

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

**ESTRUTURA E DINÂMICA DO FITOPLÂNCTON
NOS RESERVATÓRIOS DE SEGREDO E PARIGOT DE
SOUZA (ESTADO DO PARANÁ, BRASIL)**

Paula Aparecida Federiche Borges

Maringá - Paraná

2006

Paula Aparecida Federiche Borges

**ESTRUTURA E DINÂMICA DO FITOPLÂNCTON NOS
RESERVATÓRIOS DE SEGREDO E PARIGOT DE SOUZA
(ESTADO DO PARANÁ, BRASIL)**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, do Departamento de Biologia, da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadora: Dr.^a Sueli Train

Maringá – Paraná

2006

É PRECISO NÃO ESQUECER NADA

*É preciso não esquecer nada:
nem a torneira aberta nem o fogo aceso,
nem o sorriso para os infelizes
nem a oração de cada instante.*

*É preciso não esquecer de ver a nova borboleta
nem o céu de sempre.*

*O que é preciso é esquecer o nosso rosto,
o nosso nome, o som da nossa voz, o ritmo do nosso pulso.*

*O que é preciso esquecer é o dia carregado de atos,
a idéia de recompensa e de glória.*

*O que é preciso é ser como se já não fôssemos,
vigiados pelos próprios olhos
severos conosco, pois o resto não nos pertence.*

Cecília Meireles

*Aos meus pais, Paulo e
Cida e ao Maikison,
Dedico.*

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais, especialmente a coordenação, à CAPES pela concessão da bolsa de mestrado e aos órgãos financiadores dos projetos Pronex-CNPq, Ct-Hidro, Finep, Nupélia/UEM.

Às Professoras Dra. Lezílda Torgan e Dra. Lílíana Rodrigues, por prontamente aceitarem o convite para compor a banca;

À Professora Dra. Sueli Train, por sua confiança, amizade, dedicação e por me orientar nos caminhos da ficologia desde a graduação;

À bióloga Msc. Luzia Cleide Rodrigues, por ser exemplo profissional e pessoal, pela amizade, carinho, presença e apoio incondicional em todos os momentos;

À bióloga Msc. Susicley Jati, pelo carinho, amizade, presteza e especialmente, pelos excelentes conselhos e palavras de incentivo;

Aos amigos do laboratório de fitoplantologia do Nupélia, Vânia, Grasielle, Bianca, Evelise, Sayuri, Débora, Carla e Johannes, meu agradecimento especial, pelo companheirismo e auxílio durante essa jornada;

Ao laboratório de limnologia básica do Nupélia pela disponibilização dos dados abióticos e ao laboratório de zooplantologia do Nupélia, pela disponibilização dos dados da comunidade zooplantônica;

Aos amigos que conquistei durante o mestrado, especialmente as integrantes do grupo "Blush" Dayani, Josilaine, Geuza, Fernanda, Cintia e Michele, com quem compartilhei momentos de extrema alegria, inesquecíveis;

Às minhas amigas da república Francieli, Vanessa, Michely, Juliana e Dayane, por tornarem a vida longe de casa mais amena, pelo ombro amigo nos momentos difíceis e pelos sorrisos compartilhados;

Às minhas grandes amigas Rosângela, Patrícia e Viviane por saber que mesmo distantes sempre torceram por minhas conquistas e lembraram de mim em suas preces;

A toda a minha família, Federiche e Borges, avós, tios (as) e primos (as) e a nova família que conquistei nesses últimos dois anos, Bassi, agradeço pela confiança, carinho, incentivo e especialmente pelas orações.

Aos meus pais, Paulo S. Borges e Maria A. F. Borges, e ao meu irmão, Leandro F. Borges, todo o meu amor, carinho, consideração e reconhecimento, por serem pessoas imprescindíveis, insubstituíveis em minha vida e por estarem sempre ao meu lado.

Ao meu grande amor, Maikison J. Bassi, por tornar minha vida mais alegre, pelo carinho e apoio incondicional, pela paciência, compreensão, incentivo em todos os momentos, e principalmente por me fazer acreditar que no final tudo dá certo;

A DEUS, por me guiar pelos caminhos da vida, atenuar meus medos, me fazer perseverar diante das dificuldades e confiar que em Seu amor tudo se torna possível.

Sumário

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUÇÃO.....	1
MATERIAL E MÉTODOS.....	3
Área de estudo.....	3
Metodologia de campo e laboratório.....	5
RESULTADOS.....	7
DISCUSSÃO.....	23
REFERÊNCIAS.....	31

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar a distribuição espacial e temporal do fitoplâncton em função de fatores abióticos e influência da comunidade zooplânctônica, em dois reservatórios subtropicais localizados no Estado do Paraná, Brasil. As amostragens foram realizadas trimestralmente durante o ano de 2002 nos reservatórios de Segredo e Parigot de Souza a diferentes profundidades e ao longo do eixo longitudinal dos mesmos (zonas fluvial, intermediária e lacustre). Foram identificados 118 táxons, sendo Chlorophyceae o grupo mais especioso. Os valores de riqueza de espécies, diversidade e equitabilidade foram, em geral, baixos, sendo maiores no reservatório de Segredo. Em geral, a densidade fitoplanctônica, para os dois ambientes estudados, apresentou valores acima de 300 ind.mL^{-1} , com os maiores valores registrados no mês de dezembro, sendo dominantes espécies nanoplanctônicas ($<20\mu\text{m}$) de Bacillariophyceae, Cyanobacteria e Cryptophyceae. Baixos valores de biovolume foram registrados na maioria dos meses, em ambos os reservatórios. Valores de biovolume superiores a $1 \text{ mm}^3.\text{L}^{-1}$ foram somente observados na região superior do reservatório de Parigot de Souza no mês de abril e na região lacustre do reservatório de Segredo em dezembro, com dominância de *Microcystis aeruginosa* Kütz. e *Anabaena circinalis* Rab., respectivamente. Foram observados gradientes verticais dos atributos fitoplanctônicos analisados, ocorrendo os maiores valores na zona de mistura. Em relação aos valores de biovolume fitoplanctônico, ambos os reservatórios foram enquadrados como oligotróficos em todo o período de estudo. Os resultados obtidos sugerem que, em relação ao biovolume das populações fitoplanctônicas, os reservatórios são, de maneira geral, mais distintos entre si do que comparando-se as diferentes zonas de cada um dos reservatórios nos períodos analisados, e ainda, que a morfometria e hidrodinâmica próprias desses sistemas, bem como a extensão e usos de suas respectivas bacias de drenagem, provavelmente, constituem os fatores determinantes da estruturação do fitoplâncton nesses ecossistemas artificiais.

Palavras chave: fitoplâncton, reservatórios subtropicais, variação espacial e temporal, abundância, grupos funcionais.

ABSTRACT

The main aim of this study was to evaluate phytoplankton spatial and temporal distribution in the presence of abiotic (climatological and hydrological) and biotic (predation by zooplankton) factors in two subtropical reservoirs located in Paraná State, Brazil. Sampling was performed every three months during 2002 in Segredo and Parigot de Souza reservoirs, along longitudinal axis (upper, transition and lacustrine regions) of different depths. 118 taxa were identified, with Chlorophyceae as the most specious group. In general, the values of species richness, diversity and equitability were low, although high values were observed in Segredo reservoir. In general, for phytoplankton density, values observed were above 300 ind.mL⁻¹ in both reservoirs, except in December, when high values were registered, with dominance of nanoplaktonic species (<20µm) belonging to Bacillariophyceae, Cyanobacteria and Cryptophyceae groups. Low biomass values (< 1mm³.L⁻¹), in both reservoirs, were mostly verified during the study period. Biomass values above 1mm³.L⁻¹ were observed in Parigot de Souza's upper region in April, and in Segredo's lacustrine region in December, with dominance of *Microcystis aeruginosa* Kütz and *Anabaena circinalis* Rab., respectively. Vertical gradients of the phytoplanktonic attributes analyzed were verified, and higher values were registered in the mixed layer. Considering the phytoplankton biomass values, both reservoirs were oligotrophic for the duration of the study. The results show that the biomass values were more similar in the different zones of each reservoir than between zones of the two reservoirs. The distinct characteristics in reservoir morphometry and hydrology, unique for these systems, and the extension and watershed uses probably constitute the determining factors on phytoplankton structure in these artificial ecosystems.

Key words: Phytoplankton, subtropical reservoirs, spatial and temporal variation, abundance, functional groups.

INTRODUÇÃO

Os principais rios do Brasil tem sido regulados pela construção de reservatórios, os quais isoladamente ou em cascata, constituem um importante impacto qualitativo e quantitativo sobre os principais ecossistemas de águas interiores. Os reservatórios de grande ou pequeno porte são utilizados para inúmeras finalidades, como geração 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, 1996; Tundisi *et al.*, 1999; Straskraba & Tundisi, 1999).

