implications and management opportunities. In: Tundisi, J. G.; Straskraba, M. (Eds.). *Theoretical reservoir ecology and its applications*. Leiden. Brazilian Academy of Sciences, International Institute of Ecology and Backuys Publishers, p. 1-28.
- Kimmel, B. L.; Lind, O.T.; Paulson, L.J.** 1990. Reservoir primary production. In: Thornton, K. W.; Kimmel, B. L.; Payne, F. E. (eds). *Reservoir Limnology: Ecological perspectives*. New York. Jhon Wiley & Sons, inc. cap.6, p.133-192.

- Kleerekoper, H.** 1990. Introdução ao estudo da limnologia. 2 ed. Porto Alegre: Ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul., 329 p.
- Korneva, L. G.; Solovyova, V. V.** 1999. Spatial organization of phytoplankton in reservoirs of the Volga river International Review of Hydrobiology., v.83, p. 163-166, 1999.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot H.** 1986. Bacillariophyceae, 1: Naviculaceae. In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heynig, H; Mollenhauer, D. (eds.). Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag. Vol. 1, 876p.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H.** 1988. Bacillariophyceae, 2: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heynig, H; Mollenhauer, D. (eds.). Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag. Vol 2, 596p.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot H.** 1991a. Bacillariophyceae, 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heynig, H; Mollenhauer, D. (eds.). Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag. Vol 3, 576p.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H.** 1991b. Bacillariophyceae, 4: Achnanthaceae. In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heynig, H; Mollenhauer, D. (eds.). Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag. Vol. 4, 437p.
- Kudo, F. A.; Jorcín, A. & Nogueira, M. G.** 2005. Composição e Distribuição da Comunidade Zoobentônica em áreas de várzea do Rio Paranapanema (SP/PR). In: Nogueira, M., Henry, R. & Jorcín, A. (orgs.) Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata. São Carlos: RiMa Editora, p. 378-416.
- Landucci, M. & Ludwig, T. A. V.** 2005. Diatomáceas de rios de Bacia Hidrográfica litorânea, PR, Brasil: Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae. Acta Botânica Brasílica 19 (2): 345-357.
- Leandrini, J. A.; Moreira Filho, H. & Rodrigues, L.** 2002. Espécies perifíticas de *Navicula* Bory de dois sistemas lóticos do município de Maringá, Estado do Paraná, Brasil. Hoehnea 29 (1): 49-56.
- Lange-Bertalot, H.** 1979. Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. Nova Hedwigia 64: 285-304.
- Litvinov, A. S.; Roschchupko, V. F.** 1994. Changes of the Volga river thermal regimen after constructing the Volga river cascade. Archiv. Für Hydrobiologie Beih Ergebnisse der Limnologie, v. 40, p. 41-44.

- 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. *Revista de Biología Marina Y Oceanografía*, 22(1): 1-29.
- Lobo, E. A.; Kirst, A.; Costa, A. B. & Oliveira, M. A.** 1995. Estudo da Qualidade da Água do Arroio Boa Vista, Município de Carlos Barbosa, Rio Grande do Sul. *Biociências*, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 43-63.
- Lobo, E.A.; Callegaro, V.L.M.; Schullers, S. Oliveira, M.A.; Salomoni, S. & Asai, K.** 1996. Pollution tolerant diatoms from rivers located in the Jacuí Basin, Rio Grande do Sul, Brazil. *Iheringia Sér. Bot.* 47:43-70.
- Moro, R.S.** 1998. Interpretações paleolimnológicas do quaternário a partir da análise da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyceae) nos sedimentos da Lagoa Dourada, Ponta Grossa, Paraná. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 330 p.
- Lobo, E. A.; Callegaro, V. L. M.; Bender, E. P.** 2002. Utilização de Algas Diatomáceas Epilíticas como Indicadores da Qualidade da Água em Rios e Arroios da Região Hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 127p.
- Lobo, E. A.; Bes, D.; Tudesque, L. & Ector, L.** 2004. Water Quality Assesment of the Pardinho River, Rs, Brazil, Using Epilithic Diatom Assemblages and Faecal Coliforms as Biological Indicators. *Vie Milieu* 54 (2-3): 115-125.
- Lowe, R.L.** 1974. Environmental Requirements and Pollution Tolerance of Freshwater Diatoms. National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio. 333p.
- Ludwig, T.A.** 1996. Levantamento florístico das diatomáceas (Bacillariophyceae) dos gêneros *Cymbella* e *Gomphonema* do Estado de São Paulo. Tese de doutorado. Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, UNESP. 235p.
- Ludwig & Flores 1997 Ludwig, T.A.V. & Flôres, T.** 1997. Diatomoflora dos rios da região a ser inundada para a construção da Usina Hidrelétrica de Segredo, Paraná *Fragilariophyceae* (*Fragilaria* e *Synedra*). *Hoehnea* 24(1): 55-65.
- Margalef, R.** 1993. *Limnologia*. Barcelona: Ediciones Omega. 1010 p.
- Martau, L.; Aguiar, L. & Callegaro, V. L.** 1977. Diatomáceas do Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Botânica* 22:45-83.
- McCune, B.M.J. & Mefford, M.J.** 1997. PC-ORD Multivariate analysis of ecological data. Version 3.0. MJM. Software design, Oregon, 47p.

- Morandi, L.L.** 2002. Eunotiales (Bacillariophyceae) de águas continentais do estado de São Paulo: levantamento florístico. Dissertação de Mestrado. Ribeirão Preto. USP. 156p.
- Mozeto, A.A.**, 2004. Sedimentos e particulados lacustres: amostragem e análises biogeoquímicas. In: Bicudo, C.E.M. & Bicudo, D.C. (orgs.) Amostragem em Limnologia. São Carlos: RIMA Editora. p. 295-341.
- Moreira, A.L.O.R.** 1990. Estudo taxonômico de *Cymbella* Agardh e *Gonphonema* Ehrenberg da região de captação da água do Rio Pirapó, Maringá, Paraná, Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Moretto, E. M. & Nogueira, M. G.** 2003. Physical and Chemical Characteristics of Lavapés and Capivara rivers, tributaries of Barra Bonita reservoir (São Paulo, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia.*, v. 15, n.1, p.27-39.
- Moro, R.S. & Fürstenbeger, C.B.** 1997. Catálogo dos principais parâmetros ecológicos de diatomáceas não-marinhas. Ponta Grossa: Editora da Universidade Estadual de Ponta Grossa, 282 p.
- Moro, R.S.** 1998. Interpretações paleolimnológicas do quartenário a partir da análise da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyceae) nos sedimentos da Lagoa Dourada, Ponta Grossa, Paraná. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 330 p.
- Moschini-Carlos, V.; Henry, R & Pompêo, M. L. M.** 2000. Seasonal variation of biomass and productivity of the periphytic community on artificial substrata in the Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil). *Hydrobiologia* 434: 35-40.
- Mozeto, A.A.**, 2004. Sedimentos e particulados lacustres: amostragem e análises biogeoquímicas. In: Bicudo, C.E.M. & Bicudo, D.C. (orgs.) Amostragem em Limnologia. São Carlos: RIMA Editora. p. 295-341.
- Nimer, E.** 1979. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro, IBGE. 422 pp.
- Nogueira, M. G.** 1996. Composição, Abundância e Distribuição Espaço-Temporal das Populações Planctônicas e das Variáveis Físico-químicas na Represa de Jurumirim, Rio Paranapanema-SP. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, p.439.
- Nogueira, M.G.; Henry, R. & Maricatto, F. E.** 1999. Spatial and temporal heterogeneity in the Jurumirim reservoir, São Paulo, Brazil. *Lakes & Reservoirs: Reserch and management*, 4: 107-120.

- Nogueira, M.G.** 2000. Phytoplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazilian Journal of Biology 431: 115-128.
- Nogueira, M. G.; Vianna, N. C.; Jorcin, A. & Britto, Y. C. T.** 2001a. Limnologia comparada de 8 reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP-PR), Brasil. In Seminário Internacional Gestión Ambiental e Hidroeletricidad: Um Camino hacia la Sustentabilidad. Complejo Hidroeléctrico de Salto Grande, Argentina-Uruguay.
- Nogueira, M. G.** 2001b. Zooplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazilian Journal of Biology, 455: 1-18.
- Nogueira, M.G.; Vianna, N.C.; Jorcin, A. & Britto, Y.C.** 2002a. Uma avaliação dos processos de eutrofização nos reservatórios em cascata do rio Paranapanema (SP/PR), Brasil. In: Cirelli, A.; F. & Marquisá, G. C. (eds). El agua em Iberoamérica – de la limnologia a la gestión em Sudamérica. Cyted - Programa Iberoamericano de Ciência y Tecnologia para el Desarrollo. 91-106.
- Nogueira, M.; Jorcin, A.; Vianna, N. de. C. & Britto, Y. C. T.** 2002b. A Two-Year Study on The Limnology of a Cascade Reservoir System in a Large Tropical River in Southeast Brazil. In 4<sup>th</sup> International Conference on Reservoir Limnology and Water Quality. České Budějovice. Czech Republic.
- Nogueira, M. G.** 2005. Limnologia de Reservatórios e Sistemas em Cascata. In: Roland, F.; Dionéia, C. & Marinho, M. Lições de Limnologia, São Carlo: Rima, p.141-160.
- Nogueira, M.G.; Jorcin, A.; Vianna, N.C. & Britto, Y.C.** 2005. 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: Nogueira, M. G.; Henry, R. & Jorcin, A. (orgs). Ecologia de Reservatórios – Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata. Rima, São Carlos. 83-125.
- Nogueira, M. G. & Jorcin, A.** (no prelo). Contaminação dos sedimentos na bacia do Rio Paranapanema (SE, Brasil) por pesticidas sintéticos e metais e sua relação com os processos de eutrofização.
- Odum, E.P.** Ecologia. 1988. Ed. Guanabara. RJ. 434p.
- Padisák, J., Barbosa, F.A.R., Borbély, G., Borics, G., Chorus, I., Espindola, E.L.G., Heinze, R., Rocha, O., Török, A.K. & Vasas, G.** 2000. Phytoplankton composition, biodiversity



- and a pilot survey of toxic cyanoprokaryotes in a large cascading reservoir system (Tietê basin, Brazil). *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Limnologie* 27: 2734-2742.
- Patrick, R. & Reimer, C.W.** 1975. The diatoms of the United States, exclusive of Alaska and Hawaii. Philadelphia: Livingstgon Company. Vol. 2, 213p.
- Pielou, E.C.** 1966. The use of information theory in the study of the diversity of biological populations. *Proceedings of the fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*. p. 169-177.
- Pielou, E.C.** 1984. *The Interpretation of Ecological Data*. New York: John Willey and Sons. 263 p.
- Pinto-Coelho, R.M.** 2000. *Fundamentos em Ecologia*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul. 252p.
- Pompêo, M. L. M.; Henry, R.; Moschini-Carlos, V. & Padovani, C. R.** 1997. A influência da macrófita aquática *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitch. nas características físicas e químicas da água na zona de desembocadura do Rio Paranapanema na Represa de Jurumirim-SP. *Revista Brasileira de Ecologia*. V.1: p.44-53.
- Räsänen, M.** 1986. Recent sedimentation in a freshwater reservoir in SW-Finland: the diatomological and chemical evidence of sediments on the development of the water body. *Hydrobiologia* 143:361-369.
- Rebouças, A.C.** 1999. Água doce no mundo e no Brasil. *In*: Rebouças, A.C., Braga, B. & Tundisi, J.G. (orgs.). *Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras Editora. p. 1-37.
- Rice, S. P.; Greenwood, M. T. & Joyce, C. B.** 2001. Tributaries Sediment sources, and the longitudinal organization of macroinvertebrates fauna along rivers systems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 58:824-840.
- Rodrigues, L. & Bicudo, D. C.** 2001. Similarity among periphyton algal communities in a lentic-lotic gradient of the upper Paraná river floodplain, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 24(3): 235-248.
- Rodrigues, L.; Bicudo, D.C. & Moschini-Carlos, V.** 2003. O papel do perifiton em áreas alagáveis e nos diagnósticos ambientais. *In*: Thomaz, S.M. & Bini, L.M. (orgs.) *Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá. p. 211-229.)
- Round, F.E.; Crawford, R.M. & Mann, D.G.** 1990. *The Diatoms – biology and morphology of the genera*. Cambridge: University Press. 747p.

- Round, F. E.** 1991. Diatoms in river water-monitoring studies. *Journal of Applied Phycology*, v.3, p.129-145.
- Salomoni, S; Rocha, O. & Lobo, E.** 2006. Epilithic Diatoms as Indicators of Water Quality in the Gravataí River, Rio Grande do Sul, Brazil. *Hydrobiologia*, 559, no. 1:233-246.
- Sampaio, T.** 1989. Relatório sobre os estudos efetuados nos rios Itapetininga e Paranapanema. Organização do Instituto Geográfico e Geológico. Secretaria da Agricultura, Industria e Comércio. Vista do Instituto Geográfico e Geológico. São Paulo, Brasil.
- Santos, C. M.; Ferreira, R. A. R. & Henry, R.** 2005. Alterações na Organização da Comunidade Bentônica no Complexo Canoas (Rio Paranapanema) durante as fases de Pré e Pós-enchimento. In: Nogueira, M. G.; Henry, R. & Jorcin, A. (orgs). *Ecologia de Reservatórios – Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata*. Rima, São Carlos. 183-204.
- Shannon, C. E. & Weaver, W.** 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: Illinois University Press, 177p.
- Shepherd, G.J.** 1996. *Fitopac 1: manual do usuário*. Departamento de Botânica, Unicamp. 95p.
- Schönfelder, I., Gelbrecht, J., Schönfelder, J. & Steinberg, C.E.W.** 2002. Relationship between littoral diatoms and their chemical environment in northeastern German lakes and rivers. *Journal of Phycology* 38:66-82.
- Silva, C.A., Train, S. & Rodrigues, L.C.** 2004. Phytoplankton assemblages in a Brazilian subtropical cascating reservoir system. *Hydrobiologia* 435: 1-11.
- Simpson, E. H.** 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163:688.
- Smil, V.** 1997: População global e o ciclo de nitrogênio. *Americano Científico*, p. 76-81.
- Souza, G. S. De S.; Koenig, M. L.; Leça, E. E. & Coêlho, M. De P. C. De A.** 2007. Diatomáceas indicadoras de paleoambientes do Quaternário de Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil. *Acta Botânica Brasilica*. 21(3): 521-529.
- Stevenson, R. J. & Pan, Y.** 1999. Assessing environmental conditions in rivers and streams with diatoms. Pp. 11-40. In: E. F. Stoermer & J. P. Smol (eds.). *The Diatoms: applications for the environmental and earth sciences*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Straskraba, M.** 1990. Limnological particularities of multiple reservoir series. *Archiv Für Hydrobiologie Beiheft Ergebnisse Der Limnologie* 33: 677-678.
- Straskraba, M.; Tundisi, J. G. & Duncan, A.** 1993. Introduction. In: Straskraba, M.; Tundisi, J. G.; Duncan, A., (eds) *Comparative reservoir limnology and water quality management*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

- Straskraba, M.** 1994. Vltava cascade as teaching grounds for reservoir limnology. *Water Science and Technology*, v.30, n.10, p.289-297.
- Straskraba, M.; Tundisi, J. G.** 1999. *Reservoir Water Quality Management: Guidelines of Lake Management*. Kusatsu, Japan: International Lake Environmental Committee, 1999. v.9, 227p.
- Straskraba, M. & Tundisi, J. G.** 2000. Gerenciamento da qualidade de águas de represas. In: Diretrizes para o gerenciamento de lagos. São Carlos. ILEC. 280p.
- Straskraba, M.** 1994. Vltava cascade as teaching grounds for reservoir limnology. *Water Science and Technology*, v.30, n.10, p.289-297.
- Tavares, B.** 2001. Levantamento florístico das naviculales (Bacillariophyceae) de águas continentais do estado de São Paulo. Tese de doutorado. Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, UNESP. 235p.
- Thomaz, S. M.; Bibi, L. M.; Alberti, S. M.** 1997. Limnologia do reservatório de Segredo: padrões de variação espacial e temporal. In: Agostinho, A. A.; Gomes, L. C. 1997. *Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo*. Ed. Univ. Estadual de Maringá. 1997, p. 19-37.
- Thornton, K. W.; Kimmel, B. L. & Payne, F. E.** 1990. Perspectives on Reservoir Limnology. In: Thornton, K. W. Kimmel, B. L. & Payne, F. E. (ed.) *Reservoir Limnology*. Wiley\_ Interscience Publication. New York. P: 1-14.
- Torgan, L. C. & Aguiar, L.** 1978. Diatomáceas do “Rio Guaíba”, Porto Alegre, Brasil. *Iheringia, Série Botânica* 23:19-63.
- Train, S.** 1990. Diatomoflórula do Córrego Moscados, Município de Maringá, Estado do Paraná, Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Tuchman, M. L.; Theriot, E. & Stoermer, E. F.** 1984. Effects of low level salinity concentrations on the growth of *Cyclotella meneghiniana* Kütz. (Bacillariophyta). *Archiv Für Protistenkunde* 128, 319-26.
- Tundisi, J. G.** 1981. Typology of reservoirs in Southern Brazil. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Limnologie*, v. 21, p. 1031-1039.
- Tundisi, J. G. & Matsumura-tundisi, T.** 1990. Limnology and eutrophication of Barra Bonita Reservoir, S. Paulo State, Southern, Brazil. *Archiv. Für Hydrobiologie Beih Ergebnisse der Limnologie* 33: 661-676.

- Tundisi, J. G.; Matsumura-Tundisi, M. C. Callijuri & Novo, M. L.** 1991. Comparative Limnology of five reservoirs in the middle Tiete River, São Paulo State. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Limnologie.*, 24:1489-1496.
- Tundisi, J. G.** 1994. Tropical South America: present and perspectives. In: Margalef, R. (ed.) *Limnology now: a paradigm of planetary problems.* Amsterdam, Elsevier Science B. 353-424.
- Tundisi, J. G.** 1998. Management of Reservoirs in Brazil. In: Jorgenson, S. E. & Vollenweider, R. A. (eds.) *Principles of lake management.* Otsu, Illec. V.1: Guidelines of lake management. P.155-69.
- Tundisi, J. G.** 1999. Reservatórios como sistemas complexos : Teoria, aplicações e Perspectivas para usos múltiplos. In: Henry, R. 1999. *Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais.* Botucatu. Fapesp, 800p.
- Tundisi, J. G.; Matsumura-Tundisi & Rocha, O.** 1999. Theoretical basis for reservoir management. In: *Theoretical reservoir ecology its applications.* Tundisi, J. G. & Straskraba, M. eds. International Institute of Ecology, São Paulo. Backhuys Publishers, AH Leiden, p. 505-528.
- Tundisi, J. G.** 2000. Limnologia e gerenciamento integrado de recursos hídricos. *Ciência e Ambiente*, n. 21: p. 9-21.
- Tundisi, J.G.; Matsumura-Tundisi, T.; Rocha, O.** 2002. Ecosistemas de águas interiores. *In:* Rebouças, A. C.; Braga, B; Tundisi, J. G. (orgs.). *Águas doces no Brasil: Capital Ecológico, uso e conservação.* São Paulo: Escrituras Ed. p. 153-194. 2ª ed.
- Uherkovich, G.** 1976. Algen aus den Flüssen Rio Negro und Tapajós. *Amazoniana*, 5:475-515.
- Uherkovich, G. & Rai, H.** 1979. Algen aus dem Rio Negro und seinen Nebenflüssen. *Amazoniana*, 6(4):611-638.
- Uherkovich, G.; Franken, M.** 1980. Aufwuchsalgen aus zentral amazonischen Regenwaldbächen. *Amazoniana*, 7(1):49-79.
- Valderrama, G.C.** 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry* 10:109-122.
- Valencio, N. F. L. S.; Gonçalves, J. C.; Vidal, K. C.; Martins, R. C.; Rigolin, M. V.; Lourenço, L. C.; Mendonça, S. A. T. & Leme, A.A.** 1999. O papel das hidroelétricas de Barra Bonita e Jurumirim. In: Henry, R. (ed.). *Ecologia de Reservatórios: estrutura função e aspectos sociais.* Botucatu. 185-218.

- Van Dam, H.; Mertens, A. & Sinkeldam, J.** 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28 (1):117-133.
- Vannote, R. L.; Minshall, G. W.; Cummins, K. W.; Sedell, J. R. & Cushing, C. E.** 1980. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 37:130-137.
- Vercellino, I. S.** 2001. Sucessão da Comunidade de algas perifíticas em dois reservatórios do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo: Influência do estado trófico e período climatológico. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 176p.
- Vilaclara, G., R. Rico & J. Miranda.** 1997. Effects of perturbations on diatom assemblages in Tlaxcala paleolake, Mexico. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 846-851.
- Wetzel, R. G.** 1993. *Limnologia*. Lisboa, Ed. Fundação Caloust Gulbenkian. 919p.
- Wetzel, R. G.** 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. 3. ed. Academic Press. 850 p.
- Wolf, H.** 1982. Method of coding of ecological data from diatoms for computer utilization. *Mededelingen van de Rijks Geologische Dienst* 36 (2):95-98.

LUCIANE FONTANA DA SILVA

**Distribuição Longitudinal da Comunidade de  
Diatomáceas de Sedimentos Superficiais nos  
Reservatórios em Cascata do Rio  
Paranapanema**

Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área de Concentração de Plantas Avasculares e fungos em Análises Ambientais.

SÃO PAULO

2008

LUCIANE FONTANA DA SILVA

**Distribuição Longitudinal da Comunidade de  
Diatomáceas de Sedimentos Superficiais nos  
Reservatórios em Cascata do Rio  
Paranapanema**

Dissertação apresentada ao Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de MESTRE em BIODIVERSIDADE VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na Área de Concentração de Plantas Avasculares e fungos em Análises Ambientais.

ORIENTADORA: DRA. DENISE DE CAMPOS BICUDO

*Dedico este trabalho ao amor e à  
dedicação dos meus pais Maria  
Inês e Francisco de Assis.*



*“É necessário ter o caos aqui dentro para poder gerar uma estrela”*

**Friedrich Nietzsche**

---

Silva, L.F.  
Distribuição Longitudinal da Comunidade de  
Diatomáceas de Sedimentos Superficiais nos  
Reservatórios em Cascata do Rio Paranapanema.  
2008. 139 p.

Dissertação (mestrado) – Instituto de Botânica.  
Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo, Pós-  
graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio  
Ambiente, na Área de concentração de plantas  
avasculares e fungos. 2008.

---

Palavras-chave: diatomáceas, estrutura de  
comunidade, reservatório, sedimento, sistema lótico.

## Agradecimentos

---

Ao final desta etapa, gostaria de registrar meu eterno agradecimento e respeito às inúmeras pessoas que contribuíram para que este trabalho fosse realizado e chegasse a bom termo. Devo ainda agradecer ao fato de ter seguido a profissão que tanto amo e que, de uma forma ou de outra, permitiu-me também conhecer pessoas maravilhosas durante esta longa jornada. Volto, então, a minha gratidão e afeição àqueles que, certamente, fizeram parte desta trajetória, contribuindo de forma direta ou indireta.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Denise de Campos Bicudo, por seu exemplo de profissionalismo, sua excelente orientação, sua disponibilidade irrestrita para esclarecer dúvidas, revisar textos através de sua leitura atenciosa, sua forma exigente, crítica e criativa de discutir as idéias e os resultados deste trabalho, fornecendo subsídios para que o mesmo fosse realizado da melhor maneira possível e, sobretudo, a dedicação integral e a confiança depositada em meu trabalho. Também, pelo seu lado humano, cuja sensibilidade para com os outros vai muito além do profissionalismo.

Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo de Mattos Bicudo, pela pronta disponibilidade para esclarecer problemas de ordem nomenclatural ou taxonômica deste trabalho, pelo uso irrestrito de sua biblioteca particular e, acima de tudo, pelo seu exemplo de vida, meus mais sinceros agradecimentos e respeito.

Ao Prof. Dr. Marcos Gomes Nogueira, pela inestimável contribuição em todas as coletas realizadas para o presente estudo, contribuindo em todos os aspectos, desde a amostragem do material até a hospedagem dos envolvidos nas coletas e pela disponibilidade irrestrita para discussões e sugestões.

Ao Prof. Dr. Raoul Henry, por ter tornado possível a coleta realizada em algumas estações no Reservatório de Jurumirim, sobretudo pela disponibilidade e contribuição com valiosas sugestões, além de solucionar dúvidas prontamente.

À Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ana Luiza Spadano Albuquerque, pelo auxílio nas análises granulométricas e de nitrogênio total do sedimento, disponibilizando aparelhos e o laboratório para a realização das mesmas.

Às professoras e pesquisadoras Dr<sup>a</sup> Ilka Schinkariol Vercellino, Dr<sup>a</sup> Carla Ferragutt, Dr<sup>a</sup> Andréia Tucci, pelas significativas contribuições e sugestões durante todo o andamento do trabalho, por compartilharem seus conhecimentos e sempre ajudarem das mais diversas formas.

Aos queridos amigos e pós-graduandos Sandra Vieira Costa, Tatiane Araujo, Angélica Righetti, Fernanda Ferrari, Carlos Eduardo Wetzel, Luciana Godinho, Sidney Fernandes, Luisiana Carneiro, Kleber Santos, Marisia Espósito e Lílian Carminitti, pelo apoio contínuo, pelas sugestões, por compartilharem seus conhecimentos e experiências e, acima de tudo, pela amizade construída ao longo de dois anos.

Aos queridos amigos e estagiários de iniciação científica Danielle Escudeiro, Murilo Borduqui, Alexandre Rodello, Bárbara Pellegrini, Thiago Rodrigues e Marina Massagardi, por compartilharem as alegrias, os momentos de descontração e, também, os momentos difíceis durante o percurso deste trabalho, auxiliando das mais variadas formas.

Aos queridos amigos e pós-graduandos da UNESP (Botucatu) Fernanda Lage “Apatita”, Luciana Sartori “Lu”, Fabiana Akemi “Gorran”, Gilmar Perbiche “Guil”, Danilo Naliato, Matheus Ferrareze “Cerol”, Paula R. Oliveira “Lamis” e Rafael Mortari “Gabi”, entre outros, pelo inestimável auxílio em todas as coletas e, sobretudo, pelas constantes contribuições com discussões e sugestões para este trabalho. Também agradeço pela amizade, por terem me recebido tão calorosa e atenciosamente em seus ambientes de trabalho, por me oferecerem estadia em suas casas, entre outros mil favores que me fizeram, agradeço imensamente.

Aos técnicos Daniel e Hamilton da UNESP (Botucatu), pela contribuição durante as coletas realizadas em alguns reservatórios.

Às técnicas do laboratório de Ecologia do Instituto de Botânica, Marli, Dora, Valdenice e Amarílis, pelo auxílio na realização de algumas análises laboratoriais.

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa Científica do Estado de São Paulo), pela concessão de Bolsa de Mestrado (Processo nº 05/57399-6).

A Duke Energy International, pela autorização das coletas nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema.

Ao Instituto de Botânica de São Paulo, pela utilização irrestrita de seus laboratórios, bem como pela infra-estrutura do Laboratório de Ecologia Aquática.

À minha linda família, pelo amor, pela paciência e compreensão de sempre.

Ao meu namorado e grande amigo Gustavo Guilherme Funk, pela paciência, amor, amizade e, principalmente, pela compreensão nos constantes momentos de ausência.

À música que me guiou em doces notas.

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

**Muito obrigada!**

## RESUMO

---

O presente visou conhecer a biodiversidade das diatomáceas de sedimentos superficiais e avaliar a heterogeneidade longitudinal da comunidade intra-reservatório (rio-barragem) e entre cinco reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Como tais sistemas variam de oligo a meso-eutrófico, pretendeu-se, ainda, avaliar associações de diatomáceas indicadoras da qualidade ecológica da série em cascata. Amostras de sedimentos foram coletadas entre os meses de janeiro e novembro de 2006, com draga Van Veen, em três estações de amostragem de cinco reservatórios distribuídos nas regiões do alto (represas de Jurumirim e Chavantes), médio (represas de Salto Grande e Capivara) e baixo Paranapanema (Represa de Rosana). Apenas no último reservatório foram feitas coletas em duas estações de amostragem. As análises incluíram fósforo, nitrogênio total, granulometria e a estrutura qualitativa e quantitativa das diatomáceas. Houve tendência de incremento de nutrientes nos reservatórios do médio curso do rio, cujos teores foram considerados moderados, e predominância de textura granulométrica de areia em todas as estações de amostragem. Foram identificados 60 táxons infra-genéricos, distribuídos em 31 gêneros, dos quais 34 (57%) representam citações pioneiras para a bacia do Paranapanema. Maior riqueza (45 táxons) foi encontrada no primeiro reservatório da série (Jurumirim), que apresentou, na montante, o maior número de espécies de ocorrência mais restrita. Foi verificada tendência de incremento da biodiversidade com adição de novas espécies em direção ao baixo Paranapanema. Dois táxons (*Cyclotella menegheniana* e *Aulacoseira granulata* var. *granulata*) apresentaram ampla distribuição na série em cascata. De modo geral, densidades mais elevadas foram registradas nos reservatórios do médio curso do rio. Com base nas espécies mais abundantes, a estrutura da comunidade de diatomáceas foi primordialmente influenciada pelo eixo longitudinal do Rio Paranapanema e não pela disponibilidade de nutrientes. Entretanto, já é notável a associação de algumas espécies indicadoras de ambientes mais eutrofizados com os reservatórios do médio curso do rio, tais como *Nitzschia palea*. Contrapondo, *Cocconeis placentula* e *Encyonema silesiacum* estiveram associadas aos reservatórios do alto Paranapanema (exceto ao Ribeirão das Posses). Finalmente, o estudo do compartimento dos sedimentos mostrou-se adequado para abordagens em escalas espaciais amplas (centenas de quilômetros), já que integra informações tanto espaciais quanto temporais. Neste sentido, os estudos com as comunidades de diatomáceas de sedimentos superficiais, apesar de recentes no Brasil e inéditos em reservatórios em cascata, podem constituir-se em mais uma ferramenta para avaliar processos de eutrofização.

**Palavras-chave:** diatomáceas, estrutura de comunidade, reservatório, sedimento, sistema lótico

## SUMMARY

---

This study aimed to know the surface sediment diatoms biodiversity and to evaluate the longitudinal heterogeneity of the intra-reservoir (river-lacustrine zone) community, as well as along five cascading reservoirs of the Paranapanema River. As these systems vary from oligo to meso-eutrophic, it was also our intention to evaluate the diatom assemblages that would indicate the ecological quality of the cascading series. Sediment samples were taken from January to November 2006, using a van Veen dredge, at three sampling stations of the five reservoirs located two in the upper Paranapanema River (Jurumirim and Chavantes), two in the river mid portion (Salto Grande and Capivara) and one at the low river (Rosana). The last reservoir samplings were performed in only two stations. Analyses included total phosphorus and nitrogen, grain size and the diatoms qualitative and quantitative structure. There was a trend towards nutrient increase in the middle basin reservoirs (moderate values) and the dominance of sand texture in all sampling stations. Sixty infrageneric taxa were identified, that were distributed among 31 genera, 34 of which (57%) were cited for the first time for the Paranapanema river basin. Higher species richness (45 taxa) was found in the first reservoir of the series (Jurumirim) that showed, upstream, the greatest number of species of restricted occurrence. It was also found a trend towards an increase of biodiversity, with addition of new species, towards the low Paranapanema River. Two taxa (*Cyclotella menegheniana* and *Aulacoseira granulata* var. *granulata*) showed a wide distribution in the cascading series. In general, higher densities were registered in the middle river reservoirs. Based on the most abundant species, the diatom community structure was mainly influenced by the Paranapanema River longitudinal axis, and not by the nutrients availability. However, species such as *Nitzschia palea* and *Gomphonema laticollum*, that are indicative of more eutrophic environments, were associated to the river most eutrophic reservoirs. On the contrary, *Cocconeis placentula* and *Encyonema silesiacum* were associated to reservoirs of the upper Paranapanema River (except for the Ribeirão das Posses). The study of the surface sediments compartment was considered adequate for broader spatial scale approaches (hundreds of kilometers), integrating both spatial and temporal information. In this sense, studies focusing on the surface sediment diatom communities, despite of being very recent in Brazil and pioneer for cascading reservoirs, may constitute one more efficient tool for evaluating eutrophication processes.

**Key words:** diatoms, community structure, reservoir, sediment, lotic system

# ÍNDICE

---

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. HIPÓTESE.....	7
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	7
4.1. Rio Paranapanema.....	7
4.2. Limnologia do Rio Paranapanema.....	10
4.3. Uso e Ocupação do Solo no Rio Paranapanema.....	11
4.4. Reservatórios Incluídos no Estudo.....	12
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
5.1. Amostragem.....	22
5.2. Análise Física e Química dos Sedimentos.....	24
5.3. Análise das Diatomáceas.....	25
5.4. Análise Estatística.....	27
6. RESULTADOS: COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA.....	28
6.1. Capítulo 1 - Diatomáceas (Ochrophyta) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR, Brasil): Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae.....	28
6.2. Capítulo 2 - Diatomáceas (Ochrophyta) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR, Brasil): Bacillariophyceae.....	51
7. RESULTADOS: ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE DIATOMÁCEAS.....	90
7.1. Caracterização dos Sedimentos.....	90
7.1.1. Granulometria.....	90
7.1.2. Fósforo e Nitrogênio Total.....	91
7.1.3. Avaliação Conjunta dos Dados Abióticos.....	93
7.2. Estrutura da Comunidade de Diatomáceas.....	94
7.2.1. Estrutura Qualitativa.....	94
7.2.2. Estrutura Quantitativa.....	99
7.2.3. Diversidade Específica.....	110
8. DISCUSSÃO.....	112
8.1. Caracterização Abiótica dos Reservatórios em Cascata.....	112
8.2. Estrutura da Comunidade de Diatomáceas.....	115
9. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	119
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122



## 1. INTRODUÇÃO

---

Até quase o final da Idade Média, a população europeia realizava laboriosas tarefas, como moagem de grãos ou corte de madeira, a partir do esforço humano ou animal. No século XIII difundiu-se o uso das rodas d'água, que atingiu seu ápice no século XVIII, quando só na Inglaterra, havia mais de 10.000 unidades. A roda d'água foi o primeiro engenho capaz de realizar trabalho a partir da queda de água, transformando energia hidráulica em energia mecânica. No final do século XIX este engenho foi sendo substituído gradativamente por um conjunto de turbina-gerador, que transforma energia hidráulica em elétrica. A partir deste momento a transmissão de energia elétrica por grandes distâncias tornou-se a técnica economicamente viável do século XX, causando grande desenvolvimento de usinas hidrelétricas (Kelman *et al.* 2002). Durante este mesmo século, houve tendência crescente para construção de barragens (Nogueira 2005). Nos anos 90, havia mais de 63.000 grandes reservatórios, ocupando área de 400.000 km<sup>2</sup> (Avakyan & Iakovleva 1998). Nos países industrializados e mais desenvolvidos, a taxa de construção de represas foi mais elevada no período de 1950-1980 (Kennedy 1999), mas recentemente houve declínio na construção deste tipo de empreendimento, principalmente, em razão das restrições ambientais. Entretanto, nos países em desenvolvimento continua a implantação de reservatórios artificiais de água para a produção de energia elétrica (Nogueira 2005).

Na América do sul, um continente dominado por grandes rios, praticamente todas as principais bacias hidrográficas em áreas tropicais e subtropicais foram reguladas pela construção de reservatórios (Straskraba *et al.* 1993; Tundisi 1994; Valencio *et al.* 1999; Henry & Nogueira 1999). O Brasil e outros poucos países, como Canadá, Suécia e Noruega, possuem numerosos rios com potencial de aproveitamento elétrico, sendo o parque hidrelétrico brasileiro um dos maiores do mundo em termos absolutos e relativos, enquanto em termos mundiais as usinas hidrelétricas são responsáveis pela produção de cerca de 25% da energia elétrica. Esta cifra tem aumentado nos últimos anos para 97%. No Brasil, o restante da energia é produzido por usinas termoelétricas, cujas turbinas são acionadas a partir da queima de combustíveis fósseis ou físseis, representadas principalmente pelas usinas nucleares e usinas acionadas pelas energias eólica ou solar. Estas usinas “alternativas” contribuem com uma porcentagem insignificante do total de energia elétrica produzida no mundo e no Brasil (Kelman *et al.* 2002).

Particularmente para o Brasil, onde as hidrelétricas têm sido responsáveis por até 97% da produção energética (Kelman *et al.* 1999), há 1.674 empreendimentos em operação, gerando 100.267.306 kw de potência (Aneel 2007). Está prevista para os próximos anos uma adição de 27.573.392 kw na capacidade de geração do país, proveniente dos 107 empreendimentos atualmente em construção (Aneel 2007).

Nos últimos vinte anos, os usos múltiplos desses sistemas diversificaram-se, ampliando a importância econômica e social desses ecossistemas artificiais e, ao mesmo tempo, produzindo e introduzindo novas complexidades no seu funcionamento e impactos (Tundisi 1994; Tundisi *et al.* 2002). Dentre as inúmeras finalidades, estão: produção de hidroeletricidade, reserva de água para irrigação, reserva de água potável, produção de biomassa (cultivo de peixes e pesca intensiva), transporte (hidrovias), recreação e turismo (Tundisi *et al.* 2002), contenção de cheias através da regularização da vazão do rio (Kelman *et al.* 2002). Entretanto, frequentemente esses sistemas prestam-se como depositários de efluentes urbanos, industriais e advindos da agricultura e pecuária, estando expostos a entradas não pontuais de sedimentos, nutrientes, defensivos agrícolas, além de outros materiais oriundos das atividades praticadas em seu entorno e em sua bacia hidrográfica (Tundisi 1998, Nogueira 2005). E, particularmente no Estado de São Paulo, cujos rios foram muito afetados pela construção de barragens, o uso intensivo dessas represas faz com que esses ambientes estejam sujeitos a intensos processos de eutrofização, assoreamento e toxicidade (Tundisi & Matsumura-Tundisi 1990; Calijuri & Tundisi 1990; Agostinho *et al.* 1995), além de levar ao desaparecimento de grandes extensões das planícies de inundações laterais a esses cursos de água (Henry 2005).

### **1.1. Heterogeneidade Espacial em Reservatórios**

Hidrologicamente um rio é considerado um sistema aberto, com fluxo contínuo da nascente à foz, o que exerce forte influência sobre as comunidades, as quais apresentam adaptações para evitar deriva em direção à foz (Kleerekoper 1990). Transformar sistemas fluviais em sistemas lênticos artificiais implica, assim, em provocar extensas modificações em muitos processos limnológicos, tais como modificações nos ciclos biogeoquímicos, no regime hidrológico, na dinâmica das comunidades aquáticas e no processo sedimentológico (Tundisi 2000).

Segundo Thomaz *et al.* (1997), a construção de barragens em rios implica no aumento imediato do tempo de residência da água, que por sua vez constitui um dos principais fatores propulsor das alterações nas características limnológicas observadas nas áreas represadas. Esta modificação leva ao estabelecimento de gradientes longitudinais associados a características hidrográficas e morfométricas da bacia, que, por sua vez, podem acentuar a heterogeneidade longitudinal nesses ambientes (Wetzel 1993).

Segundo Thornton *et al.* (1990), os reservatórios exibem um gradiente longitudinal, que ocorre ao longo do *continuum* fluvial em direção à barragem, resultando no estabelecimento de três zonas distintas, com características físicas, químicas e biológicas únicas, representadas respectivamente pelas zonas de montante (zona de rio), zona de transição (intermediária) e zona de barragem (lacustre). A zona de rio (montante) pode ser caracterizada por apresentar baixa

profundidade, relativamente bem misturada, devido ao fluxo elevado. Apesar da diminuição da velocidade, as forças advectivas são suficientes para promover grande suspensão de partículas finas na coluna de água, de forma que a disponibilidade de luz nesta zona pode ser um fator limitante para as comunidades de algas. A fonte de matéria orgânica é principalmente de origem alóctone. De acordo com (Kimmel *et al.* 1990), essa zona é teoricamente mais rica em nutrientes em relação às demais.

A zona de transição (intermediária) é caracterizada pela bacia mais larga e profunda, fluxo relativamente reduzido, favorecendo as taxas de sedimentação e conseqüente aumento da penetração de luz. É nesta zona que a produção de matéria orgânica de origem autóctone começa a prevalecer. A produtividade é relativamente elevada. De acordo com Kimmel *et al.* (1990), essa zona possui características limnológicas intermediárias entre as zonas de rio e lacustre. Por sua vez, a zona lacustre (barragem) assemelha-se ao ambiente lacustre (lagos), onde há redução de partículas em suspensão e conseqüente aumento da transparência. A penetração de luz é suficiente para promover a produção primária, sendo a disponibilidade de nutrientes o principal fator responsável pela limitação da comunidade de algas. Pode apresentar estratificações térmicas e as trocas efetuadas entre o epilímnion e o hipolímnion ocorrem, principalmente, através da ação do vento e movimentos internos. De acordo com Kimmel *et al.* 1990, essa zona é teoricamente menos produtiva do que as demais. Além disso, o padrão dendrítico ocasionado pelo barramento de rios tributários, por exemplo, permite um índice de desenvolvimento da margem maior, quando comparado aos lagos naturais que, segundo Thornton *et al.*(1990), resulta na formação de compartimentos com características limnológicas próprias. Outras fontes de variabilidade espacial são representadas pela flutuação do nível do sistema (regulado pelo ciclo hidrológico e operação da barragem) e o tempo de retenção da água, que pode variar com os usos, ciclo hidrológico e reserva necessária de água (Tundisi *et al.* 2002).

Os reservatórios são, assim, considerados ecossistemas artificiais híbridos entre rios e lagos (Tundisi 1990), com particularidades, principalmente, quando se consideram os gradientes espaciais horizontais e verticais, cuja organização depende dos processos que ocorreram na bacia hidrográfica ao longo do espaço e do tempo (Tundisi 1981; Barbosa *et al.* 1999).

Contudo, sabe-se atualmente que nos reservatórios distribuídos nas regiões tropicais essa zonação é multidimensional e bastante influenciada pela entrada de rios tributários com características limnológicas próprias, formando compartimentos diferenciados intra-reservatório (Nogueira *et al.* 1999; Nogueira, 2000; 2001).

## **1.2. Reservatórios em Cascata**

Em resposta às demandas de energia elétrica e aos avanços tecnológicos, atualmente são construídos sistemas de reservatórios hidrologicamente conectados entre si ou “em cascata”, cujo principal objetivo está na produção de energia elétrica (Straškraba & Tundisi 1999). De acordo com Straškraba & Tundisi (2000), existem quatro tipos de sistemas reservatórios, os **reservatórios em cascata** (cadeias de reservatórios localizados no mesmo rio); **sistemas de múltiplos reservatórios** (grupos de reservatórios localizados em diferentes trechos de um determinado rio ou de diversos rios em que as vazões são compartilhadas entre eles); **reservatórios para bombeamento** (refere-se à água bombeada que circula entre os reservatórios) e **transferências hídricas** (caracterizam-se pela água que é retirada e bombeada para outro sistema fluvial, objetivando aumentar as vazões deste último).

Os sistemas de reservatórios em cascata causam impactos cumulativos, alterando completamente as condições biogeofísicas, econômicas e sociais nos locais onde são implantados (Agostinho *et al.*, 2007). Assim, um efeito ocasionado em um determinado reservatório localizado à montante será transferido para os reservatórios subseqüentes, localizados à jusante (Straškraba & Tundisi 2000), produzindo um efeito em série ou em “cascata”. Nogueira (2005) ressalta que a extensão com que um reservatório modifica a qualidade da água do reservatório subseqüente vai depender, sobretudo, da capacidade do reservatório de influenciar os demais localizados à jusante. Fatores como a distância entre os mesmos, tempo de retenção da água, uso e ocupação do solo no entorno, profundidade e estratificação são apontados pela maioria dos autores como uma das principais funções de força (e.g. Margalef 1983; Straškraba & Tundisi 1999; Nogueira 2005). Outros fatores como a ordem dos rios e riachos alimentadores, idade e estado trófico, também são considerados relevantes.

No Estado de São Paulo, incluindo as zonas limítrofes com os Estados de Minas Gerais, Paraná e Mato Grosso do Sul, seqüências de grandes reservatórios hidrologicamente conectados entre si destacam-se nas principais redes hidrográficas, particularmente, no Estado de São Paulo (Rio Grande, Rio Tietê e Rio Paranapanema). Tais rios são os maiores do estado e suas bacias ocupam a maior parte do território paulista (cerca de 4/5). Têm em comum a orientação em direção a oeste, constituindo-se nos principais tributários do alto Rio Paraná (Nogueira *et al.* 2001a), região com maior concentração de reservatórios no Brasil (Nogueira *et al.* 2005).

Estudos em que se considera a conectividade hidrológica entre reservatórios em cascata são extremamente escassos (Nogueira 2005) e considerados incomuns (Barbosa *et al.* 1999), apesar da extensa área que ocupam e do grande impacto sócio-econômico e ambiental gerados pela sua construção. Em nível mundial, podem ser citados os trabalhos de Litvinov & Roshchupko (1994) e Korneva & Solovyova (1999) no Rio Volga (Rússia), Straškraba (1994) no Rio Vltava (República Tcheca) e Hart (1992, 1996) no Rio Mgeni (África do Sul).

No Brasil, destacam-se os trabalhos limnológicos desenvolvidos nos reservatórios em cascata localizados no Rio Paranapanema (e.g. Nogueira *et al.* 2001; 2002b; 2005; Henry *et al.* 2005; Ferrareze *et al.* 2005), além de outros que enfocaram a organização de algumas comunidades bióticas (Moschini-Carlos *et al.* 2000; Nogueira *et al.* 2005; Santos *et al.* 2005; Ferreira *et al.* 2005; Britto & Sirol 2005; Bicudo *et al.* 2005; Kudo *et al.* 2005; Felisberto & Rodrigues 2005; Henry *et al.* 2006).

De acordo com Bonetto (1993), problemas conceituais, metodológicos, logísticos e até financeiros são inerentes aos estudos realizados em grandes rios da América do Sul, constituindo-se em fatores de impedimento em estudos limnológicos que abarcam escalas espaciais amplas (centenas de km). Entretanto, estudo de ecossistemas complexos e amplos, como é o caso de reservatórios em cascata, tem contribuído e deverá contribuir ainda mais para a compreensão de hipóteses em ecologia aquática, tais como sobre efeitos do “pulso” na organização e resiliência dos ecossistemas, teorias de distúrbio intermediário, de contínuo fluvial e de descontinuidade serial, sucessão de comunidades em ambientes que mudam abrupta e rapidamente, entre outros (Nogueira 2005). Ainda, tais estudos são essenciais para compreender os mecanismos de funcionamento do sistema, estabelecer os fundamentos para utilização da água e modelos para aplicação de prognósticos (Nogueira *et al.* 2005).

### **1.3. Contextualização da Pesquisa**

O sedimento de superfície representa uma amostra espacial e temporalmente integrada dos eventos que se acumularam no passado recente. Desta forma, uma amostra de sedimento superficial apresenta as espécies presentes no sistema aquático ao longo do tempo, que se acumularam sucessivamente no fundo, como também os táxons provenientes de todos os hábitats do sistema, propiciando uma análise temporal e espacialmente integrada, inviável de ser obtida a partir de amostras isoladas de comunidades vivas (Bennion 1995).

Várias características têm levado à crescente utilização das diatomáceas de sedimentos em estudos ambientais, já que se encontram bem preservadas nos sedimentos, são passíveis de identificação em nível infragenérico, além de serem relativamente bem conhecidas em suas amplitudes ecológicas (Bennion 1995).

As diatomáceas de sedimentos vêm sendo consideradas como o grupo mais adequado em estudos sobre eutrofização (e.g. Hall & Smol 1992; Anderson *et al.* 1993; Hall *et al.* 1997; Hammer & Stoemer 1997; Bennion *et al.* 2005). Conforme destacado por Hall & Smol (1992), várias respostas ambientais podem ser obtidas como, por exemplo, se a eutrofização foi de ocorrência natural, se os nutrientes aumentaram ao longo do tempo e quando aumentaram e quais atividades antrópicas interferiram no processo de eutrofização.

No Brasil, trabalhos que incluem a avaliação da resposta de diatomáceas sedimentares às supostas variações ambientais são extremamente escassos, sendo todos realizados fora do Estado de São Paulo e nenhum sobre a avaliação de processos de eutrofização. Quatro deles versam sobre a utilização das diatomáceas na reconstrução do clima pretérito (Callegaro 1998, Dumont & Tundisi 1997, Moro 1998, Fürstenberger 2001); um sobre a reconstrução do pH em lagos da Amazônia (Gianini 2002) e outro, mais recente, sobre a bioindicação de paleoambientes do quaternário de Dois Irmãos, Recife, PE (Souza *et al.* 2007).

Embora a maioria dos reservatórios esteja concentrada nas regiões sul e sudeste do país, inexistente informação sobre a estrutura das diatomáceas presentes nos sedimentos. Ainda, abordagens sistêmicas sobre as comunidades algais, em que é considerada a conectividade hidrológica entre os reservatórios em cascata, são extremamente escassas e recentes no país. Dos quatro trabalhos existentes, três referem-se às comunidades fitoplanctônicas (incluindo diatomáceas) do sistema de reservatórios do Rio Tietê (Barbosa *et al.* 1999; Padisák *et al.* 2000), do Rio Iguaçu (Silva *et al.* 2004) e um sobre a comunidade perifítica do Rio Paranapanema (Felisberto & Rodrigues 2005). Desta forma, também não há qualquer contribuição sobre as diatomáceas de sedimentos superficiais para sistemas em cascata no Brasil.

Finalmente, em relação ao conhecimento da biodiversidade de diatomáceas da bacia do Rio Paranapanema, a maior parte da informação (aproximadamente 90%) está restrita a listas, ou citações de táxons em trabalhos ecológicos, tais como os realizados por Nogueira (2000), Bicudo *et al.* (2005), Felisberto & Rodrigues (2005), Henry *et al.* (2006). Apenas um trabalho versa sobre o estudo taxonômico do grupo, incluindo ilustrações e características morfométricas dos táxons. Este foi realizado no trecho a represar do Rio Paranapanema (Usina Hidrelétrica de Rosana) e abrangeu 51 táxons infragenéricos (Bicudo *et al.* 1993). Finalmente, outro trabalho sobre a diversidade da comunidade fitoplanctônica apresentou ilustração de 52 táxons de diatomáceas para o Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002).

A presente proposta insere-se em projeto mais amplo, que já apresenta resultados consolidados sobre a avaliação da eutrofização no sistema em cascata do Rio Paranapanema (Nogueira *et al.* 2002), a limnologia de reservatórios em cascata (Nogueira 2005), bem como informações sobre a organização de algumas comunidades bióticas (Nogueira *et al.* 2005), a distribuição de fósforo nos sedimentos ao longo da cascata de reservatórios (Jorcín & Nogueira 2005) e a contaminação dos sedimentos por pesticidas sintéticos orgânicos e metais e suas relações com os processos de eutrofização (Nogueira & Jorcín no prelo). Além dessas contribuições, há estudos mais compartimentados e específicos sobre alguns reservatórios desta série em cascata, como nas represas de Jurumirim (Henry & Nogueira 1999; Nogueira *et al.* 1999; Nogueira 2000; Henry *et al.* 2005) e Rosana (Bicudo *et al.* 1992; Bicudo *et al.* 1993, 2005).

Este estudo visa contribuir pioneiramente para o país e, mais especificamente, para os sistemas de reservatórios em cascata, com a avaliação da biodiversidade e da distribuição longitudinal da comunidade de diatomáceas de sedimentos superficiais na série de cinco reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Pretende, ainda, avaliar eventuais associações de diatomáceas indicadoras da qualidade ecológica da água, buscando subsidiar a avaliação de processos de eutrofização nessa série em cascata.

## 2. HIPÓTESE

---

*A estrutura específica das comunidades de diatomáceas nos reservatórios em cascata no Rio Paranapanema será condicionada, primordialmente, pelo grau de trofia dos sistemas.*

## 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

---

► Conhecer a biodiversidade das diatomáceas de sedimentos superficiais na série de reservatórios em cascata do Rio Paranapanema;

► Avaliar a heterogeneidade longitudinal da estrutura das diatomáceas de sedimentos superficiais intra e entre reservatórios da série em cascata;

► Avaliar eventuais associações de espécies de diatomáceas indicadoras da qualidade ecológica do sistema em cascata do Rio Paranapanema.

## 4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

---

### 4.1. Rio Paranapanema

O Rio Paranapanema tem suas nascentes localizadas na Serra de Paranapiacaba, no Município de Capão Redondo (SP), na área de proteção Ambiental da Serra do Mar, e deságua no Rio Paraná, oeste do Estado (figuras 1, 2). Sua bacia hidrográfica localiza-se nas coordenadas 22-26° S e 47-54° W, estendendo-se pelo sudoeste do Estado de São Paulo e norte do Estado de Paraná. A bacia é do tipo endorréica, pela presença de elevações próximas à costa e sua área drenada é de 100.800 km<sup>2</sup>, sendo 47% em território paulista e 53% no Paraná.

O curso principal do rio, em direção leste-oeste, tem extensão total de 929 km, com 570 m de desnível, desenvolvendo-se entre as altitudes 809 e 239 m (figura 3). A declividade relativamente elevada (0,6 m km<sup>-1</sup>), com restritas planícies de inundação, é uma característica importante do Rio Paranapanema (Agostinho *et al.* 1995). Seus principais afluentes na margem

direita, localizados no Estado de São Paulo, são os rios Turvo, Claro, Novo, Capivara, Pardo e Pirapozinho e os da margem esquerda, os rios Verde, das Cinzas, Tibagi (o maior) e Pirapó.

Entre 1958 e 1999, oito usinas hidrelétricas foram construídas pela CESP (Centrais Elétricas do Estado de São Paulo) e, atualmente, a exploração de energia elétrica desses empreendimentos é de propriedade privada da empresa de concessão de energia elétrica Duke Energy International (Nogueira *et al.* 2002). Este sistema em cascata de reservatórios do Rio Paranapanema é um dos principais tributários do alto Rio Paraná (figuras 1, 3).

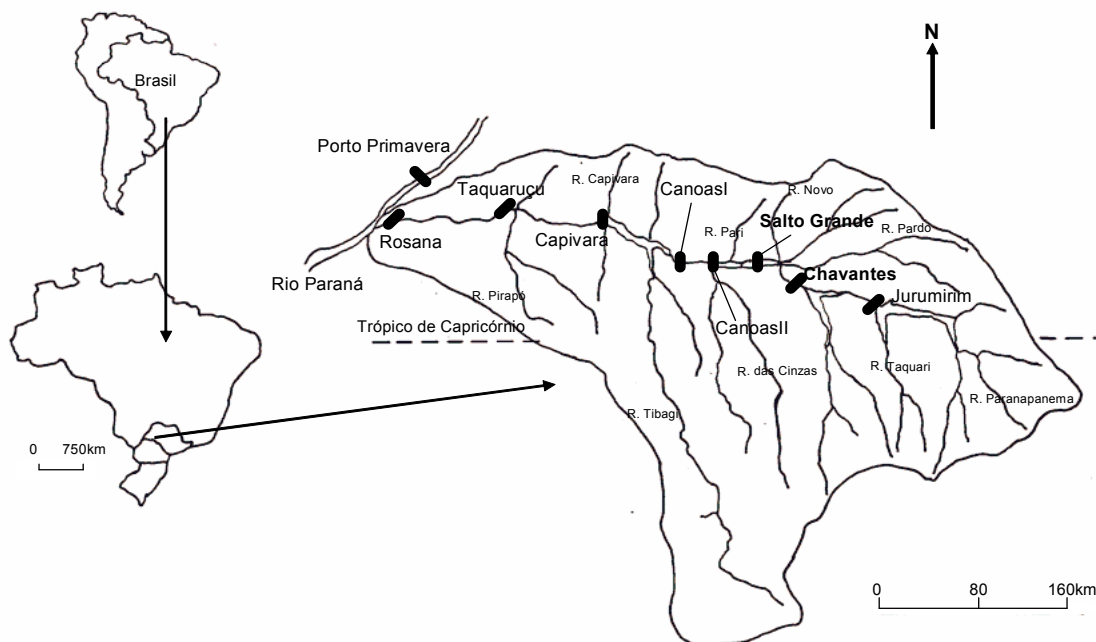


Figura 1. Localização da bacia do Rio Paranapanema e da série de reservatórios em cascata (Fonte: Nogueira *et al.* 2005).



Figura 2. Imagem de satélite do Rio Paranapanema (Fonte: Google Earth 2007).

O Reservatório de Jurumirim (UHE Armando Avellanal Laydner) é o primeiro da série, seguido pelos reservatórios de Chavantes, Salto Grande (UHE Lucas Nogueira Garcez), Canoas II, Canoas I, Capivara (UHE Escola de Engenharia Mackenzie), Taquaruçu e Rosana (figura 1). Presentemente são onze reservatórios, incluindo os recém-construídos (Piraju, Santa Cruz e



Ourinhos). Os reservatórios de Jurumirim, Chavantes e Capivara são dendríticos e os demais, do tipo fio d'água, isto é, aquele que utiliza a água sem alterar o regime fluvial (Kelman *et al.* 2002; Nogueira 2008). Suas características são muito variadas, conforme tabela 1 e, posteriormente, na caracterização mais detalhada de cada um.

O alto Paranapanema é referido ao trecho inicial do rio e inclui as represas de Jurumirim e Chavantes; o médio Paranapanema abrange o trecho compreendido entre as represas de Salto Grande e Capivara; e o baixo Paranapanema, as represas de Taquaruçu e Rosana (Figuras 1, 3).

Em termos climatológicos, trata-se de uma região de transição de climas quentes e latitudes baixas e climas mesotérmicos do tipo temperado de latitudes médias (Nimer 1979). Possui duas estações definidas pelo regime pluviométrico: estação chuvosa e seca. A pluviosidade média anual para a área da bacia é de 1250 mm, com valores máximos registrados para o mês de janeiro (40%). A temperatura média anual é de 20 °C, com máximas entre 38-40 °C e médias mínimas de 8 °C (Nogueira *et al.* 2002a).

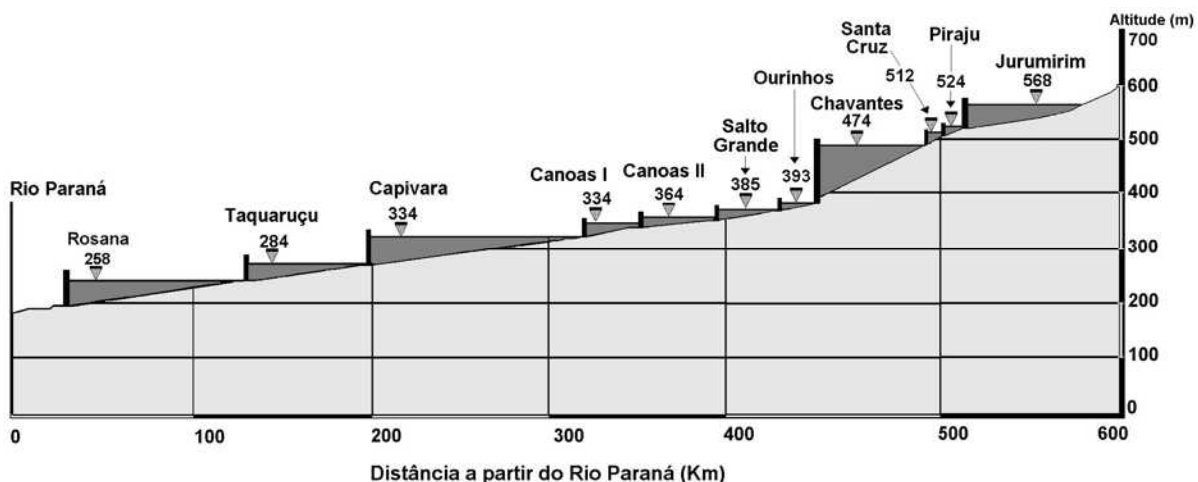


Figura 3. Distância entre reservatórios do Rio Paranapanema a partir do Rio Paraná e cotas altimétricas em relação ao nível do mar (Fonte: Perbiche-Neves 2008).

Tabela 1. Características morfométricas e hidrológicas dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. TR = tempo de residência da água; IDM = Índice de desenvolvimento da margem (D: dendrítico, F: fio d'água); IET = estado trófico (Oligot.: oligotrófico, Mesot.: mesotrófico, Meso-eut.: meso-eutrófico, Oligo-mesot.: oligo-mesotrófico). Fonte: Nogueira *et al.* (2005) e [www.duke-energy.com.br](http://www.duke-energy.com.br).

Características	Jurumirim	Chavantes	Salto Grande	Canoas II	Canoas I	Capivara	Taquaruçu	Rosana
TR (dias) (média anual)	322,8	418	1,5	10	10	131	10	18-21
IDM	D	D	F	F	F	D	F	F
IET	Oligot.	Oligot.	Meso-eut.	Meso-eut.	Mesot.	Meso-eut.	Oligo-mesot.	Oligot.
Fechamento da barragem	1962	1971	1960	1999	1999	1978	1989	1987
Área de inundação (km <sup>2</sup> )	449	400	12	22,5	30,85	576	80,1	220
Volume (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	7.008	8.795	44,5	207	207	10.540	672,5	1.920

#### 4.2. Limnologia do Rio Paranapanema

O Rio Paranapanema é ainda considerado um rio de águas oligotróficas tendendo à mesotrofia (Nogueira *et al.* 2005; Nogueira *et al.* 2002a). Contudo, dados recentes têm revelado condições meso-eutróficas no médio curso do rio em função do uso intensivo do solo para fins agrícolas praticados na região (Nogueira *et al.* 2002a).

Na porção superior do Rio Paranapanema (Reservatório de Jurumirim), a concentração de nutrientes é baixa e a transparência mais elevada. Em geral, as características mais oligotróficas se mantêm ao longo de um trecho de aproximadamente 100 km, até o Reservatório de Salto Grande. Na região do médio Paranapanema, onde se pratica a agricultura intensiva, há aumento do grau de trofia em função dos aportes via terrestre e rios tributários. As condições tendem a melhorar novamente em direção ao trecho final do rio (baixo Paranapanema), onde se encontram os reservatórios de Taquaruçu e Rosana (Nogueira *et al.* 2002a).

O Rio Paranapanema possui inúmeros tributários que, segundo Nogueira *et al.* (2002a), apresentam baixa qualidade ecológica, com águas mais turbidas e ricas em nutrientes do que os próprios reservatórios. Conforme estes autores, as conseqüências do avanço do processo de eutrofização já são notadas, como o aumento excessivo de macrófitas aquáticas (ex. Salto Grande, Taquaruçu e Rosana) e freqüentes florações de cianobactérias (ex. em alguns compartimentos de Capivara e Jurumirim).

Considerando o fluxo de nutrientes nas bacias hidrográficas, alguns autores sugerem que as represas têm papel importante na retenção de fósforo e na exportação de nitrogênio (Agostinho *et*

*al.* 1995; Tundisi *et al.* 1999; Henry *et al.* 1999), promovendo uma diminuição gradativa do grau de poluição “rio abaixo”. Conforme Nogueira *et al.* (2002a), no Rio Paranapanema, ocorre um gradiente crescente de trofia após os dois primeiros reservatórios (Jurumirim e Chavantes), indicando que a exportação de cargas pelos reservatórios prevalece amplamente em relação à retenção. Os autores consideram, ainda, que os aportes provenientes dos tributários (aportes laterais) podem ser um fator de grande importância para o balanço total de nutrientes e sólidos transportados.

### **4.3. Uso e Ocupação do Solo no Rio Paranapanema**

Em relatório emitido por Theodoro Sampaio, em 1889, após expedição nos rios Itapetininga e Paranapanema juntamente à Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo, a equipe expedicionária relatou que originalmente a bacia hidrográfica do Rio Paranapanema era dominada por diferentes tipos de vegetação referida pelos autores como “matas frondosas”, mais tarde classificadas como Mata Atlântica, Florestas semi-desciduais, Cerrado e Mata Araucária (Nimer 1979) e que suas águas eram dominadas por numerosas cachoeiras e corredeiras. As paisagens desérticas com pequenos núcleos de aldeias de populações indígenas dominavam a paisagem local (Sampaio 1889). Atualmente, em face da demanda energética que ocasionou a massiva construção de reservatórios e dos usos empregados a esses empreendimentos, a paisagem foi completamente alterada. Presentemente, suas paisagens são ocupadas por fragmentos isolados de mata, campos cultivados e áreas de preservação ambiental, todas compondo um mosaico que integra os municípios ribeirinhos (Duke Energy International 2007).

O uso e a ocupação das terras adjacentes às margens do rio variam conforme a região. Assim, podem ser observadas grandes áreas plantadas com *Pinus* e *Eucalyptus*, culturas variadas de café, cana-de-açúcar, banana e pastagens para gado no alto Paranapanema; agricultura intensiva de cana-de-açúcar, milho, soja e formações florestais no médio Paranapanema e o predomínio de pecuária extensiva no baixo Paranapanema. As formações florestais estão distribuídas em fragmentos isolados e pequenos, exceto à área de preservação do Parque Estadual do Morro do Diabo, junto à margem paulista da Represa de Rosana e a Estação Caiuá, localizada na margem paranaense do mesmo reservatório. A pesca comercial não tem tradição, sendo responsável por apenas 3,5% do total de pescado do Estado de São Paulo (Nogueira *et al.* 2005).

Algumas condições são favoráveis, quando se compara o Rio Paranapanema aos outros rios localizados no Estado de São Paulo, como a ausência da pressão antrópica de grandes centros urbanos, baixa densidade demográfica e vocação agropecuária, florestal, turística predominante, que de certa forma tornam promissora a implantação de ações e programas conservacionistas e de

mitigação de impactos nesta bacia hidrográfica estratégica em termos de recursos hídricos para os estados de São Paulo e Paraná (Nogueira 2005).

A síntese dos principais usos e ocupação do solo no Rio Paranapanema, em função do trecho do rio, é dada a seguir (Nogueira *et al.* 2005):

**Alto Paranapanema** - Plantações e culturas (permanentes e temporárias) variadas de café, cana-de-açúcar, milho, soja, *Pinus*, *Eucalyptus*, pastagens de gado, empreendimentos imobiliários, atividades de recreação, lazer e turismo;

**Médio Paranapanema** - Uso do solo intensivo para fins agrícolas, principalmente plantações de soja, feijão, milho, cana-de-açúcar;

**Baixo Paranapanema** - Predomínio de pecuária extensiva, culturas variadas, fragmentos de mata (Parque Estadual do Morro do Diabo e Estação Caiuá, ambos nas margens do Reservatório de Rosana).

#### 4.4. Reservatórios Incluídos no Estudo

##### 4.4.1. Reservatório de Jurumirim

O Reservatório de Jurumirim (UHE Armando Avellanal Laydner) é o primeiro reservatório do complexo de barragens do Rio Paranapanema. Está localizado na região sul do Estado de São Paulo e a barragem encontra-se nas coordenadas 23°12'17''S e 49°13'19''W (Figura 4). Em sua margem direita está localizado o Município de Cerqueira César (SP) e em sua esquerda, o Município de Piraju (SP).

As maiores cidades localizadas na região que compreende o alto Paranapanema são: Itapetininga (138.450 hab.), Itapeva (85.537 hab.), Itararé (48.732 hab.), Capão Bonito (45.275 hab.), São Miguel Arcanjo (30.384 hab.) e Piraju (28.228 hab.), valores correspondentes à população total segundo o censo demográfico (IBGE 2007). A bacia do reservatório inclui 28 municípios, entre os quais 10 cidades (Itatinga, Avaré, Cerqueira César, Arandu, Piraju, Tejuapá, Itaí, Taquarituba, Paranapanema e Angatuba) estão diretamente associadas com a área do reservatório, com uma população total estimada em 201.000 habitantes (Henry & Nogueira 1999).

O reservatório foi formado pela confluência entre dois grandes rios, o Paranapanema e o Taquari, com o propósito principal de produção de energia elétrica, tendo sua construção finalizada em 1962 (Henry *et al.* 2006). A extensão do primeiro na área inundada é de aproximadamente 95 km enquanto que o segundo tem cerca de 40 km de comprimento (Henry & Nogueira 1999).

Aproximadamente 112 cursos de água de pequenas dimensões deságuam diretamente no reservatório, não incluindo neste total os Rios Taquari, Paranapanema e seus principais afluentes (Henry 1990). Influências alóctones são de grande importância, uma vez que o Rio Paranapanema introduz cerca de 550 ton dia<sup>-1</sup> de sólidos suspensos no reservatório e o Rio Taquari, 190 ton dia<sup>-1</sup>, sendo que as taxas de sedimentação podem variar em função do regime de chuvas em particular nas

zonas de influências dos dois rios (Henry & Nogueira 1999). Considerando as taxas de sedimentação do tripton (material particulado não vivo), Henry & Maricato (1996) observaram uma variação de 0,19-3,79 g m<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup>.

A bacia hidrográfica do reservatório está inserida dentro da chamada Depressão Periférica Paulista, constituindo a zona do Paranapanema (Henry *et al.* 2006). Esta se estende paralelamente à costa entre o Oceano Atlântico e a Depressão Periférica, onde algumas áreas de remanescentes de Mata Atlântica podem ser encontradas. Na margem direita do reservatório, está situada a Cuesta de Botucatu, a qual divide as duas grandes províncias geomorfológicas, a Depressão Periférica e o Planalto Ocidental Paulista, nessa região do Estado.

De acordo com os critérios de Nimer (1979), o clima local pode ser identificado como tropical subsequente úmido com três meses secos.

Na bacia hidrográfica do reservatório, podem ser reconhecidas três formas de relevo: colinas amplas, colinas médias, morrotes alongados, morros e espigões. A primeira ocupa uma zona relativamente significativa. As colinas médias são evidenciadas predominantemente na bacia do Rio Taquari. Os morrotes e espigões ocorrem em áreas isoladas como, por exemplo, na margem esquerda do reservatório, entre o Ribeirão das Posses e o local de desembocadura do rio Paranapanema no reservatório, e também em ambas as margens do Rio Guareí (Município de Angatuba) próximo à sua desembocadura no reservatório (Henry, 1990). As nascentes dos principais tributários (Rio Paranapanema e Taquari) estão localizadas num Plateau Cristalino (Planalto Atlântico) para o interior (Henry & Nogueira 1999).

Em relação aos aspectos geológicos, o extremo sudeste da bacia é composto principalmente pela Formação Furnas (Paleozóico inferior), constituída por partículas grosseiras, arenosas de origem marinha, resistentes à erosão que sedimentaram sobre rochas cristalinas (Henry & Nogueira 1999).

Com relação aos usos do reservatório, além da produção de energia elétrica, o reservatório possui inúmeros usos secundários, tais como lazer, turismo e áreas destinadas a grandes empreendimentos imobiliários. Jurumirim é também utilizado como reservatório de acumulação de água para o sistema (Nogueira 2005). Na bacia de drenagem podem ser observadas áreas com florestas e reflorestamentos (aproximadamente 35,2%), áreas de pastagem (30,3%), cultivos permanentes (17%), cultivos temporários (10%) e outros (7,5%) (Henry *et al.* 2006) (Figura 5).

A média anual do tempo de residência no reservatório é de 322,8 a 334 dias (Nogueira 2005; Henry *et al.* 2006). Dentro do *continuum* lago-rio, pode-se afirmar que o Reservatório de Jurumirim assume características típicas de ecossistema lântico (Henry 1990). Estrutura multicompartmental das massas d'água já foi verificada para este reservatório (Henry & Maricato 1996; Nogueira *et al.* 1999), bem como a influência desse padrão sobre a estrutura da comunidade fitoplânctônica (Henry

*et al.* 1998; Nogueira 2000, 2001). De acordo com Henry (1990), o crescimento do fitoplâncton na zona lacustre do reservatório (próximo à barragem) é limitado pelo fósforo.

Na região de desembocadura do reservatório podem ser observadas áreas permanentemente inundadas, com inúmeras lagoas marginais com conectividade, isto é, potencial de intercâmbio de água e biota (Henry *et al.* 2005). Henry (2003) ressalta que a desembocadura do Rio Paranapanema no Reservatório de Jurumirim não é uma planície de inundação com transbordamento das águas do rio na época de enchente e com desconexão dos ambientes lacustres laterais no período de estiagem, já que se apresenta sempre conectada com o sistema lótico.

Em relação à trofia, Henry (1992) classificou o reservatório como oligotrófico, usando dados de déficit de oxigênio. Posteriormente, Nogueira (1996) com base no índice de Carlson (clorofila-e e fósforo) classificou diferentes zonas do reservatório como oligo-mesotrófico. Contudo, a condição oligotrófica é dominante (Henry & Nogueira 1999).

Na tabela 2 encontra-se o resumo das principais características limnológicas, hidráulicas e hidrológicas do Reservatório de Jurumirim (UHE Armando Avellanal Laydner).

**Tabela 2.** Características hidráulicas, hidrológicas e limnológicas do Reservatório de Jurumirim (UHE Armando Avellanal Laydner). Fonte: # Duke Energy International; □ Nogueira *et al.* (1992) e € Henry *et al.* (2006).

Características	
Área do reservatório #	444 km <sup>2</sup>
Ano de construção €	1962
Volume máximo normal #	7.008 hm <sup>3</sup>
Estado Trófico (IET) □	Oligo-mesotrófico
Tempo de residência da água (TR) €	334 dias
Transparência média (Secchi) □	2,5 m
Padrão de desenvolvimento da margem (PDM) □	Dendritico
Potencial Instalado #	98.000 kW
Vazão máxima (média diária) #	2.787,00 m <sup>3</sup> /s

#### 4.4.2. Reservatório de Chavantes

O Reservatório de Chavantes (UHE Chavantes) é o segundo reservatório da série em cascata do Rio Paranapanema e está localizado nas coordenadas 23°07'00''S e 49°44'00''W, na região do alto Paranapanema. Em sua margem direita, encontra-se o Município de Chavantes (SP) e em sua margem esquerda, o Município de Ribeirão Claro (PR) (Figura 6).

Sua bacia hidrográfica ocupa área de 27.500 km<sup>2</sup>, cuja área de inundação do reservatório é de 400 km<sup>2</sup>, 50 km de comprimento e volume de 8.795 hm<sup>3</sup>, sendo o principal responsável pela regularização da vazão média do Rio Paranapanema.

A Usina Hidrelétrica teve suas obras finalizadas em 1970, tendo como finalidade principal a produção de energia elétrica. Alguns usos secundários como práticas esportivas, pesca e produção em tanques-rede são observados no reservatório. O mesmo possui um potencial instalado de 414 MW e sua barragem situa-se a 3 km abaixo da Foz do Rio Itararé. A vazão máxima (média mensal) e mínima (média mensal) são, respectivamente, 3.972,0 m<sup>3</sup>/s e 85,0 m<sup>3</sup>/s e a regularizada de 306,0 m<sup>3</sup>/s (Duke Energy 2007).

A região apresenta relevo mais acidentado, com encostas elevadas e alternância de áreas com vegetação preservada e áreas de pastagens (Nogueira 2005).

O Reservatório de Chavantes exibe um padrão dendrítico de desenvolvimento da margem e é considerado o reservatório mais profundo da série (com pontos em torno de 100 metros) e o segundo em termos de volume. É oligotrófico, chegando a apresentar, em média, até 4,5 m de transparência da água (Nogueira 2005). Conforme Nogueira (2006, dados não publicados), a região de montante do reservatório apresenta a maior taxa de sedimentação, com média de 0,062 g m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup>. Na tabela 3 está o resumo das principais características do reservatório.

**Tabela 3.** Características hidráulicas, hidrológicas e limnológicas do Reservatório de Chavantes (UHE Chavantes). Fonte: # Duke Energy International; □ Nogueira *et al.* (1992).

<b>Características</b>	
Área do reservatório #	400 km <sup>2</sup>
Ano de construção □	1971
Volume máximo normal #	8.795 hm <sup>3</sup>
Estado Trófico (IET) □	Oligotrófico
Tempo de residência da água (TR) #	397-418,1 dias
Transparência média (Secchi) □	4,20 e 4,50 m
Padrão de desenvolvimento da margem (PDM) □	Dendrítico
Potencial Instalado #	414 MW
Vazão (máxima média mensal) #	3.972,00 m <sup>3</sup> /s

#### 4.4.3. Reservatório de Salto Grande

O Reservatório de Salto Grande (UHE Lucas Nogueira Garcez) está localizado nas coordenadas 22° 54'00''S e 50°00'00''W na região do médio Paranapanema. Em sua margem direita localiza-se o Município de Salto Grande (SP) e em sua margem esquerda o Município de Cambará (PR) (figura 7). Apresenta em uma de suas margens um núcleo de desenvolvimento urbano (Município de Salto Grande), cuja população é de 8.592 hab (IBGE 2007) e poucas áreas de mata nativa.

A entrada de tributários como os rios Pardo e Novo, em condições muito degradadas (altas cargas de nutrientes), causa grande impacto, principalmente devido ao seu tamanho reduzido.

O tempo médio de residência da água no reservatório é de 1,5 dias, o que faz com que o mesmo apresente características similares a condições fluviais (Nogueira *et al.* 2002a; Nogueira *et al.* 2005). Outra característica distintiva de sua hidrodinâmica é a elevada frequência de oscilação no nível da água, embora a amplitude de variação seja pequena. Essas condições comuns em reservatórios tipo fio d'água inibem o estabelecimento de uma maior biomassa planctônica, pois atuam como fontes de distúrbios que impedem o desenvolvimento de populações (Nogueira 2005).

É considerado o menor e o reservatório mais antigo do Rio Paranapanema, tendo sido construído com o propósito maior de geração de energia elétrica e suas obras concluídas no ano de 1960 (Nogueira 2005). Na tabela 4 está o resumo das principais características do reservatório.

A Bacia hidrográfica do reservatório ocupa área de 38.765 km<sup>2</sup>. A área de inundação é de apenas 12 km<sup>2</sup>, com comprimento de 30 km. O volume médio e mínimo do reservatório é de 44,5 e 15,1 hm<sup>3</sup>. Em seus braços laterais ocorre formação de bancos de macrófitas dos gêneros *Eichhornia*, *Pistia*, *Salvinia* e *Egeria* entre outras. As vazões máxima e mínima (média diária) são, respectivamente, 4.458,00 m<sup>3</sup>/s e 106,00 m<sup>3</sup>/s e a vazão regularizada é de 387,00 m<sup>3</sup>/s (Duke Energy 2007).

**Tabela 4.** Características Hidráulicas, hidrológicas e limnológicas do Reservatório de Salto Grande (UHE Lucas N. Garcez). Fonte: # Duke Energy International ; □ Nogueira *et al.* (1992).

<b>Características</b>	
Área do reservatório #	12 km <sup>2</sup>
Ano de construção #	1960
Volume máximo normal #	44,2
Estado Trófico (IET) □	Meso- eutrófico a Eutrófico
Tempo de residência da água (TR) #	1,3-1,5 dias
Transparência média (Secchi) □	4,20 e 4,50 m
Padrão de desenvolvimento da margem (PDM) □	Fio d'água
Potencial Instalado #	74 MW
Vazão (máxima média diária) #	4.458,00 m <sup>3</sup> /s

#### 4.4.4. Reservatório de Capivara

O Reservatório de Capivara (UHE Escola de Engenharia Mackenzie) localiza-se nas coordenadas 27°39'00''S e 51°21'00''W na porção média do Rio Paranapanema. Em sua margem direita está localizado o Município de Taciba (SP) e em sua margem esquerda, o Município de Porecatu (PR) (figura 8).

O reservatório foi construído em 1978 e teve como finalidade principal a produção de energia elétrica. Neste reservatório encontra-se o maior potencial instalado (640 MW) da bacia do Rio Paranapanema. Sua bacia hidrográfica ocupa área de 85.000 km<sup>2</sup>, sendo 576 km<sup>2</sup> de área



inundada. Apresenta aspecto dendrítico, com extensos braços laterais formados na foz de seus inúmeros riachos e tributários (Cinzas, Capivara, Tibagi, Vermelho e Barra Grande) e o tempo de residência da água é de aproximadamente 130,6 e 131 dias (Nogueira *et al.* 2005; Duke Energy 2006).

As margens são ocupadas principalmente por plantações de cana, soja, pastagens e pequenas áreas de vegetação. Os braços laterais são ocupados por macrófitas aquáticas, principalmente *Eichhornia azurea* nas regiões marginais. De acordo com Nogueira *et al.* (1992), o estado trófico atual do reservatório varia de mesotrófico a eutrófico. As principais características de Capivara estão resumidas na tabela 5.

**Tabela 5.** Características Hidráulicas, hidrológicas e limnológicas do Reservatório de Capivara (UHE Escola de Engenharia Mackenzie). Fonte: # Duke Energy International; □ Nogueira *et al.* (1992).

Características	
Área do reservatório #	576 km <sup>2</sup>
Ano de construção #	1978
Volume máximo normal #	10.540 hm <sup>3</sup>
Estado Trófico (IET) □	Meso-eutrófico
Tempo de residência da água (TR) #	130,6-151 dias
Transparência média (Secchi) □	0,70 cm
Padrão de desenvolvimento da margem (PDM) □	Dendrítico
Potencial Instalado #	619 MW
Vazão (máxima média diária) #	12. 680,00 m <sup>3</sup> /s

#### 4.4.5. Reservatório de Rosana

O reservatório foi fechado em 1987, resultando em uma área inundada de 220 km<sup>2</sup>. A barragem localiza-se entre os municípios de Diamante do Norte (PR), na margem esquerda, e Rosana (SP), na sua margem direita, e a 20 km de sua foz, no Rio Paraná. Exibe padrão tipo fio d'água com tempo de residência de 18,6 dias e pequena profundidade (CESP 1998; Nogueira *et al.* 2005; Duke Energy 2006). As taxas de sedimentação no reservatório variam em torno de 0,05-5,76 g m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup> (Nogueira, dados não publicados).

Há duas unidades de conservação em suas margens: o Parque Estadual do Morro do Diabo à direita (figuras 9, 10) e a Estação Caiuá, à esquerda. Entretanto, a maior parte do seu entorno está ocupada por áreas de pastagens. O reservatório apresenta conformação alongada, com pequenos braços em seus afluentes e bancos flutuantes de macrófitas enraizadas do gênero *Eichhornia* e de macrófitas submersas *Egeria najas*. É um reservatório considerado oligotrófico (Nogueira *et al.* 2005).

As principais características do reservatório estão resumidas na tabela 6.

**Tabela 6.** Características hidráulicas, hidrológicas e limnológicas do Reservatório de Rosana (UHE Rosana). Fonte: # Duke Energy International; □ Nogueira *et al.* (1992).

<b>Características</b>	
Área do reservatório #	220 km <sup>2</sup>
Ano de construção #	1987
Volume máximo normal #	1.920 hm <sup>3</sup>
Estado Trófico (IET) □	Oligotrófico
Tempo de residência da água (TR) #	18-21,3 dias
Transparência média (Secchi) □	3,30 m
Padrão de desenvolvimento da margem (PDM) □	Fio d'água
Potencial Instalado #	353 MW
Vazão (máxima média diária) #	14.096 m <sup>3</sup> /s

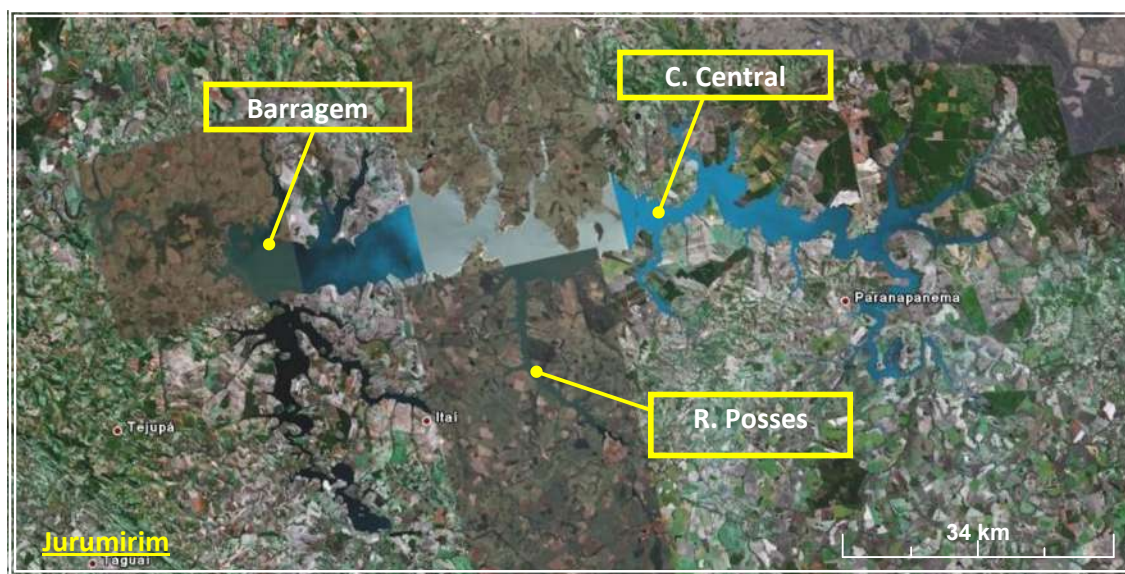


Figura 4. Imagem de satélite do Reservatório de Jurumirim (Fonte: Google Earth 2007). Abreviações: C. central = Compartimento central; R. Posses= Ribeirão das Posses (braço lateral).

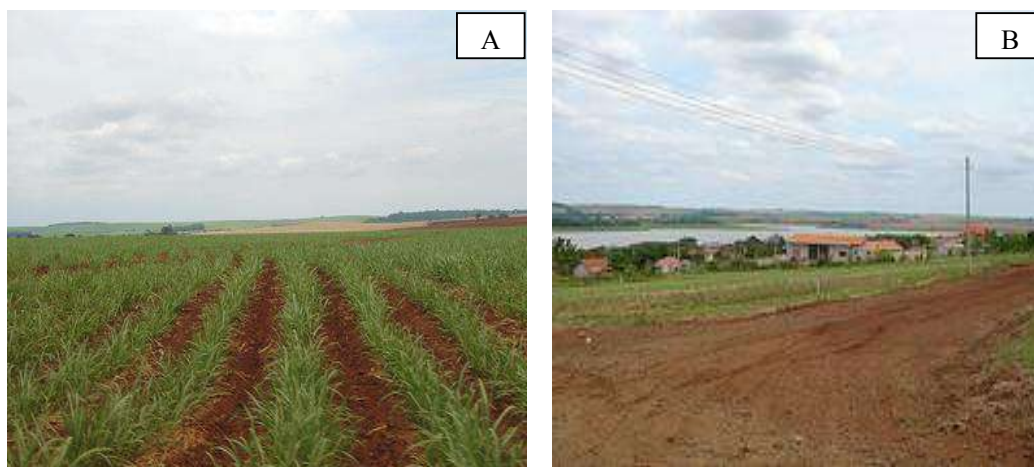


Figura 5. A. Cultivo de cana-de-açúcar; B. Terreno destinado a empreendimentos imobiliários, ambos localizados na margem à montante do Reservatório de Jurumirim. (Fonte: Fontana 2006).

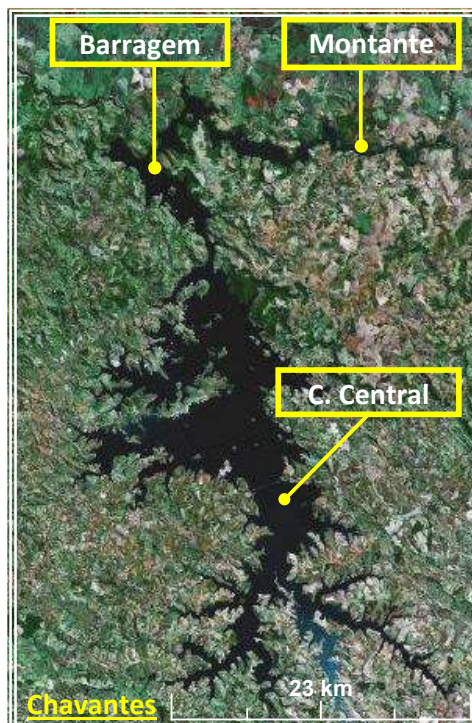


Figura 6. Imagem de satélite do Reservatório de Chavantes (Fonte: Google Earth 2007). Abreviações: C. central = Compartimento Central.

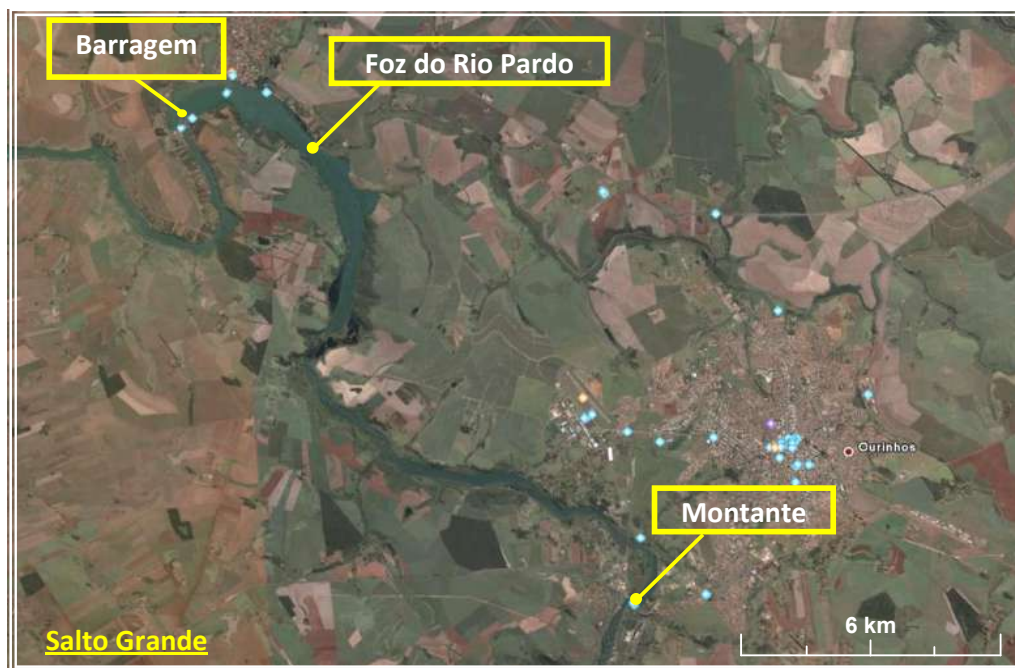


Figura 7. Imagem de satélite do Reservatório de Salto Grande (Fonte: Google Earth 2007).

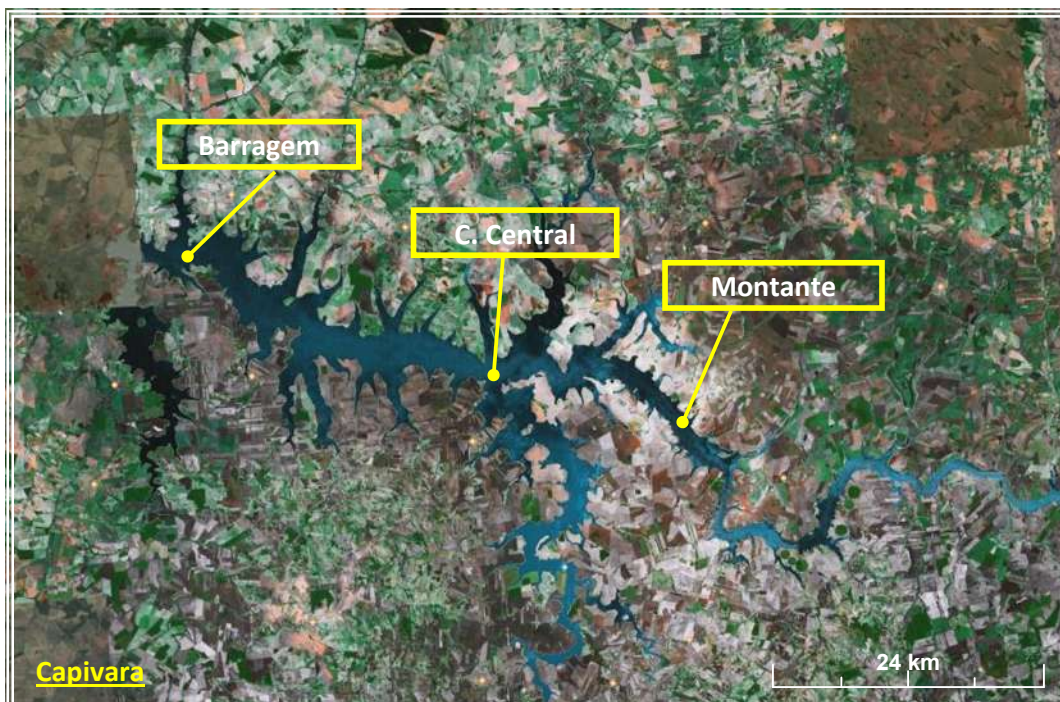


Figura 8. Imagem de satélite do Reservatório de Capivara. Abreviações: C. central = Compartimento Central, próximo à desembocadura do Rio Tibagi. (Fonte: Google Earth 2007).



Figura 9. Imagem de satélite do Reservatório de Rosana. Seta= Parque Estadual do Morro do Diabo (Fonte: Google Earth 2007).



Figura 10. Parque Estadual do Morro do Diabo, localizado na margem do Reservatório de Rosana. (Fonte: <http://www.iflorestsp.br>).

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

---

### 5.1. Amostragem

A amostragem contemplou os cinco reservatórios mais antigos da série em cascata do Rio Paranapanema. O Reservatório de Jurumirim é o primeiro do complexo de barragens, seguindo, no sentido montante-jusante, os reservatórios de Chavantes, Salto Grande, Capivara e Rosana.

O trabalho de campo foi realizado em janeiro, abril, junho e novembro de 2006, com tempo de duração entre 1 e 5 dias para cada período, iniciando-se sempre pela região de montante.

Em cada reservatório foram estabelecidas três estações de amostragem, que abrangeram três zonas: zona fluvial (zona de montante); preferencialmente a desembocadura dos principais tributários no compartimento principal dos reservatórios e região lacustre, próxima à barragem. Apenas no Reservatório de Rosana as amostragens foram realizadas na região de montante e barragem. Desta forma foram obtidas 14 unidades amostrais, com duas repetições ( $n = 2$ ) e georreferenciadas com auxílio de GPS (Garmim II plus) (tabela 7; figura 11), conforme descrição abaixo:

**Reservatório de Jurumirim** - estação 1: montante; estação 2: Ribeirão das Posses (braço lateral) e estação 3: barragem.