Mudanças longitudinais na morfologia dos reservatórios e velocidade de fluxo resultam em diferentes profundidades da zona de mistura e alterações na disponibilidade de luz e concentração de nutrientes que, dentre outros aspectos, promovem a ocorrência de gradientes verticais e longitudinais dos fatores abióticos e das comunidades bióticas desses sistemas (Kimmel *et al.*, 1990).

Quanto aos gradientes horizontais, em geral, três zonas distintas podem ser categorizadas. a) zona fluvial, caracterizada pela maior velocidade de fluxo e disponibilidade de nutrientes e menor disponibilidade de luz; b) zona lacustre, a qual apresenta menor velocidade de fluxo, maior disponibilidade de luz, e menor concentração de nutrientes devido ao processo de sedimentação que ocorre ao longo do eixo longitudinal do reservatório e c) zona de transição com características intermediárias entre as outras duas, apresentando, em geral, maior produtividade fitoplanctônica (Thorton, 1990; Kimmel *et al.*, 1990; Tundisi, 1996; Tundisi *et al.*, 1999).

Alterações na estrutura vertical da coluna de água, como a ocorrência de mistura total ou estratificações estáveis, bem como as interações entre o regime de mistura vertical e a disponibilidade de luz e nutrientes, permitem, também, identificar diferentes padrões de distribuição vertical das comunidades (Kimmel *et al.*, 1990; Calijuri & Dos Santos, 2001).

A composição, os valores de biomassa e a produtividade fitoplanctônica em reservatórios são dependentes de vários fatores físicos, químicos e biológicos inter-relacionados, que variam em função do clima, regime hidrológico, do tamanho e natureza da bacia de drenagem, morfologia do reservatório, natureza e volume do fluxo do rio e da estrutura da cadeia trófica. O conjunto de fatores que controlam a comunidade fitoplanctônica em reservatórios, por sua vez, está fortemente sujeito à ação dos pulsos

produzidos no sistema, sendo que reservatórios pequenos e com reduzida profundidade são mais afetados por estas alterações (Straskraba & Tundisi, 1999).

Os pulsos ou funções de força atuantes nos reservatórios podem ser categorizados em climatológicos, como chuva e radiação solar, e hidrológicos, como tempo de retenção e flutuação do nível da água, sendo estes últimos muitas vezes decorrentes dos procedimentos operacionais da barragem (Tundisi *et al.*, 1999). Dentre os fatores hidrológicos, o tempo de retenção da água tem sido apontado como a principal função de força em reservatórios, influenciando fortemente sobre o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica (Kimmel *et al.*, 1990; Tundisi *et al.* 1991; Lind *et al.*,1993; Tundisi *et al.*, 1999; Straskraba & Tundisi, 1999; Calijuri & Dos Santos, 2001).

O conhecimento adequado das funções de força externas que atuam no funcionamento das represas como ecossistemas, e na sucessão e distribuição espacial do fitoplâncton, permite prever, até certo ponto, a ocorrência de espécies e as suas prováveis estratégias, bem como estabelecer diretrizes para as intervenções, visando o controle da biomassa e distribuição espacial desta comunidade e ainda, otimizar o uso dos recursos biológicos e melhorar a qualidade da água (Bicudo *et al.*, 1999; Straskraba & Tundisi, 1999).

A maioria dos estudos e modelos descritivos e preditivos existentes sobre a distribuição e abundância do fitoplâncton tem sido realizados considerando-se a comunidade total uniforme ou então os grandes grupos taxonômicos (Filos ou Classes), a despeito da elevada diversidade morfológica e funcional entre as espécies (Marinho & Huszar, 2002). No entanto, estudos que enfocam as mudanças do fitoplâncton abordando suas estratégias adaptativas (C, S, R-estrategistas) e grupos de espécies (grupos funcionais) descritoras das condições ambientais são mais apropriados, pois o tamanho e a forma das algas estão diretamente ligados às suas adaptações fisiológicas, permitindo prever de maneira mais efetiva as condições do ambiente do que os grupos filogenéticos (Reynolds, 1988; 1997; Padisák & Reynolds, 1998; Huszar & Caraco, 1998; Huszar *et al.*, 2000; Reynolds *et al.*, 2002; Marinho & Huszar, 2002).

Estudos abordando a comunidade fitoplanctônica são escassos para os reservatórios localizados no Estado do Paraná. Rodrigues *et al.* (2005) avaliaram as espécies indicadoras do estado trófico e a ecologia do fitoplâncton para 30 reservatórios dos Estados de São

Paulo e Paraná, no ano de 2001, entre os quais, os reservatórios de Parigot de Souza e Segredo. Para o Reservatório de Segredo, situado na bacia do rio Iguaçu, podem ser citados os trabalhos de Ludwig *et al.* (1997) e Silva *et al.* (2005), ambos abordando a ecologia do fitoplâncton. Também foram desenvolvidos outros estudos de cunho ecológico (Fernandes *et al.*, 2005; Train *et al.*, 2005) e taxonômico (Ludwig & Flores, 1995; 1997; Brassac *et al.*, 1999; Brassac & Ludwig, 2003; 2005) sobre o fitoplâncton para a bacia do rio Iguaçu.

Para o presente estudo foram selecionados dois reservatórios de usinas hidrelétricas do Estado do Paraná (Parigot de Souza e Segredo), com idades e morfometria distintas, porém com tempo médio de retenção da água (cerca de 50 dias), ou seja, enquadrados na Classe B de acordo com a classificação proposta por Straskraba (1999), sendo o objetivo deste trabalho avaliar as variações espaciais e temporais da comunidade fitoplanctônica nestes reservatórios, em função de fatores abióticos e influência da comunidade zooplanctônica.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Os reservatórios selecionados para o presente estudo foram o de Segredo pertencente à bacia do rio Iguaçu, e o reservatório de Parigot de Souza (Capivari-Cachoeira) pertencente à bacia Litorânea, o qual está localizado na Serra do Mar (Figura 1).

O rio Iguaçu percorre 1.600Km desde suas nascentes localizadas na Serra do Mar, até a sua foz no rio Paraná, sendo que sua bacia de drenagem abrange aproximadamente 72.000Km² (Eletrosul, 1978). O reservatório de Segredo é o segundo da série de reservatórios localizados no rio Iguaçu, estando a uma distância de aproximadamente 455Km da foz desse rio e 2Km acima da desembocadura do rio Jordão. Constitui um reservatório pouco dendrítico que recebe inúmeros tributários, tanto em sua margem direita (Floresta, São Pedro, Verde e Touros) como na esquerda (Patos, Iratim, Butiá e Covó) (Júlio Jr. *et al.*, 2005). Na região deste reservatório, o clima é caracterizado como subtropical úmido (Maack, 1981), sem estação seca, com precipitação média anual de 1.900mm. As temperaturas médias oscilam entre 17 e 18 °C, sendo as médias de inverno entre 12 e 16 °C e as de verão entre 20 e 23 °C (Júlio Jr. *et al.*, 1997).