**Reservatório de Chavantes** - estação 4: montante; estação 5: compartimento central e estação 6: barragem.

**Reservatório de Salto Grande** - estação 7: montante; estação 8: Foz do Rio Pardo (tributário) e estação 9: barragem.

**Reservatório de Capivara** - estação 10: montante; estação 11: compartimento central, próximo à desembocadura do Rio Tibagi e estação 12: barragem.

**Reservatório de Rosana** - estação 13: montante e estação 14: barragem.

Para coleta dos sedimentos superficiais utilizou-se draga Van Veen de 308 cm<sup>2</sup> de área. As amostras foram acondicionadas em potes plásticos e posteriormente transportadas sob refrigeração em caixas térmicas contendo gelo e, no laboratório, foram mantidas congeladas até o início do processo analítico.

Tabela 7. Relação dos pontos de amostragem nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema.

Trecho do rio	Reservatório	Região	Estação de amostragem	Coordenadas geográficas
Alto Paranapanema	Jurumirim	Montante	1	38° 51'33.4''N / 94° 47'94.1''W
	Chavantes	Ribeirão das Posses (braço lateral)	2	23° 22'63.5''S / 49° 00'0,67''W
		Barragem	3	23° 13'43.4''S / 49° 13'27.8''W
		Montante	4	23° 07'57.94''S / 49°54'58.95''W
		Compartimento central	5	23° 24'10.7''S / 49° 34'26.9''W
		Barragem	6	23° 8'43.5''S / 49° 42'36.9''W
Médio Paranapanema	Salto Grande	Montante	7	22° 53'50''S / 49° 59'20''W
		Foz do Rio Pardo	8	22° 54'37''S / 49° 58'11''W
		Barragem	9	22° 55'11.5''S / 49° 57'52''W
	Capivara	Montante	10	22° 54'01''S / 50° 47'38''W
		Compartimento central (próximo à foz do Rio Tibagi)	11	23° 00'05''S / 50° 57'16''W
		Barragem	12	22° 39'21.2''S / 51° 20'49.9''W
Baixo Paranapanema	Rosana	Montante	13	22° 36'06.9''S / 52° 09'48.8''W
		Barragem	14	22° 36'21.5''S / 52° 51'50.8''W

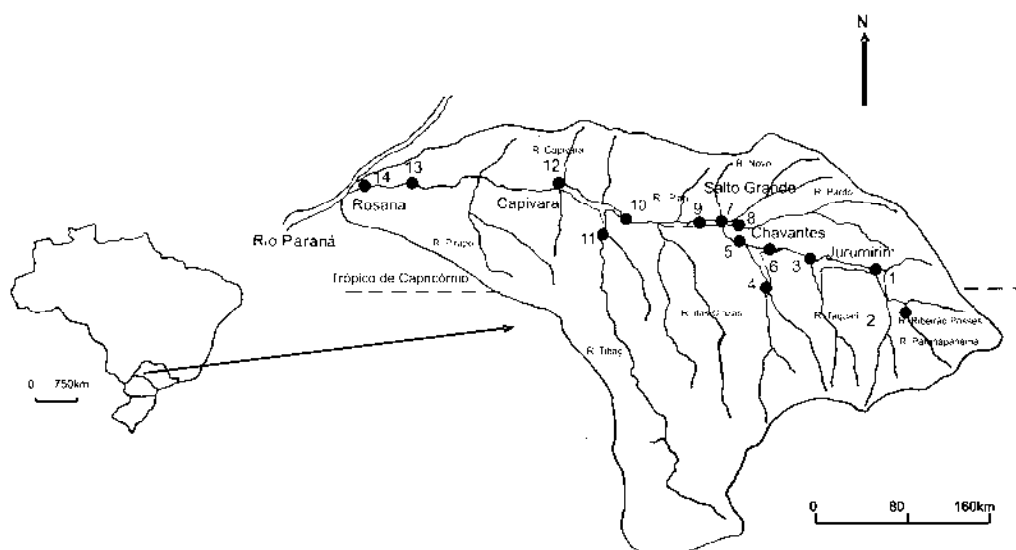


Figura 1. Localização das estações de amostragem nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Estações 1 a 6: Alto Rio Paranapanema; 7 a 12: Médio Rio Paranapanema e estações 13 a 14: Baixo Rio Paranapanema (Modificado de Nogueira *et al.* 2005).

## 5.2. Análise Física e Química dos Sedimentos

A determinação granulométrica das amostras foi feita em analisador granulométrico CILAS 1064L, que classificou as frações sedimentares quanto ao tamanho da partícula. Esta técnica automatizada requer etapa prévia que consistiu na eliminação do conteúdo de matéria orgânica por meio da oxidação das amostras (1g de sedimento seco) com peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) em placa aquecedora (70 °C).

Após oxidação, as amostras foram acondicionadas em tubos de ensaio contendo 30ml de dispersante granulométrico (pirofosfato) e, posteriormente, mantidas em agitador por 24 horas. Em seguida, as mesmas foram inseridas no analisador granulométrico automático e os dados transferidos para o computador acoplado ao aparelho. Os resultados obtidos foram calculados através do programa estatístico Gradstat 10.0 (University of London-UK 2000), que oferece 10 tipos de classificação granulométrica (tabela 8).

Tabela 8. Classificação dos grãos.

<b>Grão</b>	<b>Tamanho (<math>\mu\text{m}</math>)</b>
Areia grossa	500
Areia média	250
Areia fina	125
Areia muito fina	63
Silte muito grosso	31
Silte grosso	16
Silte médio	8
Silte fino	4
Silte muito fino	2
Argila	<2

Os teores de fósforo total nos sedimentos foram obtidos conforme Andersen (1976), optando-se pela digestão nítrico-perclórica em placa aquecedora (40-50 °C). Em seguida, foi utilizado o método colorimétrico de Valderrama (1981) para a formação de complexo colorido e posterior leitura de absorbâncias em espectrofotômetro.

As concentrações de nitrogênio total do sedimento foram determinadas em analisador elementar Carlo Erba EA 1110. Previamente, foi feita a descarbonatação das amostras com ácido clorídrico (HCl 1%) e posterior secagem em estufa (40 °C) (Hedges e Stern, 1984). Cerca de 0,001g do material seco foi transferido para cápsulas de estanho e, acondicionado em estojo ELISA®



para análise. A quantificação foi realizada utilizando-se curvas de calibração ( $r > 0,999$ ) e cistina como padrão.

### 5.3. Análise das Diatomáceas

Para estudo das diatomáceas foi eliminado o conteúdo de matéria orgânica das amostras com peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$  30 vol.), em placa aquecedora ( $50\text{ }^\circ\text{C}$ ). Em seguida, as amostras foram submetidas a um processo de peneiramento em malha com abertura de 0,5 mm ( $500\text{ }\mu\text{m}$ ) a fim de reter partículas inorgânicas que pudessem dificultar a visualização das valvas, conforme Battarbee (1986). Para confecção das lâminas permanentes foi feita diluição de 0,25 g da amostra oxidada em 10 ml de água ultrapura, com a utilização de 1 ml do sobrenadante para a montagem da lâmina, utilizando Zrax ( $IR = 1,7$ ) como meio de inclusão.

**Análise Qualitativa** - O exame taxonômico foi baseado em análise populacional, de forma a avaliar as expressões polimórficas e eventuais deformações das frústulas. Os táxons foram, sempre que possível, identificados em níveis específico e infra-específico com auxílio de obras clássicas e mais recentes (e.g. Hustedt 1930; Patrick & Reimer 1966, 1975; Germain 1981; Simonsen 1987; Round *et al.* 1990; Metzeltin & Lange-Bertalot 1998; Rumrich *et al.* 2000; Metzeltin & García-Rodríguez 2003; Metzeltin & Lange-Bertalot 2007), das floras ficológicas do Estado de São Paulo (Ludwig 1996, Tavares 2001, Morandi 2002, Carneiro 2003), além de trabalhos mais recentes sobre a diatomoflora do Estado do Paraná (Brassac & Ludwig 2003; Ludwig *et al.* 2004; Landucci & Ludwig 2005; Brassac & Ludwig 2005; Ferrari & Ludwig 2007).

A análise foi feita por meio de microscópio óptico binocular Zeiss, Axioscop 2 plus, equipado com contraste-de-fase, câmara-clara e com sistema de captura de imagem.

**Análise Quantitativa** - Para a análise quantitativa das diatomáceas, estabeleceu-se um limite de contagem mínima de 500 valvas em cada amostra, conforme Battarbee (1986). A contagem de indivíduos foi feita em transecções longitudinais nas lâminas permanentes em aumento de 1.000x, sob microscópio óptico binocular Zeiss, Axioscop 2 plus, com sistema de captura de imagem.

O cálculo da densidade relativa de diatomáceas seguiu a equação abaixo (Battarbee 1986):

$$\text{Densidade (valvas gMS}^{-1}\text{)} = N \times (A_l / N_c \times A_c) \times (V_a / V_s).$$

**Onde:**

**N** = número de valvas contadas;

**A<sub>l</sub>** = área da lamínula;

**N<sub>c</sub>** = número de campos contados;

**A<sub>c</sub>** = área do campo;

**V<sub>a</sub>** = volume da amostra;

**V<sub>s</sub>** = volume da subamostra

Conforme Lobo & Leighton (1986), foram consideradas espécies dominantes aquelas cujas densidades são maiores do que 50% da densidade total da comunidade e espécies abundantes aquelas cujas densidades superam a densidade média das populações de cada amostra.

**Informação ecológica** - Os dados ecológicos das espécies foram avaliados a partir das análises quantitativas e de literatura especializada, tais como Lowe (1974), Lange-Bertalot (1979), Round *et al.* (1990), Descy & Coste (1990), Round (1991), Denys (1991), Van Dam (1994), Lobo *et al.* (2000, 2004). As informações também foram obtidas através do software OMNIDIA 8.1, bem como busca pelos “sites” de diatomáceas (<http://diatom-l@listserv.indiana.edu>; [diatomologos@yahoogrupos.com.br](mailto:diatomologos@yahoogrupos.com.br)), European Diatom Database (<http://craticula.ncl.ac.uk/Eddi/jsp/index.jsp>).

**Índices Biológicos** - Foram calculados índices de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ), conforme Shannon & Weaver 1963), equitatividade (Lloyd & Ghelardi 1964), dominância (Simpson 1949) e riqueza ( $n^\circ$  táxons/amostra).

► **Índice de Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ):**  $H' = - \sum p_i \cdot \log_2 p_i$ ,

Onde:

$H'$  = índice de diversidade (bits.ind<sup>-1</sup>)

$p_i$  =  $n_i/N$

$n_i$  = abundância relativa de cada táxon na unidade amostral

$N$  = número total de indivíduos na amostra

► **Índice de Equitabilidade ( $E$ ):**  $E = H' / \log_2 S$

Onde:

$H'$  = Índice de diversidade (bits ind<sup>-1</sup>)

$S$  = número total de táxons contados na amostra.

► **Índice de Dominância de Simpson ( $D$ ):**  $D = \sum (p_i)^2$

Onde:

$p_i$  =  $n_i/N$

$n_i$  = abundância relativa de cada táxon na unidade amostral

$N$  = número total de indivíduos na amostra.

#### **5.4. Análise Estatística**

Para análise da similaridade da comunidade de diatomáceas, empregou-se análise de agrupamento (UPGMA), utilizando o índice de Jaccard.

Para a avaliação conjunta dos dados quantitativos, aplicou-se análise de componentes principais (ACP). Para a matriz biológica foram consideradas as espécies com representação igual ou superior a 0,7% da abundância total da comunidade (em cada unidade amostral), excluindo as de ocorrência rara, ou seja, em uma única estação de amostragem. Foi feita a transformação dos dados pelo  $[\log (x+1)]$ , com utilização de matriz de covariância. Para a matriz abiótica, os dados foram transformados utilizando a matriz de correlação.

A transformação dos dados foi feita a partir do programa FITOPAC (Shepard 1996) e as análises, propriamente ditas, pelo programa PC-ORD, versão 4.10 para Windows (McCune & Mefford 1997).

## **6. RESULTADOS: COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA**

---

**6.1.** Capítulo 1 - Diatomáceas (Ochrophyta) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR, Brasil): Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae (submetido à publicação na Acta Botanica Brasilica).

**Diatomáceas (Ochrophyta) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR, Brasil): Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae**

Luciane Fontana<sup>1,2</sup> & Denise de C. Bicudo<sup>2,3</sup>

**RESUMO – (Diatomáceas (Ochrophyta) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR, Brasil): Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae).** Foi realizado inventário florístico das diatomáceas pertencentes às classes Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Amostras de sedimentos foram coletadas entre os meses de janeiro e novembro de 2006, com draga Van Veen, em três estações de amostragem de cinco reservatórios distribuídos nas regiões do alto (represas de Jurumirim e Chavantes), médio (represas de Salto Grande e Capivara) e baixo Paranapanema (Represa de Rosana). Foram identificados 13 táxons infragênicos, seis e sete respectivamente pertencentes às classes Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae. *Cyclotella menegheniana* e *Aulacoseira granulata* var. *granulata* apresentaram ampla distribuição enquanto que *Discostella pseudostelligera* e *Staurosira crassa* ocorreram exclusivamente na montante do Reservatório de Jurumirim. As espécies *Thalassiosira* sp., *Asterionella formosa* var. *formosa*, *Staurosira martyi*, *Staurosira acutirostrata* e *Fragilaria crassa* constituem novas citações para a bacia hidrográfica do Rio Paranapanema.

**Palavras-chave:** algas, Bacillariophyta, flora, taxonomia, sistema lótico

**ABSTRACT - (Diatoms (Ochrophyta) from superficial sediments of cascade reservoirs in the Paranapanema River (SP/PR, Brazil): Coscinodiscophyceae and Fragilariophyceae).** Floristic survey of Coscinodiscophyceae and Fragilariophyceae from superficial sediments of cascade reservoirs in the Paranapanema River is presented. Sediment samplings were gathered during January-November 2006, with van Veen dredge in three sampling stations of five reservoirs located in the upper Paranapanema River (Jurumirim and Chavantes reservoirs), middle portion (Salto Grande and Capivara reservoirs) and lower river (Rosana Reservoir). Thirteen infrageneric taxa were identified, six of them belonging to class Coscinodiscophyceae and the other seven to Fragilariophyceae. *Cyclotella menegheniana* and *Aulacoseira granulata* var. *granulata* were the best distributed species, while *Discostella pseudostelligera* and *Fragilaria crassa* occurred exclusively in the Upstream zone of Jurumirim reservoir. *Thalassiosira* sp., *Asterionella Formosa* var. *formosa*, *Staurosira martyi*, *Staurosira acutirostrata* and *Fragilaria crassa* were new records for the Paranapanema River Basin.

**Key words:** algae, Bacillariophyta, flora, taxonomy, lotic system

<sup>1</sup> Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora – Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente do Instituto de Botânica (lucianefontana@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Seção de Ecologia, Instituto de Botânica, Av. Miguel Stéfano, 3687, CEP 04301-012 São Paulo, SP, Brasil

<sup>3</sup> Autor para correspondência: dbicudo@terra.com.br

## **Introdução**

Estudos referentes à diatomoflora de ambientes lóticos continentais brasileiros são extremamente escassos (Brassac & Ludwig 2005), especialmente, em rios que foram submetidos à construção de reservatórios. Considerando o compartimento dos sedimentos aquáticos, inexistem qualquer contribuição, exceto aos raros estudos sobre paleolimnologia realizados em ambientes lênticos no país (Dumont & Tundisi 1997; Callegaro 1998; Moro 1998; Fürstenberger 2001; Gianini 2002; Souza *et al.* 2007).

Apenas quatro trabalhos resumem o conhecimento da diatomoflora do Rio Paranapanema, sendo apenas um taxonômico, que inventariou as diatomáceas do trecho a represar do Reservatório de Rosana, identificando o total de 51 táxons (Bicudo *et al.* 1993). Outro, de cunho ecológico, trata da diversidade das comunidades fitoplanctônicas e inclui ilustrações de 52 táxons de diatomáceas do Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002). Os demais, de caráter eminentemente ecológico, apresentam listas de espécies (Felisberto & Rodrigues 2005; Henry *et al.* 2006) ou apenas citações de alguns táxons (Nogueira 2000).

Este trabalho pretende contribuir pioneiramente com a taxonomia e a distribuição das diatomáceas pertencentes às classes Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Representa, ainda, contribuição inédita sobre a composição de diatomáceas de sedimentos superficiais de reservatórios em cascata no país. Como o sedimento acumula os eventos que ocorreram na bacia de drenagem, esse compartimento representa uma amostra espacial e temporalmente integrada da biodiversidade da área de estudo.

## **Material e métodos**

O Rio Paranapanema tem suas nascentes localizadas na Serra de Paranapiacaba, no Município de Capão Redondo (SP), na área de proteção ambiental da Serra do Mar. Sua bacia hidrográfica localiza-se nas coordenadas 22-26° S e 47-54° W, estendendo-se pelo sudoeste do Estado de São Paulo e norte do Estado de Paraná. A área drenada é de 100.800 km<sup>2</sup>, sendo 47% em território paulista e 53% no Paraná. O sistema em cascata de reservatórios do Rio Paranapanema é um dos principais tributários do alto Rio Paraná. O curso principal do rio, em direção leste-oeste, tem extensão total de 929 km, com

570 m de desnível, desenvolvendo-se entre as altitudes 809 e 239 m. A declividade relativamente elevada ( $0,6 \text{ m km}^{-1}$ ), com restritas planícies de inundação, é uma característica importante do Rio Paranapanema (Agostinho *et al.* 1995).

Conforme Nogueira *et al.* (2002), entre 1958 e 1999, oito usinas hidrelétricas foram construídas pela CESP (Centrais Elétricas do Estado de São Paulo) no curso principal do rio. A Represa de Jurumirim é a primeira delas, seguida pelas represas de Chavantes, Salto Grande, Canoas II, Canoas I, Capivara, Taquaruçu e Rosana. O volume máximo é atingido em Capivara ( $10.540 \text{ hm}^3$ ), seguido por Chavantes ( $8.795 \text{ hm}^3$ ) e Jurumirim ( $7.008 \text{ hm}^3$ ). As demais não possuem grandes reservatórios em operação, sendo do tipo fio d'água. Uma represa de menor porte localizada no Município de Piraju (SP), Taquaruçu do Complexo Canoas e duas outras recém construídas, não foram incluídas neste trabalho, que abrange os cinco reservatórios mais antigos da série em cascata (Jurumirim, Chavantes, Salto Grande, Capivara e Rosana). O alto Paranapanema é referido ao trecho inicial do rio, incluindo as represas de Jurumirim e Chavantes, o médio Paranapanema abrange o trecho compreendido entre Salto Grande e Capivara e o baixo Paranapanema, as represas de Taquaruçu e Rosana.

O uso e a ocupação das terras adjacentes às margens do rio variam conforme a região. Assim, podem ser observadas grandes áreas plantadas com *Pinus* e *Eucalyptus*, culturas variadas como café, cana-de-açúcar, banana e pastagens para gado no alto Paranapanema; agricultura intensiva de cana-de-açúcar, milho, soja e formações florestais no médio Paranapanema; e o predomínio de pecuária extensiva no baixo Paranapanema. Ainda, as formações florestais estão distribuídas em fragmentos isolados e pequenos, exceto à área de preservação do Parque Estadual do Morro do Diabo, junto à margem paulista da Represa de Rosana (Nogueira *et al.* 2002). Dados recentes mostram que condições meso-eutróficas já ocorrem nos reservatórios do médio curso do rio em função do uso intensivo do solo para fins agrícolas na região, nos demais trechos (alto e baixo curso do rio) prevalecem condições oligotróficas (Nogueira *et al.* 2005).

As amostras de sedimentos superficiais (10 cm) foram coletadas com Draga Van Veen ( $308 \text{ cm}^2$ ) em três estações de amostragem de cinco reservatórios distribuídos nas regiões do alto (represas de Jurumirim e Chavantes), médio (represas de Salto Grande e Capivara) e baixo Paranapanema (Represa de Rosana) do Rio Paranapanema, entre os meses de janeiro e novembro de 2006 (Fig. 1, Tab. 1). Apenas no Reservatório de Rosana foi coleta em duas regiões.

O material coletado foi imediatamente congelado até seu processamento. Lâminas permanentes foram preparadas segundo a técnica de oxidação com peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) descrita em Battarbee (1986), utilizando-se Zrax como meio de inclusão. O exame qualitativo foi baseado em análise populacional, de forma a representar a variabilidade morfológica dos indivíduos estudados. A análise foi feita por meio de microscópio óptico binocular Zeiss, Axioscop 2 plus, equipado com contraste-de-fase,

câmara-clara e com sistema de captura de imagem. Para fins de distribuição geográfica na bacia hidrográfica do Rio Paranapanema, foram considerados os táxons citados em literatura desde que passíveis de reidentificação.

O sistema de classificação adotado foi o de Cavallier-Smith (1998) e Round *et al.* (1990). Alguns gêneros foram propostos em obras mais recentes, tais como *Ulnaria* (Compère 2001) e *Discostella* (Houk & Klee 2004).

As amostras em lâminas permanentes e material seco encontram-se depositadas no acervo do Herbário Científico do Estado “Maria Eneida P. Kauffmann Fidalgo” do Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SP390881 a SP390894).

## Resultados e discussão

O estudo florístico das classes Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae de cinco reservatórios em cascata do Rio Paranapanema permitiu a identificação de 13 táxons. A riqueza para estas classes variou de 8 a 9 táxons por reservatório (incluindo as estações de amostragens), exceto ao de Rosana, no qual foi bem menor (Tab. 2). Cinco táxons foram citados pela primeira vez para a bacia hidrográfica do Rio Paranapanema (*Thalassiosira* sp., *Asterionella formosa* Hassal var. *formosa*, *Fragilaria crassa* Metzeltin & Lange-Bertalot, *Staurosira martyi* (Héribaud) Morales & Manoylov e *Staurosira acutirostrata* (Metzeltin & Lange-Bertalot) Metzeltin & Lange-Bertalot. Exceto ao reservatório de Rosana e ao Rio Tibagi, todos os táxons foram registrados pela primeira vez para os respectivos reservatórios (Tab. 2). Dentre os táxons inventariados, *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen var. *granulata* e *Cyclotella menegheniana* Kützing apresentaram ampla distribuição, sendo registradas nos cinco reservatórios e em 13 e 14 estações de amostragem, respectivamente (Tab. 2). As espécies *Discostella pseudostelligera* (Hustedt) Houk & Klee e *Fragilaria crassa* Metzeltin & Lange-Bertalot foram encontradas apenas na estação de montante do Reservatório de Jurumirim.

Os 13 táxons identificados estão distribuídos em três ordens, quatro famílias e nove gêneros, como seguem:

Classe Coscinodiscophyceae

Ordem Thalassiosirales

Família Thalassiosiraceae

*Thalassiosira* Cleve

*Thalassiosira* sp.

Fig. 2-4.



Valvas cilíndricas, solitárias, superfície valvar plana, estrias conspícuas de tamanhos irregulares na região central, tornando-se inconspícuas de tamanhos regulares em direção às margens, dispostas radialmente, processos (fultopórtulas) formando um anel na margem da valva de difícil visualização em amostras de sedimento. Diâmetro: 17,6-35,2  $\mu\text{m}$ , fultopórtulas: 10-11.

Este táxon difere dos demais conhecidos para o gênero por apresentar estrias conspícuas de tamanhos irregulares na região central, tornando-se inconspícuas e de tamanhos regulares em direção às margens e ausência de fultopórtulas na região central. Trata-se, muito provavelmente, de uma nova espécie.

*Thalassiosira* é um gênero bem representado em ambiente marinho, porém algumas espécies já foram registradas em ambientes de água doce (Cassie & Dempey 1980). Conforme Ferrari & Ludwig (2007), a ocorrência de espécies de *Thalassiosira* é escassa em ambientes continentais paranaenses, entretanto, para o Rio Paranapanema, o táxon foi amplamente representado, ocorrendo em 43% das estações de amostragem. Distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 3), Chavantes (estações 5 e 6), Salto Grande (estações 7 e 9) e Capivara (estação 10) (Tab. 2).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390885, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390889); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890).

Família Stephanodiscaceae

*Cyclotella* (Kützing) Brébisson

*Cyclotella menegheniana* Kützing. Bacillaria, p. 50, pl. 30: 68. 1844.

Fig. 5-8.

Valvas circulares, superfície valvar lisa a delicadamente ondulada; área central hialina ou com pontuação granular delicada; estrias alveolares marginais dispostas radialmente, alargando-se em direção à margem valvar. Diâmetro: 6,0-20,9  $\mu\text{m}$ ; estrias: 8-18 em 10  $\mu\text{m}$ .

A espécie é comumente encontrada em ambientes lóticos paranaenses (Brassac *et al.* 1999). Já foi citada para o Reservatório de Rosana por Bicudo *et al.* (1993), que encontraram espécimes com número igual a inferior de estrias.

Apresentou ampla distribuição na área de estudo, ocorrendo em todas as estações de amostragem (Tab. 2).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio

Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390390884, SP390885, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390888, SP390889); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893, 390894).

### ***Discostella*** Houk & Klee

#### Chave para os táxons de ***Discostella***

1. Processos marginais conspicuos..... 1. ***D. pseudostelligera***

1. Processos marginais inconspicuos..... 2. ***D. stelligera***

1. ***Discostella pseudostelligera*** (Hustedt) Houk & Klee. *Diatom Research*, 19(2): 2223. 2004.

Fig.11-12.

Valvas circulares em vista valvar, área central projetada, diferenciada da margem valvar, com estria alveolar central, circular, circundada por estrias alveolares de tamanhos irregulares, radiadas, formando uma roseta; região marginal com estrias radiadas e presença de processos (fultopórtulas) conspicuos na margem valvar. Diâmetro valvar: 7,1-8,9  $\mu\text{m}$ ; estrias 13-15 em 10  $\mu\text{m}$ ; processos: 8-9.

Difere de *D. stelligera* por apresentar fultopórtulas marginais conspicuas. Além disso, *D. pseudostelligera* possui diâmetro valvar menor e valvas menos silicificadas (Haworth & Hurley 1986).

A espécie já foi citada para a área de estudo no Reservatório de Rosana (Bicudo *et al.* 1993), ocorrendo, no presente, exclusivamente na montante do Reservatório de Capivara (estação 1).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881).

2. ***Discostella stelligera*** (Cleve & Grunow) Houk & Klee. *Diatom Research*, 19(2): 208. 2004.

Fig. 9-10.

Valvas circulares em vista valvar, área central projetada, diferenciada da margem valvar, contendo estria alveolar central arredondada, circundada por estrias alveolares de tamanhos irregulares, formando uma roseta; estrias alveolares marginais dispostas radialmente. Diâmetro valvar: 8,9-13,1  $\mu\text{m}$ , 14-17 estrias em 10  $\mu\text{m}$ .

Difere de *D. pseudostelligera* (Hustedt) Houk & Klee, principalmente, pelos processos marginais inconspicuos, de difícil visualização em microscopia óptica e ausência de estrias suplementares mais curtas entre as estrias.

O táxon já foi citado para o Reservatório de Rosana (Bicudo *et al.* 1993) e, no presente, distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1 e 3), Chavantes (estações 5 e 6), Salto Grande (estação 9) e Capivara (estação 12), ocorrendo em 43% das estações de amostragem (Tab. 2).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390885, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390889); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390892).

## Ordem Aulacoseirales

### Família Aulacoseiraceae

#### *Aulacoseira* Twaites

#### Chave para os táxons de *Aulacoseira*

1. Diâmetro valvar superior a 4,0 µm .....1. *A. granulata* var. *granulata*  
 1. Diâmetro valvar inferior a 2,5 µm .....2. *A. granulata* var. *angustissima*

1. *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen var. *granulata*. Bacillaria 2: 58. 1979.

Fig. 13-18.

Valvas cilíndricas em vista conectival, unidas em cadeias retas por espinhos de ligação curtos e longos, manto ornamentado com estrias areoladas, grosseiras ou não, paralelas a levemente oblíquas em relação ao eixo perivalvar. Altura da semicélula: 9,4-24,4 µm; diâmetro: 4,5-13,6; estrias: 8-18 em 10 µm; aréolas 7-9 em 10 µm.

Landucci & Ludwig (2005) ressaltam que a presença de estrias grosseiras e espinhos de ligação são importantes características para a taxonomia deste grupo em nível específico.

O táxon já foi citado para a área de estudo para o Reservatório de Rosana (Bicudo *et al.* 1993) e para o Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002). Teve ampla distribuição, ocorrendo nos reservatórios de Jurumirim (estações 2 e 3), Chavantes (estações 5 e 6), Salto Grande (estações 7, 8 e 9), Capivara (estações 10, 11 e 12) e Rosana (estações 13 e 14), ou seja, em 86% das estações de amostragem (Tab. 2).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882, SP390883); **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390885, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390888, SP390889);

Reservatório Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893, SP390894);

2. *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen var. *angustissima* (O. Müller) Simonsen. Bacillaria 2: 58.1979.

Fig. 19.

Valvas cilíndricas em vista conectival, formando cadeias retas, unidas por espinhos de ligação curtos, manto ornamentado por estrias areoladas, delicadas, dispostas paralela a levemente obliquas em relação ao eixo perivalvar. Comprimento da semicélula: 6,3-11,0  $\mu\text{m}$ , diâmetro: 1,4-2,3  $\mu\text{m}$ ; 10-12 estrias em 10  $\mu\text{m}$ ; aréolas 15-20 em 10  $\mu\text{m}$ .

Essa variedade difere da variedade típica da espécie principalmente pelo diâmetro valvar menor e pelas estrias do manto delicadamente areoladas (Hustedt 1927-1930).

A variedade já foi citada para a área de estudo no reservatório de Rosana (Bicudo *et al.* 1993) e no Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002). No presente, apresentou distribuição restrita ao Reservatório de Capivara (Tab. 2).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892).

Classe Fragilariophyceae

Ordem Fragilariales

Família Fragilariaceae

*Asterionella* Hassal

*Asterionella formosa* Hassal var. *formosa*. Microscopic Examination of the Water p. 10, pl.2, fig.5. 1855. Fig. 20-21.

Valvas heteropolares, lineares, extremidades capitadas, distintas do restante da valva; esterno estreito, inconspícua, estrias delicadas de difícil visualização em amostras de sedimento. Comprimento: maior do que 46,0  $\mu\text{m}$ , largura: 2,7-4,3  $\mu\text{m}$ .

Apesar dos espécimes apresentarem as valvas quebradas, a análise de extremidades capitadas de dimensões marcadamente distintas permitiu a identificação dos materiais.

O táxon distribuiu-se apenas em duas estações de amostragens, nos reservatórios de Salto Grande (estação 9) e Capivara (estação 11), ocorrendo em 14% dos locais amostrados (Tab. 2). Trata-se da primeira citação da ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390889), Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891).

***Fragilaria*** Lyngbye

Chave para táxons de ***Fragilaria***

1. Valvas linear a linear-lanceoladas .....1. ***Fragilaria capucina*** var. ***capucina***  
 1. Valvas elípticas a elíptico-lanceoladas .....2. ***Fragilaria crassa***

1. ***Fragilaria capucina*** Desmazières var. ***capucina*** “*sensu lato*”, in Rumrich, Lange-Bertalot & Rumrich Iconographia Diatomologica 9: pl. 3, fig. 1-6. 2000.

Fig. 22-24.

Valvas linear a linear-lanceoladas, extremidades subcapitadas, esterno linear, estreita; área central retangular, expandida bilateralmente, não intumescida, esterno estreito, linear, estrias robustas, paralelas, intercaladas com as estrias da margem oposta. Comprimento: 22,2-45,7 µm, largura: 4,1-7,8 µm, 13-18 estrias em 10 µm.

Ludwig & Flores (1997) comentam a problemática taxonômica que envolve a circunscrição das variedades de *F. capucina* Desmazières, que usualmente se separam pelo número de estrias, intumescimento central e contorno valvar. Como os materiais examinados não apresentaram intumescimento central uni ou bilateral, adotou-se a circunscrição mais ampla da variedade típica de Rumrich *et al.* (2000).

O táxon já foi citado em nível específico para o Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002). No presente, distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1 e 3), Chavantes (estação 6), Salto Grande (estação 9) e Capivara (estação 11), ocorrendo em 36% das estações amostradas (Tab. 2).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390889); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891).

2. ***Fragilaria crassa*** Metzeltin & Lange-Bertalot, Iconographia Diatomologica 5: 89-90, pl. 1, fig. 20-23, pl. 2, fig.1. 1998.

Fig. 25-26

Valvas elípticas a elíptico-lanceoladas, ápices atenuado-arredondados, estrias robustas, paralelas, disposição alterna em relação às da margem oposta, esterno linear-lanceolado. Comprimento: 8,0-14,2  $\mu\text{m}$ , largura: 2,6-3,6  $\mu\text{m}$ , estrias: 11-14 em 10  $\mu\text{m}$ .

Os materiais concordam com a circunscrição original da espécie, exceto por apresentarem medidas menores. O táxon ocorreu exclusivamente na região de montante do Reservatório de Jurumirim (estação 1), sendo citado pela primeira vez para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881).

### *Staurosira* Ehrenberg

#### Chave para os táxons de *Staurosira*

1. Extremidades valvares destacadas, estreitamente rostrado-alongadas .....1. *Staurosira acutirostrata*  
 1. Extremidades valvares atenuado-arredondadas .....2. *Staurosira martyi*

1. *Staurosira acutirostrata* (Metzeltin & Lange-Bertalot) Metzeltin & Lange-Bertalot *in* Metzeltin, Lange-Bertalot & García-Rodríguez, *Iconographia Diatomologica* 15: 229. 2005.

Fig 27.

Valvas lineares amplamente intumescidas na região central, extremidades valvares destacadas, estreitamente rostrado-alongadas; estrias grosseiras, unisseriadas que se estendem pelo manto valvar, disposição alterna, esterno linear-lanceolado, de difícil visualização em amostras de sedimento. Comprimento: 15,1  $\mu\text{m}$ , largura: 4,0  $\mu\text{m}$ , estrias: 12 em 10  $\mu\text{m}$ .

O único exemplar examinado concorda com a circunscrição dos menores exemplares da espécie em Metzeltin & Lange-Bertalot (1998). Entretanto, amplia de 9 para 12 estrias em 10  $\mu\text{m}$ , concordando com o espécime ilustrado em Rumrich *et al.* (2000: pl. 7, fig. 29) e identificado como *Fragilaria* (*Staurosira*) cf. *acutirostrata* Metzeltin & Lange-Bertalot.

O táxon ocorreu exclusivamente na foz do Rio Pardo (Represa de Salto Grande, estação 8). Trata-se da primeira citação da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390888).

2. *Staurosira martyi* (Héribaud) Morales & Manoylov. *Diatom Research* 21(2): 354. 2006.

Fig. 28 - 30.

Valvas lanceoladas; extremidades valvares atenuado-arredondadas; estrias robustas, paralelas a sutilmente intercalares com as da margem oposta; esterno linear a linear-lanceolado de difícil visualização em amostras de sedimento. Comprimento: 15,3-20,5  $\mu\text{m}$ ; largura: 4,1-6,4  $\mu\text{m}$ , estrias: 6-8 em 10  $\mu\text{m}$ .

Assemelha-se à população examinada por Ferrari & Ludwig (2007) e identificada como *Martyana martyi* (Héribaud) Round var. *martyi*. O táxon distribuiu-se restritamente no Reservatório de Chavantes (estações 5 e 6), em 14% das estações de amostragem. É a primeira citação da ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390885, SP390886).

### *Synedra* Ehrenberg

*Synedra goulardii* Brébisson ex Cleve & Grunow var. *goulardii*, in Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar 17(2): 107, pl.6, fig. 119.1880.

Fig. 31-33.

Valvas linear-lanceoladas, constrição mediana suave a pronunciada; extremidades atenuado-arredondadas, capitadas a subcapitadas; esterno linear, estreita; área central quadrangular, estrias paralelas, opostas. Comprimento: 35,8-60,7  $\mu\text{m}$ ; largura: 7,3-9,6  $\mu\text{m}$ . 7-14 estrias em 10  $\mu\text{m}$ .

O táxon já foi citado para o reservatório de Rosana (Bicudo *et al.* 1993) e, presentemente, ocorreu em 50% das estações amostradas, distribuindo-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1, 2 e 3), Chavantes (estação 5), Capivara (estação 11) e Rosana (estações 13 e 14) (Tab. 2).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390885); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893, SP390894).

### *Ulnaria* (Kützing) Compère

*Ulnaria ulna* (C.L. Nitzsch) Compère var. *ulna*, in Jahn *et al.* Studies on diatoms, p. 100. 2001.

Fig. 34-35.

Valvas lineares a linear-lanceoladas; constrição mediana ausente; extremidades rostradas a subcapitadas; esterno linear; área central retangular delimitada por estrias menores de difícil visualização em amostras de sedimento; estrias paralelas, opostas em relação às da outra margem. Comprimento: 59,1-72,2  $\mu\text{m}$ ; largura: 7,0-7,6  $\mu\text{m}$ ; estrias 9-24 em 10  $\mu\text{m}$ .

O táxon já foi citado para o Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002) e, no presente, foi registrado para os reservatórios de Jurumirim (estações 1, 2 e 3), Chavantes (estação 5), Salto Grande (estação 8) e Capivara (estação 11), ocorrendo em 43% das estações de amostragem (Tab. 2).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390885); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390888); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891).

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Marcos Gomes Nogueira e ao Prof. Dr. Raoul Henry, do Departamento de Zoologia da Universidade Estadual Paulista, Botucatu, pelo inestimável auxílio nas coletas, a “Duke Energy International” pela autorização das coletas, à FAPESP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela bolsa em nível de mestrado concedida à primeira autora (processo 05/57399-6) e ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Bolsa concedida a DCB, processo 520745/96-5 to DCB).

### Referências Bibliográficas

- Agostinho, A.A.; Vazzoler, A.E.A.M. & Thomaz, S.M. 1995. The high river Paraná basin: limnological and ichthyological aspects. Pp. 59-570. In: Tundisi, J. G.; Bicudo C.E.M. & Matsumura-Tundisi, T. (eds.). **Limnology in Brazil**. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências e Sociedade Brasileira de Limnologia.
- Batarbee, R.W. 1986. Diatoms analysis. Pp. 527-570. In: Berglund, B.E. (ed.). **Handbook of Holocene Palaeohydrology**. New York, John Wiley & Sons.
- Bicudo, D.C., Bicudo, C.E.M., Castro, A.A.J. & Picelli-Vicentim, M.M. 1993. Diatomáceas (Bacillariophyceae) do trecho a represar do Rio Paranapanema (Usina Hidrelétrica de Rosana), Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea** 20: 47-68.
- Bittencourt-Oliveira, M.C. 2002. A comunidade fitoplantônica do rio Tibagi: uma abordagem preliminar de sua diversidade. Pp. 373-402. In: M.E. Medri; E. Bianchini; O.A. Shibatta; J.A. Pimenta (orgs.). **A bacia do rio Tibagi**. Londrina, M.E. Medri.



- Brassac, N.M.; Atab, D.; Landucci, M.; Visinoni, N.D. & Ludwig, T.A.V. 1999. Diatomáceas cêntricas de rios na região de abrangência da Usina Hidrelétrica de Salto Caxias, PR (bacia do rio Iguaçu). **Acta Botanica Brasilica** 13(3): 277-289.
- Brassac, N.M., Ludwig, T.A.V. 2005. Amphipleuraceae e Diploneidaceae (Bacillariophyceae) da bacia do rio Iguaçu, PR, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 19(2): 359-368.
- Callegaro, V.L.M. 1988. Diatomáceas da turfeira de Águas Claras, planície costeira do rio Grande do Sul: taxonomia, aspectos ecológicos e subsídios à Paleolimnologia. **Tese de doutoramento, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.** 299 p.
- Cassie, V. & Dempsey, G.P. 1980. A new freshwater species of *Thalassiosira* from some oxidation ponds in a new Zealand, and its ultrastructure. **Bacillaria** 3: 273-292.
- Cavallier-Smith, T. 1998. A revised six-kingdom system of life. **Biological Reviews** 73: 203-266.
- Compère, P. 2001. *Ulnaria* (Kützing) Compère, a new genus name for *Fragilaria* subgen. *Alterasynedra* Lange-Bertalot with comments on the typification of *Synedra* Ehrenberg. Pp. 97-101. In: R. Jahn; J.P. Kociolek; A. Witkowski & P. Compère (eds.). **Lange-Bertalot Festschrift: studies on Diatoms.** Ruggell, A.R.G. Gantner.
- Dumond, H.J. & Tundisi, J.G. 1997. Preliminary data on the paleolimnology of four lakes. In: Tundisi, J.G.; Saijo, Y. (eds.). **Limnological studies on the Rio Doce valley lakes, Brazil.** Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências & USP, 528 p.
- Felisberto, S.A. & Rodrigues, L. 2005. Periphytic community of reservoirs cascade in the Paranapanema river, Brazil. **Acta Scientiarum** 27(3): 215-223.
- Ferrari, F. & Ludwig, T.A.V. 2007. Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae e Bacillariophyceae (Achnanthales) dos rios Ivaí, São João e dos Patos, bacia hidrográfica do rio Ivaí, Município de Prudentópolis, PR, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** 21(2): 421-441.
- Fürstenberger, C.B. 2001. Interpretações paleolimnológicas do quaternário recente a partir da análise da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyceae) no sedimento do Rio Icatu, Município de Xique-Xique, Estado da Bahia, Brasil. **Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.** 128p.
- Gianini, C. E. de C. 1998. Diatomáceas como indicadoras de acidificação em lagos da Amazônia Central. **Dissertação de Mestrado, INPA, AM.** 63 p.
- Haworth, E.Y. & Hurley, M.A. 1986. Comparison of the stelligeroid taxa of the centric diatom genus *Cyclotella*. Pp. 43-66. In: M. Richard (ed.). **Proceedings 8<sup>th</sup> International Symposium of Recent & Fossil Diatoms.** Koeigstein, O. Koeltz.

- Henry, R., Ushinohama, E. & Ferreira, R.M.R. 2006. Fitoplankton em três lagoas marginais ao Rio Paranapanema e em sua desembocadura no Reservatório de Jurumirim (São Paulo, Brasil) durante o período prolongado de seca. **Revista Brasileira de Botânica** 29(3): 399-414.
- Houk, V. & Klee, R. 2004. The stelligeroid taxa of the genus *Cyclotella* (Kützing) Brábisson (Bacillariophyceae) and their transfer into the new genus *Discostella* gen. nov. **Diatom Research** 19(2): 203-228.
- Hustedt, F. 1927-1930. Die Kieselalgen. In: Rabenhorst, L. **Kryptogamen-Flora**. Leipzig, Akademische Verlagshandlung, v. 5, n. 2.
- Landucci, M. & Ludwig, T.A.V. 2005. Diatomáceas de rios da bacia hidrográfica Litorânea, PR, Brasil: Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae. **Acta Botanica Brasilica** 19(2):345-357.
- Ludwig, T.A.V. & Flôres, T. 1997. Diatomoflora dos rios da região a ser inundada para a construção da Usina Hidrelétrica de Segredo, Paraná - Fragilariophyceae (*Fragilaria* e *Synedra*). **Hoehnea** 24(1): 55-65.
- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H. 1998. **Tropische Diatomeen in Südamerika I**. In: Lange-Bertalot, H. (ed.). *Iconographia Diatomologica*. Königstein, Költz Scientific Books, v. 5.
- Moro, R.S. 1998. Interpretações paleolimnológicas do quaternário a partir da análise da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyceae) nos sedimentos da Lagoa Dourada, Ponta Grossa, Paraná. **Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro**. 330 p.
- Nogueira, M.G. 2000. Phytoplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia** 431: 115-128.
- Nogueira, M.G.; Jorcin, A., Vianna, N.C. & Britto, Y.C. 2002. Uma avaliação dos processos de eutrofização nos reservatórios em cascata do rio Paranapanema (SP/PR), Brasil. Pp. 91-106. In: A.C. Fernández & G.M. Chalar (eds). **El agua em Iberoamérica – de la limnología a la gestión em Sudamérica**. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Buenos Aires.
- Nogueira, M.G.; Jorcin, A.; Vianna, N.C. & Britto, Y.C. 2005. 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). Pp. 83-125. In: Nogueira, M.G.; Henry, R. & Jorcin, A. (orgs). **Ecologia de Reservatórios – Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata**. São Carlos, Rima.
- Round, F.E.; Crawford, R.M. & Mann, D.G. 1990. **The Diatoms: biology and morphology of the genera**. Cambridge, Cambridge University Press.

- Rumrich, U., Lange-Bertalot, H. & Rumrich, M. 2000. **Diatomeen der Anden Von Venezuela bis Patagonien/Feuerland**. In: H. Lange-Bertalot (ed.). *Iconographia Diatomologica*. Verlag, A.R.G. Gantner Verlag K.G., v. 9.
- Souza, G.S.; Koenig, M.L.; Leça, E. E. & Coelho, M.P.C. de A. 2007. Diatomáceas indicadoras de paleoambientes do Quaternário de Dois irmãos, Recife, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **21**(3): 521-529

Tabela 1. Localização das estações de amostragem nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR).

Trecho do rio	Reservatório	Estação de amostragem	Região	Longitude	Latitude
Alto Paranapanema	Jurumirim	1	Montante	38° 51'33,4''N	94° 47'94,1''W
		2	Ribeirão das Posses (braço lateral)	23° 22'63,5''S	49° 00'0,67''W
		3	Barragem	23° 13'43,4''S	49° 13'27,8''W
	Chavantes	4	Montante	23° 07'57,9''S	49°54'58,9''W
		5	Compartimento central	23° 24'10,7''S	49° 34'26,9''W
		6	Barragem	23° 8'43,5''S	49° 42'36,9''W
Médio Paranapanema	Salto Grande	7	Montante	22° 53'50''S	49° 59'20''W
		8	Foz do Rio Pardo	22° 54'37''S	49° 58'11''W
		9	Barragem	22° 55'11,5''S	49° 57'52''W
	Capivara	10	Montante	22° 54'01''S	50° 47'38''W
		11	Compartimento central (próximo à foz do Rio Tibagi)	23° 00'05''S	50° 57'16''W
		12	Barragem	22° 39'21,2''S	51° 20'49,9''W
Baixo Paranapanema	Rosana	13	Montante	22° 36'06,9''S	52° 09'48,8''W
		14	Barragem	22° 36'21,5''S	52° 51'50,8''W

Tabela 2. Distribuição dos táxons nas estações de amostragens dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR).

Reservatórios	Jurumirim			Chavantes			Salto Grande			Capivara			Rosana	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Asterionella formosa</i> var. <i>formosa</i>									X		X			
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i>	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>A. granulata</i> var. <i>angustissima</i>										X	X	X		
<i>Cyclotella menegheniana</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Discostella pseudostelligera</i>	X													
<i>D. stelligera</i>	X		X		X	X			X				X	
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>capucina</i>	X		X			X			X		X			
<i>F. crassa</i>	X													
<i>Staurosira martyi</i>					X	X		X						
<i>Staurosira acutirostrata</i>								X						
<i>Synedra goulardii</i> var. <i>goulardii</i>	X	X	X		X						X		X	X
<i>Thalassiosira</i> sp.			X		X	X	X		X	X				
<i>Ulnaria ulna</i> var. <i>ulna</i>	X	X	X		X			X			X			
Total de táxons	8	4	7	1	7	6	3	4	6	4	7	4	3	3

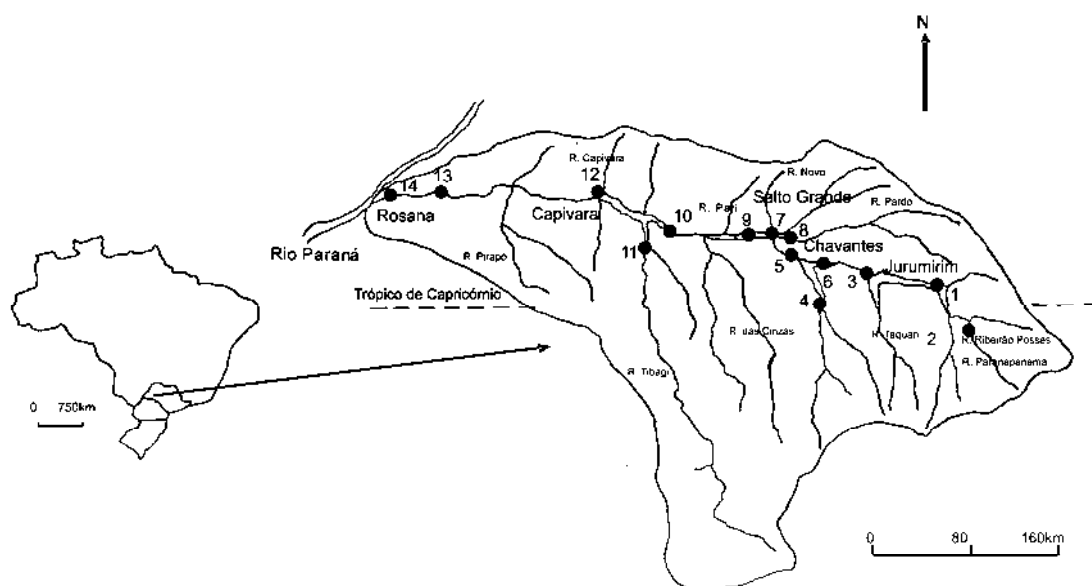
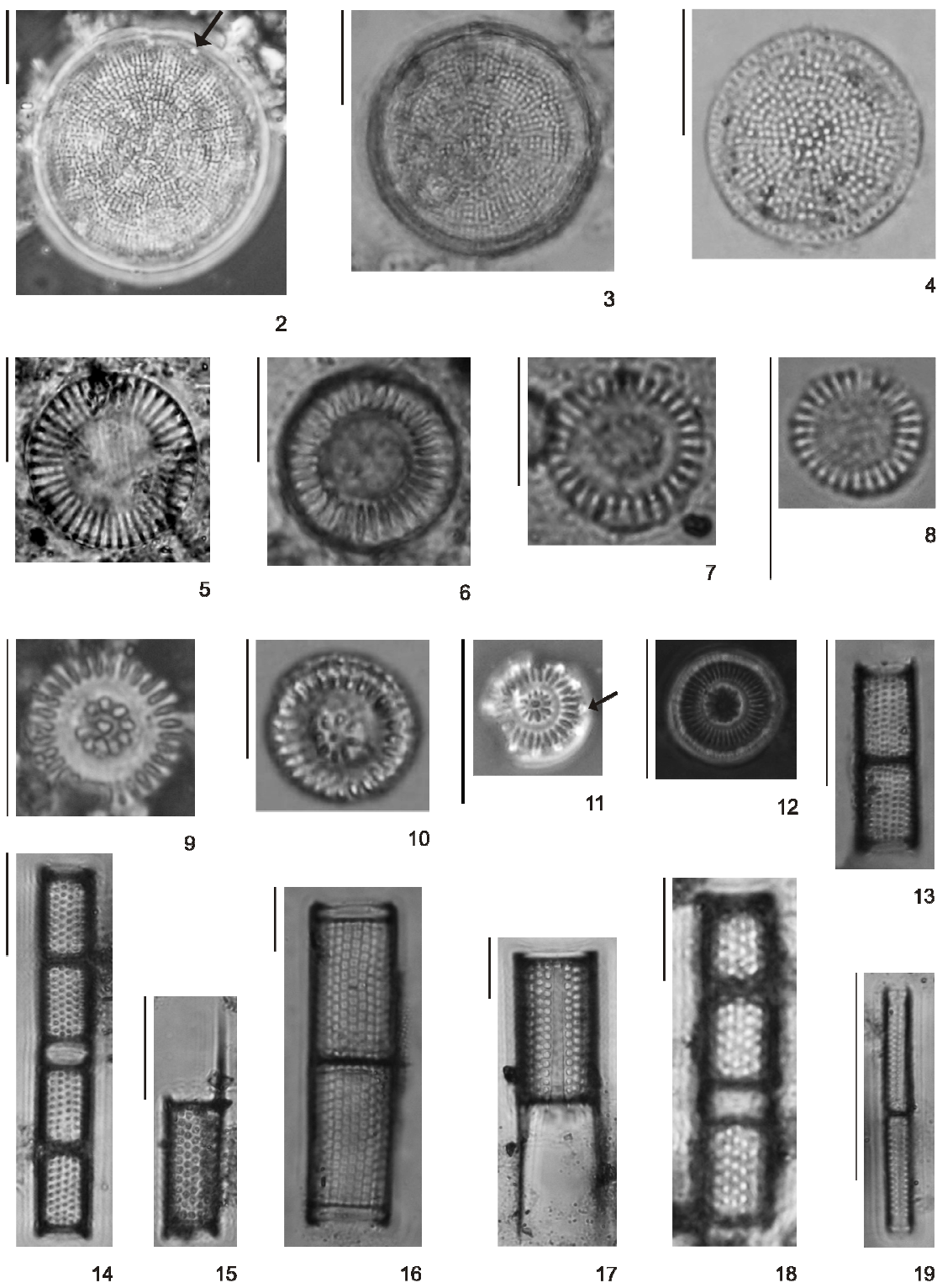


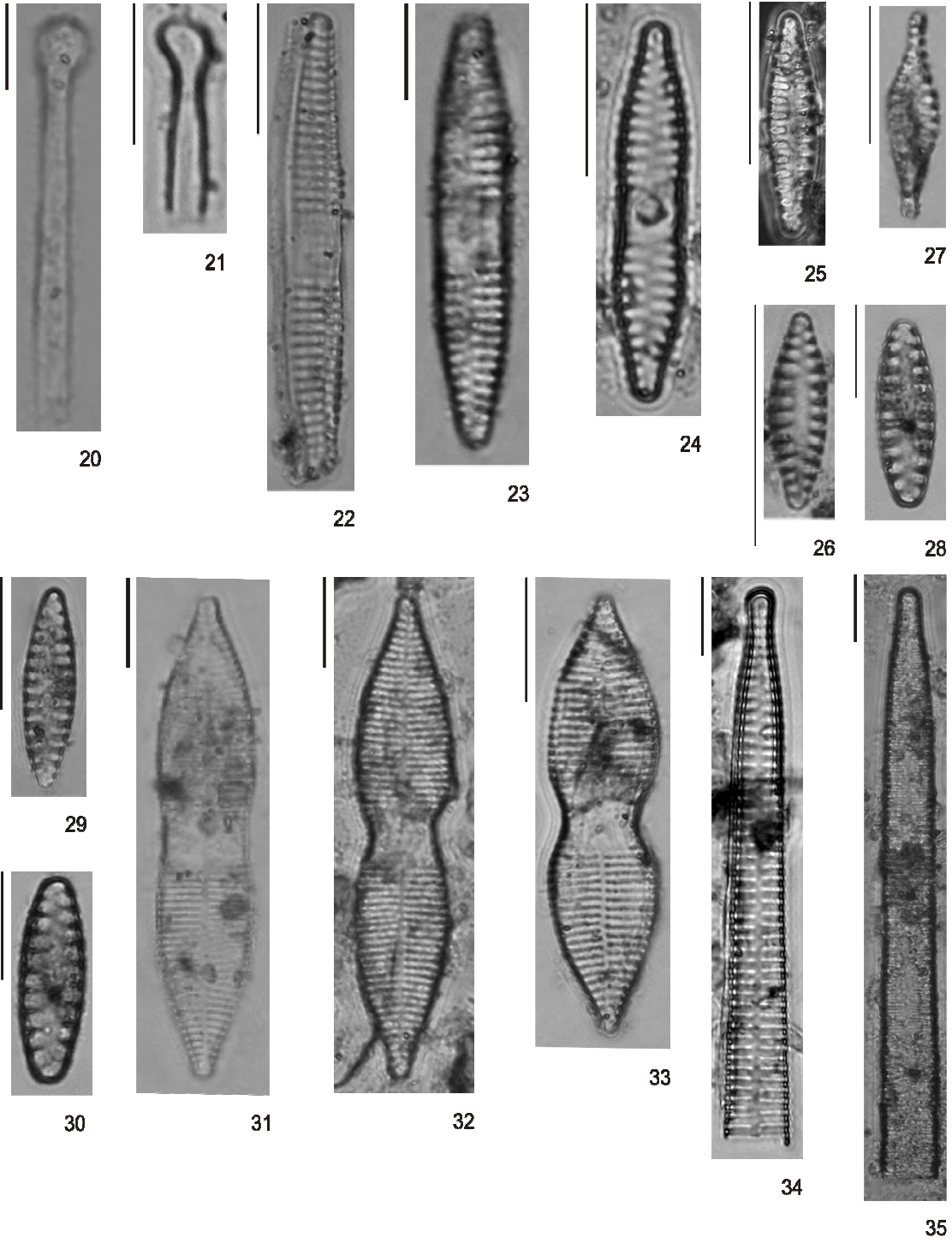
Figura 1. Localização das estações de amostragem nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Estações 1 a 6: alto Rio Paranapanema, estações 7 a 12: médio Rio Paranapanema e estações 13 a 14: baixo Rio Paranapanema (modificado de Nogueira *et al.* 2002).

Figuras 2-19. Representantes da Classe Coscinodiscophyceae; 2-4. *Thalassiosira* sp., 2. seta indicando processo marginal (fultopórtula); 5-8. *Cyclotella menegheniana* Kützing; 9-10. *Discostella stelligera* (Cleve & Grunow) Houk & Klee; 11-12. *Discostella pseudostelligera* (Hustedt) Houk & Klee, 11. 2. seta indicando processo marginal (fultopórtula); 13-18. *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen var. *granulata*; 19. *A. granulata* (Ehrenberg) Simonsen var. *angustissima* (O. Müller) Simonsen. Escala: 10  $\mu\text{m}$ .





Figuras 20-35. Representantes da Classe Fragilariophyceae; 20-21. *Asterionella formosa* var. *formosa* Hassal; 22-24. *Fragilaria capucina* Desmazières var. *capucina*; 25-26. *F. crassa* Metzeltin & Lange-Bertalot; 27. *Staurosira acutirostrata* (Metzeltin & Lange-Bertalot) Metzeltin & Lange-Bertalot; 28-30. *S. martyi* (Héribaud) Morales & Manoylov; 31-33. *Synedra goulardii* Brébisson ex Cleve & Grunow var. *goulardii*; 34-35. *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère var. *ulna*. Escala: 10 µm.



## **6. RESULTADOS: COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA**

---

**6.2.** Capítulo 2 - Diatomáceas (Ochrophyta) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR, Brasil): Bacillariophyceae (a ser submetido à Acta Botanica Brasilica).

**Diatomáceas (Ochrophyta) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR): Bacillariophyceae**

Luciane Fontana<sup>1,2</sup> & Denise de C. Bicudo<sup>2,3</sup>

**RESUMO – (Diatomáceas (Ochrophyta) de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR, Brasil): Bacillariophyceae).** Foi realizado inventário florístico das diatomáceas pertencentes à classe Bacillariophyceae de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Amostras de sedimentos foram coletadas entre os meses de janeiro e novembro de 2006, com draga Van Veen, em três estações de amostragem de cinco reservatórios distribuídos nas regiões do alto (represas de Jurumirim e Chavantes), médio (represas de Salto Grande e Capivara) e baixo Paranapanema (Represa de Rosana). Foram identificados 47 táxons infragenéricos, pertencentes a 22 gêneros. *Eunotia* e *Gomphonema* foram os gêneros mais bem representados, com cinco táxons cada um. A maior riqueza (36) e a menor (17) ocorreram, respectivamente, nos reservatórios de Jurumirim e Chavantes. Foram citados pioneiramente 29 táxons para a bacia hidrográfica do Rio Paranapanema.

**Palavras-chave:** algas, Bacillariophyta, flora, taxonomia, sistema lótico.

**ABSTRACT - (Diatoms (Ochrophyta) from superficial sediments of cascade reservoirs in the Paranapanema River (SP/PR, Brazil): Bacillariophyceae).** Floristic survey of Bacillariophyceae from superficial sediments of cascade reservoirs in the Paranapanema River is presented. Sediment samplings were gathered during January-November 2006, with van Veen dredge in three sampling stations of five reservoirs located in the upper Paranapanema River (Jurumirim and Chavantes reservoirs), middle portion (Salto Grande and Capivara reservoirs) and lower river (Rosana Reservoir). Forty seven infrageneric taxa, classified in 22 genera, were identified. *Eunotia* and *Gomphonema* were the best represented genera with 5 taxa each. The highest (36) and the lowest (17) richness occurred, respectively, in Jurumirim and Chavantes reservoirs. Twenty nine taxa were new records for the Paranapanema River Basin.

**Key words:** algae, Bacillariophyta, flora, taxonomy, lotic system

<sup>1</sup> Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora – Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente do Instituto de Botânica (lucianefontana@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Seção de Ecologia, Instituto de Botânica, Av. Miguel Stéfano, 3687, CEP 04301-012 São Paulo, SP, Brasil

<sup>3</sup> Autor para correspondência: [dbicudo@terra.com.br](mailto:dbicudo@terra.com.br)

## Introdução

O Rio Paranapanema tem suas nascentes localizadas na Serra de Paranapiacaba, em área de proteção ambiental da Serra do Mar, apresentando extensão de 929 km. Sua bacia hidrográfica drena uma área de 100.800 km<sup>2</sup>, sendo 47% em território paulista e 53% no Paraná. Entre 1958 e 1999, seu curso principal foi interrompido pela construção de oito usinas hidrelétricas, sendo que este sistema em cascata de reservatórios é um dos principais tributários do alto Rio Paraná (Nogueira *et al.* 2002).

Apesar da extensa área que esses reservatórios em cascata ocupam e dos impactos gerados pela sua construção, pouco ainda se conhece sobre sua biodiversidade de algas. Mais especificamente, o conhecimento sobre as diatomáceas é extremamente escasso, sendo a maior parte da informação (aproximadamente 90%) restrita a listas ou apenas citações de táxons em trabalhos ecológicos (e.g. Nogueira 2000, Felisberto & Rodrigues 2005, Bicudo *et al.* 2005, Henry *et al.* 2006).

Apenas um trabalho versa sobre a taxonomia do grupo, que inventariou as diatomáceas do trecho a represar do Reservatório de Rosana, identificando o total de 51 táxons (Bicudo *et al.* 1993). Outro, de cunho ecológico, trata da diversidade das comunidades fitoplanctônicas e inclui ilustrações de 52 táxons de diatomáceas do Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002). Apenas mais recentemente, foi feita a primeira contribuição para a série dos reservatórios em cascata, mediante o levantamento das classes Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae (Fontana & Bicudo, capítulo 1).

Considerando que os sedimentos aquáticos acumulam os eventos que ocorreram na bacia de drenagem, esse compartimento é rico em informações visto que representa uma amostra espacial e temporalmente integrada da biodiversidade da área de estudo. Este trabalho pretende dar continuidade ao inventário das diatomáceas de sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema, contribuindo, pioneiramente, com a taxonomia e a distribuição das diatomáceas pertencentes à classe Bacillariophyceae.

## Material e métodos

Uma caracterização detalhada da área de estudo encontra-se em Fontana & Bicudo (capítulo 1).

As amostras de sedimentos superficiais (10 cm) foram coletadas com Draga Van Veen (308 cm<sup>2</sup>) em três estações de amostragem de cinco reservatórios distribuídos nas regiões do alto (represas de Jurumirim e Chavantes), médio (represas de Salto Grande e Capivara) e baixo Paranapanema (Represa de Rosana) do Rio Paranapanema, entre os meses de janeiro e novembro de 2006 (Fig. 1, Tab. 1). Apenas no Reservatório de Rosana foi feita coleta em duas regiões.

O material coletado foi imediatamente congelado até seu processamento. Lâminas permanentes foram preparadas segundo a técnica de oxidação com peróxido de hidrogênio (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) descrita em Battarbee (1986), utilizando-se Zrax como meio de inclusão. O exame qualitativo foi baseado em análise

populacional, de forma a representar a variabilidade morfológica dos indivíduos estudados. A análise foi feita por meio de microscópio óptico binocular Zeiss, Axioscop 2 plus, equipado com contraste-de-fase, câmara-clara e com sistema de captura de imagem. Para fins de distribuição geográfica na bacia hidrográfica do Rio Paranapanema, foram considerados os táxons citados em literatura desde que passíveis de reidentificação.

O sistema de classificação adotado foi o de Cavallier-Smith (1998) e Round *et al.* (1990). A terminologia utilizada nas descrições seguiu Barber & Haworth (1981).

As amostras em lâminas permanentes e material seco encontram-se depositadas no acervo do Herbário Científico do Estado “Maria Eneida P. Kauffmann Fidalgo” do Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SP390881 a SP390894).

## Resultados e discussão

O estudo florístico das Bacillariophyceae dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema permitiu a identificação de 47 táxons infragênicos, distribuídos em 22 gêneros, dos quais *Eunotia* e *Gomphonema* foram os mais bem representados, com cinco táxons cada um. Dentre os táxons inventariados, 29 representam novas citações para a bacia hidrográfica do Rio Paranapanema. Exceto ao reservatório de Rosana e ao Rio Tibagi, todos os táxons foram registrados pela primeira vez para os respectivos reservatórios. A riqueza variou de 17 a 36 táxons por reservatório (incluindo as estações de amostragens), sendo menor e maior para os reservatórios de Chavantes e Jurumirim, respectivamente (Tab. 2).

Os 47 táxons identificados estão distribuídos em 14 famílias e 22 gêneros, como seguem:

### Ordem Eunotiales

#### Família Eunotiaceae

#### *Eunotia* Ehrenberg

### Chave para os táxons de *Eunotia*

1. Margem dorsal com duas ou mais ondulações
  2. Ondulações (8-9) proeminentes, com cristas arredondadas ..... 3. *E. georgii*
  2. Ondulações (2-4) mais suaves, arredondadas
    3. Margem dorsal 3-ondulada ..... 6. *E. tridentula*
    3. Margem dorsal 2 ou 4-ondulada
      4. Extremidades cuneadas a cuneado-arredondadas ..... 7. *E. zygodon*
      4. Extremidades protraídas, rostradas, atenuado-arredondadas ..... 1. *Eunotia camelus*
1. Margem dorsal com uma ondulação ou não ondulada
  5. Margem dorsal com uma ondulação mediana ..... 4. *E. rabenhorstii* var. *monodon*

## 5. Margem dorsal convexa destituída de ondulação

6. Valva 10,0-40,0  $\mu\text{m}$  compr.; 2,0-5,2  $\mu\text{m}$  larg. .... 5. *E. sudetica*6. Valva 84-92,7  $\mu\text{m}$  compr.; 9,9-13,0  $\mu\text{m}$  larg. .... 2. *E. monodon*

1. *Eunotia camelus* Ehrenberg. Abhandlungen der Königlich Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1841 (125): 413, pl. 2/1, fig. 1, 1843.

Fig. 2-3.

Valvas com margem dorsal convexa, 2 ou 4-ondulada, ondulações moderadas a pouco acentuadas, margem ventral côncava, extremidades protraídas, rostradas, atenuado-arredondadas, direcionadas para a margem dorsal; nódulos terminais nas extremidades, de difícil visualização em amostras de sedimento; estrias paralelas a radiadas. Comprimento: 36,0-39,5  $\mu\text{m}$ , largura: 6,23-7,5  $\mu\text{m}$ , estrias: 8-10 em 10  $\mu\text{m}$ .

O táxon ocorreu apenas na barragem dos reservatórios de Jurumirim (estação 3) e de Chavantes (estação 6), ocorrendo em 14% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390883); **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390886).

3. *Eunotia georgii* Metzeltin & Lange-Bertalot. Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs: 5: 61-62, pl. 41, fig. 1-7, pl. 42, fig. 7-8. 1998.

Fig. 5.

Valvas com margem dorsal convexa, 7-8 ondulações com cristas arredondadas, margem ventral côncava; extremidades rostrado-arredondadas; nódulos terminais ventrais, de difícil visualização em amostras de sedimento; estrias paralelas na região mediana da valva, tornando-se radiadas em direção às extremidades. Comprimento: 50,5-52,7  $\mu\text{m}$ , largura: 6,3-9,8  $\mu\text{m}$ , estrias: 10 em 10  $\mu\text{m}$ .

Conforme Metzeltin & Lange-Bertalot (1998), *Eunotia georgii* assemelha-se a *E. serra* Ehrenberg, diferenciando-se pelo maior número de ondulações na margem dorsal e menor largura valvar. Metzeltin & Lange-Bertalot (2007) propuseram *Eunotia acuticrenulata* que se diferencia de *E. georgii* pelas ondulações com cristas mais agudas na margem dorsal e não arredondadas como em *E. georgii*.

O táxon distribuiu-se no Reservatório de Jurumirim (estações 1, 2 e 3), ocorrendo em 21% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência do táxon para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882, SP390883, SP390884).

2. *Eunotia monodon* Ehrenberg. Abhandlungen der Königlich Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1841: pl. 2/5, fig. 7, pl. 3/3, fig. 3, 1843.

Fig. 4.

Valvas com margem dorsal convexa, margem ventral côncava; extremidades pouco diferenciadas do corpo valvar por um leve estreitamento da margem dorsal; extremidades levemente cuneadas a arredondadas, nódulos terminais nas extremidades, estrias conspícuas, paralelas a radiadas em direção às extremidades. Comprimento: 84-92,7  $\mu\text{m}$ , largura: 9,9-13,0  $\mu\text{m}$ , estrias: 9 em 10  $\mu\text{m}$ .

A espécie difere de *E. maior* (W. Sm.) Rab., basicamente, pela extremidade menos destacada e curvatura valvar mais pronunciada na primeira. O táxon distribuiu-se apenas no Reservatório de Jurumirim (estações 2 e 3), ocorrendo em 14% das estações de amostragem. Já foi citado para a área de estudo, no Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882, SP390883).

4. *Eunotia rabenhorstii* Cleve & Grunow var. *monodon* Cleve & Grunow in Van Heurck. Synopsis des Diatomées de Belgique, pl. 35, fig. 12B, 1881.

Fig. 6-7.

Valvas com margem dorsal convexa, com uma ondulação mediana pronunciada ou mais suave, margem ventral côncava; extremidades capitadas ou amplamente arredondadas; nódulos terminais próximos às extremidades ventrais; estrias paralelas a radiadas em direção às extremidades da valva. Comprimento: 9,9-17,7  $\mu\text{m}$ , largura: 4,9-5,7  $\mu\text{m}$ , estrias: 13-14 em 10  $\mu\text{m}$ .

Os materiais concordam com a circunscrição do táxon em Metzeltin *et al.* (2005). Conforme estes autores, duas variedades foram originalmente propostas, porém sem a designação de uma variedade típica.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 2 e 3), Salto Grande (estação 9) e Rosana (estação 13), ocorrendo em 29% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência do táxon para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema; Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390889); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893).

5. *Eunotia sudetica* O.F. Müller. Forschungsberichte aus der Biologischen Station zu Plön 6: 12, pl. 3, fig. 25-26, 1898.

Fig. 8.

Valvas com margem dorsal convexa, destituída de ondulações, margem ventral reta a levemente côncava; extremidades atenuadas, arredondadas; nódulos terminais nas extremidades, de difícil



visualização em amostras de sedimento; estrias paralelas a radiadas, de difícil visualização. Comprimento: 10,0-40,0  $\mu\text{m}$ , largura: 2,0-5,2  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 2 e 3), Chavantes (4, 5 e 6), Salto Grande (estação 7, 8, 9) e Capivara (estações 10, 11 e 12), ocorrendo em 79% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência do táxon para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882, SP390883); **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390884, SP390885, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390888, SP390889); Reservatório Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892).

6. *Eunotia tridentula* Ehrenberg var. *tridentula*. Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1841: 414, pl. 2, fig. 14. 1843.

Fig. 9.

Valvas com margem dorsal convexa, 3-ondulada, ondulação central mais proeminente, margem ventral côncava; extremidades arredondadas; nódulos terminais nas extremidades; estrias paralelas, levemente radiadas em direção às extremidades. Comprimento: 30,0-33,5  $\mu\text{m}$ , largura: 7,4-8,5  $\mu\text{m}$ , estrias: 10 em 10  $\mu\text{m}$ .

O táxon ocorreu apenas na montante do Reservatório de Jurumirim (estação 1), em 7% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881).

7. *Eunotia zygodon* Ehrenberg. Abhandlungen Akademie der Wissenschaften zu Berlin: 415, pl. 2, fig. 6. 1844.

Fig. 10.

Valvas com margem dorsal convexa, duas ondulações medianas pronunciadas, margem ventral levemente côncava; extremidades cuneadas a cuneado-arredondadas; nódulos terminais nas extremidades ventrais; estrias paralelas a levemente radiadas em direção às extremidades. Comprimento: 39,6-54,7  $\mu\text{m}$ , largura: 9,2-10,4  $\mu\text{m}$ , estrias: 15 em 10  $\mu\text{m}$ .

Assemelha-se à população encontrada por Ferrari *et al.* (2007) para os Igarapés da Amazônia Central, apesar dos autores encontrarem um maior espectro de variação morfométrica. Metzeltin & Lange-Bertalot (1998) descreveram *E. yanomami* diferenciando-a de *E. zygodon* apenas por apresentar maior comprimento valvar (40-180  $\mu\text{m}$ ), largura média sempre maior do que 10 (10-18  $\mu\text{m}$ ) e estrias com

maior densidade de pontos. Conforme Ferrari *et al.* (2007), estudos mais detalhados são necessários já que existe recobrimento métrico entre ambas as espécies.

O táxon distribuiu-se no reservatório de Jurumirim (estações 2 e 3), Chavantes (estação 4) e Salto Grande (estações 8 e 9), ocorrendo em 36% das estações de amostragem. A espécie já foi citada para a área de estudo, no Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882, SP390883); **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390884); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390888, SP390889).

## Ordem Cymbellales

### Família Cymbellaceae

#### *Cymbella* C. Agardh

*Cymbella tropica* Krammer & Metzeltin. *In* Diatoms of Europe, 3: 61, pl. 44, fig. 1-10, pl. 49, fig. 12-13, 2002.

Fig. 11.

Valvas dorsiventrals, margens dorsal convexa, margem ventral levemente convexa; extremidades rostradas; estrias radiadas na região mediana valvar, estigma isolado, distinto, de difícil visualização em amostras de sedimento; esterno da rafe linear, acompanhando a dorsiventralidade da valva. Comprimento: 31,0-38,2 µm, largura: 9,5-12,0 µm, estrias: 12 estrias em 10 µm.

O material concorda plenamente com a obra original em Krammer (2002).

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 2 e 3), Chavantes (estação 5) e Capivara (estações 9 e 11), ocorrendo em 36% das estações de amostragem. O táxon já foi citado em Rosana por Bicudo *et al.* (1993), como *C. affinis*.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882, SP390883); **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390885); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390889, SP390891); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893).

#### *Cymbopleura* (Krammer) Krammer

*Cymbopleura naviculiformis* (Auerswald ex Heiberg) Krammer. *Diatoms of European* 4: 56, pl. 76, fig. 1-13, 2003.

Fig. 12.

Valvas moderadamente dorsiventrals, margens dorsal e ventral convexas; extremidades subcapitadas; estrias curvado-radiadas em toda a extensão valvar, interestria mais larga do que a estria na região mediana da valva; esterno da rafe linear, área central elíptica, irregular, estigma ausente. Comprimento: 35,4 µm, largura: 11,2µm, estrias: 9 estrias em 10µm.

A espécie distingue-se de *C. amphicephala* Nägeli principalmente, por apresentar rafe mais lateralizada em função da dorsiventralidade mais acentuada, bem como interestrias mais largas do que as estrias na região central. Ainda, a extremidade apical da segunda espécie é mais capitada. Apesar da não observação das extremidades valvares, as demais características permitiram a identificação do material.

O táxon ocorreu apenas na montante do reservatório de Capivara (estação 10), em 7% das estações de amostragem. É a primeira citação da espécie para a área de estudo.

**BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890).

### *Encyonema* Kützing

#### Chave para os táxons de *Encyonema*

1. Dorsiventralidade valvar pouco pronunciada ..... 1. *E. perpusillum* var. *perpusillum*  
 1. Dorsiventralidade valvar pronunciada ..... 2. *E. silesiacum*

2. *Encyonema perpusillum* (A. Cleve) Mann var. *perpusillum*. In Round, Crawford & Mann, Diatoms, p.666, 1990.

Fig. 13.

Valvas dorsiventrals, dorsiventralidade pouco acentuada, margem dorsal convexa, margem ventral suavemente convexa; extremidades subcapitadas a atenuado-arredondadas; estrias grosseiras, paralelas a levemente radiadas; esterno da rafe linear, estreito, estigmóide na extremidade da estria mediana dorsal, de difícil visualização em amostras de sedimento. Comprimento: 18,2-20,7 µm, largura: 4,3-6,0 µm, estrias: 8 em 10 µm.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 1, 2), Chavantes (estação 5), Salto Grande (estação 9), Capivara (estação 10, 11) e Rosana (estação 14), ocorrendo em 50% das estações de amostragem. O táxon já foi registrado para a área de estudo, no Reservatório de Rosana, como *Cymbella perpusilla* var. *perpusilla* (Bicudo *et al.* 1993).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390885); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390889); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390894).

3. *Encyonema silesiacum* (Bleisch) Mann. In Round, Crawford & Mann, Diatoms, p.667, 1990.

Fig. 14-15.

Valvas dorsiventrals, dorsiventralidade acentuada, margem dorsal convexa, margem ventral reta ou intumescida no centro; extremidades atenuado-arredondadas, retas ou rostradas, levemente voltadas para a margem ventral da valva; estrias dorsais paralelas a levemente radiadas em direção às extremidades, estrias ventrais levemente radiadas a convergentes; esterno da rafe linear, estreito, área central reduzida, estigmóide na extremidade da estria mediana dorsal, de difícil visualização em amostras de sedimento; rafe filiforme. Comprimento: 21,3-36,2  $\mu\text{m}$ , largura: 4,9-12,1  $\mu\text{m}$ , estrias: 10-11 em 10  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1, 3), Chavantes (4, 5 e 6), Salto Grande (7 e 8), Capivara (estação 11, 12) e Rosana (estação 13), ocorrendo em 71% das estações de amostragem. O táxon já foi encontrado na área de estudo para o Reservatório de Rosana (Bicudo *et al.* 1993) e o Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002), como *Cymbella silesiaca* Bleisch.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390390884, SP390885, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.*

Família Gomphonemataceae

*Gomphonema* Ehrenberg

Chave para os táxons de *Gomphonema*

1. Valvas marcadamente heteropolares, clavadas
  2. Extremidade apical com expansão lateral proeminente e ápice amplamente rostrado ..... 1. *G. acuminatum*
  2. Extremidade apical amplamente arredondada ..... 5. *G. laticollum*
1. Valvas não marcadamente heteropolares, de outras formas
  3. Extremidades não destacadas do corpo valvar
    4. Esterno da rafe linear, estreito ..... 3. *G. gracile*
    4. Esterno da rafe amplamente lanceolado ..... 2 *G. costae*
  3. Extremidades destacadas do corpo valvar
    5. Valvas lanceoladas; extremidades apical e basal nitidamente diferentes ..... 7. *G. subtile*
    5. Valvas clavado-lanceoladas; extremidade apical e basal semelhantes
      6. Extremidades rostradas a subcapitadas, estrias retas ..... 6. *G. parvulum*
      6. Extremidades apical e basal rostrado-capitadas a capitadas,

1. *Gomphonema acuminatum* Ehrenberg. Abhandlungen der Königlich Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1831: 88, 1832.

Fig. 16.

Valvas acentuadamente heteropolares, clavadas, intumescidas na região mediana, constrictas próximo da extremidade anterior; extremidade apical com expansão lateral proeminente, mais larga do que a região mediana da valva, ápice amplamente rostrado; extremidade basal atenuado-arredondada; estrias paralelas a curvado-radiadas, de difícil visualização em amostras de sedimento, estigma não visualizado. Comprimento: 49,0-52,0  $\mu\text{m}$ , largura: 9,1-12,9  $\mu\text{m}$ , estrias: 13 estrias em 10 $\mu\text{m}$ .

O táxon ocorreu apenas no Reservatório de Jurumirim (estação 1, 2 e 3), em 21% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882, SP390883).

2. *Gomphonema costae* Metzeltin & Lange-Bertalot. Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs, 6: 115, pl. 154, fig. 7-12, 1998.

Fig. 17.

Valvas clavado-lanceoladas; extremidade apical arredondada, extremidade basal atenuado-arredondada; estrias robustas, curtas, paralelas a radiadas, estigma localizado próximo ao nódulo central; esterno da rafe amplamente lanceolado; rafe filiforme. Comprimento: 42,1-46,5  $\mu\text{m}$ , largura: 9,0-10,0  $\mu\text{m}$ , estrias: 5 em 10 $\mu\text{m}$ .

Os materiais examinados concordam plenamente com a circunscrição original da espécie em Metzeltin & Lange-Bertalot (1998).

O táxon distribuiu-se restritamente no Reservatório de Capivara (estações 10, 11 e 12). Ocorrendo em 21% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência do táxon para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892).

3. *Gomphonema gracile* Ehrenberg. Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen: 217, pl. 18, fig. 3, 1838.

Fig. 18.

Valvas rombo-lanceoladas a lanceoladas; extremidade apical aguda; extremidade basal aguda ou atenuado-arredondada; estrias paralelas, tornando-se levemente radiadas em direção às extremidades; esterno da rafe linear, estreito, área central delimitada pelo encurtamento de uma estria, estigma presente na base da estria mediana alongada; rafe filiforme. Comprimento: 56,0-60,2  $\mu\text{m}$ , largura: 12,4-13,5  $\mu\text{m}$ , estrias: 15 em 10  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Capivara (estação 10 e 11) e Rosana (estação 13 e 14), ocorrendo em 29% das estações de amostragem. A espécie já foi citada para a área de estudo, no Rio Tibagi por Bittencourt-Oliveira (2002).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893, 390894).

4. *Gomphonema lagenula* Kützing. Die Kieselschaligen. Bacillarien oder Diatomeen: 85, pl. 30, fig. 60. 1844.

Fig. 19.

Valvas clavado-lanceoladas; extremidades apical e basal rostrado-capitadas a capitadas; estrias curvado-radiadas, área central unilateral, delimitada pelo encurtamento de uma estria, estigma na extremidade da estria mediana maior; interestria maior do que estria na região mediana da valva; esterno da rafe linear, rafe filiforme. Comprimento: 20,0-22,3  $\mu\text{m}$ , largura: 4,1-5,1  $\mu\text{m}$ , estrias: 9 estrias em 10 $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se restritamente ao Reservatório de Jurumirim (estação 1 e 2), ocorrendo em 14% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882).

5. *Gomphonema laticollum* E. Reichart. Studies on Diatoms: 199, pl. 5. fig. 1-14, 2001.

Fig. 20.

Valvas marcadamente heteropolares, clavadas, extremidade apical amplamente arredondada, com leve constrição na base; extremidade basal atenuado-arredondada; estrias convergentes a radiadas; esterno da rafe linear, suavemente ondulado, área central delimitada pelo encurtamento irregular de estrias; estigma presente na base de estria mediana alongada; rafe filiforme. Comprimento: 43,0-44,7  $\mu\text{m}$ , largura: 14,2-16,0  $\mu\text{m}$ , estrias: 11 em 10  $\mu\text{m}$ .

Aproxima-se mais de *G. italicum* Kützing, da qual difere pela forma valvar mais alongada.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 2), Capivara (estação 10 e 11), Rosana (estação 13 e 14), ocorrendo em 29% das estações de amostragem. A espécie já foi registrada para a área de estudo, para o Reservatório de Rosana, porém como *Gomphonema truncatum* Ehrenberg (Bicudo *et al.* 1993).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893, SP390894).

6. *Gomphonema parvulum* (Kützing) Kützing. Species Algarum, p. 65, 1849.

Fig. 21.

Valvas clavado-lanceoladas; extremidade apical rostrada a subcapitada; extremidade basal rostrada; estrias retas; externo da rafe linear, área central unilateral, delimitada pelo encurtamento de uma estria, estigma na extremidade da estria mediana maior, de difícil visualização em amostras de sedimento, interestria maior do que estria na região mediana, rafe filiforme. Comprimento: 22,0-27,5  $\mu\text{m}$ , largura: 7,3-8,9  $\mu\text{m}$ , estrias: 7-12 em 10 $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1, 2 e 3), Chavantes (estação 6), Salto Grande (estações 8 e 9) e Capivara (estação 11 e 12), ocorrendo em 57% das estações de amostragem. Já foi citado para a área de estudo, no Reservatório de Rosana (Bicudo *et al.* 1993) e no Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390888, SP390889); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891, SP390892).

7. *Gomphonema subtile* Ehrenberg. Abhandlungen der Königlich Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1841: 416 (128), 1843.

Fig. 22.

Valvas lanceoladas; extremidade apical capitada, protraída; extremidade basal atenuado-arredondada; estrias paralelas de difícil visualização em amostras de sedimento. Largura: 7,3-8,2  $\mu\text{m}$ .

As valvas quebradas não permitiram a mensuração do comprimento valvar na população identificada.

O táxon distribuiu-se apenas no Reservatório de Capivara (estação 11), ocorrendo em 7% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891).

Família Cocconeidaceae

*Cocconeis* Ehrenberg

Chave para os táxons de *Cocconeis*

1. Valva sem rafe com estrias nitidamente interrompidas

por linhas longitudinais irregulares ..... 2. *C. placentula* var. *acuta*

1. Valva sem rafe sem esta característica

2. Estriação delicada; extremidades acuminado-arredondadas ..... 3. *C. placentula* var. *placentula*
2. Estriação grosseira; extremidades arredondadas
3. Aréolas arredondadas, mais alongadas em direção  
às margens ..... 1. *C. fluviatilis* var. *fluviatilis*
3. Aréolas arredondado-alongadas, mais estreitas em direção  
às extremidades ..... 4. *C. placentula* var.

1. *Cocconeis fluviatilis* var. *fluviatilis* Wallace. Notulae Naturae (Academy of Natural Sciences of Philadelphia) 331: 2, pl. 1, fig. 2 a-b, 1960.

Fig. 23.

Valvas elípticas; extremidades arredondadas; valva sem rafe: estrias grosseiras, paralelas na região central da valva, radiadas nas extremidades; aréolas arredondadas, mais alongadas em direção às margens, fileira de aréolas menores e mais regulares próxima ao esterno. Comprimento: 17,0-26,4  $\mu\text{m}$ , largura: 10,0-16,0  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1 e 3), Chavantes (estações 4 e 6), Salto Grande (7 e 8), Capivara (estações 10, 11 e 12), ocorrendo em 64% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência do táxon para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390884, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390888); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892).

2. *Cocconeis placentula* Ehrenberg var. *acuta* Meister. Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft 44: 99, fig. 60, 1935.

Fig. 24.

Valvas elípticas; extremidades cuneadas; valva sem rafe: esterno linear, estreito; estrias radiadas, aréolas arredondado-alongadas; fileiras de aréolas irregularmente arranjadas; estriação interrompida por 4-5 linhas hialinas longitudinais irregulares. Comprimento: 24,0-37,3  $\mu\text{m}$ ; largura: 11,0-15,0  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1 e 3), Chavantes (estações 4 e 6), Salto Grande (7 e 8), Capivara (estações 10, 11 e 12), ocorrendo em 64% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da variedade para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390884, SP390886); Reservatório



de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390888); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892).

3. *Cocconeis placentula* var. *placentula* Ehrenberg. Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen: 194. 1938.

Fig. 25.

Valvas elípticas a estreito-elípticas; extremidades acuminado-arredondadas; valva sem rafe: esterno linear, estreito; estrias paralelas na região mediana a radiadas em direção às extremidades; aréolas delicadas, arredondadas; fileiras regulares; estriação interrompida por 16-18 linhas hialinas longitudinais. Comprimento: 20,2-31,4  $\mu\text{m}$ , largura: 10,0-16,0  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1 e 3), Chavantes (estações 4 e 6), Salto Grande (7 e 8), Capivara (estações 10, 11 e 12), ocorrendo em 64% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da variedade típica para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390884, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390888); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892).

4. *Cocconeis placentula* Ehrenberg var.

Fig. 26.

Valvas elípticas; extremidades arredondadas; valva sem rafe: esterno linear, estreito, estrias paralelas na região mediana a curvado-radiadas em direção a extremidades; aréolas arredondado-alongadas, mais estreitas em direção às extremidades. Comprimento: 20,1-24,5  $\mu\text{m}$ , largura: 13,0-17,2  $\mu\text{m}$ .

O material não pode ser identificado em nível varietal, pois a presença de duas valvas nos espécimes dificultou a visualização das características diagnósticas, optando-se pela identificação em nível específico.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1 e 3), Chavantes (estações 4 e 6), Salto Grande (7 e 8), Capivara (estações 10, 11 e 12), ocorrendo em 64% das estações de amostragem.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390884, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390888); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892).

Família Achnanthidiaceae

*Achnanthidium* Kützing

Chave para os táxons de *Achnanthidium*

1. Valvas com constrição mediana ..... 2. *Achnanthidium exiguum*  
 1. Valvas com intumescimento mediano ..... 1. *Achnanthidium catenatum*

1. *Achnanthidium catenatum* (Bily & Marvan) Lange-Bertalot. Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs, 6: 277, 1999.

Fig. 27-28.

Valvas estreitamente lanceoladas, extremidades arredondadas a subcapitadas. Valva sem rafe: esterno da rafe linear, área central elíptico-lanceolado; estrias levemente radiadas, de difícil visualização em amostras de sedimento; plano valvar levemente côncavo. Comprimento: 9,6-9,8 µm, largura: 1,7-2,3 µm.

O táxon distribuiu-se apenas no Reservatório de Rosana (estação 13 e 14), ocorrendo em 14% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893, 390894).

2. *Achnanthidium exiguum* (Grunow) Czarnecki var. *exiguum*. Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Diatom Symposium. Memoirs of the California Academy of Sciences 17: 157, 1994.

Fig. 29-30.

Valvas lineares; margens com constrição mediana; extremidades amplamente rostradas a subcapitadas; estrias radiadas em direção às extremidades da valva. Valva com rafe: esterno da rafe linear, estreito, área central expandida transversalmente, alcançando as margens, rafe filiforme. Valva sem rafe: esterno linear-lanceolado, estreito, área central bilateralmente expandida. Comprimento: 8,1-10,0 µm, largura: 3,1-3,4 µm, estrias: 29-31 em 10µm.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 3), Salto Grande (estação 7), Capivara (estação 11) e Rosana (estação 14), ocorrendo em 29% das estações de amostragem. O táxon foi registrado para a área de estudo, no Reservatório de Rosana, como *Achnantes exigua* Grunow var. *exigua* por Bicudo *et al.* (1993).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (390894).

*Planothidium* Round & BukhtiyarovaChave para os táxons de *Planothidium*

1. Extremidades arredondadas, não destacadas do corpo valvar, ..... 1. *P. lanceolatum*  
 1. Extremidades rostradas, destacadas do corpo valvar..... 2. *P. rostratum*

1. *Planothidium lanceolatum* (Brébisson ex Kützing) H. Lange-Bertalot. Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs 6: 287, 1999.

Fig. 31-33.

Valvas elíptico-lanceoladas, extremidades largamente arredondadas a atenuado-arredondadas. Valva com rafe: não visualizada. Valva sem rafe: externo da rafe linear a linear-lanceolado, área central com estrutura em forma de ferradura em um dos lados da valva; estrias radiadas a curvado-radiadas. Comprimento: 9,6-11,4 µm, largura: 3,6-5 µm, estrias: 16-20 estrias em 10µm.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 3), Salto Grande (estação 7 e 8) e Capivara (estação 11), ocorrendo em 29% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390888); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891).

2. *Planothidium rostratum* (Østrup) Round & Bukhtiyarova. Diatom Research 11(2): 345-361, 1996.

Fig. 34.

Valvas lanceoladas, extremidades rostrado-capitadas. Valva com rafe: não visualizada. Valva sem rafe: externo da rafe linear-lanceolado, área central com estrutura em forma de ferradura e um dos lados da valva; estrias radiadas em toda a extensão valvar. Comprimento: 11,1 µm, largura: 5,7 µm, estrias: 18 em 10µm.

O táxon distribuiu-se apenas no reservatório de Jurumirim (estação 1 e 2), ocorrendo em 14% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882).

Família Diadesmidiaceae

*Diadesmis* Kützing

*Diadesmis contenta* (Grunow ex Van Heurck) Mann in Round, Crawford & Mann. Diatoms, p. 666, 1990.

Fig. 35.

Valvas lineares, margens valvares côncavas; extremidades alargadas, amplamente arredondadas; estrias inconspícuas; esterno da rafe linear, estreito, área central retangular; rafe filiforme, de difícil visualização. Comprimento: 7,8-8,7  $\mu\text{m}$ , largura: 1,9-2,1  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se apenas no reservatório de Rosana (estações 13 e 14), ocorrendo em 14% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893, 390894).

### *Luticola* Mann

#### Chave para os táxons de *Luticola*

- 1. Estigma lineado ..... 1. *Luticola dapalis*
- 1. Estigma punctiforme
  - 2. Extremidades amplamente arredondadas; 12,6-27,9  $\mu\text{m}$  compr. .... 2. *Luticola goeppertiana*
  - 2. Extremidades truncado-arredondadas; 9,1-9,8  $\mu\text{m}$  compr..... 3. *Luticola mutica*

1. *Luticola dapalis* (Frenguelli) Mann in Round, Crawford & Mann. Diatoms, p. 670, 1990.

Fig. 36.

Valvas lanceoladas; extremidades sub-rostradas; estrias radiadas a curvado-radiadas em direção as extremidades; grosseiramente areoladas; região marginal com areolação distinta; esterno da rafe linear, área central expandida lateralmente; estigma pontuado isolado; rafe filiforme, extremidades proximais fletidas para o mesmo lado. Comprimento: 51,3  $\mu\text{m}$ , largura: 15,8, estrias: 16 em 10  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1 e 3), Chavantes (estação 6), Salto Grande (7 e 8) e Capivara (estação 11), ocorrendo em 43% das estações de amostragem. Já foi registrado para a área de estudo, no Reservatório de Rosana, como *Navicula goeppertiana* (Bleisch) H. L. Smith var. *dapalis* (Frenguelli) Lange-Bertalot (Bicudo *et al.* 1993).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390888); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891).

2. *Luticola goeppertiana* (Bleisch in Rabenhorst) Mann in Round, Crawford & Mann. Diatoms, p. 670, 1990.

Fig. 37.