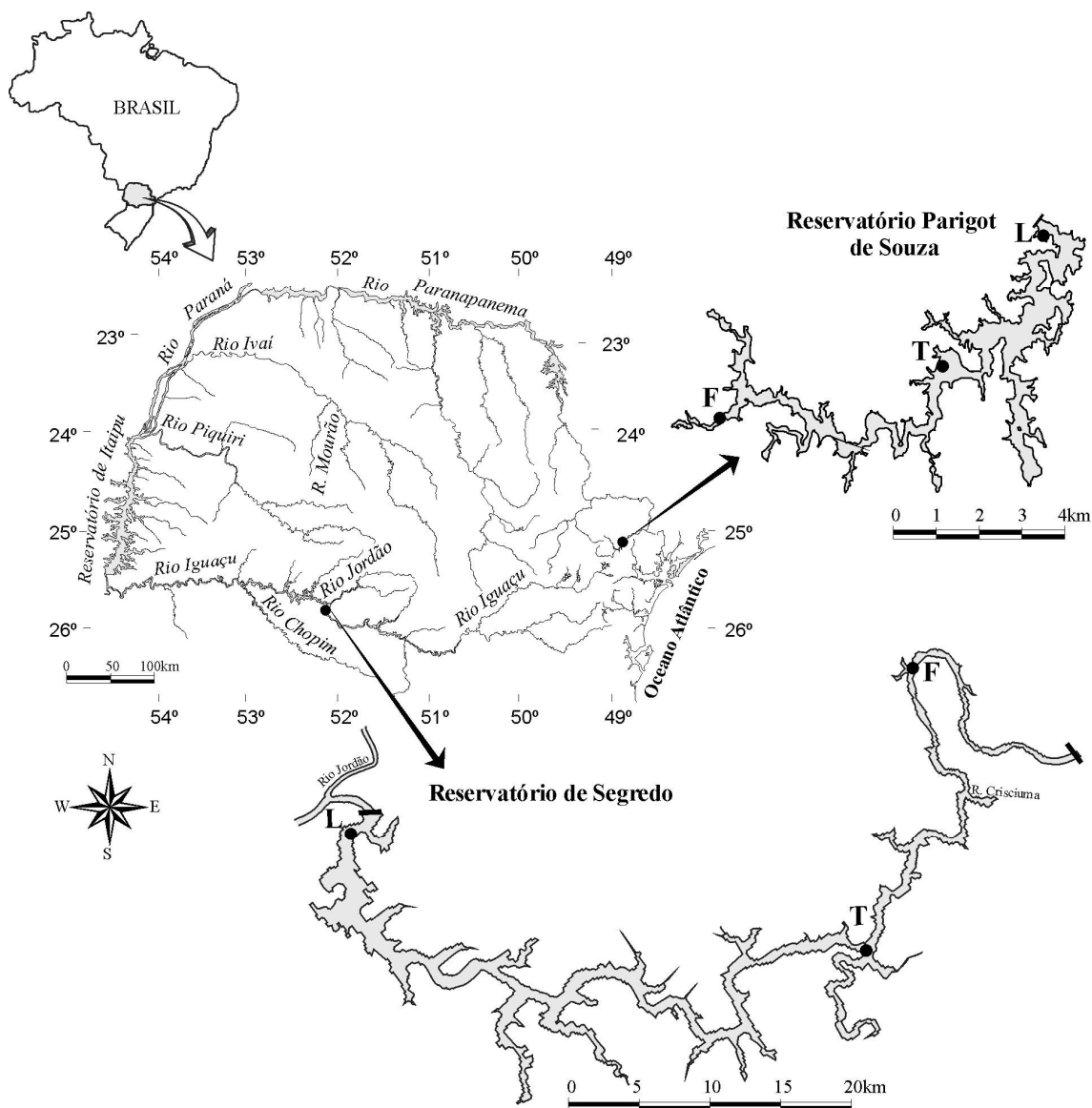


Figura 1: Mapa hidrográfico do Estado do Paraná, localização e morfologia dos reservatórios de Segredo (rio Iguaçu) e Parigot de Souza (rio Capivari). Pontos de coleta em cada reservatório, zonas fluvial (F), transição (T) e lacustre (L).

Localizado no rio Capivari, o reservatório da Usina Hidrelétrica Governador Pedro Viriato Parigot de Souza, é considerado um reservatório de cabeceira em relação à sua posição ao longo do eixo longitudinal do rio ao qual pertence. Embora seja considerado um reservatório da bacia litorânea, o rio Capivari é um afluente do rio Ribeira de Iguape, que teve suas águas barradas e desviadas para a planície litorânea paranaense pelo leito do rio Cachoeira, motivo pelo qual é também conhecido como Capivari-Cachoeira (Júlio Jr. *et al.*, 2005). O clima na região é considerado subtropical úmido mesotérmico (Maack, 1981),

com verões frescos, sem estações secas e podem ocorrer geadas severas, com temperatura média no verão de 21°C e no inverno de 13°C. A Tabela 1 sumariza algumas informações disponíveis para os dois reservatórios selecionados para estudo.

Tabela 1: Principais características dos reservatórios de Parigot de Souza e Segredo.

	Reservatórios	
	Parigot de Souza	Segredo
Ano de fechamento	1970	1992
Área (Km ²)	12,6	82,5
Área bacia de drenagem (Km ²)	945	34.100
Volume (m ³)	150.000.000	3.000.000.000
Tempo de retenção (dias)	48	47
Profundidade máxima durante o período de estudo (m)	35	110
Município	Campina Grande do Sul / Bocaiúva do Sul	Reserva do Iguaçu / Mangueirinha

Metodologia de campo e laboratório

As amostras de fitoplâncton foram coletadas trimestralmente durante o ano de 2002. De acordo com gradientes verticais e longitudinais existentes em reservatórios, amostragens foram feitas nas zonas fluvial (F), transição (T) e lacustre (L) de cada reservatório, à sub-superfície (sup), no limite superior da termoclina (Z_m), no limite inferior da zona eufótica (Z_{eu}) e na região afótica próximo ao sedimento (fun).

A temperatura do ar e da água, o pH, a condutividade elétrica e o oxigênio dissolvido foram obtidos por meio de potenciômetros digitais portáteis, diretamente no campo, enquanto que a alcalinidade total foi determinada segundo Carmouze (1994). A zona de mistura (Z_m) foi estimada de acordo com os perfis de temperatura da coluna de água, e a profundidade da zona eufótica (Z_{eu}) foi obtida por meio de radiômetro. A razão Z_{eu}/Z_m foi utilizada como índice de disponibilidade luminosa na zona de mistura (Jensen *et al.*, 1994).

A turbidez foi obtida com o auxílio de turbidímetro. Foram determinadas as concentrações de fósforo total – PT, fósforo solúvel reativo - PSR (Golterman *et al.*, 1978), nitrogênio total Kjeldahl - NT (Mackereth *et al.*, 1978), nitrato – NO₃ (Giné *et al.*, 1980) e N-amoniaco – NH₄ (Koroleff, 1978).

As amostras de fitoplâncton total foram coletadas com garrafa de Van Dorn, fixadas com solução de lugol acético a 1%, acondicionadas em frascos de vidro e armazenadas no

escuro. Paralelamente, foram coletadas amostras com rede de plâncton de abertura de malha de 15 μ m, fixadas com solução de Transeau (Bicudo & Menezes, 2006), visando concentrar o material para auxiliar na análise taxonômica.

Os sistemas de classificação adotados para o enquadramento taxonômico das algas fitoplanctônicas eucariontes em nível de Classe foram: Round (1971) para Chlorophyceae e Zygnemaphyceae, Simonsen (1979) para Bacillariophyceae e Bourrelly (1981, 1985) para Cryptophyceae, Dinophyceae e Xanthophyceae. Para a identificação das Cyanobacteria seguiram-se os critérios propostos por Komárek & Anagnostidis (1989; 1998; 2005).

A densidade fitoplanctônica foi estimada mediante o uso de um microscópio invertido, segundo o método de Utermöhl (1958). O volume sedimentado foi definido de acordo com a concentração de algas e/ou detritos presentes na amostra e o tempo de sedimentação conforme a altura da câmara, sendo de pelo menos três horas para cada centímetro de altura da câmara de sedimentação (Margalef, 1983). A contagem foi realizada aleatoriamente, por campos, até a obtenção de 100 indivíduos da espécie mais abundante, sendo o erro inferior a 20%, a um coeficiente de confiança de 95% (Lund *et al.*, 1958). Também foi considerado a curva de estabilização. O cálculo da densidade foi realizado de acordo com APHA (1995), sendo o resultado expresso em indivíduos (células, cenóbios, colônias ou filamentos) por mililitro, ou seja, considerando as formas em que as algas ocorrem na natureza.

A biomassa fitoplanctônica foi estimada através do cálculo do biovolume, multiplicando-se a densidade de cada táxon pelo seu respectivo volume. O volume de cada célula foi calculado a partir de modelos geométricos aproximados à forma dos indivíduos como, esferas, cilindros, cones, paralelepípedos, pirâmides, elipses e outros (Edler, 1979; Wetzel & Linkens, 2000).

Para análise da estrutura de tamanho do fitoplâncton, as algas foram agrupadas de acordo com a máxima dimensão linear axial (GALD – “Greatest axial linear dimension”). Foram considerados quatro grupos de tamanho: >1-20 μ m (Grupo 1); >20-40 μ m (Grupo 2); >40-100 μ m (Grupo 3) e >100 μ m (Grupo 4) (Train & Rodrigues, 1998). Os grupos funcionais fitoplanctônicos foram caracterizados segundo os critérios propostos por Reynolds (1997), Huszar *et al.* (2000), Reynolds *et al.* (2002) e Kruk *et al.* (2002),

considerando-se os valores de biovolume dos táxons na camada epilimnética dos reservatórios de Parigot de Souza e Segredo.

A diversidade específica fitoplanctônica (bits.ind.^{-1} ; bits.mm^{-3}) e a equitabilidade (%) foram estimadas pelo índice de Shannon e Wiener (Shannon & Weaver, 1963) com o auxílio do programa Pc-Ord (McCune & Mefford, 1999). Para a riqueza de espécies foi considerado o número total de táxons inventariados em cada amostra. As espécies dominantes foram consideradas como aquelas que ocorreram em densidades ou biovolumes superiores a 10% da densidade ou biovolume total da amostra, de acordo com Huszar & Caraco (1998).

Os dados de composição e abundância dos principais grupos de organismos zooplânctônicos, utilizados na análise de correspondência canônica, foram disponibilizados pelo Laboratório de Zooplâncton do Nupélia. As variáveis físicas e químicas foram fornecidas pelo Laboratório de Limnologia Básica do Nupélia, enquanto que os demais dados abióticos (climatológicos e hidrológicos) foram fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA) e pela Companhia Paranaense de Energia (Copel).

Com o objetivo de reduzir a dimensionalidade dos dados, identificar os gradientes espaciais e temporais e avaliar quais variáveis abióticas e bióticas (abundância do zooplâncton) foram intervenientes na estruturação da comunidade fitoplanctônica, foi efetuada uma análise de gradiente direto, a Análise de Correspondência Canônica - CCA (Ter Braak, 1986), para as espécies fitoplanctônicas que contribuíram com valores de biovolume superiores a $0,01\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$. Para esta análise utilizou-se o programa Pc-Ord (McCune & Mefford, 1999).