Valvas lanceoladas a rômbico-lanceoladas; extremidades amplamente arredondadas; estrias radiadas, grosseiramente areoladas, estigma punctiforme isolado; esterno da rafe linear a linear-lanceolado, área central expandida; rafe filiforme. Comprimento: 12,6-27,9  $\mu\text{m}$ ; largura: 3,2-7,9  $\mu\text{m}$ , estrias: 13-19 em 10 $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1 e 3), Chavantes (estações 4, 5 e 6), Capivara (estação 12) e Rosana (estação 13), ocorrendo em 50% das estações de amostragem. Trata-se da primeira citação da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390390884, SP390885, SP390886); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390892); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893).

3. *Luticola mutica* (Kützing) Mann in Round, Crawford & Mann. Diatoms, p. 670, 1990.

Fig. 38.

Valvas rômbico-lanceoladas, extremidades truncado-arredondadas; estrias radiadas; estigma punctiforme isolado; esterno da rafe linear, área central lateralmente expandida; rafe filiforme. Comprimento: 9,1-9,8  $\mu\text{m}$ , largura: 3,9-4,4  $\mu\text{m}$ .

O táxon ocorreu apenas na montante do reservatório de Rosana (estação 13), em 7% das estações de amostragem. Foi identificado como *Navicula mutica* para o Rio Tibagi (Bittencourt-Oliveira 2002).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893).

Família Amphipleuraceae

*Amphipleura* Kützing

*Amphipleura lindheimerii* Grunow. Verhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien 12: 155 (469), pl. 11, fig. 11, 1862.

Fig. 39.

Valvas rombo-lanceoladas, extremidades cuneada-arredondada; estrias delicadas, de difícil visualização; esterno da rafe linear, estreito, alargando-se nas regiões terminais da valva; área central ausente; extremidades distais da rafe incluídas em costelas silicificadas. Comprimento: 90,0  $\mu\text{m}$ ; largura: 11,4-12,0  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Salto Grande (estação 7 e 8), Capivara (estação 11) e Rosana (estação 14), ocorrendo em 29% das estações de amostragem. Já foi registrado para a área de estudo, no Rio Tibagi, por Bittencourt-Oliveira (2002).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887, SP390888); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390894).

### *Frustulia* Rabenhorst

*Frustulia saxonica* Rabenhorst. Die Algen Sachsens. Resp. Mittel-Europa's Gesammelt und herausgegeben von Dr. L. Rabenhorst, n 42, 1848-1860 (Exsicata, publicação em várias datas).

Fig. 40.

Valvas linear-lanceoladas, extremidades rostradas, esterno da rafe linear, estreito, rafe filiforme, situada entre costelas, sutilmente arqueada, estrias transversais paralelas e longitudinais sutilmente onduladas, de difícil visualização e contagem em amostras de sedimento, margem valvar lisa, arredondada. Comprimento: 62,7 µm, largura: 11,5 µm.

A característica principal que distingue *F. saxonica* de *F. crassinervia* (Brébisson) Costa é o contorno valvar destituído de ondulações na primeira. O presente concorda plenamente com os espécimes observados por Brassac & Ludwig (2005) na Bacia do Rio Iguaçu, Paraná.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 2), Salto Grande (estação 9), Capivara (estação 10 e 11) e Rosana (estação 13), ocorrendo em 36% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390889); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893).

### Família Sellaphoraceae

#### *Sellaphora* Mereschkowsky

*Sellaphora pupula* (Kützing) Mereschkowsky. Annals and Magazine of Natural History, series 7, 9: 185-195. p. 187, pl. 4, fig. 1-5. 1902.

Fig. 41.

Valvas lineares, retangulares; extremidades amplamente subcapitadas; estrias delicadamente radiadas, de difícil visualização em amostras de sedimento, espaçadas e irregularmente encurtadas na região mediana; esterno da rafe linear, rafe filiforme. Comprimento: 18,9-21,5 µm, largura: 5,0-5,7 µm.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 2), Chavantes (estação 6), Salto Grande (estação 9), Capivara (estação 11) e Rosana (estação 14), ocorrendo em 36% das estações de

amostragem. A espécie foi registrada para a área de estudo, no Reservatório de Rosana, como *Navicula pupula* var. *pupula* Kützing por Bicudo *et al.* (1993).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390889); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390894).

Família Pinnulariaceae

*Pinnularia* Ehrenberg

Chave para os táxons de *Pinnularia*

- 1. Estrias robustas, alveoladas
  - 2. Extremidades amplamente arredondadas a truncado-arredondadas ..... 2. *P. borealis* var. *scalaris*
  - 2. Extremidades arredondadas ..... 1. *P. borealis* var. *borealis*
- 1. Estrias mais delicadas
  - 3. Extremidades subcapitadas, levemente cuneadas ..... 3. *P. subgiba*
  - 3. Extremidades subcapitadas, amplamente arredondadas ..... 4. *P. trigiboides*

1. *Pinnularia borealis* Ehrenberg var. *borealis*. Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1841: 420 (132), pl. 1/2, fig. 6, pl. 4/1, fig. 5, 1843.

Fig. 42.

Valvas lineares, margens retas; extremidades arredondadas; esterno da rafe linear, área central expandida, não alcançando as margens; rafe filiforme com extremidades proximais fletidas para o mesmo lado; estrias robustas, alveoladas, paralelas a radiadas. Comprimento: 18,5-25,0 µm, largura: 4,0-6,0 µm, estrias: 6-7 estrias em 10µm.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 2) e Rosana (estações 13 e 14), ocorrendo em 21% das estações de amostragem. Já foi registrado para a área de estudo, no Rio Tibagi, por Bittencourt-Oliveira (2002).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893, SP390894).

2. *Pinnularia borealis* Ehrenberg var. *scalaris* (Ehrenberg) Rabenhorst. Flora Europaea Algarum aquae dulcis et submarinae. Sectio I: 216, 1864.

Fig. 43.

Valvas lineares, retangulares; margens retas a levemente onduladas, extremidades amplamente arredondadas a truncado-arredondadas; esterno da rafe linear, área central circular, delimitada por estrias mais curtas; rafe filiforme com extremidades proximais fletidas para o mesmo lado; estrias robustas, alveoladas, longas, paralelas a sutilmente radiadas. Comprimento: 24,5-29,7  $\mu\text{m}$ , largura: 4,0-6,5  $\mu\text{m}$ , estrias: 6 em 10 $\mu\text{m}$ .

Difere da variedade típica pela presença de ápices amplamente arredondados. Os materiais concordaram com a população examinada por Krammer (2000), entretanto os ápices variaram de amplamente arredondados a truncado-arredondados e a largura foi inferior a 8,0  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1, 2 e 3), Salto Grande (estações 8 e 9), Capivara (estação 12) e Rosana (estação 14), ocorrendo em 50% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da variedade para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390888, SP390889); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390892); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390894).

3. *Pinnularia subgiba* Krammer. Bibliotheca Diatomologica 26: 126, 176, pl. 46, fig. 1-4, 6-7, pl. 47, fig. 2-4, 6. 1992.

Fig. 44.

Valvas lineares, extremidades subcapitadas, levemente cuneadas; esterno da rafe lanceolado, área central lanceolada, expandida lateralmente pelo encurtamento ou ausência de estrias na região mediana da valva; rafe filiforme com extremidades proximais fletidas para o mesmo lado; estrias radiadas a convergentes. Comprimento: 65,4-69,8  $\mu\text{m}$ , largura: 8,2-8,8  $\mu\text{m}$ , estrias: 11-12 estrias em 10 $\mu\text{m}$ .

O táxon ocorreu apenas na montante do Reservatório de Jurumirim (estação 1), em 7% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência do táxon para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881).

4. *Pinnularia trigiboides* Metzeltin & Lange-Bertalot. Iconographia Diatomologica. Annotated Diatom Micrographs 18: 229, pl. 258, fig. 4-5. 2007.

Fig. 45.

Valvas lineares; extremidades subcapitadas, amplamente arredondadas; esterno da rafe lanceolado; área central lateralmente expandida não alcançando as margens; rafe levemente ondulada, extremidades proximais fletidas para o mesmo lado; estrias radiadas a convergentes. Comprimento: 82,4-89,1  $\mu\text{m}$ , largura: 10,1-14,5  $\mu\text{m}$ , estrias: 9 em 10 $\mu\text{m}$ .



Os espécimes do presente concordam plenamente com a circunscrição original da espécie original (Metzeltin & Lange-Bertalot, 2007).

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 1 e 3), Chavantes (estações 4 e 6), Salto Grande (estações 8 e 9), Capivara (estações 11 e 12) e Rosana (estação 14), ocorrendo em 64% das estações de amostragem. Trata-se da primeira citação da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390884, SP390886); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390891, SP390892); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390894).

Família Naviculaceae

*Navicula* Bory

#### Chave para os táxons de *Navicula*

1. Valvas lanceoladas, extremidades levemente rostradas, arredondadas ..... 2. *N. capitatoradiata*

1. Valvas estreitamente lanceoladas, extremidades atenuado-arredondadas ..... 1. *N. heimansioides*

1. *Navicula heimansioides* Lange-Bertalot. Bibliotheca Diatomologica 27: 113-114, pl. 62, fig. 7-10, Bacill. 2/4, fig. 1-8, Bacill. 2/1, fig. 9-11, 1993.

Fig. 46.

Valvas estreitamente lanceoladas; extremidades atenuado-arredondadas; estrias curvado-radiadas, radiadas a levemente convergentes em direção às extremidades; esterno da rafe linear, delimitado pelo encurtamento irregular das estrias, área central rômbo-lanceolada; rafe filiforme, reta Comprimento: 40,0-42,2  $\mu\text{m}$ , largura: 4,9-5,1  $\mu\text{m}$ , estrias: 16 estrias em 10  $\mu\text{m}$ .

O material concorda plenamente com a descrição original do táxon em Lange-Bertalot (1993). Assemelha-se a *N. radiosiola* Lange-Bertalot, porém a última apresenta valvas mais amplamente lanceoladas e extremidades mais estreitas.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estações 2 e 3) e Rosana (estação 13), ocorrendo em 21% das estações de amostragem. Trata-se da primeira citação da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882, SP390883); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893).

2. *Navicula capitatoradiata* Germain. Flore des diatomées, p.188-189; pl. 72, fig. 7, 1981.

Fig. 47.

Valvas lanceoladas; extremidades levemente rostradas, arredondadas; estrias encurvadas, radiadas a convergentes; esterno da rafe linear, rafe filiforme, extremidades da rafe de difícil visualização em amostras de sedimento. Comprimento: 24,2-29,3  $\mu\text{m}$ , largura: 5,3-5,7  $\mu\text{m}$ , estrias: 18 estrias em 10 $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 2), Salto Grande (estação 7), Capivara (estações 10 e 11), ocorrendo em 29% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891).

#### *Geissleria* Lange-Bertalot & Metzeltin

*Geissleria aikenensis* (Patrick) Torgan & Oliveira. Proceedings of the 16Th International Diatom Symposium 1: 115-126, 2001.

Fig. 48.

Valvas elíptico-lanceoladas; extremidades rostrado-arredondadas; estrias mais retas na região central da valva e mais espaçadas, radiadas para as extremidades; esterno da rafe linear, área central arredondada, reduzida; rafe filiforme, reta. Comprimento: 19,2-21,1  $\mu\text{m}$ , largura: 5,0-5,9  $\mu\text{m}$ , estrias: 16 em 10 $\mu\text{m}$ .

O táxon ocorreu apenas na montante do reservatório de Jurumirim (estação 1), em 7% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881).

#### *Capartograma* Kufferath

*Capartogramma crucicola* (Grunow ex Cleve) Ross Bulletin of the British Museum (Natural History) Botany Series 3(2): 59, pl. 1, fig. B, pl. 2, fig. A, fig. la, 8-11. 1963.

Fig. 49.

Valvas lanceoladas, extremidades rostradas, arredondadas; esterno da rafe linear, estreito; área central com estauo área tigilada. Comprimento: 17,0  $\mu\text{m}$ , largura: 6,0  $\mu\text{m}$ .

A espécie ocorreu apenas na montante do reservatório de Rosana (estação 13), ocorrendo em 7% das estações de amostragem. Foi registrada para a área de estudo, no Reservatório de Rosana, por Bicudo *et al.* (1993) para o Reservatório de Rosana.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390893).

Família Pleurosigmales

*Gyrosigma* Hassal

*Gyrosigma nodiferum* (Grunow) Reimer. The Diatoms of the United States Exclusive of Alaska and Hawaii 1: 320, pl. 24, fig. 2, 1966.

Fig. 50.

Valvas sigmóides, linear-lanceoladas; extremidades atenuado-arredondadas; esterno da rafe sigmóide, estreito; área central elíptica, oblíqua; de difícil visualização em amostras de sedimento; rafe sigmóide, estrias transversais e longitudinais conspícuas. Comprimento: 38,2-41,2  $\mu\text{m}$ , largura: 5,0-5,4  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se apenas no Reservatório de Jurumirim (estação 1, 2 e 3), ocorrendo em 21% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882, SP390883).

Família Catenulaceae

*Amphora* Ehrenberg

*Amphora copulata* (Kützing) Schoeman & Archibald. Journal of South African Botany 52(5): 429, fig. 11-13, 30-34, 1986.

Fig. 51.

Valvas dorsiventrais; margem dorsal convexa, margem ventral suavemente côncava; extremidades atenuado-arredondadas; esterno da rafe arqueado, estreito, área central expandida atingindo as margens valvar; rafe arqueada, extremidades proximais fletidas dorsalmente, estrias dorsais paralelas interrompidas na região mediana por uma área central regular, estrias ventrais radiadas, aréolas alongadas. Comprimento: 19,8-21,7  $\mu\text{m}$ , largura: 4-5,7  $\mu\text{m}$ , estrias: 13 em 10  $\mu\text{m}$ .

O táxon distribuiu-se apenas no Reservatório de Capivara (estações 10 e 11), ocorrendo em 14% das estações de amostragem. É a primeira ocorrência da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891).

Família Bacillariaceae

*Nitzschia* Hassal

Chave para os táxons de *Nitzschia*

1. Estrias robustas, areolação conspícua ..... 1. *Nitzschia amphibia*

1. Estrias inconspícuas ..... 2. *Nitzschia palea*

1. *Nitzschia amphibia* Grunow. Verhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien 12: 574; pl. 28/12, fig. 23, 1862.

Fig. 52-53.

Valvas lanceoladas; extremidades atenuado-arredondadas; fíbulas marginais robustas; estrias grosseiras, areolação conspícua, paralelas a levemente radiadas próximas às extremidades. Comprimento: 11,7-21,5  $\mu\text{m}$ , largura: 3,0-4,0  $\mu\text{m}$ , estrias: 23-26 em 10 $\mu\text{m}$ ; fíbulas: 10-12 em 10 $\mu\text{m}$ .

O táxon ocorreu apenas no Reservatório de Jurumirim (estação 1, 2 e 3), em em 21% das estações de amostragem. Já foi registrado para a área de estudo, no Reservatório de Rosana, por Bicudo *e al.* (1993).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390881, SP390882, SP390883).

2. *Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith. Synopsis of British Diatomaceae 2: 89, 1856.

Fig. 54.

Valvas elíptico-lanceoladas; extremidades rostrato-capitadas a subcapitadas; fíbulas marginais equidistantes; estrias inconspícuas. Comprimento: 13,2-15,6  $\mu\text{m}$ , largura: 2,0-2,4  $\mu\text{m}$ ;

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 2), Chavantes (estações 5 e 6), Salto Grande (estação 7), Capivara (estações 10, 11, 12) e Rosana (estação 14). Ocorrendo em 57% das estações de amostragem. O táxon foi citado para o Reservatório de Rosana por Bicudo *et al.* (1993) e para o Rio Tibagi por Bittencourt-Oliveira (2002).

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390885, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390894).

*Hantzschia* Grunow

*Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow in Cleve & Grunow. Beiträge zur Kenntniss der Arctischen Diatomeen. Kongliga Svenska-Vetenskaps Akademiens Handlingar 17 (2): 121pp., p.103, 1880.

Fig. 55.

Valvas lineares, constrictas na região mediana da margem fibulada; extremidades rostrado-capitadas a subcapitadas; fibulas marginais conspicuas; estrias delicadas, de difícil visualização em amostras de sedimento. Comprimento: 25,2-30,0 µm, largura: 3,2-4,2 µm.

O táxon distribuiu-se nos reservatórios de Jurumirim (estação 2), Chavantes (estação 5 e 6), Salto Grande (estação 7), Capivara (estações 10, 11 e 12) e Rosana (estação 14), ocorrendo em 57% das estações de amostragem. Foi citado para a área de estudo por Bicudo *et al.* (1993) para o Reservatório de Rosana.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo:** Rio Paranapanema, Reservatório de Jurumirim, sedimento, 24/XI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390882); **São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Chavantes, sedimento, 19/IV/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390885, SP390886); Reservatório de Salto Grande, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390887); Reservatório de Capivara, sedimento, 17/I/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390890, SP390891, SP390892); Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390894).

Família Rhopalodiaceae

*Rhopalodia* Müller

*Rhopalodia musculus* (Kützing) O. Müller. Hedwigia 38(6): 278, 294, 1900.

Fig. 56.

Valvas marcadamente dorsiventrais, margem dorsal convexa, margem ventral côncava; costelas transapicais e estrias radiadas em direção a extremidades. Comprimento: 12,6-22,0 µm, largura: 8,0-9,2 µm, costelas: 5-6 em 10 µm, estrias: 16 em 10 µm.

Apesar da não visualização das extremidades, características como estrias bisseriadas e margem ventral côncava permitiram a separação deste táxon de *R. gibberula* (Ehr.) O. Müller.

O táxon ocorreu exclusivamente na barragem do reservatório de Rosana (estação 14), ocorrendo em 7% das estações de amostragem. Trata-se da primeira citação da espécie para a área de estudo.

Material examinado: **BRASIL. São Paulo/Paraná:** Rio Paranapanema, Reservatório de Rosana, sedimento, 08/VI/2006, *L. Fontana s.n.* (SP390894).

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Marcos Gomes Nogueira e ao Prof. Dr. Raoul Henry, do Departamento de Zoologia da Universidade Estadual Paulista, Botucatu, pelo auxílio nas coletas e aos Pós-graduandos Angélica C. Righetti da Rocha, Fernanda Ferrari e Carlos Eduardo Wetzel, pelo auxílio na identificação de alguns materiais. Agradecem também a “Duke Energy International” pela autorização das coletas, à FAPESP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela bolsa em nível de

mestrado concedida à primeira autora (processo 05/57399-6) e ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Bolsa concedida a DCB, processo 520745/96-5 to DCB).

### Referências Bibliográficas

- Barber, H.G. & Haworth, E.Y. 1981. **A guide to the morphology of the diatom** frustule with a key to the british freshwater genera. Freshwater Biological Association, Scientific Publication, nº 44, 112p.
- Batarbee, R.W. 1986. Diatoms analysis. Pp. 527-570. In: Berglund, B.E. (ed.). **Handbook of Holocene Palaeohydrology**. New York, John Wiley & Sons.
- Bicudo, D.C., Bicudo, C.E.M., Castro, A.A.J. & Picelli-Vicentim, M.M. 1993. Diatomáceas (Bacillariophyceae) do trecho a represar do Rio Paranapanema (Usina Hidrelétrica de Rosana), Estado de São Paulo, Brasil. **Hoehnea** **20**: 47-68.
- Bicudo, D.C., Ferragut, C.; Crossetti, L.O. & Bicudo, C.E.M. 2005. Efeitos do represamento sobre a estrutura da comunidade fitoplanctônica do reservatório de Rosana, baixo rio Paranapanema, Estado de São Paulo. Pp. 349-377. In: M. Nogueira; R. Henry & A. Jorcin (orgs.) **Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata**. São Carlos, RiMa Editora.
- Bittencourt-Oliveira, M.C. 2002. A comunidade fitoplanctônica do rio Tibagi: uma abordagem preliminar de sua diversidade. Pp. 373-402. In: M.E. Medri; E. Bianchini; O.A. Shibatta; J.A. Pimenta (orgs.). **A bacia do rio Tibagi**. Londrina, M.E. Medri.
- Brassac, N.M., Ludwig, T.A.V. 2005. Amphipleuraceae e Diploneidaceae (Bacillariophyceae) da bacia do rio Iguaçu, PR, Brasil. **Acta Botanica Brasilica** **19**(2): 359-368.
- Cavallier-Smith, T. 1998. A revised six-kingdom system of life. **Biological Reviews** **73**: 203-266.
- Felisberto, S.A. & Rodrigues, L. 2005. Periphytic community of reservoirs cascade in the Paranapanema river, Brazil. **Acta. Sci. Biol. Sci.** **27** (3): 215-223.
- Ferrari, F.; Procopiak, L. K.; Alencar, Y. B. & Ludwig, T. A. V. 2007. Eunotiaceae (Bacillariophyceae) em Igarapés da Amazônia Central, Manaus e Presidente Figueiredo, Brasil. **Acta Amazonica**. **37**(1): 1-16.
- Henry, R., Ushinohama, E. & Ferreira, R.M.R. 2006. Fitoplankton em três lagoas marginais ao Rio Paranapanema e em sua desembocadura no Reservatório de Jurumirim (São Paulo, Brasil) durante o período prolongado de seca. **Revista Brasileira de Botânica** **29**: 399-414.
- Krammer, K. 2000. The genus Pinnularia. In: Lange-Bertalot, H (ed.). **Diatoms of Europe**, v. 1, 703 p.
- Karmmer, K. 2002. Cymbella. In: Lange-Bertalot, H. (ed). **Diatoms of Europe**, v. 3, 584 p.
- Lange-Bertalot. 2003. **85 New Taxa and much more than 100 taxonomic clarifications supplementary to SüBwasserflora von Mitteleuropa**, vol. 2/1-4, 453 p.

- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H. 1998. **Tropische Diatomeen in Südamerika I.** In: Lange-Bertalot, H. (ed.). *Iconographia Diatomologica*. Königstein, Költz Scientific Books, v. 5.
- Metzeltin, D.; Lange-Bertalot, H. & García-Rodríguez, F. 2005. Diatoms of Uruguay. **Iconographia Diatomologica** 15: 1-736.
- Metzeltin, D. & Lange-Bertalot, H. 2007. Tropical Diatoms of South America, 2. *In*: Lange-Bertalot, H. (ed.). **Iconographia Diatomologica**, annotated diatom micrographs. Stuttgart: Koeltz Scientific Books, v. 18, 877 p.
- Nogueira, M.G. 2000. Phytoplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental **compartmentalization** in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazil. **Hydrobiologia** 431: 115-128.
- Nogueira, M.G.; Jorcin, A., Vianna, N.C. & Britto, Y.C. 2002. Uma avaliação dos processos de eutrofização nos reservatórios em cascata do rio Paranapanema (SP/PR), Brasil. Pp. 91-106. In: A.C. Fernández & G.M. Chalar (eds). **El agua em Iberoamérica – de la limnología a la gestión em Sudamérica**. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Buenos Aires.
- Round, F.E.; Crawford, R.M. & Mann, D.G. 1990. **The Diatoms: biology and morphology of the genera**. Cambridge, Cambridge University Press.

Tabela 1. Localização das estações de amostragem nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR).

Trecho do rio	Reservatório	Estação de amostragem	Região	Longitude	Latitude
Alto Paranapanema	Jurumirim	1	Montante	38° 51'33,4''N	94° 47'94,1''W
		2	Ribeirão das Posses (braço lateral)	23° 22'63,5''S	49° 00'0,67''W
	Chavantes	3	Barragem	23° 13'43,4''S	49° 13'27,8''W
		4	Montante	23° 07'57,9''S	49°54'58,9''W
		5	Compartimento central	23° 24'10,7''S	49° 34'26,9''W
		6	Barragem	23° 8'43,5''S	49° 42'36,9''W
Médio Paranapanema	Salto Grande	7	Montante	22° 53'50''S	49° 59'20''W
		8	Foz do Rio Pardo	22° 54'37''S	49° 58'11''W
		9	Barragem	22° 55'11,5''S	49° 57'52''W
	Capivara	10	Montante	22° 54'01''S	50° 47'38''W
		11	Compartimento central (próximo à foz do Rio Tibagi)	23° 00'05''S	50° 57'16''W
		12	Barragem	22° 39'21,2''S	51° 20'49,9''W
Baixo Paranapanema	Rosana	13	Montante	22° 36'06,9''S	52° 09'48,8''W
		14	Barragem	22° 36'21,5''S	52° 51'50,8''W



Tabela 2. Distribuição dos táxons nas estações de amostragem dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP/PR).

Reservatórios	Jurumirim			Chavantes			Salto Grande			Capivara			Rosana	
Estações de amostragem/táxons	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Achnanthydium catenatum</i>													X	X
<i>A. exiguum</i> var. <i>exiguum</i>			X				X				X			X
<i>Amphipleura lindheimerii</i>							X	X			X			X
<i>Amphora copulata</i>										X				X
<i>Capartogramma crucicola</i>														X
<i>Cocconeis fluviatilis</i> var. <i>fluviatilis</i>	X		X	X		X	X	X		X	X	X		
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>acuta</i>	X		X	X		X	X	X		X	X	X		
<i>C. placentula</i> var. <i>placentula</i>	X		X	X		X	X	X		X	X	X		
<i>C. placentula</i> var.	X		X	X		X	X	X		X	X	X		
<i>Cymbella tropica</i>		X	X		X				X		X			
<i>Cymbopleura naviculiformis</i>										X				
<i>Diadesmis contenta</i>													X	X
<i>Encyonema perpusillum</i> var. <i>perpusillum</i>	X	X			X				X	X	X			X
<i>E. silesiacum</i>	X		X	X	X	X	X	X			X	X	X	
<i>Eunotia camelus</i>			X			X								
<i>E. georgii</i>	X	X	X											
<i>E. monodon</i>		X	X											
<i>E. rabenhorstii</i> var. <i>monodon</i>		X	X						X					
<i>E. sudetica</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>E. tridentula</i> var. <i>tridentula</i>	X													
<i>E. zygodon</i>		X	X	X				X	X					
<i>Frustulia saxonica</i>		X							X	X	X		X	
<i>Geissleria aikenensis</i>	X													
<i>Gomphonema acuminatum</i>	X	X	X											
<i>G. costae</i>										X	X	X		
<i>G. gracile</i>										X	X		X	X

Tabela 2. Cont.

Reservatórios Estações de amostragem/táxons	Jurumirim			Chavantes			Salto Grande			Capivara			Rosana	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>G. lagenula</i>	X	X												
<i>G. laticollum</i>		X								X	X		X	X
<i>G. parvulum</i>	X	X	X			X		X	X		X	X		
<i>G. subtile</i>											X			
<i>Gyrosigma nodiferum</i>	X	X	X											
<i>Hantzschia amphioxys</i>		X			X	X	X			X	X	X		X
<i>Luticola dapalis</i>	X		X			X	X	X			X			
<i>L. goeppertiana</i>	X		X	X	X	X						X	X	
<i>L. mutica</i>													X	
<i>Navicula heimansioides</i>		X	X										X	
<i>N. capitatoradiata</i>		X					X			X	X			
<i>Nitzschia amphibia</i>	X	X	X											
<i>N. palea</i>		X			X	X	X			X	X	X		X
<i>Pinnularia borealis</i> var. <i>borealis</i>		X											X	X
<i>P. borealis</i> var. <i>scalaris</i>	X	X	X					X	X			X		X
<i>P. subgiba</i>	X													
<i>P. trigibboides</i>	X		X	X		X		X	X		X	X		X
<i>Planotidium lanceolatum</i>			X				X	X			X			
<i>P. rostratum</i>	X	X												
<i>Rhopalodia musculus</i>														X
<i>Sellaphora pupula</i>		X				X			X		X			X
Total de táxons	20	22	23	9	7	14	13	13	10	15	23	13	12	14

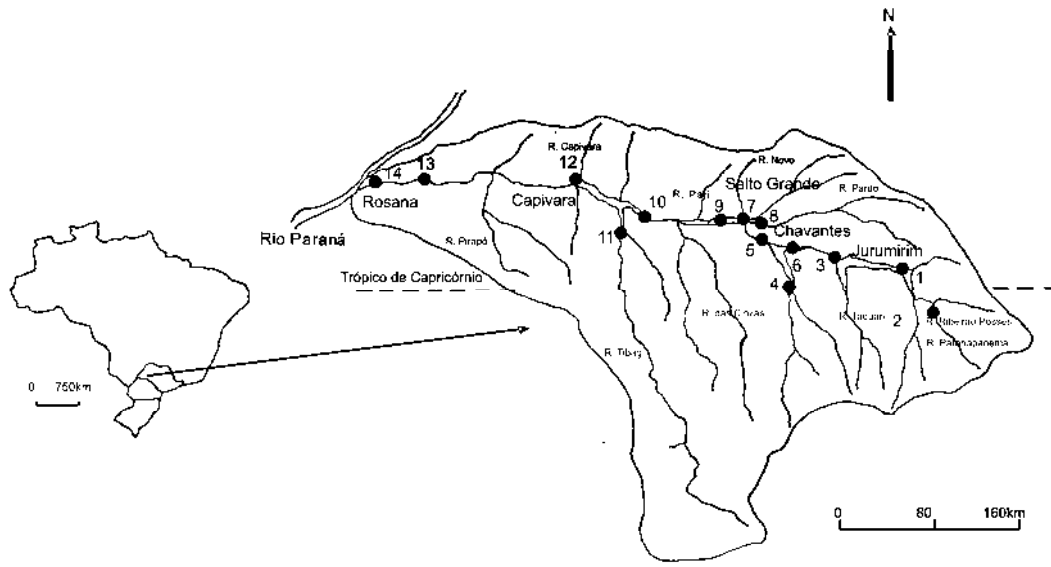
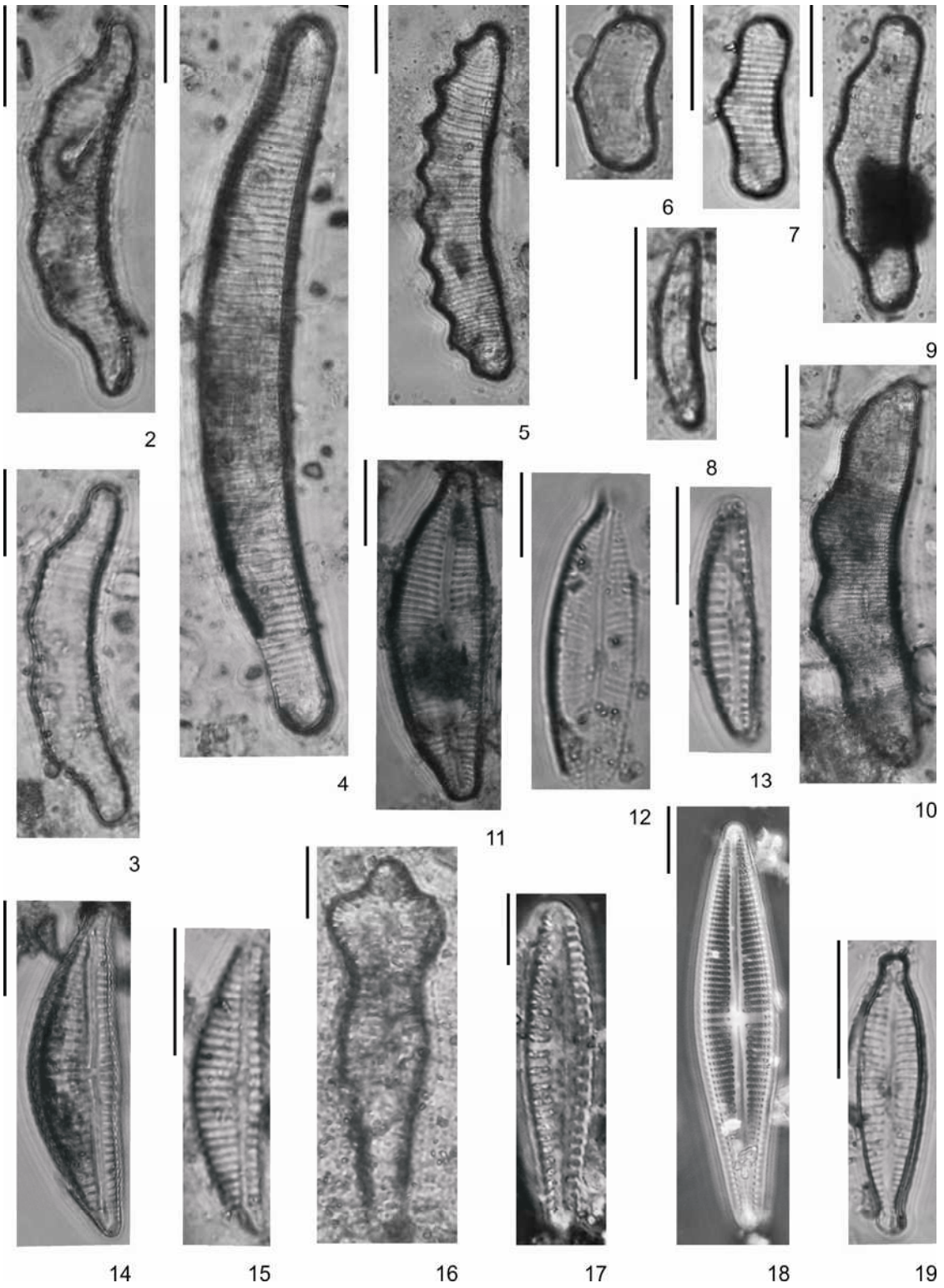
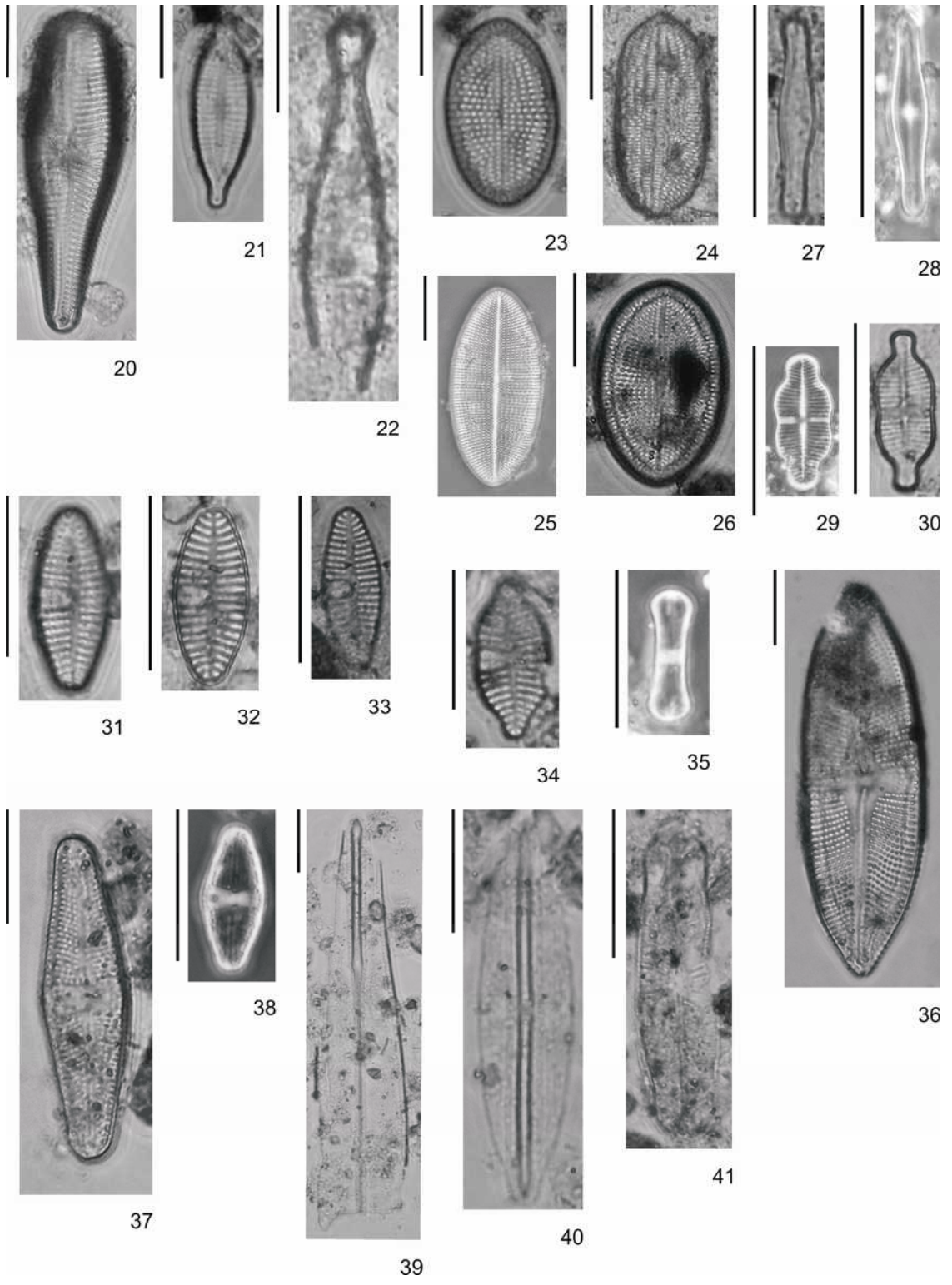


Figura 1. Localização das estações de amostragem nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Estações 1 a 6: alto Rio Paranapanema, estações 7 a 12: médio Rio Paranapanema e estações 13 a 14: baixo Rio Paranapanema (modificado de Nogueira *et al.* 2005).

Figuras 2-19. Representantes da Classe Bacillariophyceae; 2-3. *Eunotia camelus* Ehrenberg; 4. *E. monodon* Ehrenberg; 5. *E. georgii* Metzeltin & Lange-Bertalot; 6-7. *E. rabenhorstii* Cleve & Grunow var. *monodon* Cleve & Grunow; 8. *E. sudetica* O.F. Müller; 9. *E. tridentula* Ehrenberg var. *tridentula*; 10. *E. zygodon* Ehrenberg; 11. *Cymbella tropica* Krammer & Metzeltin; 12. *Cymbopleura naviculiformis* (Auerswald ex Heiberg) Krammer; 13. *Encyonema perpusillum* (A. Cleve) Mann var. *perpusillum*; 14-15. *E. silesiacum* (Bleisch) Mann; 16. *Gomphonema acuminatum* Ehrenberg; 17. *G. costae* Metzeltin & Lange-Bertalot; 18. *G. gracile* Ehrenberg; 19. *G. lagenula* Kützing. Escala: 10 µm.

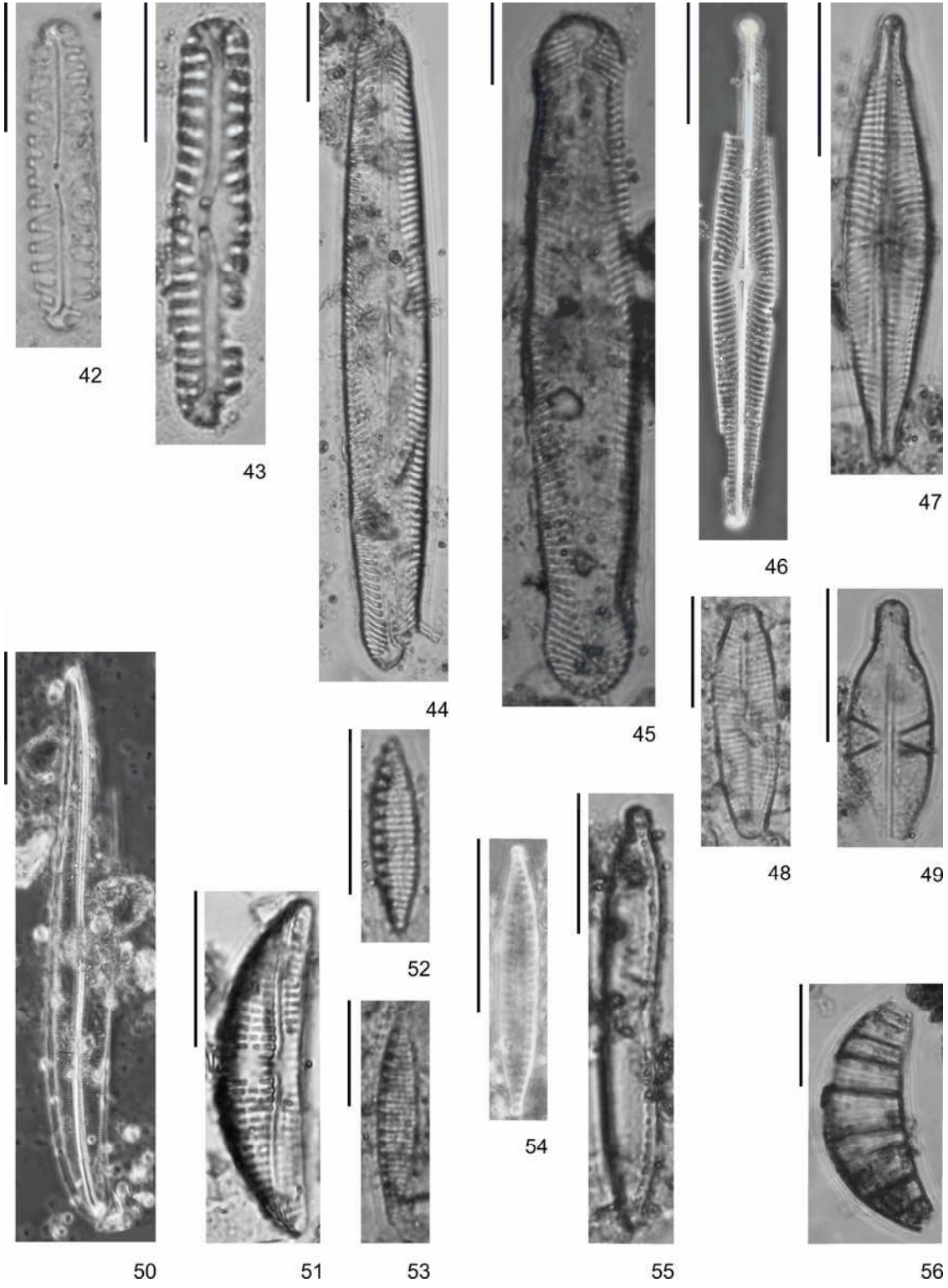


Figuras 20-41. Representantes da Classe Bacillariophyceae; 20. *G. laticollum* E. Reichart; 21. *G. parvulum* (Kützing) Kützing; 22. *G. subtile* Ehrenberg; 23. *Cocconeis fluviatilis* var. *fluviatilis* Wallace; 24. *C. placentula* Ehrenberg var. *acuta* Meister; 25. *C. placentula* var. *placentula* Ehrenberg; 26. *C. placentula* Ehrenberg var; 27-28. *Achnanthidium catenatum* (Bily & Marvan) Lange-Bertalot; 29-30. *A. exiguum* (Grunow) Czarnecki var. *exiguum*; 31-33. *Planothidium lanceolatum* (Brébisson ex Kützing) H. Lange-Bertalot; 34. *P. rostratum* (Østrup) Round & Bukhtiyarova; 35. *Diadesmis contenta* (Grunow ex Van Heurck) Mann; 36. *Luticola dapalis* (Frenguelli) Mann; 37. *L. goeppertiana* (Bleisch in Rabenhorst) Mann; 38. *L. mutica* (Kützing) Mann; 39. *Amphipleura lindheimerii* Grunow; 40. *Frustulia saxonica* Rabenhorst; 41. *Sellaphora pupula* (Kützing) Mereschkowsky. Escala: 10 µm.



Figuras 42-56. Representantes da Classe Bacillariophyceae; 42. *Pinnularia borealis* Ehrenberg var. *borealis*; 43. *P. borealis* Ehrenberg var. *scalaris* (Ehrenberg) Rabenhorst; 44. *P. subgiba* Krammer; 45. *P. trigibboides* Metzeltin & Lange-Bertalot; 46. *Navicula heimansiodes* Lange-Bertalot; 47. *N. capitatoradiata* Germain; 48. *Geissleria aikenensis* (Patrick) Torgan & Oliveira; 49. *Capartogramma crucicola* (Grunow ex Cleve) Ross; 50. *Gyrosigma nodiferum* (Grunow) Reimer; 51. *Amphora copulata* (Kützing) Schoeman & Archibald; 52-53. *Nitzschia amphibia* Grunow; 54. *N. palea* (Kützing) Wm. Smith; 55. *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow; 56. *Rhopalodia musculus* (Kützing) O. Müller. Escala: 10 µm.





## 7. RESULTADOS: ESTRUTURA DA COMUNIDADE DE DIATOMÁCEAS

### 7.1. Caracterização dos Sedimentos

#### 7.1.1. Granulometria

Os resultados da análise granulométrica mostraram predominância de grãos compreendidos em faixa granulométrica de areia (incluindo as frações de areia grossa, média, fina e muito fina) com amplitude de variação entre 50,7-100% em todas as estações de amostragem do Rio Paranapanema (figura 12). Quase a totalidade das estações de amostragem (71%) apresentou predominância de frações de areia fina (125  $\mu$ m), as demais estações (29%) apresentaram predominância de areia média (250  $\mu$ m).

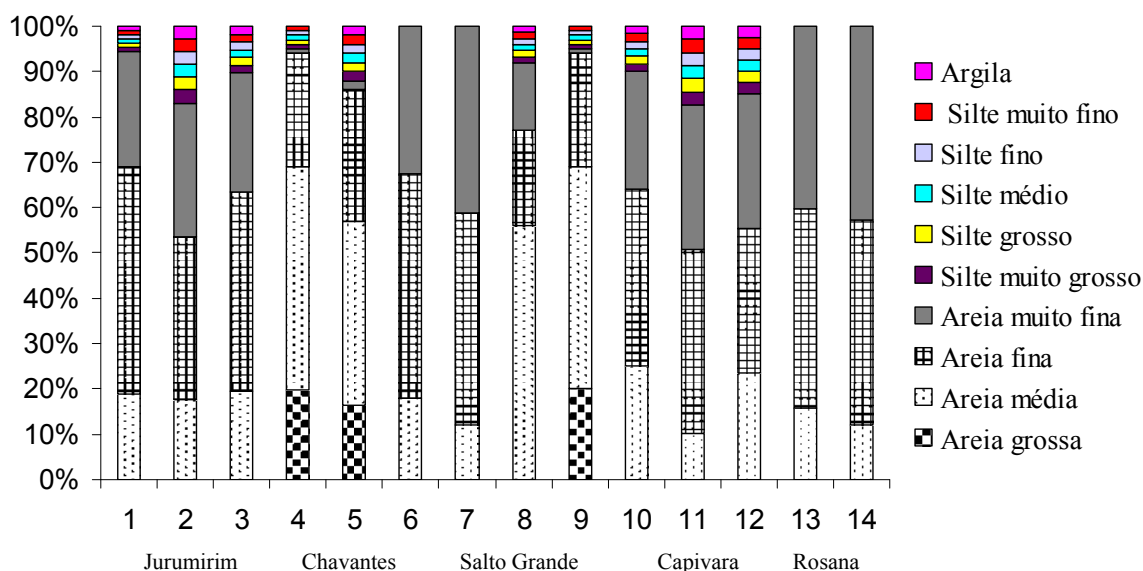


Figura 12. Porcentagem de frações granulométricas nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema: Jurumirim (1 = montante Jurumirim, 2 = Ribeirão das Posses (braço lateral), 3 = barragem Jurumirim); Chavantes (4 = montante Chavantes, 5 = compartimento central de Chavantes; 6 = Barragem Chavantes); Salto Grande (7 = Montante Salto Grande; 8 = Foz do Rio Pardo; 9 = barragem Salto Grande); Capivara (10 = montante Capivara; 11 = Corpo central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi), 12 = barragem Capivara); Rosana (13 = montante Rosana, 14 = barragem Rosana).

As estações de amostragem 6 (barragem de Chavantes), 7 (montante de Salto Grande), 13 e 14 (montante e barragem de Rosana) apresentaram 100% de areia no sedimento (incluindo as frações de areia grossa, média e fina). As estações 4 (montante de Chavantes) e 9 (barragem de Salto Grande) apresentaram 95% e foram seguidas em ordem decrescente de contribuição de areia pelas estações 1 (montante de Jurumirim, 94,5%), 8 (Foz do Rio Pardo, 91,9%), 10 (montante de Capivara, 90%), 3 (barragem de Jurumirim, 89,6%), 5 (compartimento central de Chavantes, 88%), 12 (barragem, 85,0%), 2 (Ribeirão das Posses, 83,1%) e 11 (compartimento central de Capivara, 82,7%). As demais estações apresentaram variação entre 50,7-63,4% de areia.

Com relação ao silte (incluindo as frações de silte muito grosso, grosso, médio, fino e muito fino), a maior porcentagem (14,4%) foi observada na estação 11 (compartimento central de Capivara, próximo à desembocadura do Rio Tibagi), seguida pela a estação 2 (Ribeirão das Posses, braço lateral em Jurumirim), com 14,1%. A menor porcentagem foi observada na estação de montante de Jurumirim (4,6%). As estações barragem de Chavantes (6), montante de Salto Grande (7), Montante e barragem de Rosana (Ro13, Ro14) não apresentaram grãos compreendidos em faixa granulométrica de silte a argila.

Pequena variação foi observada quanto às porcentagens de argila entre as estações de amostragem, que esteve entre 0-2,8%.

### 7.1.2. Fósforo e Nitrogênio Total

**Fósforo Total** - As concentrações de fósforo total do sedimento, expressas em massa de sedimento seco, variaram de 0,11-1,90 mg gMS<sup>-1</sup> (tabela 9, figura 13). Houve incremento nos níveis de fósforo total no trecho médio do Rio Paranapanema, de forma que os maiores valores ocorreram no Reservatório de Capivara (1,90 mg gMS<sup>-1</sup> na montante e 1,42 mg gMS<sup>-1</sup> na barragem), seguido por Salto Grande (1,36 mg gMS<sup>-1</sup> na Foz do Rio Pardo e 0,98 mg gMS<sup>-1</sup> na barragem). Os reservatórios de Jurumirim e Chavantes, localizados no alto Paranapanema, apresentaram os valores mais baixos (0,68 mg gMS<sup>-1</sup> na montante de Jurumirim e 0,11 mg gMS<sup>-1</sup> na barragem; 0,50 mg gMS<sup>-1</sup> no compartimento central e 0,71 mg gMS<sup>-1</sup> na montante de Chavantes). Para o Reservatório de Rosana, localizado no Baixo Paranapanema, as concentrações mais elevadas foram observadas na região da barragem (1,22 mg gMS<sup>-1</sup>).

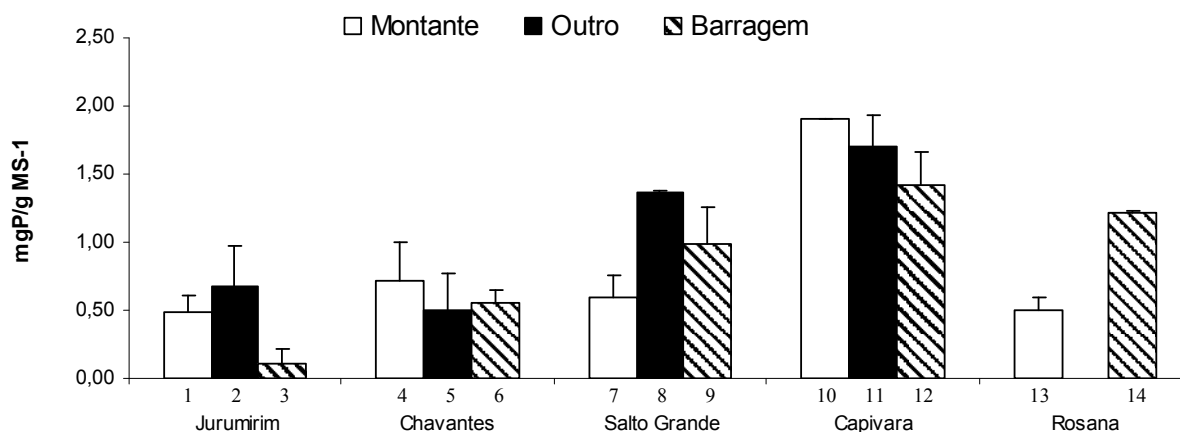


Figura 13. Média ( $\pm$  DP) das concentrações de fósforo total do sedimento (mg gMS<sup>-1</sup>) nos reservatórios do Rio Paranapanema. Barra branca: montante; barra achuriada: barragem; outro: 2 = Ribeirão das Posses (braço lateral), 5 = compartimento central, 8 = Foz do Rio Pardo e 11 = compartimento central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi).

Tabela 9. Valores médios e desvio padrão ( $n = 2$ ) das concentrações de fósforo total do sedimento (mg gMS<sup>-1</sup>) nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Outro: Jurumirim = Ribeirão das Posses (braço

lateral), Chavantes = compartimento central, Salto Grande = Foz do Rio Pardo, Capivara = compartimento central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi).

Estações de amostragem	Jurumirim (mgP gMS <sup>-1</sup> )	Chavantes (mgP gMS <sup>-1</sup> )	Salto Grande (mgP gMS <sup>-1</sup> )	Capivara (mgP gMS <sup>-1</sup> )	Rosana (mgP gMS <sup>-1</sup> )
Montante	0,49 ± 0,12	0,71 ± 0,29	0,60 ± 0,15	1,90 ± 0,00	0,50 ± 0,10
Outro	0,68 ± 0,29	0,50 ± 0,27	1,36 ± 0,01	1,70 ± 0,23	-
Barragem	0,11 ± 0,11	0,55 ± 0,10	0,98 ± 0,27	1,42 ± 0,25	1,22 ± 0,01

**Nitrogênio Total** - A figura 14 aponta tendência de incremento nas concentrações de nitrogênio total nos reservatórios localizados na região do médio Paranapanema, especialmente em Capivara, onde a maior concentração foi observada na estação de barragem (3,59 mg gMS<sup>-1</sup>). Os menores teores ocorreram no compartimento central do Reservatório de Chavantes (0,14 mg gMS<sup>-1</sup>), seguido pela barragem de Jurumirim (0,16 mg gMS<sup>-1</sup>).

No Reservatório de Jurumirim, o primeiro da série em cascata observou-se as maiores concentrações de nitrogênio nas estações de montante e Ribeirão das Posses (braço lateral) do reservatório (1,82 e 1,84 mg gMS<sup>-1</sup>, respectivamente). No extremo da série, no Reservatório de Rosana localizado no baixo Paranapanema, já foi observado maior concentração na barragem (1,35 mg gMS<sup>-1</sup>).

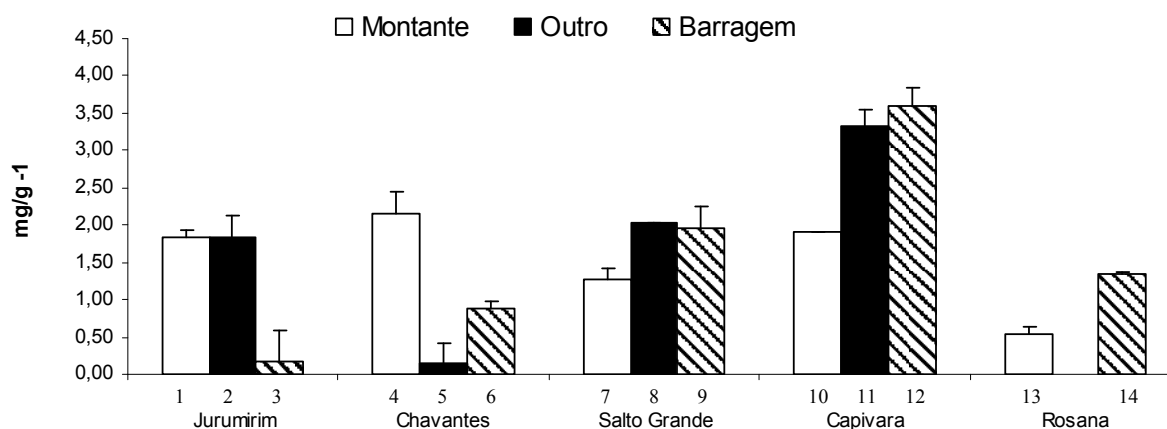


Figura 14. Média (± DP) das coconcentrações de nitrogênio total do sedimento (mg gMS<sup>-1</sup>) nos reservatórios do Rio Paranapanema: barra branca: montante; barra achuriada: barragem; outro: 2 = Ribeirão das Posses (braço lateral), 5 = compartimento central, 8 = Foz do Rio Pardo e 11 = compartimento central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi).

Tabela 10. Valores médios e desvio padrão ( $n = 2$ ) das concentrações de nitrogênio total do sedimento (mg gMS<sup>-1</sup>) nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Outro: Jurumirim = Ribeirão das Posses (braço lateral), Chavantes = compartimento central, Salto Grande = Foz do Rio Pardo, Capivara = compartimento central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi).

Estações de amostragem	Jurumirim (mgN gMS <sup>-1</sup> )	Chavantes (mgN gMS <sup>-1</sup> )	Salto Grande (mgN gMS <sup>-1</sup> )	Capivara (mgN gMS <sup>-1</sup> )	Rosana (mgN gMS <sup>-1</sup> )
Montante	1,82 ± 0,12	2,16 ± 0,29	1,28 ± 0,15	1,90 ± 0,00	0,53 ± 0,10
Outro	1,84 ± 0,29	0,14 ± 0,27	2,02 ± 0,01	3,32 ± 0,23	-
Barragem	0,16 ± 0,41	0,88 ± 0,10	1,97 ± 0,27	3,59 ± 0,25	1,35 ± 0,01

### 7.1.3. Avaliação Conjunta dos Dados Abióticos

Com o objetivo de visualizar as principais tendências de variação das características abióticas analisadas nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema, foi aplicada análise de componentes principais, utilizando cinco variáveis: nitrogênio total, fósforo total, profundidade, silte e areia. A fração argila não foi considerada por estar pouco representada, além de sua distribuição mais uniforme nas estações de amostragem.

A análise resumiu 71,8% da variabilidade total dos dados em seus dois primeiros eixos (figura 15). A principal separação ocorreu no eixo 1 (43,7% de variação explicada), no qual as unidades amostrais se ordenaram principalmente em função da maior disponibilidade de nutrientes. As unidades relativas ao médio trecho do rio posicionaram-se, em sua quase totalidade, do lado positivo do eixo 1 e estiveram associadas às maiores concentrações de PT (fósforo total,  $r = 0,91$ ), NT (nitrogênio total,  $r = 0,80$ ), seguidas pela maior porcentagem de areia no sedimento ( $r = 0,69$ ). Em contrapartida, as unidades relativas ao alto trecho do rio posicionaram-se do lado negativo do eixo, estando associadas às menores concentrações das variáveis mencionadas. A estação de montante de Salto Grande (SG7), localizada no médio trecho do rio, também esteve associada às baixas concentrações de nutrientes e porcentagem de areia no sedimento. Ainda no eixo 1, a profundidade foi a variável que menos contribuiu para a ordenação das unidades amostrais ( $r = 0,49$ ). O eixo 2 (28,1% de variação explicada) separou, principalmente, as unidades amostrais Ju2 (braço lateral Ribeirão das Posses em Jurumirim) das estações de montante e barragem de Rosana (Ro13 e Ro14, respectivamente), no qual as últimas estiveram-se associadas às menores porcentagens de silte no sedimento.

Em síntese, a análise conjunta dos dados indicou que a principal fonte de variação foi o nível de enriquecimento, mais acentuado no trecho médio do rio Paranapanema.

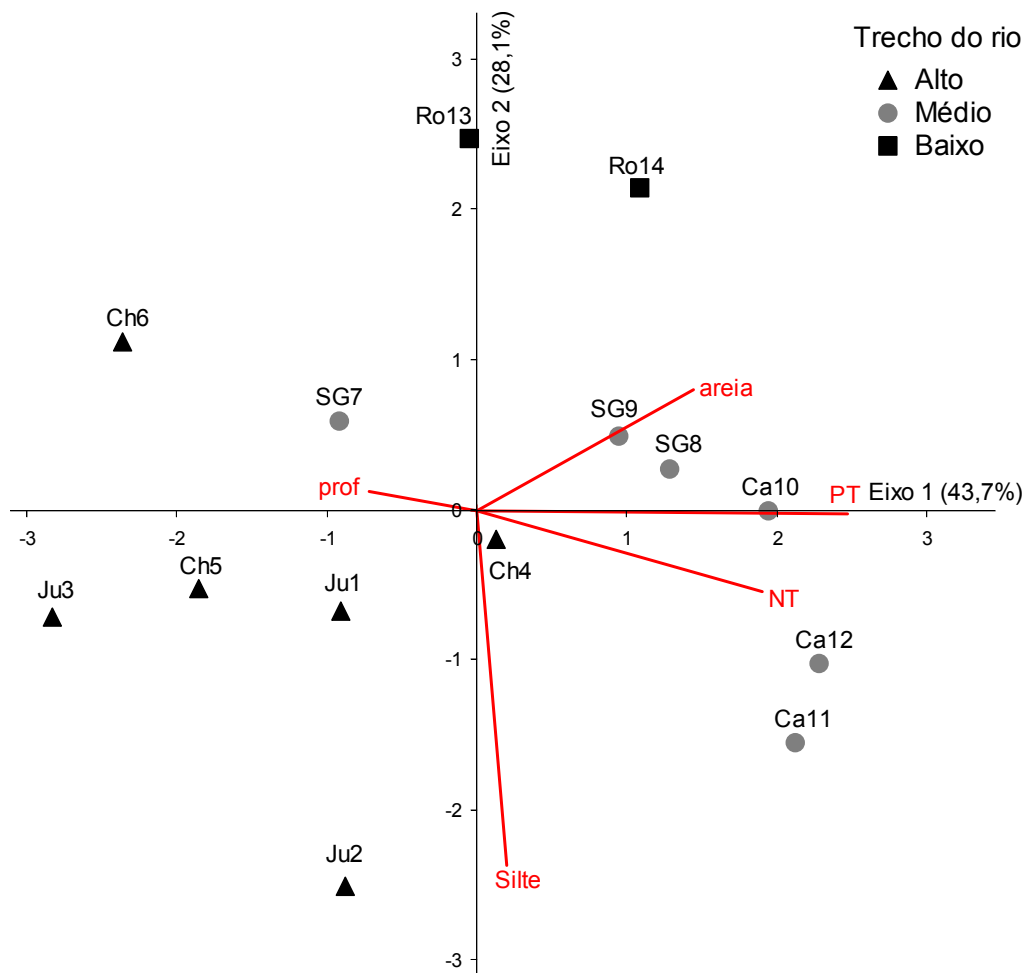


Figura 15. Ordenação pela ACP (Análise de Componentes Principais) das unidades amostrais relativas aos trechos do Rio Paranapanema (alto, médio e baixo Paranapanema). **Abreviações das unidades amostrais - Ju1:** montante de Jurumirim, **Ju2:** Ribeirão das Posses, **Ju3:** barragem de Jurumirim; **Ch4:** montante de Chavantes, **Ch5:** compartimento central, **Ch6:** barragem de Chavantes; **SG7:** montante de Salto Grande, **SG8:** Foz do Rio Pardo, **SG9:** barragem de Salto Grande; **Ca10:** montante de Capivara, **Ca11:** compartimento central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi), **Ca12:** barragem de Capivara; **Ro13:** montante de Rosana; **Ro14:** barragem de Rosana. **Abreviações dos vetores – NT:** nitrogênio total do sedimento; **PT:** fósforo total do sedimento; **prof:** profundidade.

## 7.2. Estrutura da Comunidade de Diatomáceas

### 7.2.1. Estrutura Qualitativa da Comunidade de Diatomáceas

A composição das diatomáceas nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema foi constituída por 31 gêneros e 60 táxons infragenéricos (tabela 11, capítulos 1 e 2).

A maior riqueza (figura 16), englobando as estações de amostragem de cada reservatório, foi encontrada no reservatório de Jurumirim (45), seguido em ordem decrescente pelos reservatórios de Capivara (36), Salto Grande (31), Chavantes (25) e Rosana (24).

Considerando a riqueza por estação de amostragem (figura 17), o maior número de táxons foi encontrado na barragem do Reservatório de Jurumirim e no compartimento central (próximo à

desembocadura do Rio Tibagi) do Reservatório de Capivara (30) e o menor, na montante de Chavantes (10).

Como tendência geral, as maiores riquezas foram observadas no Reservatório de Jurumirim, bem como nas zonas de barragem dos reservatórios estudados (exceto ao compartimento central do Reservatório de Capivara, próximo à desembocadura do Rio Tibagi).

Em relação à adição de novas espécies ao longo das estações de amostragem, foi verificada tendência de incremento em direção ao baixo Paranapanema. O aumento foi mais elevado no início da série, especialmente, na estação Ribeirão das Posses (braço lateral) em Jurumirim (12 táxons), tornando-se mais gradual até a barragem de Salto Grande (estação 9) e elevando-se mais a partir do Reservatório de Capivara até o final da série em cascata (Figura 18).

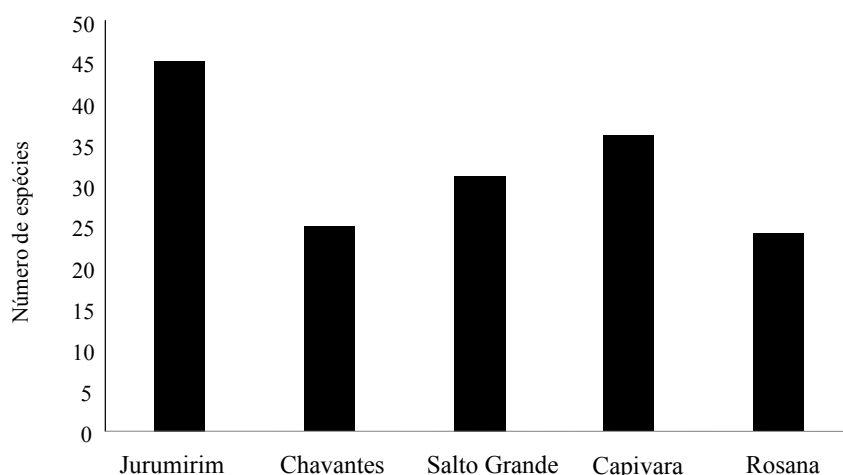


Figura 16. Riqueza de táxons nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema.

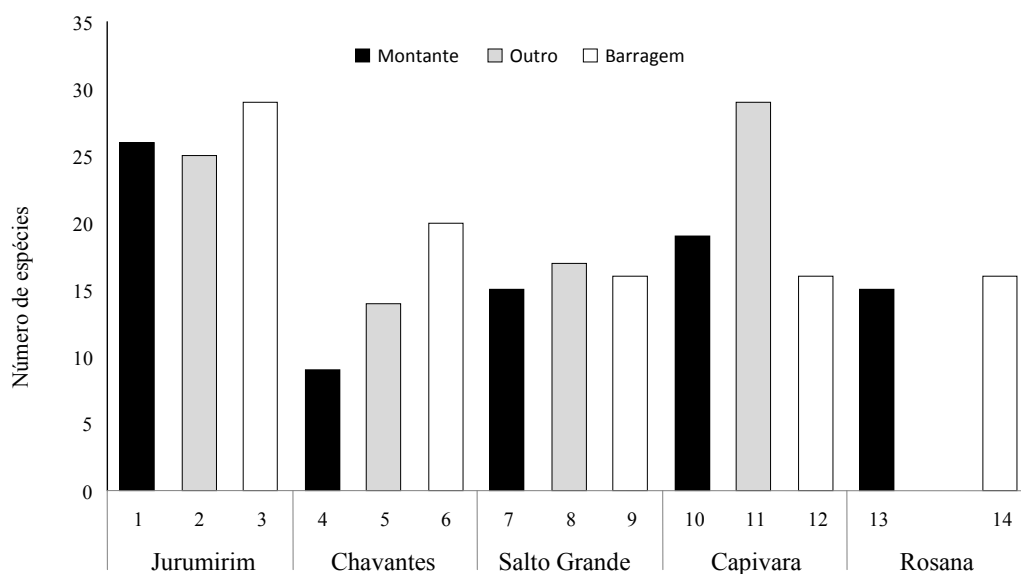


Figura 17. Riqueza de diatomáceas nas estações de amostragem dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Barra preta: montante; barra branca: barragem; barra cinza outro: **2** = Ribeirão das Posses (braço lateral), **5** = compartimento central, **8** = Foz do Rio Pardo e **11** = compartimento central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi).

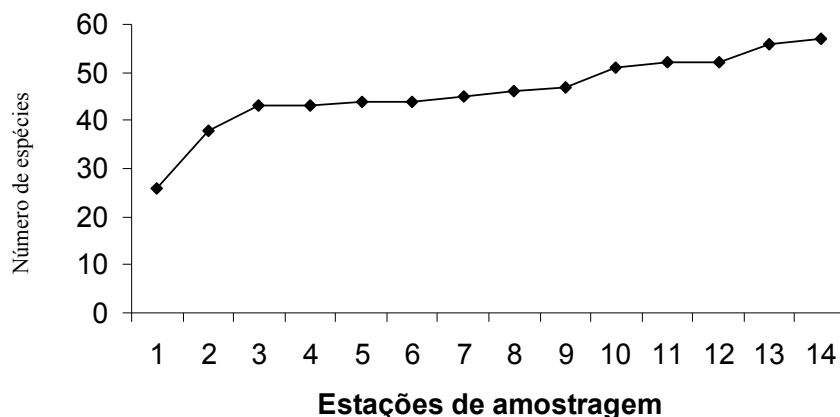


Figura 18. Curva de rarefação de espécies ao longo do eixo longitudinal dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Estações de amostragem, conforme Tabela 7.

Em relação à distribuição dos táxons (tabela 11), *Cyclotella menegheniana* foi a espécie de maior distribuição, sendo encontrada em todas as estações de amostragem e, em seguida, está *Aulacoseira granulata* var. *granulata* que apenas não foi registrada na região de montante do Reservatório de Chavantes. A estação de montante do Reservatório de Jurumirim apresentou o maior número de espécies de ocorrência mais restrita (*Discostella pseudostelligera*, *Fragilaria crassa*, *Eunotia tridentula*, *Pinnularia subgiba* e *Geissleria aikenensis*). Ainda, outras quatro espécies foram registradas apenas neste reservatório (*Gomphonema lagenulla*, *G. acuminatum*, *Planothidium rostratum* e *Nitzschia amphibia*). Duas espécies ocorreram exclusivamente na estação de montante do Reservatório de Rosana (*Luticola mutica* e *Capartogramma crucicola*) e outras duas foram de ocorrência restrita ao Reservatório de Capivara (*Aulacoseira granulata* var. *angustissima* e *Gomphonema costei*).

Finalmente, a similaridade florística da comunidade de diatomáceas entre as estações de amostragem dos reservatórios em cascata (figura 19) mostrou a formação de dois grupos principais (nível de corte de 20%). O primeiro grande grupo foi formado pelos reservatórios localizados no alto e médio Paranapanema (Jurumirim, Chavantes, Salto Grande e Capivara) e o segundo e menor grupo foi formado pelo Reservatório de Rosana, localizado no baixo trecho do rio. Em um nível de corte maior (28%) foi possível verificar a formação de três grupos principais. O primeiro grupo (**A**) foi formado pelas unidades amostrais localizadas no baixo trecho do rio (Ro13 e Ro14) e relativas ao Reservatório de Rosana, o segundo grupo (**B**) foi formado pela quase totalidade das unidades amostrais localizada no médio trecho do rio (exceto à estação de barragem de Salto Grande = SG9) e pelas unidades amostrais pertencentes ao Reservatório de Chavantes (Ch4, Ch5 e Ch6). O terceiro grupo (**C**) foi formado pelas unidades amostrais concernentes ao Reservatório de Jurumirim (**Ju1**, **Ju2** e **Ju3**) e pela estação de amostragem **SG9** (barragem do Reservatório de Salto Grande).



Em suma, a comunidade de diatomáceas distribuída no baixo trecho do Rio Paranapanema foi a mais dessemelhante na série em cascata e, em seguida, ocorreu a separação do primeiro reservatório da série em cascata (Jurumirim) dos demais, ou seja, havendo tendência de separação em função, principalmente, do trecho médio do Rio Paranapanema.

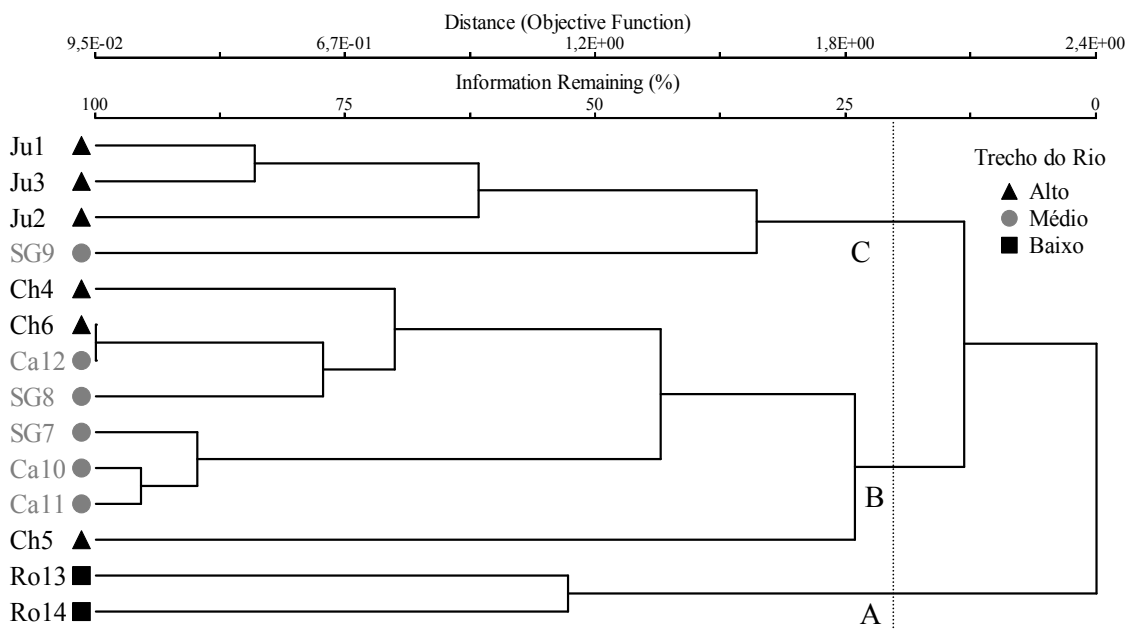


Figura 19. Análise de similaridade (índice de Jaccard) da comunidade de diatomáceas distribuídas nos sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Abreviações: **Ju1**: montante de Jurumirim; **Ju2**: Ribeirão das Posses; **Ju3**: barragem de Jurumirim; **Ch4**: montante de Chavantes; **Ch5**: compartimento central; **Ch6**: barragem de Chavantes; **SG7**: montante de Salto Grande; **SG8**: Foz do Rio Pardo; **SG9**: barragem de Salto Grande; **Ca10**: montante de Capivara; **Ca11**: compartimento central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi); **Ca12**: barragem de Capivara; **Ro13**: montante de Rosana; **Ro14**: barragem de Rosana.

Tabela 11. Ocorrência dos táxons de diatomáceas nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema.

Estações de amostragem / Táxons	Jurumirim			Chavantes			Salto Grande			Capivara			Rosana	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Achnantheidium catenatum</i>													X	X
<i>A. exiguum</i> var. <i>exiguum</i>			X				X				X			X
<i>Amphipleura lindheimerii</i>							X	X			X			X
<i>Amphora copulata</i>										X	X			
<i>Asterionella formosa</i> var. <i>formosa</i>									X		X			
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>										X	X	X		
<i>A. granulata</i> var. <i>granulata</i>	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Capartogramma crucicola</i>													X	
<i>Cocconeis fluviatilis</i> var. <i>fluviatilis</i>	X		X	X		X	X	X		X	X	X		
<i>C. placentula</i> var. <i>acuta</i>	X		X	X		X	X	X		X	X	X		
<i>C. placentula</i> var. <i>placentula</i>	X		X	X		X	X	X		X	X	X		
<i>C. placentula</i> var.	X		X	X		X	X	X		X	X	X		
<i>Cyclotella menegheniana</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cymbella tropica</i>		X	X		X				X					
<i>Cymbopleura naviculiformis</i>										X				
<i>Diadesmis contenta</i>													X	X
<i>Discostella pseudostelligera</i>	X													
<i>D. stelligera</i>	X		X		X	X			X			X		
<i>Encyonema perpusillum</i> var. <i>perpusillum</i>	X	X			X				X	X	X			X
<i>E. silesiacum</i>	X		X	X	X	X	X	X			X	X	X	
<i>Eunotia camelus</i>			X			X								
<i>E. georgii</i>			X			X								
<i>E. monodon</i>		X	X											
<i>E. rabenhorstii</i> var. <i>monodon</i>		X	X						X				X	
<i>E. sudetica</i>		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>E. tridentula</i> var. <i>tridentula</i>	X													
<i>E. zygodon</i>		X	X	X				X	X					
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>capucina</i>	X		X			X			X		X			
<i>F. crassa</i>	X													
<i>Frustulia saxonica</i>		X							X	X	X		X	
<i>Geissleria aikenensis</i>	X													
<i>Gomphonema acuminatum</i>	X	X	X											
<i>G. costae</i>										X	X	X		
<i>G. gracile</i>										X	X		X	X
<i>G. lagenulla</i>	X	X												
<i>G. laticollum</i>		X								X	X		X	
<i>G. parvulum</i>	X	X	X			X		X	X		X	X		
<i>G. subtile</i>											X			

Tabela 11. Continuação.

Estações de amostragem / Táxons	Jurumirim			Chavantes			Salto Grande			Capivara			Rosana	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Gyrosigma nodiferum</i>	X	X	X											
<i>Hantzschia amphioxys</i>		X			X	X	X			X	X	X		X
<i>Luticola dapalis</i>	X		X			X	X	X			X			
<i>L. goeppertiana</i>	X		X	X	X	X						X	X	
<i>L. mutica</i>														X
<i>Navicula heimansioides</i>		X	X											X
<i>N. capitatoradiata</i>		X					X			X	X			
<i>Nitzschia amphibia</i>	X	X	X											
<i>N. palea</i>		X			X	X	X			X	X	X		X
<i>Pinnularia borealis</i> var. <i>borealis</i>		X											X	X
<i>P. borealis</i> var. <i>scalaris</i>	X	X	X					X	X	X		X		X
<i>P. subgiba</i>	X													
<i>P. trigibboides</i>	X		X	X		X		X	X		X	X		X
<i>Planothidium lanceolatum</i>			X				X	X			X			
<i>P. rostratum</i>	X	X												
<i>Rhopalodia musculus</i>														X
<i>Sellaphora pupulla</i>		X				X			X		X			X
<i>Staurosira acutirostrata</i>								X						
<i>S. martyi</i>					X	X		X						
<i>Synedra gouldarii</i> var. <i>gouldarii</i>	X	X	X		X						X		X	X
<i>Thalassiosira</i> sp.			X		X	X	X		X	X				
<i>Ulnaria ulna</i> var. <i>ulna</i>	X	X	X		X			X			X			
TOTAL	27	25	30	10	14	21	16	18	16	20	30	17	15	16

### 7.2.2. Estrutura Quantitativa da Comunidade de Diatomáceas

A densidade total média das diatomáceas, incluindo as estações de amostragem para cada reservatório, foi mais elevada no Reservatório de Salto Grande ( $1,3 \cdot 10^3$  valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ), localizado no médio Paranapanema, seguido, em ordem decrescente, pelos reservatórios de Capivara ( $0,9 \cdot 10^3$  valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ) também localizado do médio trecho do rio, Jurumirim ( $0,7 \cdot 10^3$  valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ) e Chavantes ( $0,6 \cdot 10^3$  valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ), localizados no alto Paranapanema e, finalmente, Rosana ( $0,5 \cdot 10^3$  valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ), localizado no baixo Paranapanema (figura 20).

Considerando as estações de amostragem, no primeiro reservatório da série em cascata (Jurumirim), a maior densidade foi observada na estação Ribeirão das Posses ( $1.361$  valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ) e a menor na montante ( $428$  valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ), com valor muito próximo da barragem. Para o Reservatório de Chavantes, também localizado no alto Paranapanema, a maior densidade foi observada na estação de montante ( $720$  valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ) e a menor no compartimento central ( $552$

valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ) e, assim, com pouca variação intra-reservatório. Para o médio trecho do rio, as densidades foram usualmente mais elevadas de forma que em Salto Grande o maior valor ocorreu na estação de barragem (1.581 valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ) e o menor (992 valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ) na foz do Rio Pardo. Já, no Reservatório de Capivara, a maior densidade foi observada na estação de montante (1.297 valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ) e densidades similares foram observadas para o compartimento principal (próximo à desembocadura do Rio Tibagi) e barragem do reservatório (846 e 831 valvas  $\text{gMS}^{-1}$ , respectivamente). No baixo Paranapanema (Reservatório de Rosana) as densidades foram similares entre as estações de montante e barragem (803 e 804 valvas  $\text{gMS}^{-1}$ , respectivamente) (figura 21).

De modo geral, as maiores densidades foram encontradas nas estações de amostragem no trecho médio do Rio Paranapanema, exceto ao braço lateral (Ribeirão das Posses) do Reservatório de Jurumirim, localizado no trecho alto do rio.

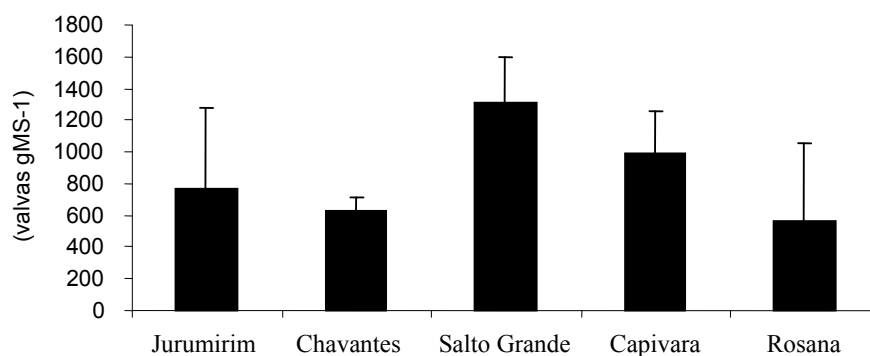


Figura 20. Densidade total média e desvio padrão de diatomáceas (valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ) nos sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema.

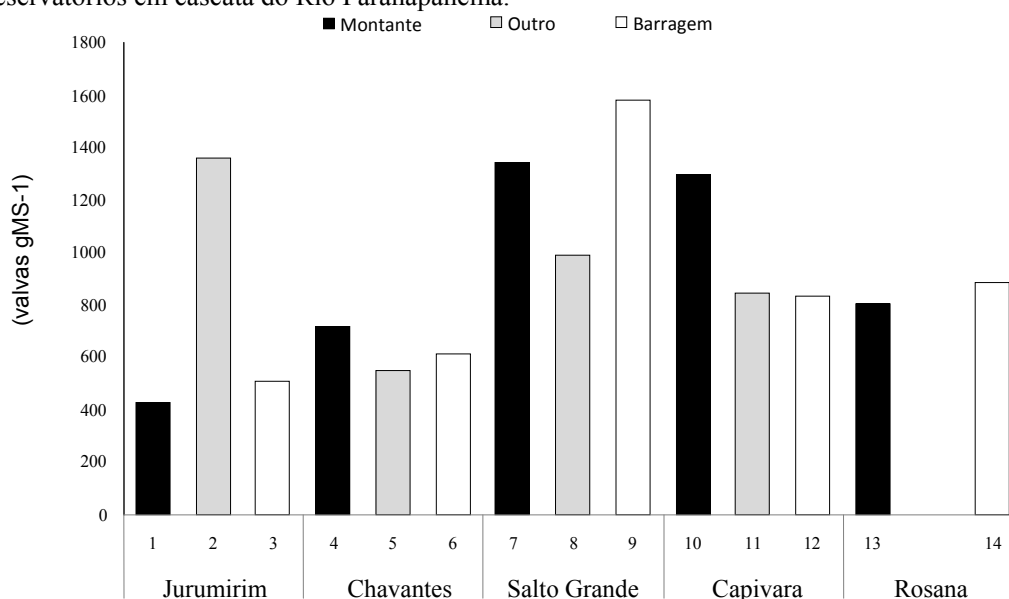


Figura 21. Densidade total de diatomáceas (valvas  $\text{gMS}^{-1}$ ) nos sedimentos superficiais das estações de amostragem dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Barra branca: montante; barra achuriada: barragem; outro: 2 = Ribeirão das Posses (braço lateral), 5 = compartimento central, 8 = Foz do Rio Pardo e 11 = compartimento central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi).

Para análise mais fina da estrutura da comunidade, foram representados os 10 táxons mais abundantes da comunidade, os quais perfizeram, conjuntamente, 67,6 a 100% da densidade total, dependendo da estação de amostragem. Nenhum táxon foi considerado dominante na série de reservatórios em cascata, isto é, com abundância superior a 50% da densidade total da comunidade. A abundância máxima registrada foi registrada para *Cocconeis placentula* (27,1%).

No reservatório de Jurumirim, os 10 mais abundantes contribuíram com 72 a 89% da comunidade (figura 22). Apenas na estação de montante houve maior predominância de uma espécie, havendo, nas demais, uma distribuição mais similar entre espécies. Assim, *Aulacoseira granulata* var. *granulata*, que se destacou em abundância na estação de montante (20,2%), diminuiu em representatividade ao longo do gradiente longitudinal, passando a contribuir com apenas 5,1% da densidade total na estação de barragem. Já *Ulnaria ulna* manteve contribuição similar entre as três estações de amostragem, variando de 9,5% (montante) a 5,7% na barragem. Na estação de amostragem Ribeirão das Posses (braço lateral) as espécies com maiores representatividades foram *Encyonema perpussillum* e *Eunotia rabenhorstii* var. *monodon*, que contribuíram conjuntamente com 30,5%. Para a estação de barragem as espécies *Eunotia camelus* e *Cocconeis placentula* foram as mais abundantes, perfazendo 28,5% de contribuição.

No Reservatório de Chavantes, as 10 mais abundantes contribuíram com 77 a 100% da comunidade (figura 23). Na região de montante, a comunidade esteve constituída por apenas sete táxons, onde *Cocconeis placentula* destacou-se com 27% de representação, seguida por *Cyclotella menegheniana* (20%) e *Eunotia sudetica* (15%). Na zona do compartimento central, nenhuma espécie teve maior destaque em relação às demais, sendo as três abundantes representadas por *Thalassiosira* sp. (13%), *Aulacoseira granulata* var. *granulata* (12%) e *Nitzschia palea* (9,4%). Já, na zona de barragem, estas duas primeiras espécies se destacaram, contribuindo com 18 e 17%, respectivamente.

No Reservatório de Salto Grande, localizado no trecho médio do rio, as 10 espécies mais abundantes contribuíram com 74 a 82% da comunidade (figura 24). As quatro espécies abundantes na estação de montante foram *Nitzschia palea* (15%), *Fragilaria capucina* (13%), *Cyclotella menegheniana* (11%) e *Hantzschia amphioxys* (9%), que contribuíram com 49% da comunidade. Na estação Foz do Rio Pardo, quatro espécies também se destacaram, *Luticola dapalis* (15%), *Eunotia sudetica* (13%), *Ulnaria ulna* (13%) e *Cocconeis placentula* (12%), perfazendo o total de 53% da comunidade. Na barragem, três espécies foram bem mais abundantes, *Encyonema perpusillum* (14%), *Aulacoseira granulata* var. *granulata* (13%) e *Asterionella formosa* var. *formosa* (13%), contribuindo com o total de 40%.

Para o Reservatório de Capivara, também localizado no médio curso do rio, as 10 espécies mais abundantes contribuíram com 74 a 93% da comunidade (figura 25). As três espécies que se

destacaram na região de montante foram *Frustulia saxonica* (13%), *Encyonema perpusillum* (12%) e *Thalassiosira* sp. (12%), que contribuíram com 37%. No compartimento central as três mais abundantes, *Nitzschia palea* (13%), *Cyclotella menegheniana* (13%) e, novamente, *Thalassiosira* sp. (12%), perfizeram 38% da comunidade. E, na região de barragem, as quatro espécies que se destacaram com contribuição entre 13-16% (*Aulacoseira granulata* var. *granulata*, *Hantzschia amphioxys*, *Cocconeis placentula* e *Encyonema silesiacum*), perfizeram 57% da comunidade.

Finalmente para o Reservatório de Rosana, único localizado no baixo curso do rio, as 10 espécies mais abundantes contribuíram com 68 a 73% da comunidade (figura 26). Na região de montante, as três mais abundantes foram *Frustulia saxonica* (14%), *Gomphonema laticollum* (13%) e *Encyonema silesiacum* (11%), que contribuíram com 38% da comunidade. Já, na estação de barragem, *Encyonema perpusillum* e *Frustulia saxonica* destacaram-se, com 12% de contribuição cada.

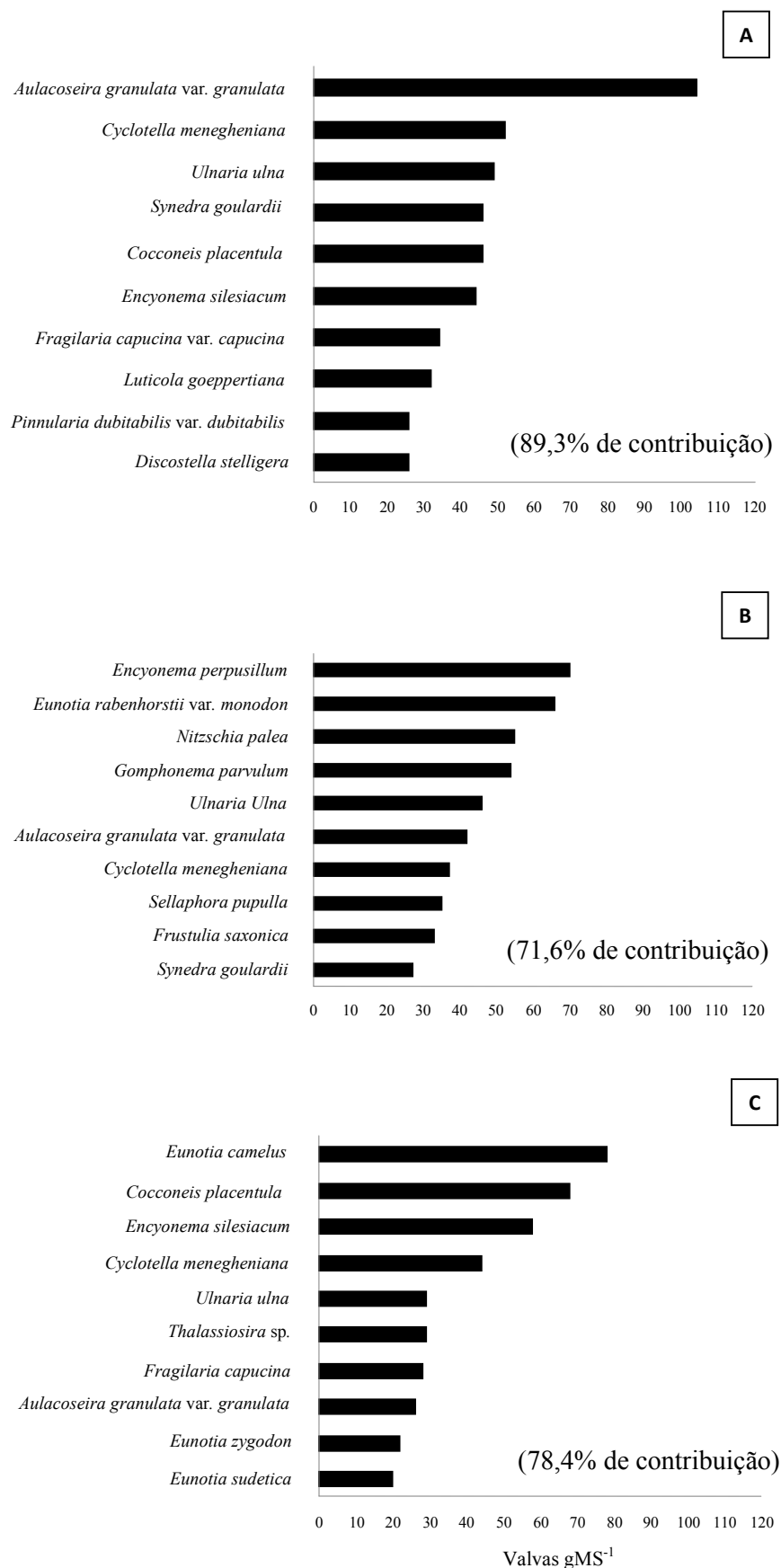


Figura 22. Densidade dos 10 táxons mais abundantes de diatomáceas de sedimentos superficiais do Reservatório de Jurumirim, nas estações de montante (A), Ribeirão das Posses (braço lateral) (B) e barragem (C).