RESULTADOS

Nos dois ambientes estudados, os valores médios de temperatura do ar e da água foram próximos, porém o reservatório de Parigot de Souza apresentou os menores valores mínimos, sendo estes registrados no mês de setembro. Os valores de precipitação não apresentaram sazonalidade marcante durante o período de estudo, com valores superiores nos meses de janeiro a março e de setembro a dezembro de 2002 (Figura 2), sendo que o reservatório de Segredo o que apresentou os maiores índices pluviométricos. Quanto às

concentrações médias de oxigênio dissolvido não foram observadas nítidas diferenças entre os reservatórios em todo o período de estudo (Tabelas 2 e 3).

O reservatório de Parigot de Souza apresentou os maiores valores médios de condutividade elétrica, alcalinidade, turbidez, e concentrações das formas de fósforo, bem como maior disponibilidade de luz na zona de mistura, sendo que os maiores valores desses parâmetros ocorreram no mês de setembro nas três zonas do reservatório, exceto para a turbidez, cujos maiores valores foram registrados em dezembro na zona fluvial e razão zona eufótica / zona de mistura, que foi maior em junho na zona fluvial (Tabela 2 e Figura 3a).

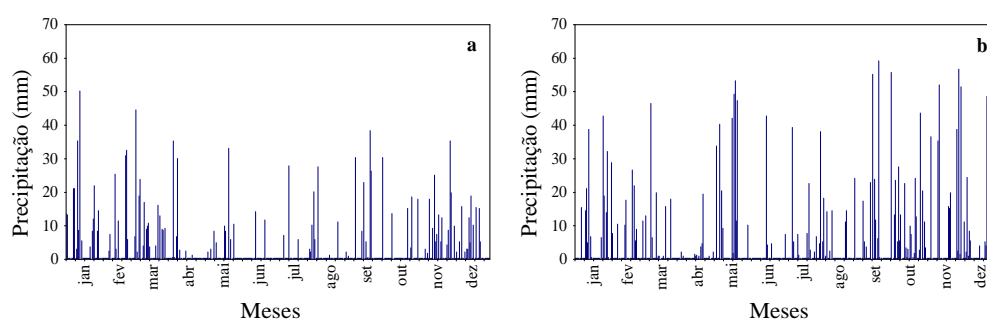


Figura 2: Valores diários de precipitação pluviométrica para os reservatórios de Parigot de Souza (a) e Segredo (b) durante o ano de 2002.

Tabela 2: Valores médios, máximos (max) e mínimos (min) das variáveis abióticas registradas para o reservatório de Parigot de Souza, nas estações de amostragem localizadas na zona fluvial (F), transição (T) e lacustre (L), durante o período de estudo. Razão nitrogênio total / fósforo total (NT/PT) e razão zona eufótica / zona de mistura (Z_{eu}/Z_m).

Parigot de Souza	Média	Max	Região/Mês	Mín	Região/Mês
Temperatura do ar (°C)	22,9	31,4	L / abr	9,5	F / jun
Temperatura da água	19,4	26,9	T / dez	13,1	F / set
Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	72,5	119,9	F / set	55,4	F / dez
Alcalinidade ($\text{mEq}\cdot\text{L}^{-1}$)	518	1043	L / jun	249	L / abr
Oxigênio dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	5,74	10,2	F / set	0,02	L / jun
Turbidez (NTU)	4,35	20,8	T / abr	0,15	T / dez
pH	7,36	8,9	T / dez	6,4	T / set
Fósforo total ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	22,3	70,1	F / dez	7	L / jun
Fósforo solúvel reativo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	2,9	9,3	F / set	0,6	F / jun
Nitrogênio total ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	469,4	1341,3	F / set	177,5	F / abr
Nitrato ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	273,1	1286,5	F / set	0,0	L / dez
N-amoniaco ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	57	661	L / jun	0,4	L / set
Precipitação (mm)	1,6	6,7	L / abr	0	F, T, L / jun
NT/PT	24,41	47,6	L / set	8,2	F / abr
Z_{eu}/Z_m	1,2	2,4	F / jun	0,3	L / jun

No reservatório de Segredo foram observados os maiores valores médios de concentração das formas de nitrogênio e as maiores razões entre nitrogênio total / fósforo

total. Elevadas concentrações de nitrogênio ocorreram em setembro, concomitantemente com os maiores índices pluviométricos e menores temperaturas do ar e da água registradas para este reservatório. Quanto à concentração de fósforo total e a disponibilidade de luz na zona de mistura, os maiores valores foram obtidos no mês de dezembro (Tabela 3 e Figura 3b).

Tabela 3: Valores médios, máximos (max) e mínimos (min) das variáveis abióticas registradas para o reservatório de Segredo, nas estações de amostragem localizadas na fluvial (F), transição (T) e lacustre (L), durante o período de estudo. Razão nitrogênio total / fósforo total (NT/PT) e razão zona eufótica / zona de mistura (Z_{eu}/Z_m).

Segredo	Média	Max	Região/Mês	Min	Região/Mês
Temperatura do ar (°C)	22	31,2	T / dez	14,2	T / set
Temperatura da água	19,7	24,8	L / abr	17,7	L / set
Condutividade ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	42,9	57,6	T / set	34,1	T / jun
Alcalinidade ($\text{mEq}\cdot\text{L}^{-1}$)	237,7	409,5	L / set	99,1	T / dez
Oxigênio dissolvido ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	5,28	8,8	L / dez	0,05	L / set
Turbidez (NTU)	2,62	5,13	T / dez	0,6	L / set
PH	6,58	7,39	L / dez	6,02	F / dez
Fósforo total ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	13,9	22,3	T / dez	5,6	L / dez
Fósforo solúvel reativo ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	2,7	7,6	F / set	0,3	F / abr
Nitrogênio total ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	605,2	894,4	F / set	312,8	L / dez
Nitrato ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	538,8	886	F / set	11	L / set
N-amoniaco ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	26,7	254,6	L / set	0,4	L / set
Precipitação (mm)	1,5	6,7	F / set	0	T, L / jun e F, T, L / dez
NT/PT	45,33	66,4	L / set	29,5	L / abr
Z_{eu}/Z_m	0,65	2,16	T / dez	0,15	T / abr

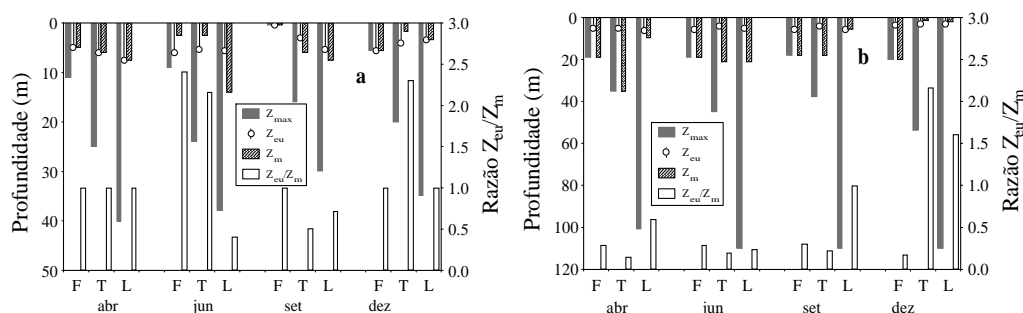


Figura 3: Valores de profundidade máxima (Z_{max}), da zona eufótica (Z_{eu}), zona de mistura (Z_m) e razão zona eufótica / zona de mistura (Z_{eu}/Z_m), para as diferentes zonas (F-fluvial, T-transição, L-lacustre) dos reservatórios de Parigot de Souza (a) e Segredo (b) durante o ano de 2002.

Foram identificados 118 táxons (Tabela 4), distribuídos nos grupos Chlorophyceae (35,6%), Bacillariophyceae (21,2%), Cyanobacteria (18,6%), Euglenophyceae (10,2%), Cryptophyceae (4,2%), Zygnemaphyceae (4,2%), Chrysophyceae (2,5%), Dinophyceae

(1,7%) e Xanthophyceae (1,7%). O reservatório de Segredo apresentou 62 táxons exclusivos de um total de 108 táxons inventariados, enquanto que no reservatório de Parigot de Souza registrou-se um total de 56 táxons, sendo 10 táxons exclusivos deste ambiente.

Tabela 4: Táxons fitoplanctônicos identificados nos reservatórios de Parigot de Souza e Segredo durante período de estudo (táxons exclusivos em Parigot de Souza* e em Segredo**).