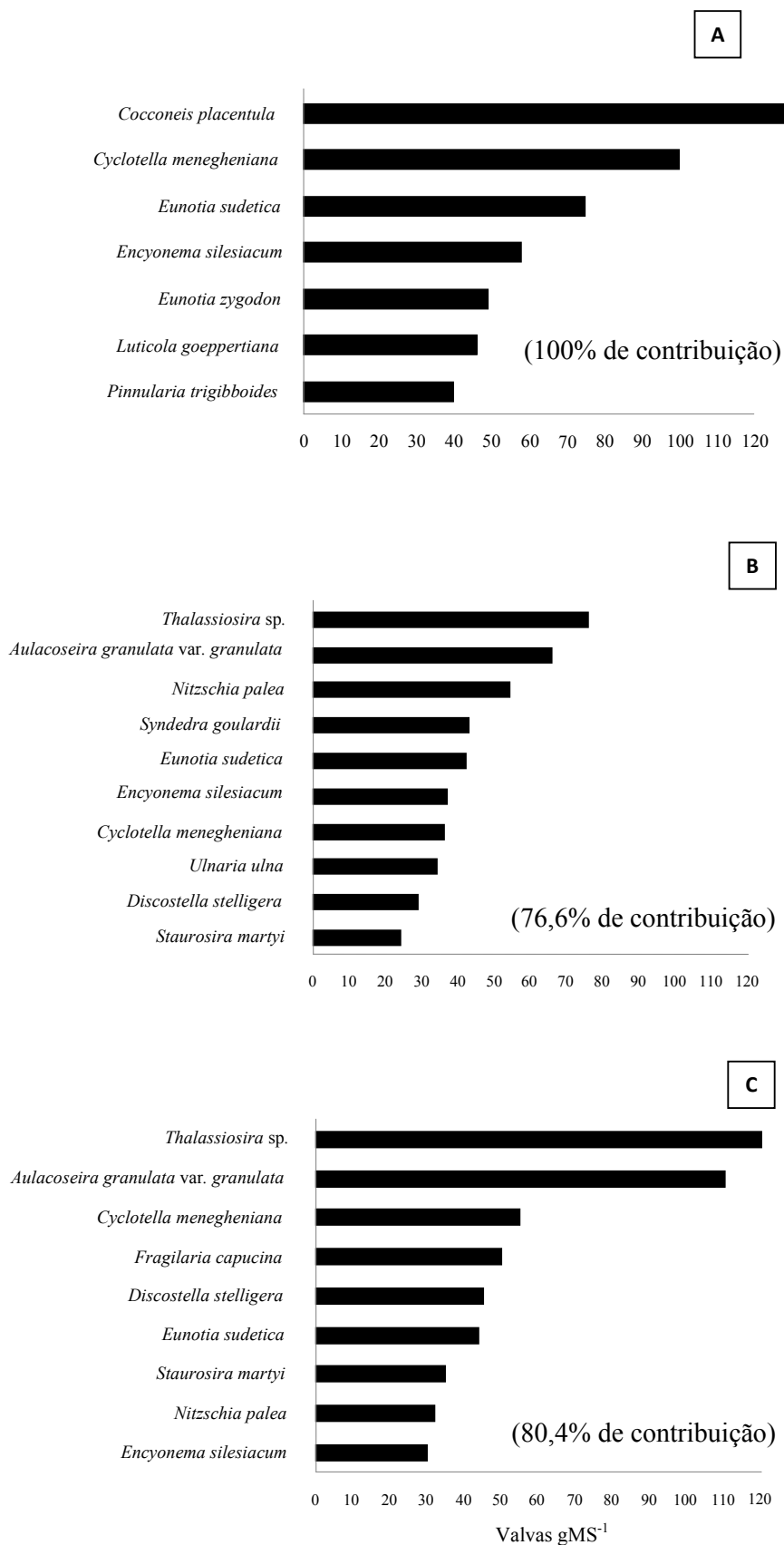


Figura 23. Densidade dos 10 táxons mais abundantes de diatomáceas de sedimentos superficiais do Reservatório de Chavantes, nas estações de montante (A), compartimento central (B) e barragem (C).



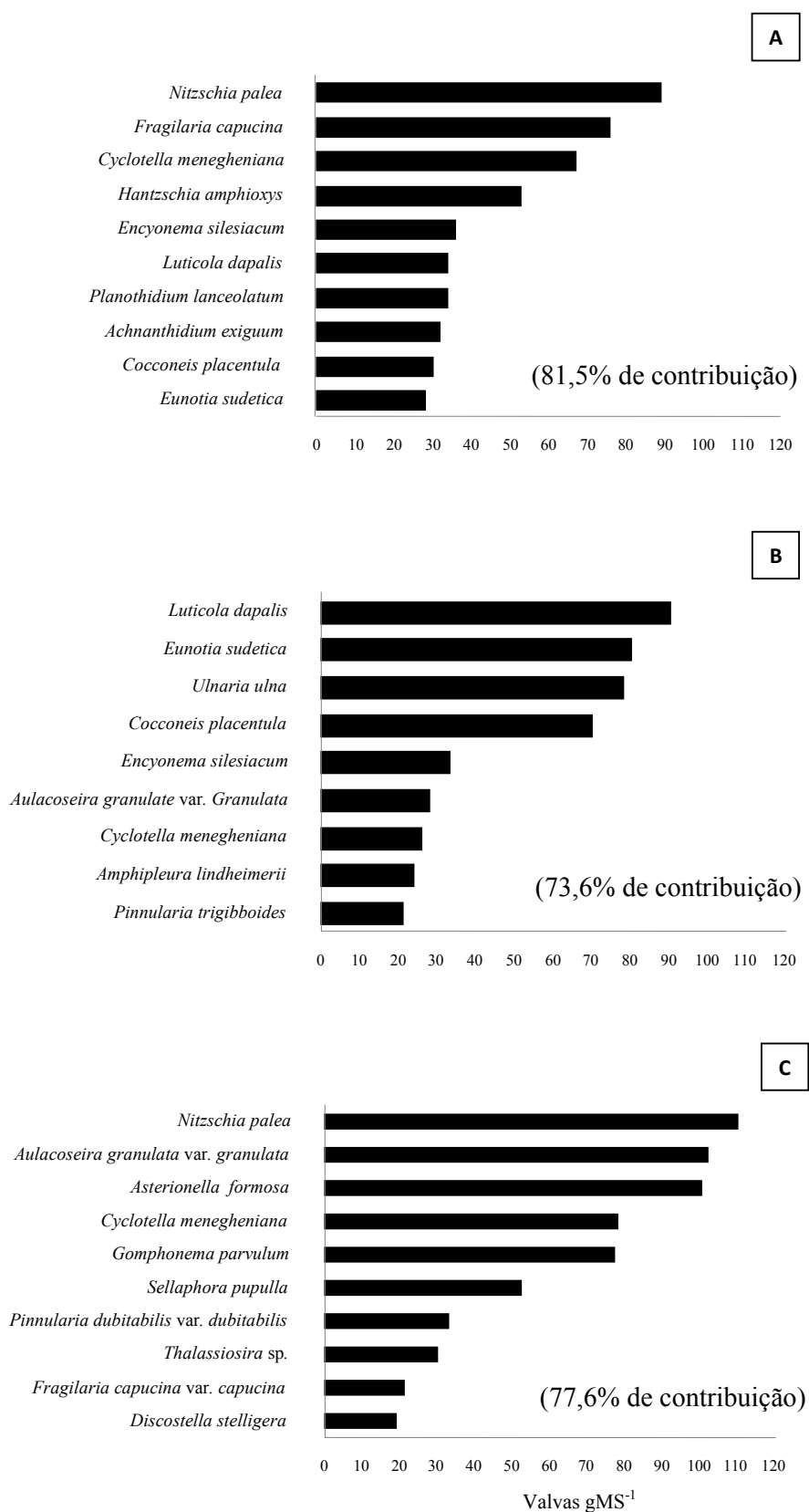


Figura 24. Densidade dos 10 táxons mais abundantes de diatomáceas de sedimentos superficiais do Reservatório de Salto Grande, nas estações de montante (A), Foz do Rio pardo (B) e barragem (C).

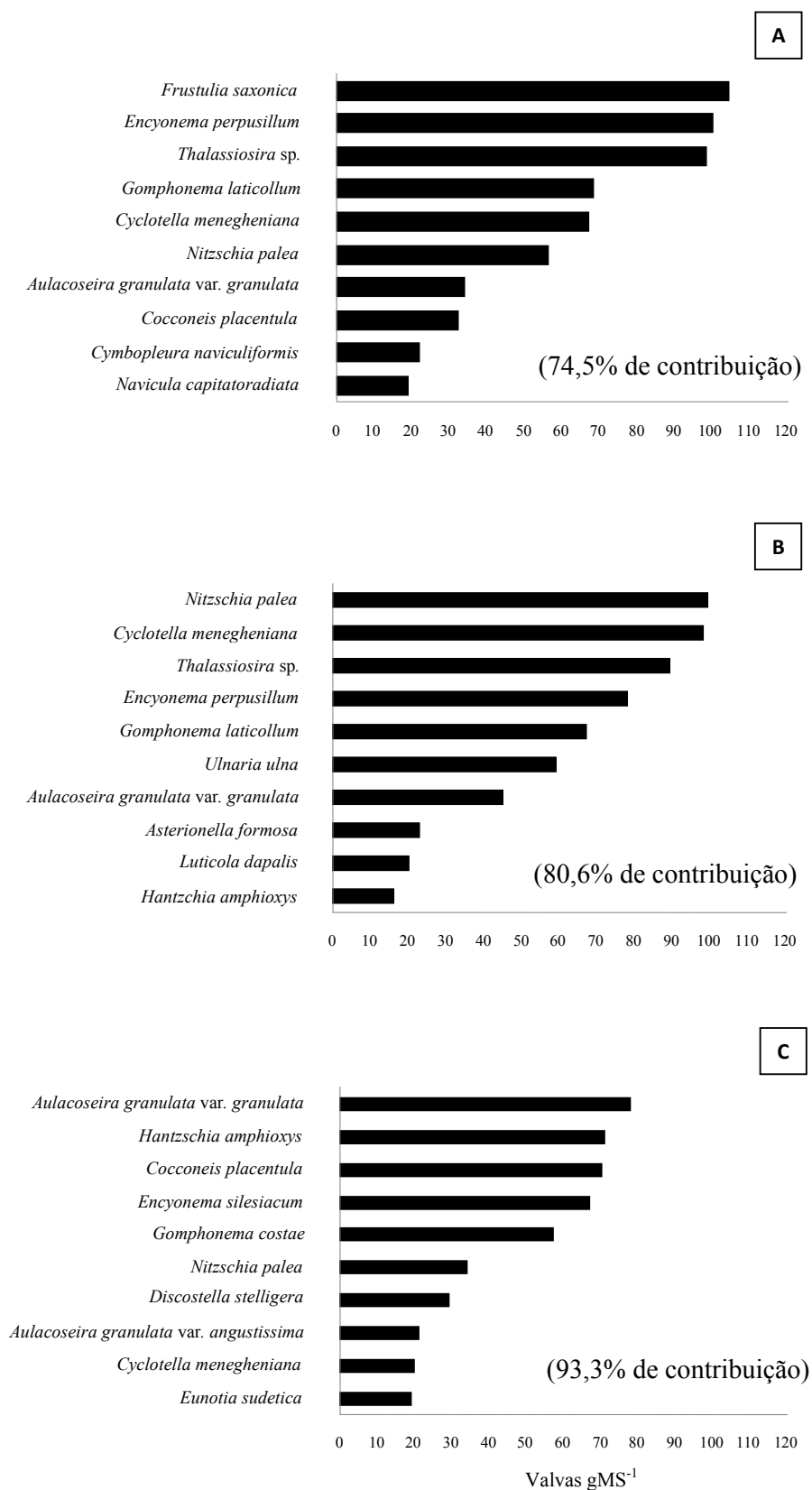


Figura 25. Densidade dos 10 táxons mais abundantes de diatomáceas de sedimentos superficiais do Reservatório de Capivara, nas estações de montante (A), compartimento central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi) (B) e barragem (C).

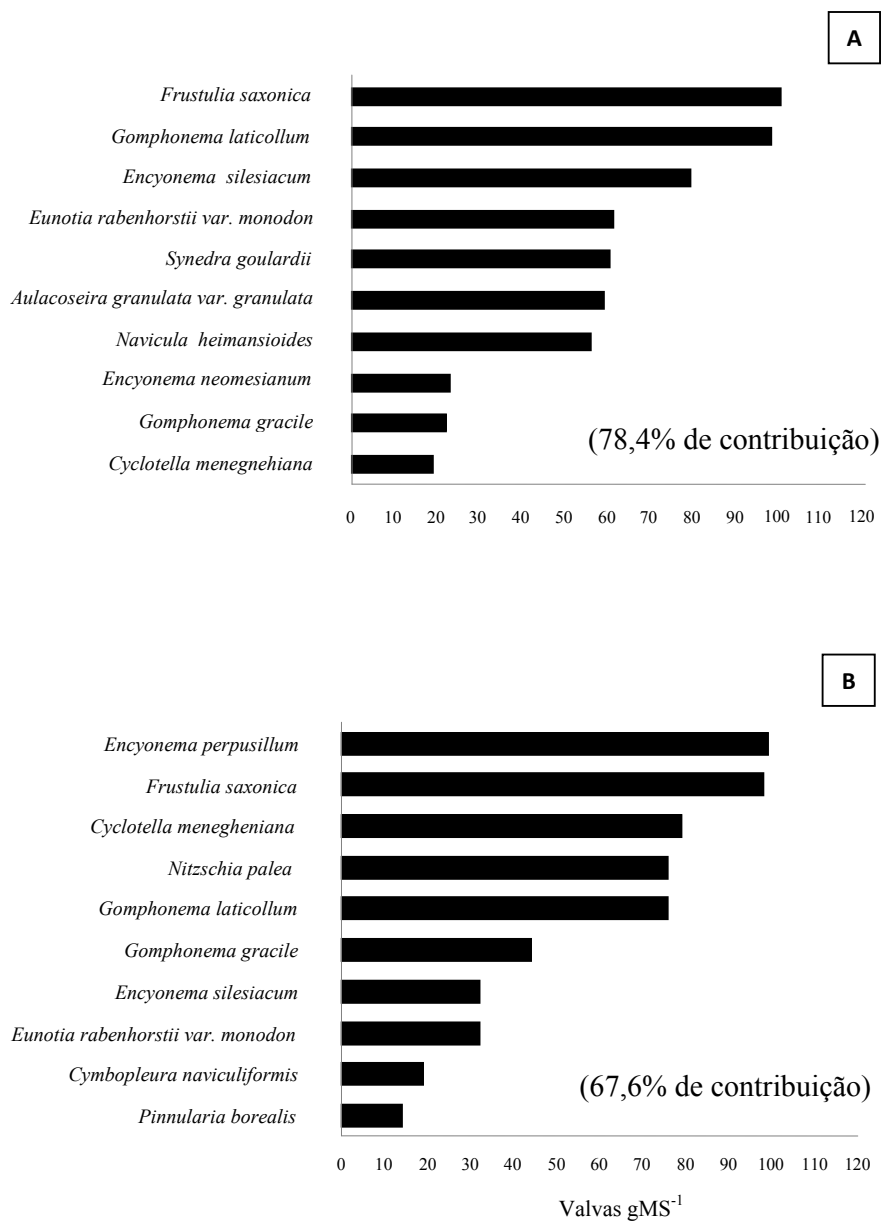


Figura 26. Densidade dos 10 táxons mais abundantes de diatomáceas de sedimentos superficiais do Reservatório de Rosana, nas estações de montante (A) e barragem (B).

Com o objetivo de avaliar as principais tendências de variação da estrutura quantitativa da comunidade de diatomáceas na série em cascata dos reservatórios estudados, aplicou-se análise de componentes principais (ACP) com base nos táxons com contribuição igual ou superior a 0,7% da densidade total da comunidade, bem como com ocorrência em mais de uma estação de amostragem, o que resultou em nove espécies.

A análise resumiu 55% da variabilidade total dos dados em seus dois primeiros eixos (figura 27, tabela 12). No primeiro componente (34% de variação explicada), as unidades amostrais apresentaram tendência de ordenação em função dos trechos do rio. No extremo direito do eixo, posicionaram-se principalmente as unidades relativas ao baixo trecho do rio (Reservatório de Rosana), que estiveram associadas às densidades mais elevadas de *Gomphonema laticollum* (GLTC,  $r = 0,84$ ) e *Encyonema perpusillum* (ENPE,  $r = 0,76$ ). Em contrapartida, a maioria das unidades amostrais relativas ao alto trecho do rio posicionaram-se no lado negativo do eixo, de forma que três delas (Ju1, Ju3: Reservatório de Jurumirim e Ch4: montante do Reservatório de Chavantes) se associaram às menores densidades dos táxons mencionados, bem como às maiores densidades de *Encyonema silesiacum* (ESLE,  $r = -0,93$ ) e *Cocconeis placentula* (CPLA,  $r = -0,72$ ). As estações de amostragem localizadas no trecho médio do rio ordenaram-se nos dois lados do eixo 1. Assim, três unidades (SG9: barragem de Salto Grande, Ca10: montante de Capivara, Ca11: compartimento central, próximo a desembocadura do Rio Tibagi no Reservatório de Capivara) posicionaram-se no lado positivo do eixo, estando principalmente associadas às densidades mais elevadas de *Nitzschia palea* (NPAL,  $r = 0,47$ ). As outras três (SG7: montante de Salto Grande, SG8: Foz do Rio Pardo, Ca12: barragem de Capivara) posicionaram-se no lado negativo do eixo 1 e positivo do eixo 2, estando associadas à menor densidade do último táxon, bem como às maiores densidades de *Cocconeis placentula* (CPLA). Finalmente, no eixo 2 (21% de variação explicada), também foi observada a ordenação, em seu lado negativo, de três unidades amostrais do trecho do alto do rio (Ch5, Ch6: Reservatório de Chavantes e Ju2: Ribeirão das Posses, braço lateral de Urumirim), associadas às maiores densidades de *Thalassiosira* sp. (TASP  $r = -0,78$ ) e *Aulacoseira granulata* var. *granulata* (AUGR  $r = -0,62$ ).

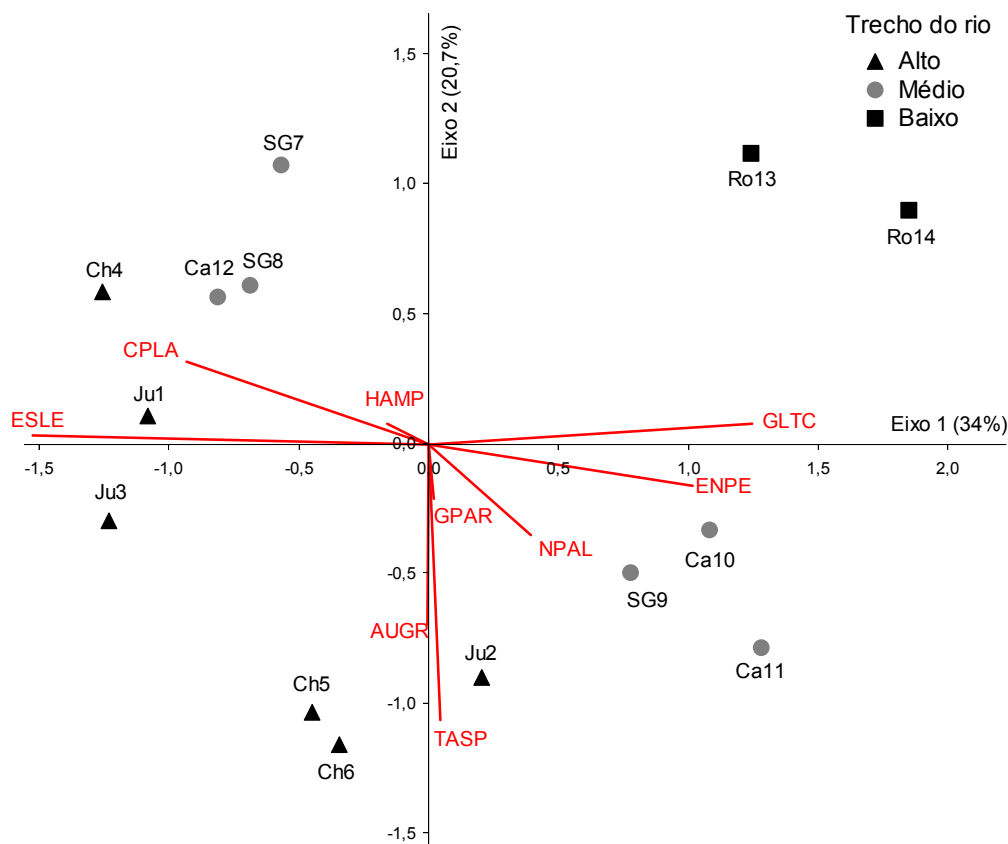


Figura 27. Ordenação pela ACP das estações de amostragem dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema, com base na densidade de nove táxons (abundância  $\geq 0,7\%$ ). Alto trecho do rio: reservatórios de Jurumirim (Ju) e Chavantes (Ch), médio trecho: reservatórios de Salto Grande (SG) e Capivara (Ca) e baixo trecho do rio: Reservatório de Rosana (Ro). Os números indicam as estações de amostragem. Abreviação das espécies, conforme tabela 12.

Tabela 12. Correlação das variáveis com os componentes principais 1 e 2.

Variáveis (Táxons de diatomáceas)	Abreviações	Componentes Principais	
		1	2
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>granulata</i>	AUGR	-0,048	<b>-0,623</b>
<i>Cocconeis placentula</i>	CPLA	<b>-0,729</b>	0,427
<i>Encyonema perpusillum</i>	ENPE	<b>0,760</b>	-0,305
<i>Encyonema silesiacum</i>	ESLE	<b>-0,934</b>	0,143
<i>Gomphonema laticollum</i>	GLTC	<b>0,844</b>	0,211
<i>Gomphonema parvulum</i>	GPAR	0,109	<b>-0,344</b>
<i>Hantzschia amphioxys</i>	HAMP	-0,300	0,216
<i>Nitzschia palea</i>	NPAL	<b>0,474</b>	-0,447
<i>Talassiosira</i> sp.	TASP	0,153	<b>-0,781</b>
Variância explicada		34,0%	20,7%

### 7.2.3. Diversidade Específica

A diversidade de Shannon ( $H'$ ) não apresentou uma tendência de variação em função do trecho do Rio Paranapanema, sendo alterada em função dos reservatórios, mas também das estações de amostragem intra-reservatórios (figura 28). A amplitude de variação dos dados esteve entre 2,08-3,95 bits ind<sup>-1</sup>.

De modo geral, os maiores valores foram observados em todas as estações de amostragem do Reservatório de Jurumirim, associados às maiores riquezas, que apresentaram boa repartição de espécies. Diversidade mais elevada também ocorreu na estação 11 (compartimento central, próximo à desembocadura do Rio Tibagi) no Reservatório de Capivara, onde também foi encontrada elevada riqueza de espécies. Em contrapartida, a menor diversidade ocorreu na estação 4, referente à região de montante do Reservatório de Chavantes, claramente associada ao menor valor de riqueza de espécies da série dos reservatórios.

Em relação à riqueza de espécies ( $S$ ), pode-se notar uma tendência de valores mais baixos a partir do primeiro reservatório (Jurumirim), exceto à estação 11 no Reservatório de Capivara (compartimento central, próximo à desembocadura do Rio Tibagi).

A equitabilidade ( $E$ ) manteve-se com valores similares e elevados em todas as estações de amostragem, exceção à estação 9 (barragem do Reservatório de Salto Grande), sendo inversa à tendência de flutuação da dominância. Mesmo nesta estação, os valores de dominância foram considerados baixos, visto que o índice pode variar de 0-1.

Desta forma, a diversidade de espécies na série dos reservatórios em cascata foi mais influenciada pela riqueza do que pela equitabilidade de espécies das comunidades presentes nas diferentes estações de amostragem.

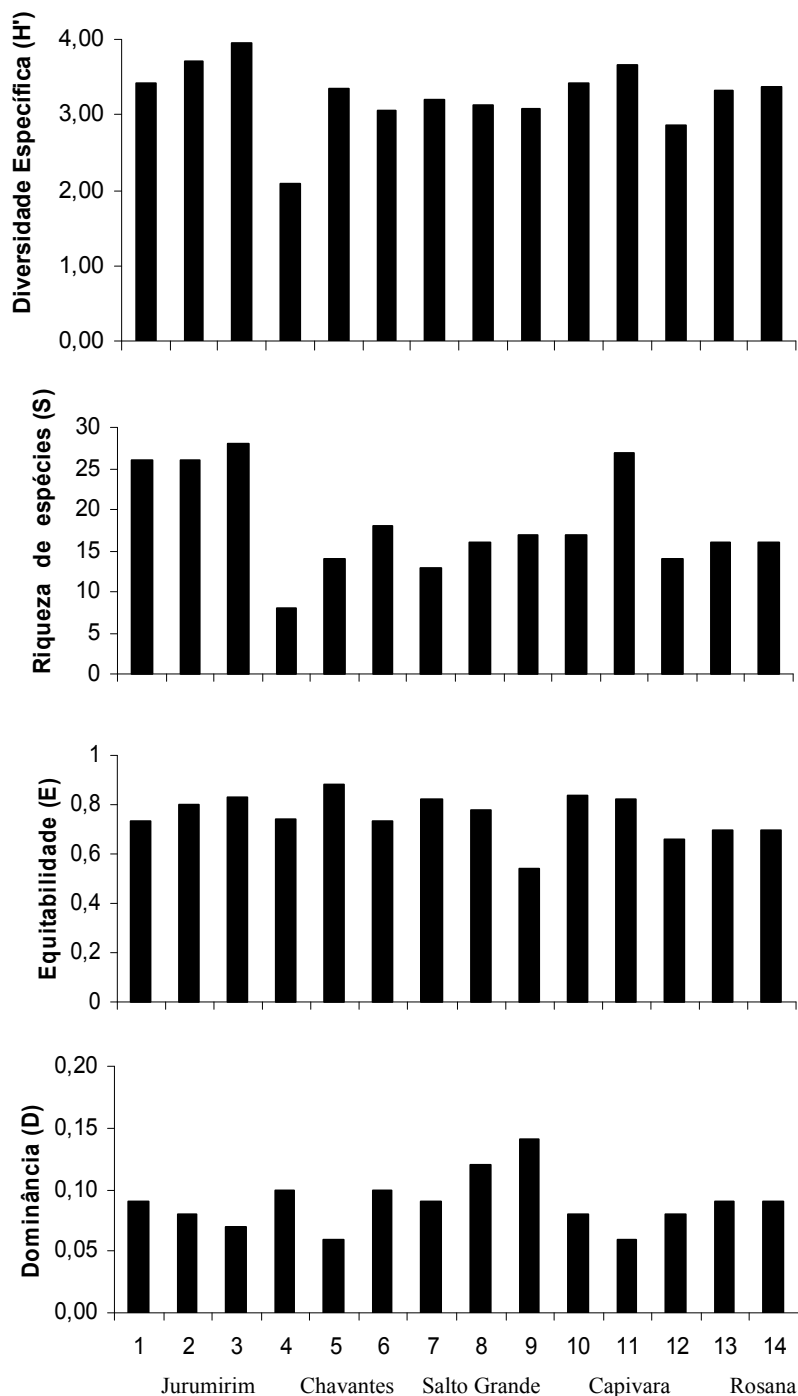


Figura 28. Variação da diversidade de Shannon ( $H'$  bits.ind<sup>-1</sup>), riqueza (S) e dos índices de equitabilidade (E) e dominância (D) da comunidade de diatomáceas dos sedimentos superficiais dos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema. Estações de amostragem: alto trecho do rio (1-6): Reservatório de Jurumirim, 1 (montante), 2 (braço lateral, Ribeirão das Posses), 3 (barragem); Reservatório de Chavantes, 4 (montante), 5 (compartimento central), 6 (barragem); médio trecho do rio (7-12): Reservatório de Salto Grande, 7 (montante), 8 (foz do Rio Pardo), 9 (barragem); Reservatório de Capivara, 10 (montante), 11 (compartimento central, próximo à desembocadura do Rio Tibagi), 12 (barragem); baixo trecho do rio (13-14): Reservatório de Rosana, 13 (montante), 14 (barragem).

## 8. DISCUSSÃO

---

### 8.1. Caracterização Abiótica dos Reservatórios em Cascata

A construção de reservatórios em rios usualmente resulta em importantes transformações ecológicas, incluindo mudanças na morfometria do canal principal e variações nas condições de fluxo e velocidades da água, tais como diminuição das velocidades e aumento da transparência, em função da elevação das taxas de sedimentação em direção à barragem (Thornton *et al.* 1990). Como consequência, diferentes estruturas sedimentológicas podem ser formadas ao longo do eixo longitudinal de um reservatório (Rice *et al.* 2001 *apud* Jorcin & Nogueira 2005). Assim, há um contínuo com o início da região de influxo do rio até atingir a barragem, onde se observam três zonas distintas, que se diferenciam quanto às propriedades físicas, químicas e biológicas da água (Thornton *et al.* 1990).

No caso do Rio Paranapanema, que foi submetido à construção de uma série de reservatórios em cascata, importantes alterações nas características físicas, químicas e na organização de algumas comunidades biológicas têm sido documentadas em vários trabalhos (Nogueira *et al.* 2002a, b; Nogueira *et al.* 2005; Nogueira 2005; Jorcin & Nogueira 2005; Ferrareze & Nogueira 2006), além de outros que abordaram alguns reservatórios isoladamente (Nogueira 2000; Henry & Maricatto 1996; Henry *et al.* 2005; Bicudo *et al.* 2005; Ferreira *et al.* 2005; Felisberto & Rodrigues 2005, Henry *et al.* 2006).

Em um sistema de reservatórios em cascata, cada reservatório, em teoria, pode funcionar como um quimiostato quando as concentrações de nitrogênio e fósforo apresentarem-se mais elevadas no primeiro reservatório e menores ao longo da série (Tundisi *et al.* 1991). Assim, cada reservatório elimina parte do fluxo de nutrientes, ocorrendo diminuição progressiva dos efeitos da eutrofização, fato este constatado por Barbosa *et al.* (1999) no médio Rio Tietê, corroborando a teoria do *continuum fluvial* proposta por Vannote *et al.* (1980).

Particularmente para o Rio Paranapanema, Ferrareze & Nogueira (2006) consideraram que a exportação de nutrientes predomina sobre a retenção ao longo da cascata, o que resulta em aumento das condições tróficas após os dois primeiros reservatórios. Tal fato foi corroborado pelas maiores concentrações de fósforo total na região do médio Paranapanema, quando comparadas aos demais reservatórios localizados nas regiões do alto e baixo curso do rio (Jorcin & Nogueira *et al.* 2005). Segundo Nogueira *et al.* (2002a), o que provavelmente explica o balanço total de materiais transportados no Rio Paranapanema é a grande influência dos aportes laterais associados à entrada dos rios tributários.



O Rio Paranapanema tem sido considerado como oligotrófico (Nogueira *et al.* 2001a; 2002a; Nogueira 2005). Contudo, dados recentes já confirmam condições meso-eutróficas e até eutróficas no médio curso do rio em função do uso intensivo do solo para fins agrícolas e entradas pontuais ou difusas da rede de tributários com águas mais turbidas e ricas em nutrientes do que os próprios reservatórios (Nogueira *et al.* 2005; Nogueira 2005; Ferrareze & Nogueira 2006). No presente, também foi verificado incremento de nutrientes (fósforo e nitrogênio) nos sedimentos superficiais dos reservatórios localizados no médio curso do rio (Salto Grande e Capivara), muito provavelmente, pelo uso do solo nessa região quando comparados aos das regiões do alto e baixo Paranapanema, onde o uso é menos intenso em termos de produção agrícola. Os maiores valores de fósforo foram observados no reservatório de Capivara, principalmente na região de montante, seguida pelo compartimento central, próximo à desembocadura do Rio Tibagi, e pela região de barragem. Jorcín & Nogueira (2005) também verificaram as maiores concentrações desse nutriente nos sedimentos dos reservatórios localizados no médio Paranapanema, estimando teores similares para as regiões de montante ( $1,46 \text{ mg gMS}^{-1}$ ), no Rio Tibagi ( $1,96 \text{ mg gMS}^{-1}$ ) e na de barragem de Capivara ( $1,21 \text{ mg gMS}^{-1}$ ).

Ainda em relação ao médio trecho do rio, no presente também notou-se que a maior concentração de fósforo no Reservatório de Salto Grande ocorreu na Foz do Rio Pardo, cujo tributário funciona como fonte substancial de nutrientes para o sistema (Nogueira *et al.* 2005). Entretanto, Jorcín & Nogueira (2005) reportaram valores abaixo do nível de detecção em amostras de sedimento para este tributário ( $0-0,02 \text{ mg g}^{-1}$ ), atribuindo às elevadas velocidades de correntes, que, provavelmente, inibiram a deposição de sedimento fino e matéria orgânica nos sedimentos, diminuindo a retenção de fósforo neste compartimento. Isso foi constatado, quando os mesmos autores observaram altas concentrações desse nutriente na coluna d'água no mesmo período estudado.

As concentrações de fósforo obtidas nos sedimentos do médio Rio Paranapanema podem ser consideradas moderadas quando comparadas a sistemas reconhecidamente hipereutróficos, como no caso do Lago das Garças, localizado em São Paulo (Bicudo *et al.* 2007). Os níveis encontrados no presente são similares aos reportados em fatias sedimentares equivalentes ao período de mesotrofia ( $2,3 \text{ mg gMS}^{-1}$ ) no referido lago, que em condições de hipereutrofia podem atingir valores maiores do que  $4,5 \text{ mg gMS}^{-1}$  (S.V. Costa, comunicação pessoal em 01/2008).

Nos reservatórios localizados no alto Paranapanema, foram observados valores bem mais baixos (Jurumirim:  $0,11-0,68 \text{ mg gMS}^{-1}$  e Chavantes:  $0,50-0,71 \text{ mg gMS}^{-1}$ ). Particularmente, no primeiro reservatório da série (Jurumirim), as maiores concentrações de nutrientes (fósforo e nitrogênio) ocorreram nas estações de montante e Ribeirão das Posses. Segundo Nogueira *et al.* (2005), a influência de represamentos na montante desse reservatório é mais acentuada e,

provavelmente, a combinação de fatores como: os aportes de nutrientes pelas inúmeras lagoas marginais, o potencial erosivo do Rio Paranapanema, principalmente após a sua passagem do Planalto Atlântico para a depressão periférica, cujos terrenos são mais facilmente erodidos; das intensas trocas com sistemas terrestres e lagoas marginais adjacentes, levam ao aumento dos nutrientes na região de montante deste reservatório e à marcada diminuição em direção à zona da barragem. Henry & Maricatto (1996) observaram gradiente acentuado nas taxas de sedimentação nas regiões de montante deste reservatório, demonstrando uma clara heterogeneidade espacial intra-reservatório. Isso pode explicar, em parte, as maiores taxas de nutrientes na região de montante. No caso da estação Ribeirão das Posses (braço lateral), características como o elevado tempo de residência da água, “fetch” pouco acentuado, uso do solo no entorno e elevada taxa de sedimentação podem explicar as elevadas concentrações de nutrientes. Além disso, este local é considerado aparentemente o compartimento mais eutrofizado do reservatório (Nogueira 2000).

Em suma, os resultados obtidos corroboram os dados obtidos por Jorcin & Nogueira (2005), que verificaram os menores valores na região do alto Paranapanema, reportando em Jurumirim os menores valores na estação de barragem em comparação à zona de montante (0,11-0,59 mg g<sup>-1</sup> de fósforo e 0,70-5,99 mg g<sup>-1</sup> de nitrogênio, respectivamente).

Para o reservatório de Rosana, último da série em cascata e localizado no baixo Paranapanema, as concentrações mais elevadas de fósforo foram observadas na região da barragem. Jorcin & Nogueira (2005) também reportaram valores baixos deste nutriente para o baixo curso do rio, que variaram de 0,36-1,50 mg gMS<sup>-1</sup> na montante e de 0-1.61 mg gMS<sup>-1</sup> na barragem de Rosana. As maiores concentrações de nutrientes na zona de montante podem estar associadas aos processos de ressuspensão hidrodinâmica (ação dos ventos) ou mesmo aos extensos bancos de macrófitas aquáticas. Segundo Kurata & Kira (1990) *apud* Kudo *et al.* (2005), a quantidade de nutrientes encontrada nos sedimentos pode estar relacionada diretamente às macrófitas aquáticas encontradas na área, uma vez que quantidade significativa de nutrientes pode ser liberada para a água e incorporada à água intersticial do sedimento após a morte da planta.

Em relação ao nitrogênio, também se verificou incremento na região do médio Paranapanema, região de agricultura intensiva. Segundo Smil (1997), o principal problema causado pela utilização de compostos nitrogenados na agricultura é que menos de 50% de todo o nitrogênio é colhido pela produção agrícola, o restante se acumula no solo ou perde-se para a atmosfera e hidrosfera (águas subterrâneas, rios, lagos e ambientes marinhos).

Segundo Nogueira *et al.* (2005), há tendência de aumento na concentração de nutrientes nos sedimentos em direção à barragem dos reservatórios do Rio Paranapanema, provavelmente associado ao processo de sedimentação de material particulado da coluna d'água em função do maior tempo de retenção. Contudo, no presente, esta hipótese não foi confirmada, já que esta

tendência não foi consistente, ou seja, apenas ocorreu em Rosana (para o fósforo) e nos reservatórios de Capivara e Rosana (para o nitrogênio).

Finalmente, a textura granulométrica dos sedimentos apresentou predominância de grãos areia em todas as estações de amostragem. Conforme Jorcin & Nogueira (2005), os sedimentos deste rio são constituídos por frações de areia média, fina e silte com diâmetro ( $\phi$ ) entre 1,09-5,58 $\phi$ . Com base em 19 estações de amostragem distribuídas ao longo do Rio Paranapanema e sua desembocadura no Rio Paraná, estes autores verificaram que 96% das estações amostrais foram constituídas por frações granulométricas de areia e que o silte foi predominante no canal principal e a areia média, nas zonas de montante e barragem do Rio Paranapanema. No presente 71% das estações de amostragem apresentaram predominância de frações de areia fina e 29% apresentaram predominância de areia média. Com relação ao silte, a maior porcentagem foi encontrada no compartimento central de Capivara (próximo à desembocadura do Rio Tibagi), corroborando dados de Jorcin & Nogueira (2005), que classificaram a textura do sedimento para o Rio Tibagi como silte.

## 8.2. Estrutura da Comunidade de Diatomáceas

A biodiversidade de diatomáceas no Rio Paranapanema é bem pouco conhecida e restringe-se à comunidade fitoplanctônica e perifítica. Apenas um trabalho versa sobre a taxonomia do grupo, sendo realizado no Reservatório de Rosana (Bicudo *et al.* 1993). Outro, de cunho ecológico, apresenta ilustrações e medidas dos táxons, permitindo a reidentificação de material do Rio Tibagi, importante tributário do Rio Paranapanema (Bittencourt-Oliveira 2002). Os demais se referem à compilação de listas ou citações de táxons em trabalhos eminentemente ecológicos. No presente, foram identificados 60 táxons distribuídos em 31 gêneros, dos quais 34 representam novas citações para a bacia hidrográfica do Rio Paranapanema.

Ao longo do eixo longitudinal do rio, foi observado aumento da biodiversidade de diatomáceas nos sedimentos superficiais com adições de novas espécies, principalmente, no início do curso do rio (Jurumirim) e a partir do final do trecho médio até o baixo Paranapanema (Capivara e Rosana). Nogueira *et al.* (2005) também verificaram essa tendência para a comunidade fitoplanctônica em determinados períodos de estudo. Mesmo padrão também foi observado para a ictiofauna deste rio (Britto 2003).

Em relação à riqueza, o maior número de táxons foi observado no primeiro reservatório da série em cascata (Jurumirim), havendo decréscimo a partir deste e tornando-se novamente elevada no compartimento central de Capivara (próximo à desembocadura do Rio Tibagi), com subsequente queda no baixo curso do rio (Reservatório de Rosana). A multidimensionalidade ocasionada pela existência de vários compartimentos ecológicos no Reservatório de Jurumirim (Henry & Maricatto 1996; Nogueira *et al.* 1999; Nogueira 2000; Nogueira 2001), certamente, confere maior

heterogeneidade ambiental, contribuindo para a maior riqueza observada neste sistema. Em especial, nas regiões de montante do reservatório, formam-se extensas áreas permanentemente inundadas com exuberante cobertura de macrófitas aquáticas, como *Echinochloa polystachya* Hitch, *E. azurea* Kunth, *Polygonum spectabile* Mart. Os bancos de macrófitas, além de representarem um local rico em alimento, abrigo e proteção para inúmeros organismos aquáticos, disponibilizam substratos excelentes para algas perifíticas, contribuindo substancialmente para a diversidade de habitats e para a biodiversidade (Rodrigues *et al.* 2003).

A elevada riqueza observada no compartimento central de Capivara, próximo à desembocadura do Rio Tibagi, pode estar em parte associada à entrada deste tributário no reservatório. Conforme Nogueira *et al.* (2005), este rio é o maior tributário da bacia e funciona como um grande inóculo de populações fitoplanctônicas para o sistema, sobretudo para o Reservatório de Capivara. De fato, Bittencourt-Oliveira (2002) já havia reportado elevada diversidade de algas planctônicas para o Rio Tibagi. Ainda, no presente, houve tendência de variação da riqueza intra-reservatório, ou seja, aumento em direção às zonas de barragem nos reservatórios dendríticos (exceto em Capivara, onde a maior riqueza foi observada no compartimento central, como mencionado anteriormente), enquanto que nos reservatórios tipo fio d'água a distribuição foi mais uniforme (Salto Grande e Rosana). Nos reservatórios fio d'água, nos quais a utilização da água não altera o regime fluvial (Kelman *et al.* 2002), a heterogeneidade de habitat é menor em razão das freqüentes oscilações hidrológicas e homogeneização das massas de água, além da exportação ser mais elevada e a taxa de sedimentação menor, quando comparados aos sistemas dendríticos. Assim, a mistura dessas zonas (intra-reservatório), em função da elevada vazão, tem sido considerada importante fator no controle da abundância e composição do fitoplâncton (Tundisi 1990). Ferrareze & Nogueira (2006), comparando o fitoplâncton de 20 estações de amostragem na bacia do Rio Paranapanema, verificaram maiores riquezas à jusante dos reservatórios no período do inverno, quando comparado aos seus tributários, o que associaram ao moderado aumento do tempo de retenção da água neste compartimento. Ao que tudo indica, a hidrodinâmica intra-reservatório foi essencial para as tendências de riqueza na série em cascata, uma vez que as diatomáceas presentes no sedimento são, principalmente, oriundas da coluna d'água e, assim, do fitoplâncton que se deposita sequencialmente ao longo do tempo e do espaço (Bennion 1995).

Comparando a composição específica das comunidades (presença/ausência), a menor similaridade ocorreu entre as comunidades do alto e baixo curso do rio, de forma que as do reservatório do baixo Paranapanema (Rosana) separaram-se prontamente das demais. Assim sendo, a escala espacial parece ter desempenado papel mais preponderante na estrutura qualitativa da comunidade de diatomáceas ao longo do eixo longitudinal do rio, do que as condições de maior

enriquecimento no trecho médio do rio. Entretanto, em condições mais acentuadas de eutrofização, esta tendência deve ser reavaliada. Segundo Straskraba e Tundisi (1990), em sistemas de reservatórios em cascata, um efeito produzido em um dado reservatório à montante será transferido para os demais localizados à jusante e esses efeitos podem ser reduzidos no caso de reservatórios posicionados entre si a uma grande distância, pois, normalmente, as alterações na qualidade da água do reservatório subsequente deixariam de ser observadas.

Considerando a distribuição dos táxons, *Cyclotella menegheniana* foi a única espécie presente em todas as estações de amostragem, ou seja, ao longo de todo eixo longitudinal do Rio Paranapanema. Em seguida, destacou-se *Aulacoseira granulata* var. *granulata* que apenas não foi encontrada na região de montante do Reservatório de Chavantes. Além da conectividade hidrológica entre os reservatórios em cascata ter, muito provavelmente, contribuído para a ampla distribuição desses táxons, os mesmos são considerados ubíquos e extremamente tolerantes a níveis acentuados de poluição, ocorrendo em ambientes oligo, meso e eutróficos (Van Dam 1994). Ainda, apresentam-se sob as formas perifíticas e planctônicas, normalmente dominando o plâncton (Van Dam 1994). São, assim, espécies comuns em águas doces, tendo sido consideradas dominantes no fitoplâncton de reservatórios brasileiros em condições específicas (Tundisi 1990). Ainda, o gênero *Aulacoseira* possui elevada capacidade de captura de luz o que possibilita o seu desenvolvimento em ambientes com elevada turbidez e baixa disponibilidade deste recurso (Reynolds *et al.* 1994).

Em relação à estrutura quantitativa da comunidade, as maiores densidades de diatomáceas ocorreram nos reservatórios do médio trecho do rio (Salto Grande e Capivara), sendo pouco mais elevada (1,3X) no primeiro. Maior abundância de fitoplâncton também foi reportada para o médio Paranapanema por Nogueira *et al.* (2005). Tais autores consideraram, ainda, que a densidade fitoplanctônica só não foi maior em função da elevada vazão da água, principalmente em Salto Grande, onde o tempo de retenção é de aproximadamente 2 dias. Ainda conforme Nogueira (2005), o fitoplâncton, em termos de densidade e biomassa (clorofila-a), apresentou desenvolvimento mais acentuado no médio Paranapanema, onde há níveis mais elevados de enriquecimento. Em relação à variação da densidade de diatomáceas intra-reservatório, não foi encontrada tendência geral mais clara. Entretanto, nos reservatórios tipo fio d'água (Salto Grande e Rosana), as maiores densidades parecem ocorrer na zona de barragem, enquanto que nos dendríticos, na região de montante (exceto à estação Ribeirão das Posses em Jurumirim). De acordo com Thornton *et al.* (1990), a região lacustre de reservatórios extensos e profundos apresenta, em geral, reduzida produtividade fitoplanctônica, principalmente em decorrência do processo de sedimentação de nutrientes. Ainda, de modo geral, as zonas de montante dos reservatórios do Rio Paranapanema são mais produtivas do que as zonas de barragem (Nogueira *et al.* 2005). No presente, considerando os reservatórios dendríticos, esta tendência, considerando densidade, somente não foi observada na estação Ribeirão

das Posses (braço lateral do Reservatórios de Jurumirim). Este braço lateral, em particular, é mais isolado, apresentando características próprias como baixa vazão, maior concentração de nutrientes e elevado tempo de retenção (Nogueira 2000) podem ter favorecido a maior densidade e sedimentação das valvas de diatomáceas. Já, nos reservatórios fio d'água, a elevada vazão pode controlar o carreamento das valvas com maior depósito nos sedimentos na região de barragem.

As comunidades de diatomáceas encontradas no sedimento superficial dos reservatórios em cascata não apresentaram espécies dominantes e foram constituídas por poucos táxons abundantes. A análise conjunta das espécies mais abundantes permitiu inferir que a estrutura das diatomáceas foi principalmente influenciada pelo eixo longitudinal do Rio Paranapanema, já que a separação das comunidades ocorreu mais em função dos extremos dos trechos alto e baixo do Rio Paranapanema e não da disponibilidade de nutrientes. Muito provavelmente, as condições de trofia do médio Paranapanema ainda não sejam tão elevadas para promover mudanças na estruturação das comunidades de diatomáceas, visto que os teores de fósforo do sedimento não foram considerados elevados quando comparados com sistema eutrófico a hipereutrófico, conforme discutido anteriormente.

Apesar da maior influência espacial na organização geral das comunidades na série em cascata dos reservatórios, já se percebe associação de maiores densidades de *Nitzschia palea* com as estações de barragem de Salto Grande, montante e compartimento central (próximo à desembocadura do Rio Tibagi) de Capivara. Segundo as classificações de Lowe (1974), Van Dam (1994) e Lange-Bertalot (1979), *Nitzschia palea* é comum em ambientes pouco oxigenados e com elevadas concentrações de nutrientes, especialmente fósforo, podendo ser encontrada em águas poluídas. Ainda, Fore & Grafe (2002) verificaram densidades elevadas desta espécie em locais onde houve aumento nas concentrações de nutrientes em áreas onde prevalecem paisagens de campos fertilizados nos grandes rios em Idaho (EUA). Conforme reportado no presente e em outros trabalhos (Nogueira *et al.* 2002b; Nogueira 2005; Nogueira *et al.* 2005), as estações de amostragem no médio trecho do Rio Paranapanema, especialmente em Capivara, apresentam teores mais elevados de nutrientes quando comparados aos demais reservatórios localizados no mesmo rio, em função da atividade agrícola nessa área. Densidades mais elevadas de *Gomphonema laticollum* também foram associadas ao trecho médio do rio e ao Reservatório de Rosana, no baixo curso do rio. Esse táxon foi proposto a partir de populações anteriormente determinadas como *G. truncatum* e é considerado tolerante a ambientes mesosapróbios (Hoffmann 1994, Van Dam 1994), ou seja, onde a poluição é moderada.