CYANOBACTERIA	
<i>Anabaena circinalis</i> Rab.**	<i>M. wesenbergii</i> (Kom.) Kom.**
<i>A. planctonica</i> Brun.**	<i>Microcystis</i> sp.**
<i>A. solitaria</i> Kom.**	<i>Planktothrix agardhii</i> (Gom.) Anag. & Kom.
<i>A. spiroides</i> Kleb.**	<i>Oscillatoria</i> sp.**
<i>Aphanocapsa elachista</i> W. & West	<i>Pseudanabaena mucicola</i> (Hüb.-Pest. & Naum.) Bourr.
<i>A. holsatica</i> (Lemm.) Cronb. & Kom.	<i>Pseudanabaena</i> sp.
<i>A. koordersii</i> Ström.	<i>Pseudanabaena</i> sp. 1**
<i>Cylindropermopsis raciborskii</i> (W.) Seen. & Sub. Rajú	<i>Pseudanabaena</i> sp. 2 **
<i>Geitlerinema</i> sp.	<i>Synechococcus</i> sp.**
<i>Merismopedia tenuissima</i> Lemm.*	<i>Synechocystis aquatilis</i> Sauv.
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz.	Phormidiaceae não identificada**
BACILLARIOPHYCEAE	
<i>Anomoeoneis</i> sp.**	<i>Gyrosigma</i> sp.*
<i>Asterionella formosa</i> Has.**	<i>Gomphonema</i> sp.**
<i>Aulacoseira ambigua</i> var. <i>ambigua</i> (Grun.) Sim.**	<i>Navicula</i> sp.
<i>A. ambigua</i> var. <i>ambigua</i> (Grun.) Sim. f. <i>spiralis</i> (Skuja) Ludw.**	<i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) Smith
<i>A. distans</i> (Ehr.) Sim.	<i>N. tubicola</i> Grun.
<i>A. granulata</i> var. <i>granulata</i> (Ehr.) Sim.	<i>Nitzschia</i> sp.*
<i>A. granulata</i> var. <i>granulata</i> (Ehr.) Sim. f. <i>curvata</i> Grun.**	<i>Pinnularia gibba</i> Ehr.**
<i>A. granulata</i> (Ehr.) Sim. var. <i>angustissima</i> (Müller) Sim.	<i>Pinnularia</i> sp.**
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.	<i>Thalassiosira</i> sp.
<i>Discostella stelligera</i> (Cleve & Grun.) Houk & Klee	<i>Urosolenia eriensis</i> (Smith) Round & Craw.**
<i>Cymbella</i> sp.**	<i>U. eriensis</i> var. <i>longissima</i> (Smith) Round & Craw.**
<i>Fragilaria capucina</i> Desm.	<i>U. longiseta</i> (Zach.) Edlund & Stoemer**
<i>Fragilaria</i> sp.**	
CHLOROPHYCEAE	
<i>Actinastrum hantzchii</i> Lagerh.**	<i>Micractinium pusillum</i> Fres.
<i>Ankyra judayii</i> (Sm.) Fott**	<i>Monoraphidium arcuatum</i> (Kors.) Hind.
<i>A. ocellata</i> (Kors.) Fott**	<i>M. contortum</i> (Thur.) Kom.-Legn.
<i>Botryococcus</i> sp.**	<i>M. griffithii</i> (Berk.) Kom.-Legn.
<i>Chlorella</i> sp.	<i>M. irregulare</i> (Smith) Kom.-Legn.
<i>Clamydomonas</i> sp.	<i>M. komarkovae</i> Nyg.**
<i>Closteriopsis</i> sp.	<i>M. minutum</i> (Näg.) Kom.-Legn.**
<i>Coelastrum microporum</i> Näg.**	<i>M. pusillum</i> (W. & West) Kom.-Legn.**
<i>C. reticulatum</i> (Dang.) Senn.**	<i>M. tortile</i> (W. & West) Kom.-Legn.
<i>Coenochloris sphagnicola</i> Hind.*	<i>Pediastrum tetras</i> (Ehr.) Ralfs
<i>Coenochloris</i> sp.**	<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chod.**
<i>Crucigenia tetrapedia</i> (Kirch.) W. & West	<i>S. acunae</i> Com.
<i>Crucigeniella</i> cf. <i>apiculata</i> (Lemm.) Kom.	<i>S. acutus</i> Mey.*
<i>C. rectangularis</i> (Näg.) Kom.**	<i>S. dimorphus</i> (Turp.) Kütz.*
<i>Desmodesmus armatus</i> (Chod.) Hegew.	<i>S. ecornis</i> (Ehr. ex Ralfs) Chod.
<i>D. armatus</i> var. <i>bicaudatus</i> (Gugl.) Hegew.	<i>S. obliquus</i> (Turp.) Kütz.**
<i>Desmodesmus</i> sp.**	<i>S. ovaltermus</i> Chod.**
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood**	<i>Scenedesmus</i> sp.**
<i>D. tetrachotomum</i> Printz**	<i>Schroederia antillarum</i> Kom.**
<i>Eutetramorus fottii</i> (Hind.) Kom. Sensu Kom.**	<i>S. setigera</i> (Schröd.) Lemm.**
<i>Golenkinia radiata</i> Chod.	<i>Tetrastrum komarekii</i> Hind.

CHRYSTOPHYCEAE	
<i>Dinobryon divergens</i> Imh.**	<i>Mallomonas</i> sp. 1**
<i>Mallomonas</i> sp.	
EUGLENOPHYCEAE	
<i>Lepocinclis ovum</i> (Ehr.) Lemm.**	<i>T. hispida</i> (Perty) Stein.**
<i>Phacus horridus</i> Pochm.**	<i>T. minuscula</i> Drez.**
<i>P. longicauda</i> (Ehr.) Duj.*	<i>T. pseudobulla</i> Swir.**
<i>Strombomonas encifera</i> (Daday) Defl.**	<i>T. similes</i> Stokes**
<i>Strombomonas</i> sp.**	<i>T. volvocinopsis</i> Swir.
<i>Trachelomonas armata</i> (Ehr.) Stein.*	<i>Trachelomonas</i> sp.**
CRYPTOPHYCEAE	
<i>Chroomonas acuta</i> Uterm.	<i>C. marssonii</i> Skuja
<i>Cryptomonas brasiliensis</i> Castro, Bic. & Bic.	<i>Cryptomonas</i> sp.
<i>Cryptomonas curvata</i> Ehr. Emend. Pen.**	
ZYGNEMAPHYCEAE	
<i>Closterium</i> sp.**	<i>Staurastrum</i> sp.*
<i>Cosmarium</i> sp.**	<i>Staurodesmus</i> sp.**
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordst.	
DINOPHYCEAE	
<i>Peridinium</i> sp.	<i>Peridinium</i> sp. 1
XANTHOPHYCEAE	
<i>Centritractus belenophorus</i> Lemm.**	<i>Tretriplektron laevis</i> (Bourr.) Ettl*

Os valores de riqueza de espécies (Figura 4a e b) foram, em geral, baixos, com ausência de diferenças marcantes entre os reservatórios nos quatro períodos de estudo. Para o reservatório de Parigot de Souza (Figura 4a) os valores variaram de 2 táxons (mês de abril no fundo da zona lacustre) a 21 táxons (mesmo mês no limite inferior da zona eufótica na zona fluvial).

O reservatório de Segredo apresentou valores médios de riqueza superiores aos registrados no reservatório de Parigot de Souza, sendo o menor valor (2 táxons) registrado no fundo e o maior (37 táxons) no limite inferior da zona eufótica, ambos na zona lacustre no mês de abril (Figura 4b). Quanto à contribuição dos grupos taxonômicos a riqueza de espécies Chlorophyceae, Bacillariophyceae e Cyanobacteria foram os mais especiosos. As diatomáceas apresentaram maior contribuição para os valores de riqueza de espécies nos meses de junho e setembro, no reservatório de Segredo.

Verificou-se gradiente vertical quanto ao número de táxons em ambos os reservatórios, sendo os maiores valores observados na zona eufótica. Quanto ao gradiente horizontal, no reservatório de Segredo os valores desse atributo foram, em geral, maiores nas zonas de transição e lacustre, ao contrário do observado para o reservatório de Parigot de Souza, onde a zona fluvial foi a que apresentou maior número de espécies.