Em contrapartida, *Cocconeis placentula* e *Encyonema silesiacum* estiveram associadas aos reservatórios do alto Paranapanema, Jurumirim (exceto ao Ribeirão das Posses) e montante de Chavantes. *Cocconeis placentula* é uma espécie que vem sendo reportada como muito sensível à

poluição (Lange-Bertalot 1979; Lobo *et al.* 1996; Lobo *et al.* 2002; Lobo *et al.* 2004). *Encyonema silesiacum*, por sua vez, é uma espécie tolerante a ambientes alfa-mesotróficos (Hoffmann 1994; Van Dam (1994).

Finalmente, a diversidade de diatomáceas ao longo da série dos reservatórios pode ser considerada elevada, desde que o valor máximo para o índice utilizado é de 5 bits ind<sup>-1</sup> (Margalef 1972 apud Vercellino 2007) e os valores encontrados estiveram em sua grande maioria acima de 3,0 bits ind<sup>-1</sup>, exceto à zona de montante de Chavantes. Considerando a baixa dominância de espécies em todas as estações de amostragem e, conseqüentemente, elevada distribuição equitativa, a diversidade foi primordialmente afetada pela riqueza de espécies das comunidades presentes no eixo longitudinal do Rio Paranapanema.

## **9. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS**

---

A avaliação dos sedimentos superficiais e da estrutura específica das comunidades de diatomáceas associadas a este compartimento nos reservatórios em cascata do Rio Paranapanema permitiu as seguintes conclusões:

Os dados presentemente obtidos permitem inferir que a variação longitudinal intra e entre reservatórios dos teores de nutrientes (fósforo e nitrogênio) foi influenciada por fatores como morfometria dos reservatórios, entrada de afluentes com águas mais ricas em nutrientes e, principalmente, uso e ocupação da bacia de drenagem, de forma que:

► O médio curso do Rio Paranapanema (Salto Grande e Capivara) apresentou-se mais enriquecido, refletindo o uso mais intenso do solo para fins agrícolas praticado na região.

► Apesar dos indícios de processo de eutrofização no trecho médio do rio, os teores de fósforo dos sedimentos superficiais dos reservatórios foram considerados moderados quando comparados à evolução trófica de represa hipereutrófica situada no Estado de São Paulo.

► O fósforo, em particular, permitiu melhor avaliação da influência de aportes pelos afluentes, tais como o Rio Tibagi (Capivara), Rio Pardo (Salto Grande), ambos no trecho médio do rio, bem como Ribeirão das Posses (braço lateral de Jurumirim), situado no alto curso do rio.

► Considerando que a textura granulométrica dos sedimentos foi predominantemente constituída por frações de areia e com predominância de areia fina (71%) na quase totalidade das estações de amostragem, esta característica deve ter tido pouca influência sobre a distribuição longitudinal do fósforo nos sedimentos. Assim sendo, a influência da granulometria na distribuição longitudinal dos nutrientes nos sedimentos deve ter sido irrelevante.

**Biodiversidade de diatomáceas** - Foram identificados 60 táxons distribuídos em 31 gêneros, dos quais 34 (57%) representam novas citações para a bacia do Paranapanema. Com base na distribuição desses táxons, as seguintes tendências foram apontadas:

▶ Ao longo do eixo longitudinal do rio, foi observado aumento da biodiversidade de diatomáceas com adições de novas espécies, principalmente, no início do curso do rio (Jurumirim) e a partir do final do trecho médio até o baixo Paranapanema (Capivara e Rosana), demonstrando a importância de estudos sobre a biodiversidade que abarcam escalas espaciais mais amplas e a bacia hidrográfica.

▶ Maior riqueza (45 táxons) foi encontrada no primeiro reservatório da série em cascata (Jurumirim), o qual apresentou, em sua região de montante, o maior número de espécies de ocorrência mais restrita, indicando a importância dessa região para ações de conservação.

▶ Dentre os táxons inventariados, *Cyclotella menegheniana* Kütz. e *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Sim. var. *granulata* foram os que apresentaram ampla distribuição ao longo do eixo do rio, muito provavelmente, favorecidos pela sua grande amplitude ecológica, podendo ocupar os habitats bentônicos e planctônicos de águas oligotróficas a eutróficas.

▶ A escala longitudinal do Rio Paranapanema desempenhou importante papel na estrutura qualitativa da comunidade de diatomáceas, sendo a menor similaridade observada no baixo trecho do rio.

**Estrutura quantitativa da comunidade de diatomáceas** – As comunidades de diatomáceas na série em cascata de reservatórios não apresentaram espécies dominantes e foram constituídas por poucos táxons abundantes. As principais tendências observadas foram:

▶ As densidades mais elevadas foram observadas nos reservatórios localizados no médio Paranapanema (Salto Grande e Capivara), exceto ao braço lateral do Reservatório de Jurumirim (Ribeirão das Posses), localizado no trecho alto do rio.

▶ A estrutura quantitativa de diatomáceas não apresentou tendência clara de variação intra-reservatório. De modo geral, as maiores densidades ocorreram nas zonas de montante dos reservatórios dendríticos e nas zonas de barragem dos reservatórios fio d'água.

▶ Com base nas espécies mais abundantes, a estrutura das comunidades de diatomáceas foi primordialmente influenciada pelo eixo longitudinal do Rio Paranapanema, já que a principal separação ocorreu mais em função dos extremos dos trechos alto e baixo do Rio Paranapanema do que da disponibilidade de nutrientes.

▶ Apesar das condições de trofia do médio Paranapanema não serem suficientemente elevadas para promover grandes mudanças na estruturação das comunidades de diatomáceas, já é notável a associação de algumas espécies indicadoras de ambientes mais eutrofizados com os reservatórios do médio curso do rio, onde prevalecem condições meso-eutróficas, tais como



*Nitzschia palea* (Kütz.) W. Smith. Contrapondo, *Cocconeis placentula* Ehr. e *Encyonema silesiacum* (Bleisch) Mann estiveram associadas aos reservatórios do alto Paranapanema (exceto ao Ribeirão das Posses, no qual a disponibilidade de nutrientes é maior), sendo que a primeira delas é comumente reportada como muito sensível à poluição.

► A diversidade das diatomáceas ao longo do eixo longitudinal do Rio Paranapanema foi elevada (na maioria  $\geq 3,0$  bits ind<sup>-1</sup>), sendo primordialmente afetada pela riqueza de espécies.

**Hipótese do trabalho** - com base nas considerações acima, a hipótese deste trabalho foi refutada uma vez que o fator longitudinal foi preponderante na estruturação das comunidades de diatomáceas no Rio Paranapanema. Entretanto, algumas associações de espécies, bem como os teores de nutrientes nos sedimentos reforçam o processo de eutrofização mais avançado no médio Paranapanema.

Finalmente, o estudo do compartimento dos sedimentos mostrou-se adequado para abordagens em escalas espaciais amplas (centenas de quilômetros) como no caso deste trabalho, já que integra informações tanto espaciais quanto temporais, reduzindo a multidimensionalidade do ecossistema. Neste sentido, os estudos envolvendo as comunidades de diatomáceas de sedimentos superficiais, apesar de recentes no Brasil e inéditos em abordagens sobre a conectividade hidrológica de reservatórios em cascata, podem constituir-se em mais uma ferramenta para avaliar processos de eutrofização.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- ACIESP.** 1997. Academia de Ciências do Estado de São Paulo. Glossário de Ecologia. 2 ed. ACIESP, CNPq, FINEP, FAPESP, SCTDT.
- Agostinho, A. A.; Vazzoler, A. E. A de M. & Thomaz, S. M.** 1995. The high river Paraná basin: Limnological and ichthyological aspects. In: Tundisi, J. G.; Bicudo C. E. M. & Matsumura-Tundisi, T. (eds.). Limnology in Brazil. Rio de Janeiro. ABC/SBL. 59-103.
- Alefs, J. & Müller, J.** 1999. Differences in the eutrophication dynamics of Ammersee and Starnberger See (Southern Germany), reflected by the diatom succession in varve-dated sediments. *J. Paleolimnology* 21:395-407.
- ANEEL.** Disponível em: [virtual@aneel.gov.br](mailto:virtual@aneel.gov.br). Acesso: 2007.
- Andersen, J.M.** 1976. An ignition method for determination of total phosphorus in lake sediments. *Water Research* 10:329-331.
- Anderson, N.J.; Rippey, B. & Gibson, C.E.** 1993. A comparison of sedimentary and diatom inferred phosphorus profiles: implications for defining pre-disturbance nutrient conditions. *Hydrobiologia* 253: 357-366.
- Avakyan, A. B. & Iakovleva, V. B.** 1998. Status of global reservoirs: the position in the late twentieth century. *Lakes and reservoirs. Research and Management*, v. 3, p.45-52.
- Barbosa, F.A.R., Padisák, J., Espíndola, E.G.L., Borics, G. & Rocha, A.** 1999. The cascading reservoir continuum concept (CRCC) and its application to the river Tietê-Basin, São Paulo State, Brazil. In: Tundisi, J.G. & Srtraskraba (eds.) *Theoretical Reservoir Ecology and its Applications*. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences and Blackhuys Publishers, São Carlos, p. 425-437.
- Batarbee, R.W.** 1986. Diatoms analysis. In: Berglund, B.E. (ed.) *Handbook of Holocene Palaeohydrology*. New York: John Wiley & Sons. p.527-570.
- Bennion, H.** 1995. Surface-sediment diatom assemblages in shallow, artificial, enriched ponds and implications for reconstructing trophic status. *Diatom Research* 10(1):1-19.
- Bennion, H. Johnes, P., Ferrier, R., Phillips, G. & Hawaorth, E.** 2005. A comparison of diatom phosphorus transfer functions and export coefficient models as tools for reconstructing lake nutrients histories. *Freshwater Biology* 50: 132-141.

- Bicudo, C.E.M., Bicudo, D.C., Castro, A.A.J. & Picelli-Vicentim, M.M.** 1992. Fitoplâncton do trecho a represar do Rio Paranapanema (UHE de Rosana), Estado de São Paulo, Brasil. *Revista brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, 52(2): 293-310, fig. 1-70.
- Bicudo, D.C., Bicudo, C.E.M., Castro, A.A.J. & Picelli-Vicentim, M.M.** 1993. Diatomáceas do trecho a represar do Rio Paranapanema (UHE de Rosana), Estado de São Paulo, Brasil. *Hoehnea*, São Paulo, 20(1-2): 47-68, fig. 1-72.
- Bicudo, D.C.; Ferragut, C.; Crossetti, L.O. & Bicudo, C.E.M.** 2005. Efeitos do represamento sobre a estrutura da comunidade fitoplanctônica do reservatório de Rosana, baixo rio Paranapanema, estado de São Paulo. *In: Nogueira, M., Henry, R. & Jorcin, A. (orgs.) Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata.* São Carlos: RiMa Editora, p. 349-377.
- Bicudo, D.C., Fonseca, B.M., Bini, L.M., Crossetti, L.O., Bicudo, C.E.M. & Araújo-Jeus, T.** 2007. Undesirable side-effects of water hyacinth control in a shallow tropical reservoir. *Freshwater Biology* 52:1120-1133.
- Bittencourt-Oliveira, M.C.** 2002. A comunidade fitoplanctônica do rio Tibagi: uma abordagem preliminar de sua diversidade. Pp. 373-402. *In: M.E. Medri; E. Bianchini; O.A. Shibatta; J.A. Pimenta (orgs.). A bacia do rio Tibagi.* Londrina, M.E. Medri.
- Bonetto, A. A.** 1993. Metodologias em la investigación de los grandes rios sudamericanos Boltovksoy, A.; Lopez, H. (Eds.). *Conferencias de Limnologia.* La Plata: Instituto de Limnologia Dr. R. Ringuelet, 1993.p.53-69
- Brassac, N.M.; Atab, D.; Landucci, M.; Visinoni, N.D. & Ludwig, T.A.V.** 1999. Diatomáceas cêntricas de rios na região de abrangência da Usina Hidrelétrica de Salto Caxias, PR (bacia do rio Iguaçu). *Acta Botanica Brasilica* 13(3): 277-289.
- Brassac, N.M. & Ludwig, T.A.V.** 2003. Flagilariaceae (Bacillariophyceae) de rios da bacia do Iguaçu, Estado do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica.* V.26, n.3, p.311-318.
- Brassac, N.M., Ludwig, T.A.V.** 2005. Amphipleuraceae e Diploneidaceae (Bacillariophyceae) da bacia do rio Iguaçu, PR, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19(2): 359-368.
- Britto, S. G. de C.** 2003. Atributos da Ictiofauna do Reservatório de Taquaruçu (baixo Rio Paranapanema, SP/PR), como modelo referencial dos efeitos dos represamentos na bacia hidrográfica. Dissertação de mestrado. Instituto de Biociências de Botucatu, Unesp.
- Britto, S. G. de C. & Sirol, R. N.** 2005. Transposição de Peixes como forma de manejo: As escadas do Complexo Canoas, Médio Rio Paranapanema, Bacia do Alto Rio Paraná. *In:*

- Nogueira, M., Henry, R. & Jorcin, A. (orgs.) *Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: RiMa Editora, p. 285-304.
- Calijuri, M. C. & Tundisi, J. G.** 1990. limnologia Comparada das represas do Lobo (Broa) e Barra Bonita – Estado de São Paulo: mecanismos de funcionamento e bases para o gerenciamento. *Revista Brasileira de Biologia* 50 (4): 893-913.
- Callegaro, V.L.M.** 1998. Diatomáceas da turfeira de Águas Claras, planície costeira do rio Grande do Sul: taxonomia, aspectos ecológicos e subsídios à Paleolimnologia. Tese de doutoramento, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 299 p.
- Callegaro, V.L.M.; Silva, K.R. de M. & Salomoni, S. E.** 1993. Flórmula diatomológica de ambientes lênticos e lóticos do Parque Florestal Estadual do Turvo, Rio Grande do Sul, Brasil. *Hieringia, Série Botânica, Porto Alegre*, (43):89-134.
- Carneiro, L. A.** 2003. Ordem Achnanthes (Bacillariophyceae) de águas doces do estado de São Paulo: Levantamento florístico. Dissertação de Mestrado. UNESP, Rio Claro, SP. 225p.
- Cazotti, R.I.** 2003. Geocronologia de sedimentos recentes com 210Pb: metodologia e critérios para sua aplicação em lagos e represas. São Carlos. 131p. Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Química, Universidade Federal de São Carlos.
- CESP. Companhia Energética de São Paulo.** 1998. Programa de gerenciamento de reservatórios da CESP, 1986-1996. Série divulgação e informação 219. São Paulo. 67pp.
- Contin, L.F.** 1990. Contribuição ao estudo das diatomáceas (Chrysophyta, Bacillariophyceae) na região de captação de água do Rio Iguaçu (Sanepar) em Curitiba, Estado do Paraná, Brasil. *Estudos de Biologia* 24:1-95.
- Côrte-Real, M. & Aguiar, L.M.** 1972. Diatomáceas do Arroio Dilúvio com referência às espécies de interesse sanitário e poluição. *Iheringia, Série Botânica* 16:15-54.
- De-Oliveira, P.E.** 1985. The paleoecology of Lake Cunro, Ecuador with evidence from diatoms, sedimentary pigments and inorganic cations. Dissertação de Mestrado, University of Cincinnati, Cincinnati. 154 p.
- Dennys, L.** 1991. A check-list of the diatoms in the Holocene deposits of the Western Belgian Coastal plain with a survey of their apparent ecological requirements, II, Centrales. Professional paper Ministère des Affaires Economiques-Service Géologique de Belgique, 246 :41p.
- Descy, J. P. & Coste, M.** 1990. Utilisation des diatomées benthique pour l'évolution de la qualité des eaux courant. Rapport Final Contract CEE B-71, 23, 64p.

- Digby, P.G. N. & Kempton, R.A.** 1987. Multivariate analysis of ecological communities. London and New York: Chapman and Hall, 206p.
- Duke Energy Internacional.** Disponível em: [www.dukeenergy.com.br](http://www.dukeenergy.com.br). Acesso: 2006 e 2007.
- Dumond, H.J. & Tundisi, J.G.** 1997. Preliminary data on the paleolimnology of four lakes. In: Tundisi, J.G.; Saijo, Y. (eds.). Limnological studies on the Rio Doce valley lakes, Brazil. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências & USP, 528 p.
- Esteves, F.A.; Barbosa, F.A.R.; Bicudo, C.E. de M.** 1995. Limnology in Brazil: origin, development and perspectives. In: Tundisi, J.G.; Bicudo, C.E.M.; Matsumura-Tundisi, T. (Eds.). Limnology in Brazil. Rio de Janeiro: ABC/SBL, p. 1-18.
- Felisberto, S. A. & Rodrigues, L.** 2005. Influência do gradiente longitudinal (rio-barragem) na similaridade das comunidades de desmídias perifíticas. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 28, n.2, p. 241.
- Ferrari, F.** 2004. Diatomáceas do rio Ivaí, São João e dos Patos, bacia do Ivaí, município de Prudentópolis, Paraná. Curitiba, 289 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.
- Ferrari, F. & Ludwig, T. A. V.** 2007. Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae e Bacillariophyceae (Achnanthes) dos rios Ivaí, São João e dos Patos, bacia hidrográfica do rio Ivaí, município de Prudentópolis, PR, Brasil. *Acta Botânica. Brasília*. 21(2): 421-441.
- Ferreze, M. F. F.; Nogueira, M. G. & Vianna, N. C.** 2005. Transporte de nutrientes e sedimentos no Rio Paranapanema (SP/PR) e seus principais tributários nas estações seca e chucosa. In: Nogueira, M., Henry, R. & Jorcin, A. (orgs.) *Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: RiMa Editora, p. 434-459.
- Ferreze, M. F.F. & Nogueira, M. G.** 2006. Phytoplankton Assemblages and Limnological characteristics in lotic systems of the Paranapanema basin (Southeast Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia.*, 18(4):389-405.
- Ferreira, R. A. R.; Santos, C. M. & Henry, R.** 2005. Estudo Qualitativo da Comunidade Perifítica no Complexo Canoas (Rio Paranapanema, SP/PR) durante as fases de pré e pós-enchimento. In: Nogueira, M. G.; Henry, R. & Jorcin, A. (orgs.) *Ecologia de Reservatórios – Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata*. Rima, São Carlos. 205-234.
- Fore, L. S. & Grafe, C.** 2002. Using diatoms to assess the biological condition of large rivers in Idaho (U.S.A). *Freshwater Biology*, 47, p. 2015-2037.

- Fürstenberger, C.B.** 2001. Interpretações paleolimnológicas do quartenário recente a partir da análise da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyceae) no sedimento do Rio Icatu, Município de Xique-Xique, Estado da Bahia, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 128p.
- Gianini, C. E. de C.** 2002. Diatomáceas como indicadoras de acidificação em lagos da Amazônia Central. Dissertação de mestrado, Programa de Pós Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, INPA, UA. 63 p.
- Germain, H.** 1981. Flore des Diatomées. Paris: Societé Nouvelle des Éditions Boubée. 444 p.
- Golterman, H.L.; Clymo, R.S. & Ohnstad, M.A.M.** Methods for physical and chemical analysis of fresh waters. 2a ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications. International Biological Program, 1978. 213p. (Handbook, 8).
- Gulliver, John S. & Arndt, Roger E.** 1991. Hydropower Engineering Handbook. Mcgraw-Hill.
- Guzkowska, M.A.J. & Gasse, F.** 1990. Diatoms as indicators of water quality in some English urban lakes. *Freshwater Biology* 23:233-250.
- Hall, R.I. & Smol, J.P.** 1992. A weighted-averaging regression and calibration model for inferring total phosphorus concentration from diatoms in British Columbia (Canada) lakes. *Freshwater Biology* 27:417-434.
- Hall, R.I., Leavitt, P.R., Smol, J. & Zirnhelt, N.** 1997. Comparison of diatoms, fossil pigments and historical records as measures of lake eutrophication. *Freshwater Biology* 38:401-417.
- Hammer, B.K. & Stoermer, E.** 1997. Diatom-based interpretation of sediment banding in an urbanized lake. *J. Paleolimnology* 17:437-449.
- Hart, R. C.** 1992. Aspects of Comparative Plankton Ecology in Cascading Migeni River reservoirs (Midmar, Albert Falls, and Nagle): an overview. *South African Journal of aquatic Science*, v.18, n.1, p.20-41.
- Hart, R. C.** 1996. Comparative Ecology of Plankton in Cascading Warm-Water Reservoirs: aspects of relevance to tropical limnology. In: Schiemer, F.; Boland, K. T. (Eds.). *Perspectives in tropical limnology*. The Netherlands: SPB Academic Publishing, p. 113-130.
- Hedges, J.I. and Stern, J.H.,** 1984. Carbon and nitrogen determinations of carbonate-containing solids. *Limnology and Oceanography*, 29(3): 657-663.
- Henry, R.** 1990. Estrutura Espacial e Temporal do Ambiente Fisico e Quimico e Análise de Alguns Processos Ecológicos na Represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP) e na sua Bacia

Hidrográfica. Tese apresentada ao Instituto de Biociências – UNESP, campus de Botucatu para concurso de Livre-docência na disciplina de Ecologia Animal.

- Henry, R.** 1992. The oxygen deficit in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River, São Paulo, Brazil). *Japanese Journal of Limnology*. 53:379-84.
- Henry, R. & Gouveia, L.** 1993. Os fluxos de nutrientes e seston em cursos de água do Alto Paranapanema (São Pulo) - sua relação com usos do solo e morfologia das bacias de drenagem. *Anais da Academia Brasileira de Ciências. Ci.*, v.65, n.4, p. 439-451.
- Henry, R. & Gouveia, L.** 1994. The Transport of Nutrients and Suspended solids by some rivers of the upper Paranapanema drainage basin (São Paulo, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia.*, v.5, p. 113-122.
- Henry, R.; Maricatto, F. E.** 1996 Sedimentation rates of tripton in Jurumirim reservoir (São Paulo, Brazil). *Limnologica*, v. 25, p. 15-25.
- Henry, R.; Nunes, M. A.; Mitsuka, P. M.; Lima, N. de; Casanova, S. M. C.** 1998. Variação espacial e temporal da produtividade primária pelo Fitoplâncton na Represa de Jurumirim (Rio Paranapanema, SP). *Revista Brasileira de Biologia*. v. 58, n. 4, p. 571-590.
- Henry, R. & Nogueira, M.G.** 1999. A Represa de Jurumirim (São Paulo): primeira síntese sobre o conhecimento limnológico e uma proposta preliminar de manejo ambiental. In: Henry, R. (ed.). *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Fundibio/FAPESP, Botucatu. 653-685.
- Henry, R.** 2003. Os Ecótonos nas Interfaces dos Ecossistemas Aquáticos: Conceitos, Tipos, Processos e Importância. Estudo de Aplicação em lagoas marginais ao Rio Paranapanema na Zona de sua desembocadura na Represa de Jurumirim.
- Henry, R.** 2005. The connectivity of the Paranapanema river with two lateral lakes in its mouth zone into the Jurumirim reservoir. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 17, n. 1, p. 57-69.
- Henry, R., Panarelli, E.A., Casanova, S.M.C., Suiberto, M.R. & Afonso, A.D.O.** 2005. Interações hidrológicas entre lagoas marginais e o Rio Paranapanema na zona de desembocadura na Represa de Jurumirim. In: Nogueira, M., Henry, R. & Jorcin, A. (orgs.) *Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata*. São Carlos: RiMa Editora, p. 57-82.
- Henry, R.; Ushinohama, E.; Ferreira, R. M. R.** 2006. Fitoplâncton em três lagoas marginais ao Rio Paranapanema e em sua desembocadura no Reservatório de Jurumirim (São Paulo, Brasil) durante um período prolongado de seca.

- Henry, R.; Nogueira, M. G.; Pompeo, M. L. M. & Moschini-Carlos, V.** 2006. Annual and short-Term Variability in Primary Productivity by Phitoplankton and Correlated Abiotic Factors in the Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil). *Brazilian Journal of Biology* 66(1B): 239-261.
- Hoeck, C.; Mann, D. G. & Jahns, H. M.** 1995. *Algae: an introduction to phycology*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Hofmann, G.** 1994. Aufwuchs diatoms in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. *Bibliotheca Diatomologica* 30: 241p.
- IBGE.** <http://www.ibge.gov.br/home/> (site consultado em 2007).
- Jorcín, A. & Nogueira, M. G.** 2005. Temporal and spatial patterns based on sediment and sediment-water interface characteristics along a cascade of reservoirs (Paranapanema River, south-east Brazil). *Lakes and Reservoirs: Research and Management* 10: 1-12.
- Jorcín, A. & Nogueira, M. G.** 2005. Phosphate distribution in the sediments along a cascade of reservoirs (Paranapanema River, SE, Brazil). In: Serrano, L. & Golterman, H. (eds.). *Phosphate in Sediments - proceedings of the 4th International Symposium*. Backhuys Publishers, Leiden. 77-86.
- Jorcín, A. & Nogueira, M. G.** 2005b. Temporal and spatial patterns on sediment and sediment-water interface characteristics along a cascade of reservoirs (Paranapanema river, Sout-Past Brazil). *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, v.10, p.1-12.
- Jorcín, A. & Nogueira, M. G.** (no prelo). *Benthic Macroinvertebrates in the Paranapanema reservoir cascade (Southeast Brazil)*.
- Kalff, J.** 2001. *Limnology. Inland Water Ecosystems*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Kelman, J.; Pereira, M. V.; Neto, T. A. A. & Sales, P. R. de H.** 2002. Hidreletricidade. In: Rebouças, A. da C.; Braga, B. & Tundisi, J. G. *Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação*, 2º ed. Escrituras, São Paulo, p. 371-449.
- Kennedy, R. H.** 1999. Reservoir design and operation; limnological implications and management opportunities. In: Tundisi, J. G.; Straskraba, M. (Eds.). *Theoretical reservoir ecology and its applications*. Leiden. Brazilian Academy of Sciences, International Institute of Ecology and Backuys Publishers, p. 1-28.
- Kimmel, B. L.; Lind, O.T.; Paulson, L.J.** 1990. Reservoir primary production. In: Thornton, K. W.; Kimmel, B. L.; Payne, F. E. (eds). *Reservoir Limnology: Ecological perspectives*. New York. Jhon Wiley & Sons, inc. cap.6, p.133-192.



- Kleerekoper, H.** 1990. Introdução ao estudo da limnologia. 2 ed. Porto Alegre: Ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul., 329 p.
- Korneva, L. G.; Solovyova, V. V.** 1999. Spatial organization of phytoplankton in reservoirs of the Volga river International Review of Hydrobiology., v.83, p. 163-166, 1999.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot H.** 1986. Bacillariophyceae, 1: Naviculaceae. In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heynig, H; Mollenhauer, D. (eds.). Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag. Vol. 1, 876p.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H.** 1988. Bacillariophyceae, 2: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heynig, H; Mollenhauer, D. (eds.). Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag. Vol 2, 596p.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot H.** 1991a. Bacillariophyceae, 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heynig, H; Mollenhauer, D. (eds.). Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag. Vol 3, 576p.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H.** 1991b. Bacillariophyceae, 4: Achnanthaceae. In: Ettl, H.; Gerloff, J.; Heynig, H; Mollenhauer, D. (eds.). Die Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart: Gustav Fisher Verlag. Vol. 4, 437p.
- Kudo, F. A.; Jorcín, A. & Nogueira, M. G.** 2005. Composição e Distribuição da Comunidade Zoobentônica em áreas de várzea do Rio Paranapanema (SP/PR). In: Nogueira, M., Henry, R. & Jorcín, A. (orgs.) Ecologia de Reservatórios: impactos potenciais, ações de manejo e sistemas em cascata. São Carlos: RiMa Editora, p. 378-416.
- Landucci, M. & Ludwig, T. A. V.** 2005. Diatomáceas de rios de Bacia Hidrográfica litorânea, PR, Brasil: Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae. Acta Botânica Brasílica 19 (2): 345-357.
- Leandrini, J. A.; Moreira Filho, H. & Rodrigues, L.** 2002. Espécies perifíticas de *Navicula* Bory de dois sistemas lóticos do município de Maringá, Estado do Paraná, Brasil. Hoehnea 29 (1): 49-56.
- Lange-Bertalot, H.** 1979. Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. Nova Hedwigia 64: 285-304.
- Litvinov, A. S.; Roschchupko, V. F.** 1994. Changes of the Volga river thermal regimen after constructing the Volga river cascade. Archiv. Für Hydrobiologie Beih Ergebnisse der Limnologie, v. 40, p. 41-44.

- 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. *Revista de Biología Marina Y Oceanografía*, 22(1): 1-29.
- Lobo, E. A.; Kirst, A.; Costa, A. B. & Oliveira, M. A.** 1995. Estudo da Qualidade da Água do Arroio Boa Vista, Município de Carlos Barbosa, Rio Grande do Sul. *Biociências*, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 43-63.
- Lobo, E.A.; Callegaro, V.L.M.; Schullers, S. Oliveira, M.A.; Salomoni, S. & Asai, K.** 1996. Pollution tolerant diatoms from rivers located in the Jacuí Basin, Rio Grande do Sul, Brazil. *Iheringia Sér. Bot.* 47:43-70.
- Moro, R.S.** 1998. Interpretações paleolimnológicas do quaternário a partir da análise da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyceae) nos sedimentos da Lagoa Dourada, Ponta Grossa, Paraná. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 330 p.
- Lobo, E. A.; Callegaro, V. L. M.; Bender, E. P.** 2002. Utilização de Algas Diatomáceas Epilíticas como Indicadores da Qualidade da Água em Rios e Arroios da Região Hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 127p.
- Lobo, E. A.; Bes, D.; Tudesque, L. & Ector, L.** 2004. Water Quality Assesment of the Pardinho River, Rs, Brazil, Using Epilithic Diatom Assemblages and Faecal Coliforms as Biological Indicators. *Vie Milieu* 54 (2-3): 115-125.
- Lowe, R.L.** 1974. Environmental Requirements and Pollution Tolerance of Freshwater Diatoms. National Environmental Research Center, Cincinnati, Ohio. 333p.
- Ludwig, T.A.** 1996. Levantamento florístico das diatomáceas (Bacillariophyceae) dos gêneros *Cymbella* e *Gomphonema* do Estado de São Paulo. Tese de doutorado. Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, UNESP. 235p.
- Ludwig & Flores 1997 Ludwig, T.A.V. & Flôres, T.** 1997. Diatomoflora dos rios da região a ser inundada para a construção da Usina Hidrelétrica de Segredo, Paraná *Fragilariophyceae* (*Fragilaria* e *Synedra*). *Hoehnea* 24(1): 55-65.
- Margalef, R.** 1993. *Limnologia*. Barcelona: Ediciones Omega. 1010 p.
- Martau, L.; Aguiar, L. & Callegaro, V. L.** 1977. Diatomáceas do Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia, Série Botânica* 22:45-83.
- McCune, B.M.J. & Mefford, M.J.** 1997. PC-ORD Multivariate analysis of ecological data. Version 3.0. MJM. Software design, Oregon, 47p.

- Morandi, L.L.** 2002. Eunotiales (Bacillariophyceae) de águas continentais do estado de São Paulo: levantamento florístico. Dissertação de Mestrado. Ribeirão Preto. USP. 156p.
- Mozeto, A.A.**, 2004. Sedimentos e particulados lacustres: amostragem e análises biogeoquímicas. In: Bicudo, C.E.M. & Bicudo, D.C. (orgs.) Amostragem em Limnologia. São Carlos: RIMA Editora. p. 295-341.
- Moreira, A.L.O.R.** 1990. Estudo taxonômico de *Cymbella* Agardh e *Gonphonema* Ehrenberg da região de captação da água do Rio Pirapó, Maringá, Paraná, Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Moretto, E. M. & Nogueira, M. G.** 2003. Physical and Chemical Characteristics of Lavapés and Capivara rivers, tributaries of Barra Bonita reservoir (São Paulo, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia.*, v. 15, n.1, p.27-39.
- Moro, R.S. & Fürstenbeger, C.B.** 1997. Catálogo dos principais parâmetros ecológicos de diatomáceas não-marinhas. Ponta Grossa: Editora da Universidade Estadual de Ponta Grossa, 282 p.
- Moro, R.S.** 1998. Interpretações paleolimnológicas do quartenário a partir da análise da comunidade de diatomáceas (Bacillariophyceae) nos sedimentos da Lagoa Dourada, Ponta Grossa, Paraná. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 330 p.
- Moschini-Carlos, V.; Henry, R & Pompêo, M. L. M.** 2000. Seasonal variation of biomass and productivity of the periphytic community on artificial substrata in the Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brazil). *Hydrobiologia* 434: 35-40.
- Mozeto, A.A.**, 2004. Sedimentos e particulados lacustres: amostragem e análises biogeoquímicas. In: Bicudo, C.E.M. & Bicudo, D.C. (orgs.) Amostragem em Limnologia. São Carlos: RIMA Editora. p. 295-341.
- Nimer, E.** 1979. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro, IBGE. 422 pp.
- Nogueira, M. G.** 1996. Composição, Abundância e Distribuição Espaço-Temporal das Populações Planctônicas e das Variáveis Físico-químicas na Represa de Jurumirim, Rio Paranapanema-SP. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos, p.439.
- Nogueira, M.G.; Henry, R. & Maricatto, F. E.** 1999. Spatial and temporal heterogeneity in the Jurumirim reservoir, São Paulo, Brazil. *Lakes & Reservoirs: Reserch and management*, 4: 107-120.

- Nogueira, M.G.** 2000. Phytoplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazilian Journal of Biology 431: 115-128.
- Nogueira, M. G.; Vianna, N. C.; Jorcin, A. & Britto, Y. C. T.** 2001a. Limnologia comparada de 8 reservatórios em cascata do Rio Paranapanema (SP-PR), Brasil. In Seminário Internacional Gestión Ambiental e Hidroeletricidad: Um Camino hacia la Sustentabilidad. Complejo Hidroeléctrico de Salto Grande, Argentina-Uruguay.
- Nogueira, M. G.** 2001b. Zooplankton composition, dominance and abundance as indicators of environmental compartmentalization in Jurumirim Reservoir (Paranapanema River), São Paulo, Brazilian Journal of Biology, 455: 1-18.
- Nogueira, M.G.; Vianna, N.C.; Jorcin, A. & Britto, Y.C.** 2002a. Uma avaliação dos processos de eutrofização nos reservatórios em cascata do rio Paranapanema (SP/PR), Brasil. In: Cirelli, A.; F. & Marquisá, G. C. (eds). El agua em Iberoamérica – de la limnologia a la gestión em Sudamérica. Cyted - Programa Iberoamericano de Ciência y Tecnologia para el Desarrollo. 91-106.
- Nogueira, M.; Jorcin, A.; Vianna, N. de. C. & Britto, Y. C. T.** 2002b. A Two-Year Study on The Limnology of a Cascade Reservoir System in a Large Tropical River in Southeast Brazil. In 4<sup>th</sup> International Conference on Reservoir Limnology and Water Quality. České Budějovice. Czech Republic.
- Nogueira, M. G.** 2005. Limnologia de Reservatórios e Sistemas em Cascata. In: Roland, F.; Dionéia, C. & Marinho, M. Lições de Limnologia, São Carlo: Rima, p.141-160.
- Nogueira, M.G.; Jorcin, A.; Vianna, N.C. & Britto, Y.C.** 2005. 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: Nogueira, M. G.; Henry, R. & Jorcin, A. (orgs). Ecologia de Reservatórios – Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata. Rima, São Carlos. 83-125.
- Nogueira, M. G. & Jorcin, A.** (no prelo). Contaminação dos sedimentos na bacia do Rio Paranapanema (SE, Brasil) por pesticidas sintéticos e metais e sua relação com os processos de eutrofização.
- Odum, E.P.** Ecologia. 1988. Ed. Guanabara. RJ. 434p.
- Padisák, J., Barbosa, F.A.R., Borbély, G., Borics, G., Chorus, I., Espindola, E.L.G., Heinze, R., Rocha, O., Török, A.K. & Vasas, G.** 2000. Phytoplankton composition, biodiversity

- and a pilot survey of toxic cyanoprokaryotes in a large cascading reservoir system (Tietê basin, Brazil). *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Limnologie* 27: 2734-2742.
- Patrick, R. & Reimer, C.W.** 1975. The diatoms of the United States, exclusive of Alaska and Hawaii. Philadelphia: Livingstgon Company. Vol. 2, 213p.
- Pielou, E.C.** 1966. The use of information theory in the study of the diversity of biological populations. *Proceedings of the fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*. p. 169-177.
- Pielou, E.C.** 1984. *The Interpretation of Ecological Data*. New York: John Willey and Sons. 263 p.
- Pinto-Coelho, R.M.** 2000. *Fundamentos em Ecologia*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul. 252p.
- Pompêo, M. L. M.; Henry, R.; Moschini-Carlos, V. & Padovani, C. R.** 1997. A influência da macrófita aquática *Echinochloa polystachya* (H.B.K.) Hitch. nas características físicas e químicas da água na zona de desembocadura do Rio Paranapanema na Represa de Jurumirim-SP. *Revista Brasileira de Ecologia*. V.1: p.44-53.
- Räsänen, M.** 1986. Recent sedimentation in a freshwater reservoir in SW-Finland: the diatomological and chemical evidence of sediments on the development of the water body. *Hydrobiologia* 143:361-369.
- Rebouças, A.C.** 1999. Água doce no mundo e no Brasil. *In: Rebouças, A.C., Braga, B. & Tundisi, J.G. (orgs.). Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras Editora. p. 1-37.
- Rice, S. P.; Greenwood, M. T. & Joyce, C. B.** 2001. Tributaries Sediment sources, and the longitudinal organization of macroinvertebrates fauna along rivers systems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 58:824-840.
- Rodrigues, L. & Bicudo, D. C.** 2001. Similarity among periphyton algal communities in a lentic-lotic gradient of the upper Paraná river floodplain, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 24(3): 235-248.
- Rodrigues, L.; Bicudo, D.C. & Moschini-Carlos, V.** 2003. O papel do perifiton em áreas alagáveis e nos diagnósticos ambientais. *In: Thomaz, S.M. & Bini, L.M. (orgs.) Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas*. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá. p. 211-229.)
- Round, F.E.; Crawford, R.M. & Mann, D.G.** 1990. *The Diatoms – biology and morphology of the genera*. Cambridge: University Press. 747p.

- Round, F. E.** 1991. Diatoms in river water-monitoring studies. *Journal of Applied Phycology*, v.3, p.129-145.
- Salomoni, S; Rocha, O. & Lobo, E.** 2006. Epilithic Diatoms as Indicators of Water Quality in the Gravataí River, Rio Grande do Sul, Brazil. *Hydrobiologia*, 559, no. 1:233-246.
- Sampaio, T.** 1989. Relatório sobre os estudos efetuados nos rios Itapetininga e Paranapanema. Organização do Instituto Geográfico e Geológico. Secretaria da Agricultura, Industria e Comércio. Vista do Instituto Geográfico e Geológico. São Paulo, Brasil.
- Santos, C. M.; Ferreira, R. A. R. & Henry, R.** 2005. Alterações na Organização da Comunidade Bentônica no Complexo Canoas (Rio Paranapanema) durante as fases de Pré e Pós-enchimento. In: Nogueira, M. G.; Henry, R. & Jorcin, A. (orgs). *Ecologia de Reservatórios – Impactos Potenciais, Ações de Manejo e Sistemas em Cascata*. Rima, São Carlos. 183-204.
- Shannon, C. E. & Weaver, W.** 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana: Illinois University Press, 177p.
- Shepherd, G.J.** 1996. *Fitopac 1: manual do usuário*. Departamento de Botânica, Unicamp. 95p.
- Schönfelder, I., Gelbrecht, J., Schönfelder, J. & Steinberg, C.E.W.** 2002. Relationship between littoral diatoms and their chemical environment in northeastern German lakes and rivers. *Journal of Phycology* 38:66-82.
- Silva, C.A., Train, S. & Rodrigues, L.C.** 2004. Phytoplankton assemblages in a Brazilian subtropical cascating reservoir system. *Hydrobiologia* 435: 1-11.
- Simpson, E. H.** 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163:688.
- Smil, V.** 1997: População global e o ciclo de nitrogênio. *Americano Científico*, p. 76-81.
- Souza, G. S. De S.; Koenig, M. L.; Leça, E. E. & Coêlho, M. De P. C. De A.** 2007. Diatomáceas indicadoras de paleoambientes do Quaternário de Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil. *Acta Botânica Brasilica*. 21(3): 521-529.
- Stevenson, R. J. & Pan, Y.** 1999. Assessing environmental conditions in rivers and streams with diatoms. Pp. 11-40. In: E. F. Stoermer & J. P. Smol (eds.). *The Diatoms: applications for the environmental and earth sciences*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Straskraba, M.** 1990. Limnological particularities of multiple reservoir series. *Archiv Für Hydrobiologie Beiheft Ergebnisse Der Limnologie* 33: 677-678.
- Straskraba, M.; Tundisi, J. G. & Duncan, A.** 1993. Introduction. In: Straskraba, M.; Tundisi, J. G.; Duncan, A., (eds) *Comparative reservoir limnology and water quality management*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

- Straskraba, M.** 1994. Vltava cascade as teaching grounds for reservoir limnology. *Water Science and Technology*, v.30, n.10, p.289-297.
- Straskraba, M.; Tundisi, J. G.** 1999. *Reservoir Water Quality Management: Guidelines of Lake Management*. Kusatsu, Japan: International Lake Environmental Committee, 1999. v.9, 227p.
- Straskraba, M. & Tundisi, J. G.** 2000. Gerenciamento da qualidade de águas de represas. In: Diretrizes para o gerenciamento de lagos. São Carlos. ILEC. 280p.
- Straskraba, M.** 1994. Vltava cascade as teaching grounds for reservoir limnology. *Water Science and Technology*, v.30, n.10, p.289-297.
- Tavares, B.** 2001. Levantamento florístico das naviculales (Bacillariophyceae) de águas continentais do estado de São Paulo. Tese de doutorado. Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, UNESP. 235p.
- Thomaz, S. M.; Bibi, L. M.; Alberti, S. M.** 1997. Limnologia do reservatório de Segredo: padrões de variação espacial e temporal. In: Agostinho, A. A.; Gomes, L. C. 1997. *Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo*. Ed. Univ. Estadual de Maringá. 1997, p. 19-37.
- Thornton, K. W.; Kimmel, B. L. & Payne, F. E.** 1990. Perspectives on Reservoir Limnology. In: Thornton, K. W. Kimmel, B. L. & Payne, F. E. (ed.) *Reservoir Limnology*. Wiley\_ Interscience Publication. New York. P: 1-14.
- Torgan, L. C. & Aguiar, L.** 1978. Diatomáceas do “Rio Guaíba”, Porto Alegre, Brasil. *Iheringia, Série Botânica* 23:19-63.
- Train, S.** 1990. Diatomoflórula do Córrego Moscados, Município de Maringá, Estado do Paraná, Brasil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Tuchman, M. L.; Theriot, E. & Stoermer, E. F.** 1984. Effects of low level salinity concentrations on the growth of *Cyclotella meneghiniana* Kütz. (Bacillariophyta). *Archiv Für Protistenkunde* 128, 319-26.
- Tundisi, J. G.** 1981. Typology of reservoirs in Southern Brazil. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Limnologie*, v. 21, p. 1031-1039.
- Tundisi, J. G. & Matsumura-tundisi, T.** 1990. Limnology and eutrophication of Barra Bonita Reservoir, S. Paulo State, Southern, Brazil. *Archiv. Für Hydrobiologie Beih Ergebnisse der Limnologie* 33: 661-676.

- Tundisi, J. G.; Matsumura-Tundisi, M. C. Callijuri & Novo, M. L.** 1991. Comparative Limnology of five reservoirs in the middle Tiete River, São Paulo State. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für Limnologie.*, 24:1489-1496.
- Tundisi, J. G.** 1994. Tropical South America: present and perspectives. In: Margalef, R. (ed.) *Limnology now: a paradigm of planetary problems.* Amsterdam, Elsevier Science B. 353-424.
- Tundisi, J. G.** 1998. Management of Reservoirs in Brazil. In: Jorgenson, S. E. & Vollenweider, R. A. (eds.) *Principles of lake management.* Otsu, Illec. V.1: Guidelines of lake management. P.155-69.
- Tundisi, J. G.** 1999. Reservatórios como sistemas complexos : Teoria, aplicações e Perspectivas para usos múltiplos. In: Henry, R. 1999. *Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais.* Botucatu. Fapesp, 800p.
- Tundisi, J. G.; Matsumura-Tundisi & Rocha, O.** 1999. Theoretical basis for reservoir management. In: *Theoretical reservoir ecology its applications.* Tundisi, J. G. & Straskraba, M. eds. International Institute of Ecology, São Paulo. Backhuys Publishers, AH Leiden, p. 505-528.
- Tundisi, J. G.** 2000. Limnologia e gerenciamento integrado de recursos hídricos. *Ciência e Ambiente*, n. 21: p. 9-21.
- Tundisi, J.G.; Matsumura-Tundisi, T.; Rocha, O.** 2002. Ecossistemas de águas interiores. *In:* Rebouças, A. C.; Braga, B; Tundisi, J. G. (orgs.). *Águas doces no Brasil: Capital Ecológico, uso e conservação.* São Paulo: Escrituras Ed. p. 153-194. 2ª ed.
- Uherkovich, G.** 1976. Algen aus den Flüssen Rio Negro und Tapajós. *Amazoniana*, 5:475-515.
- Uherkovich, G. & Rai, H.** 1979. Algen aus dem Rio Negro und seinen Nebenflüssen. *Amazoniana*, 6(4):611-638.
- Uherkovich, G.; Franken, M.** 1980. Aufwuchsalgen aus zentral amazonischen Regenwaldbächen. *Amazoniana*, 7(1):49-79.
- Valderrama, G.C.** 1981. The simultaneous analysis of total nitrogen and total phosphorus in natural waters. *Marine Chemistry* 10:109-122.
- Valencio, N. F. L. S.; Gonçalves, J. C.; Vidal, K. C.; Martins, R. C.; Rigolin, M. V.; Lourenço, L. C.; Mendonça, S. A. T. & Leme, A.A.** 1999. O papel das hidroelétricas de Barra Bonita e Jurumirim. In: Henry, R. (ed.). *Ecologia de Reservatórios: estrutura função e aspectos sociais.* Botucatu. 185-218.



- Van Dam, H.; Mertens, A. & Sinkeldam, J.** 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28 (1):117-133.
- Vannote, R. L.; Minshall, G. W.; Cummins, K. W.; Sedell, J. R. & Cushing, C. E.** 1980. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 37:130-137.
- Vercellino, I. S.** 2001. Sucessão da Comunidade de algas perifíticas em dois reservatórios do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo: Influência do estado trófico e período climatológico. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 176p.
- Vilaclara, G., R. Rico & J. Miranda.** 1997. Effects of perturbations on diatom assemblages in Tlaxcala paleolake, Mexico. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26: 846-851.
- Wetzel, R. G.** 1993. *Limnologia*. Lisboa, Ed. Fundação Caloust Gulbenkian. 919p.
- Wetzel, R. G.** 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. 3. ed. Academic Press. 850 p.
- Wolf, H.** 1982. Method of coding of ecological data from diatoms for computer utilization. *Mededelingen van de Rijks Geologische Dienst* 36 (2):95-98.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)