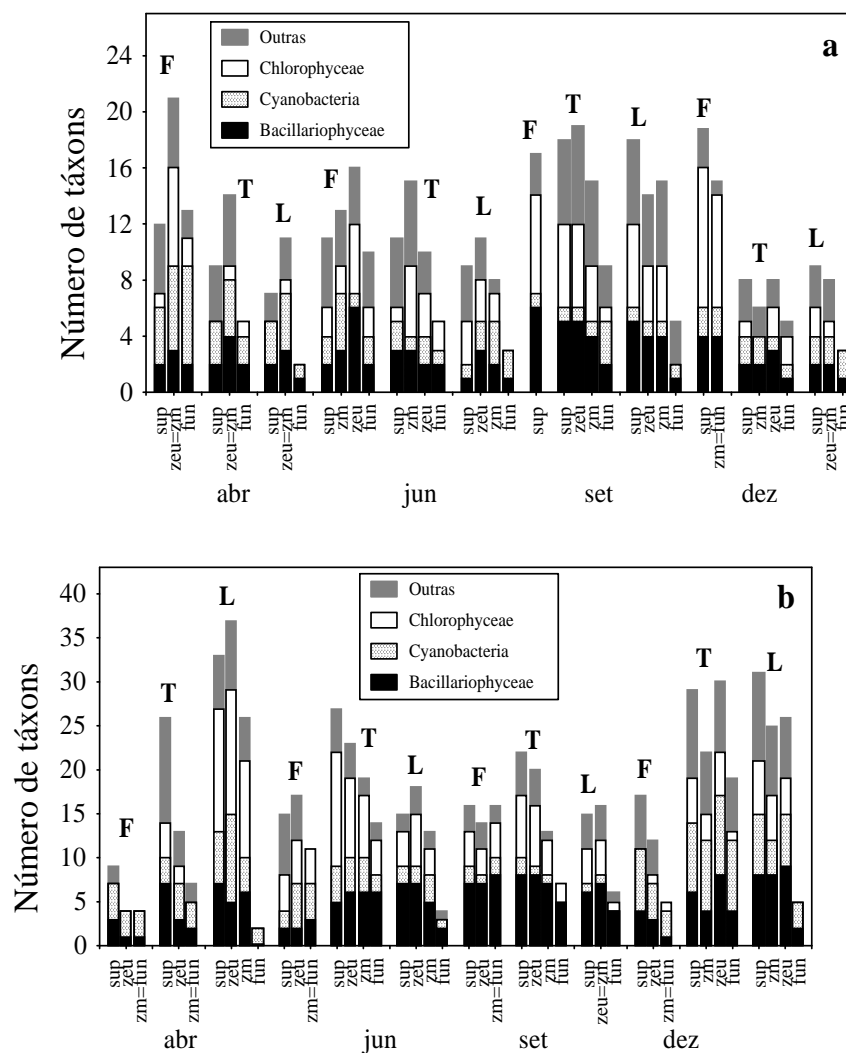


Figura 4: Variação temporal e espacial da riqueza de espécies nos reservatórios de Parigot de Souza (a) e Segredo (b) nas diferentes zonas (F-fluvial, T–transição, L–lacustre) e profundidades (superfície - sup, profundidade da zona eufótica - Z_{eu} , zona de mistura - Z_m e fundo - fun, profundidades de Z_{eu} e Z_m coincidentes - $Z_{eu}=Z_m$, mistura total da coluna de água - $z_m=fun$) durante o ano de 2002.

Os valores de diversidade específica e equitabilidade foram, em geral, baixos, e apresentaram pouca variação ao longo do período de estudo para os dois reservatórios, como registrado para a riqueza de espécies (Figuras 5a,b e 6a,b), sendo, geralmente maiores quando calculados a partir dos dados de densidade. Os valores de diversidade foram frequentemente maiores no reservatório de Segredo (Figura 6a), sendo observado gradientes tanto horizontal, com maiores valores de diversidade nas zonas de transição e lacustre, quanto vertical com diminuição dos valores desse atributo com o aumento da

profundidade. Para o reservatório de Parigot de Souza não ocorreu nítida diferença dos valores de diversidade em relação às zonas amostradas, mas quanto à distribuição vertical, a zona eufótica apresentou os maiores valores (Figura 5a).

No reservatório de Parigot de Souza, os valores de diversidade variaram de 0,4 bits.ind⁻¹ (fundo da zona de transição) a 2,4 bits.ind⁻¹ (superfície da zona fluvial) no mês de dezembro, quando calculados com base nos valores de densidade, e de 0,3 bits.mm⁻³ (fundo da zona fluvial) a 2,3 bits.mm⁻³ (superfície da zona fluvial), nos meses de junho e dezembro, respectivamente, quando a diversidade foi estimada com base nos dados de biovolume (Figura 5a).

Para o reservatório de Segredo, os valores de diversidade, quando estimados a partir dos dados de densidade, estiveram entre 0,3 bits.ind⁻¹ na zona fluvial em dezembro (fundo) e 2,9 bits.ind⁻¹ na zona lacustre em abril (limite inferior da zona eufótica), e quando calculados com base nos dados de biovolume, variaram de 0,9 bits.mm⁻³ na zona lacustre em junho (fundo) a 2,7 bits.mm⁻³ na zona de transição em dezembro (Figura 6a).

A maioria dos valores de equitabilidade estiveram entre 50 e 80% nos dois reservatórios e em todo o período analisado (Figuras 5b e 6b). Apenas para o reservatório de Segredo foi verificada tendência de aumento desse atributo no sentido rio-barragem. Neste reservatório a equitabilidade variou de 16% no fundo da zona fluvial em dezembro a 92% no fundo da zona de transição em junho, quando calculados a partir dos dados de densidade, e quando estimada com os dados de biovolume variou entre 34 % na superfície da zona lacustre em dezembro e 86% no fundo da zona fluvial em abril (Figura 6b).

No reservatório de Parigot, os valores de equitabilidade calculados a partir dos dados de densidade, estiveram entre 25% (fundo da zona de transição em dezembro) a 99% (fundo da zona lacustre em junho), e a partir dos dados de biovolume, os valores oscilaram entre 20% na superfície da zona fluvial em abril e 89% no fundo e superfície da zona lacustre nos meses de abril e junho, respectivamente (Figura 5b).

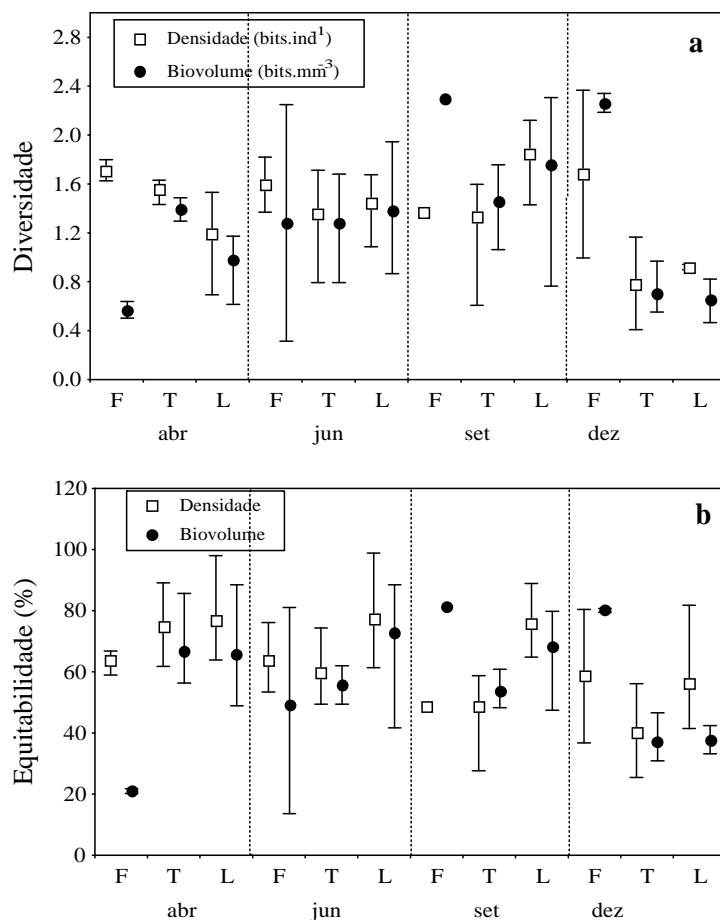


Figura 5: Valores médios (ponto), mínimos e máximos (barra) de diversidade específica (a) e equitabilidade (b) do fitoplâncton calculados para os dados de densidade e biovolume, das amostras coletadas a diferentes profundidades no reservatório de Parigot de Souza nas diferentes zonas (F-fluvial, T-transição, L-lacustre) durante o ano de 2002.

Os valores de densidade fitoplanctônica, estiveram, em geral, acima de 300 ind. mL^{-1} , com os maiores valores registrados no mês de dezembro para os dois ambientes estudados, sendo, neste mês, Bacillariophyceae e Cyanobacteria dominantes em Parigot de Souza e Cyanobacteria e Cryptophyceae em Segredo (Figuras 7a e 8a). Quanto ao biovolume fitoplanctônico, foram registrados baixos valores (menores que $1 \text{ mm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$) na maioria dos meses e em ambos os reservatórios. Exceções a esse valor de biovolume foram observados na zona fluvial do reservatório de Parigot de Souza no mês de abril e na zona lacustre do reservatório de Segredo em dezembro, com dominância de *Microcystis aeruginosa* e *Anabaena circinalis*, respectivamente (Figuras 7b e 8b).

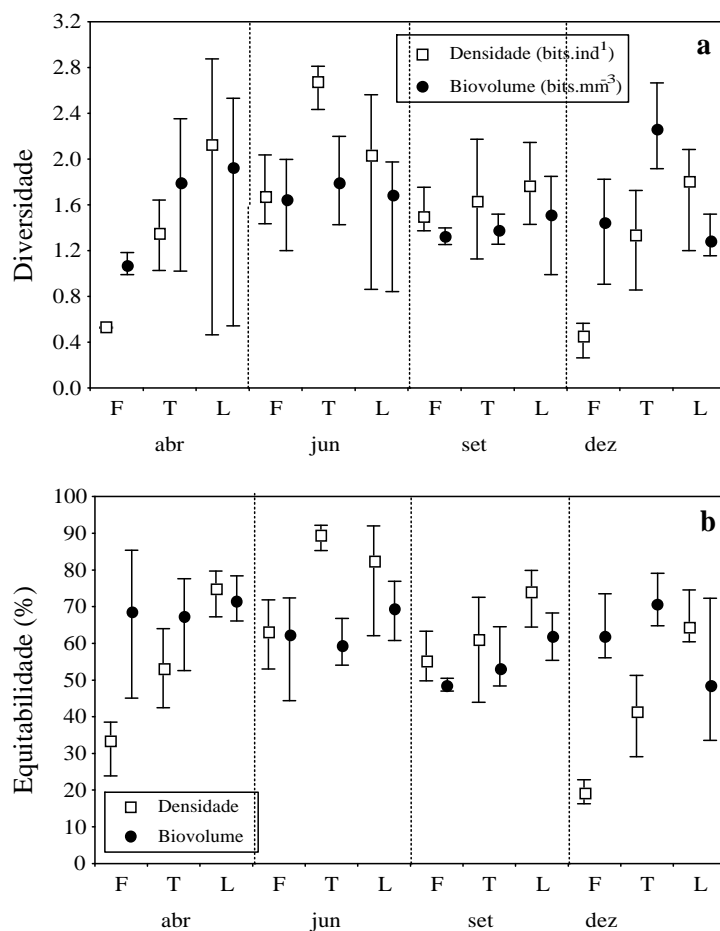


Figura 6: Valores médios (ponto), mínimos e máximos (barra) de diversidade específica (a) e equitabilidade (b) do fitoplâncton calculados para os dados de densidade e biovolume, das das amostras coletadas a diferentes profundidades no reservatório de Segredo nas diferentes zonas (F-fluvial, T-transição, L-lacustre) durante o ano de 2002.

Os valores de densidade fitoplanctônica para o reservatório de Parigot de Souza (Figura 7a) variaram de 15 ind.mL^{-1} na zona lacustre em setembro (fundo) a $4.421 \text{ ind.mL}^{-1}$ na zona lacustre ($Z_{\text{eu}} = Z_{\text{m}}$) no mês de dezembro. Foram observados maiores valores deste atributo na zona eufótica, especialmente quando as profundidades da zona eufótica e da zona de mistura foram coincidentes. Os principais grupos foram Bacillariophyceae, Cryptophyceae e Cyanobacteria.

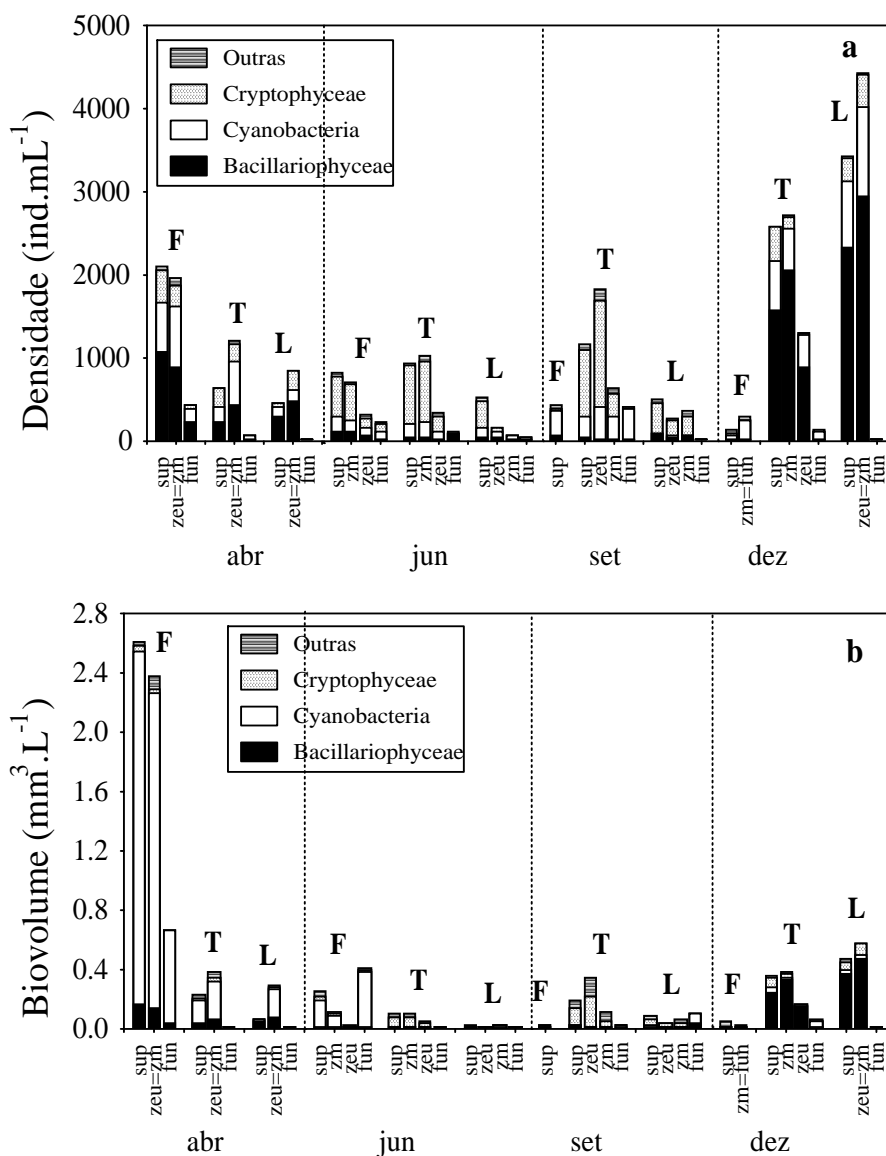


Figura 7: Valores de densidade (a) e biovolume (b) fitoplânctônicos registrados no reservatório de Parigot de Souza nas diferentes zonas (F-fluvial, T–transição, L–lacustre) e profundidades (superfície - sup, profundidade da zona eufótica - Z_{eu} , zona de mistura - Z_m e fundo - fun, profundidades de Z_{eu} e Z_m coincidentes - $Z_{eu}=Z_m$, mistura total da coluna de água - $z_m=fun$) durante o ano de 2002.

O biovolume fitoplânctônico do reservatório de Parigot de Souza (Figura 7b) variou de $0,002\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$ no fundo da zona lacustre em abril a $2,6\text{mm}^3.\text{L}^{-1}$ na superfície da camada de mistura da zona fluvial deste mesmo mês. Os maiores valores foram observados na zona fluvial no mês de abril, com predomínio das Cyanobacteria. Nos meses de junho e setembro, observou-se Cryptophyceae como o grupo mais importante e no mês de dezembro Bacillariophyceae foi o mais representativo. Foi possível observar gradiente

vertical na distribuição das algas, com os menores valores de biomassa registrados na zona afótica.

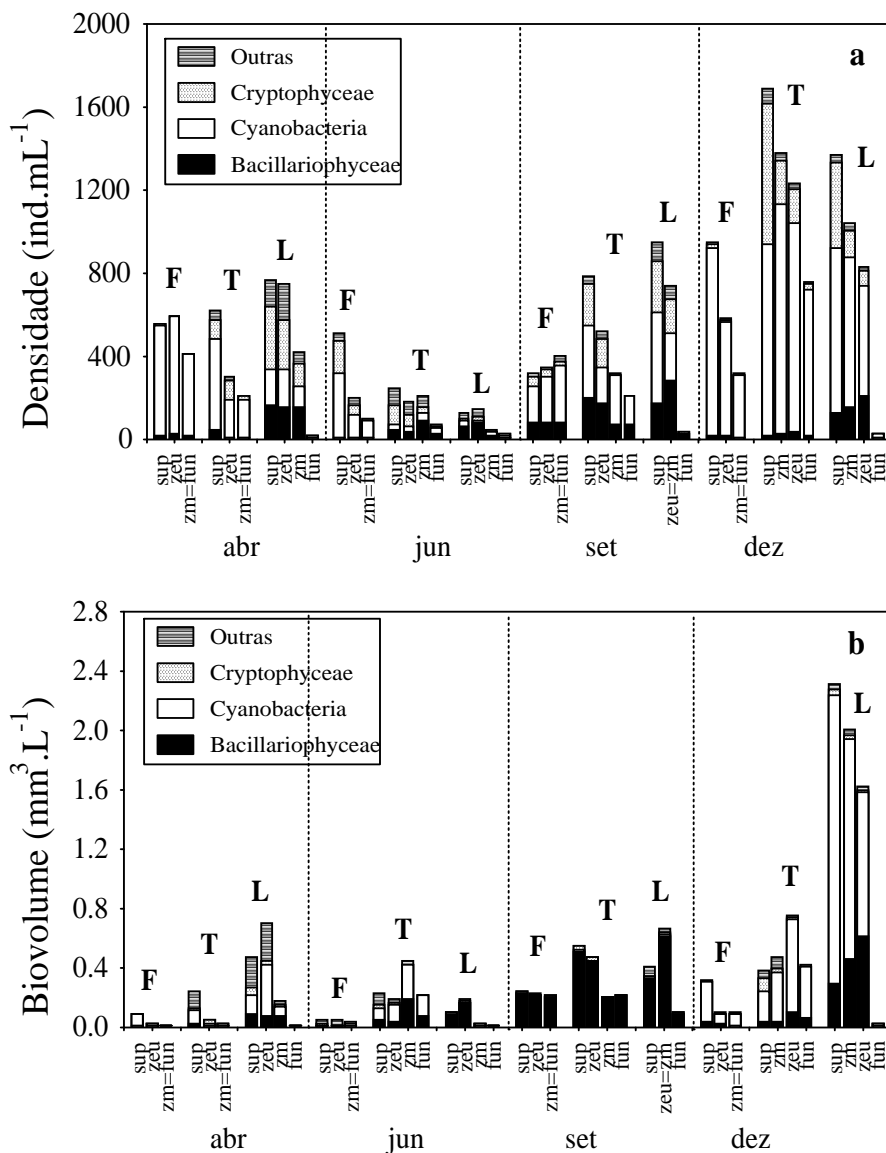


Figura 8: Valores de densidade (a) e biovolume (b) fitoplanctônicos registrados no reservatório de Segredo nas diferentes zonas (F-fluvial, T–transição, L–lacustre) e profundidades (superfície - sup, profundidade da zona eufótica - Z_{eu} , zona de mistura - Z_m e fundo - fun, profundidades de Z_{eu} e Z_m coincidentes - $Z_{eu}=Z_m$, mistura total da coluna de água - $z_m=fun$) durante o ano de 2002.

No reservatório de Segredo, a densidade fitoplanctônica apresentou variação de 17ind.mL^{-1} no fundo da zona lacustre em abril a 1687ind.mL^{-1} na superfície da zona de transição em dezembro (Figura 8a). Os principais grupos quanto a densidade, em ordem decrescente, foram Cyanobacteria, Cryptophyceae e Bacillariophyceae. Quanto ao

biovolume fitoplanctônico, os valores oscilaram de $0,009\text{mm}^3\cdot\text{L}^{-1}$ no fundo da zona lacustre em abril a $2,3\text{mm}^3\cdot\text{L}^{-1}$ em dezembro na superfície da zona lacustre (Figura 8b), sendo Cyanobacteria e Bacillariophyceae os grupos mais importantes.

Para o reservatório de Segredo, os valores de densidade e biovolume do fitoplâncton apresentaram uma tendência de aumento no sentido rio-barragem, com exceção dos obtidos no mês de junho, quando os valores destes atributos foram menores na zona lacustre. Como observado para o reservatório de Parigot de Souza, verificou-se a ocorrência de gradientes verticais na distribuição do fitoplâncton em Segredo, com os menores valores registrados na zona afótica.

Para o reservatório de Parigot de Souza, as espécies fitoplanctônicas mais importantes em densidade foram *Synechocystis aquatilis*, *Aphanocapsa elachista*, *Discostella stelligera*, *Chroomonas acuta* e *Cryptomonas* sp. Para o reservatório de Segredo, além das espécies acima citadas, foram representativas *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, *Aulacoseira ambigua* var. *ambigua* f. *spiralis* e *Anabaena circinalis*, esta última ocorrendo apenas no mês de dezembro. *S. aquatilis*, *C. acuta* e *Cryptomonas* sp. ocorreram concomitantemente em praticamente todo o período de estudo, em ambos os reservatórios. A maior contribuição de *Aphanocapsa elachista* para a densidade ocorreu no mês de abril, no reservatório de Parigot de Souza.

Quanto ao biovolume, as principais espécies foram *Microcystis aeruginosa*, *Cryptomonas* sp., *Discostella stelligera* e *Synechocystis aquatilis* para o reservatório de Parigot de Souza e *Microcystis aeruginosa*, *Aulacoseira granulata* var. *granulata*, *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, *Aulacoseira ambigua* var. *ambigua* f. *spiralis*, *Urosolenia eriensis*, *Anabaena circinalis*, *Synechocystis aquatilis* e *Aphanocapsa kordersii* no reservatório de Segredo.

Quanto à contribuição das classes de tamanho para a densidade fitoplanctônica, as algas menores que $20\mu\text{m}$ (grupo 1) foram as que mais contribuíram para os valores desse atributo durante todo o período de estudo para ambos os reservatórios (Figuras 9a e 10a). As algas maiores que $100\mu\text{m}$ (grupo 4) apresentaram maior participação para a densidade no mês de dezembro na zona lacustre do reservatório de Segredo.

A classe de tamanho 4, ou seja, as algas maiores que $100\mu\text{m}$, foi a mais representativa quando foram registradas os maiores valores de biovolume fitoplanctônico

(Figuras 9b e 10b), em ambos os reservatórios e em quase todo o período de estudo, com exceção para o reservatório de Parigot de Souza nos meses de setembro e dezembro, quando o grupo 1 foi o mais representativo.

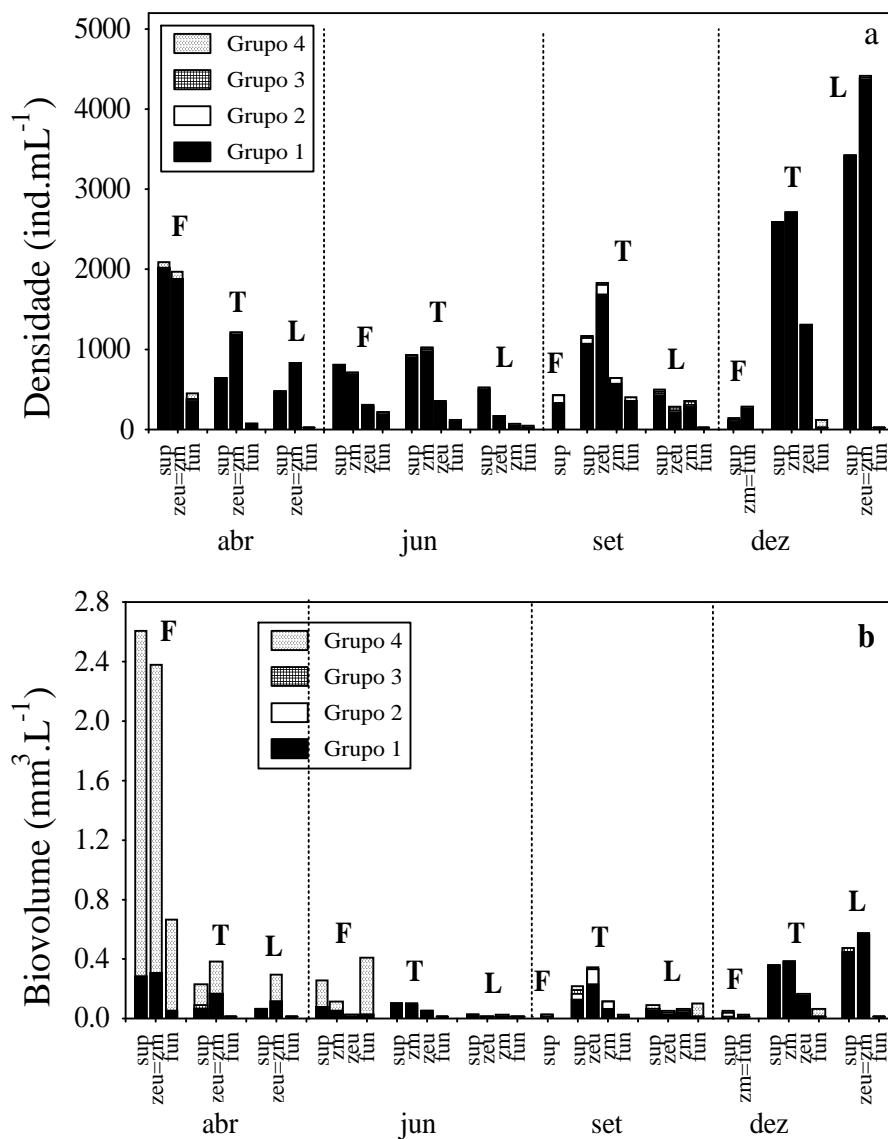


Figura 9: Contribuição das classes de tamanho do fitoplâncton para a densidade (a) e biovolume (b) fitoplanctônicos registrados no reservatório de Parigot de Souza nas diferentes zonas (F-fluvial, T-transição, L-lacustre) e profundidades (superfície - sup, profundidade da zona eufótica - Z_{eu} , zona de mistura - Z_m e fundo - fun, profundidades de Z_{eu} e Z_m coincidentes - $Z_{eu}=Z_m$, mistura total da coluna de água - $z_m=fun$) durante o ano de 2002.

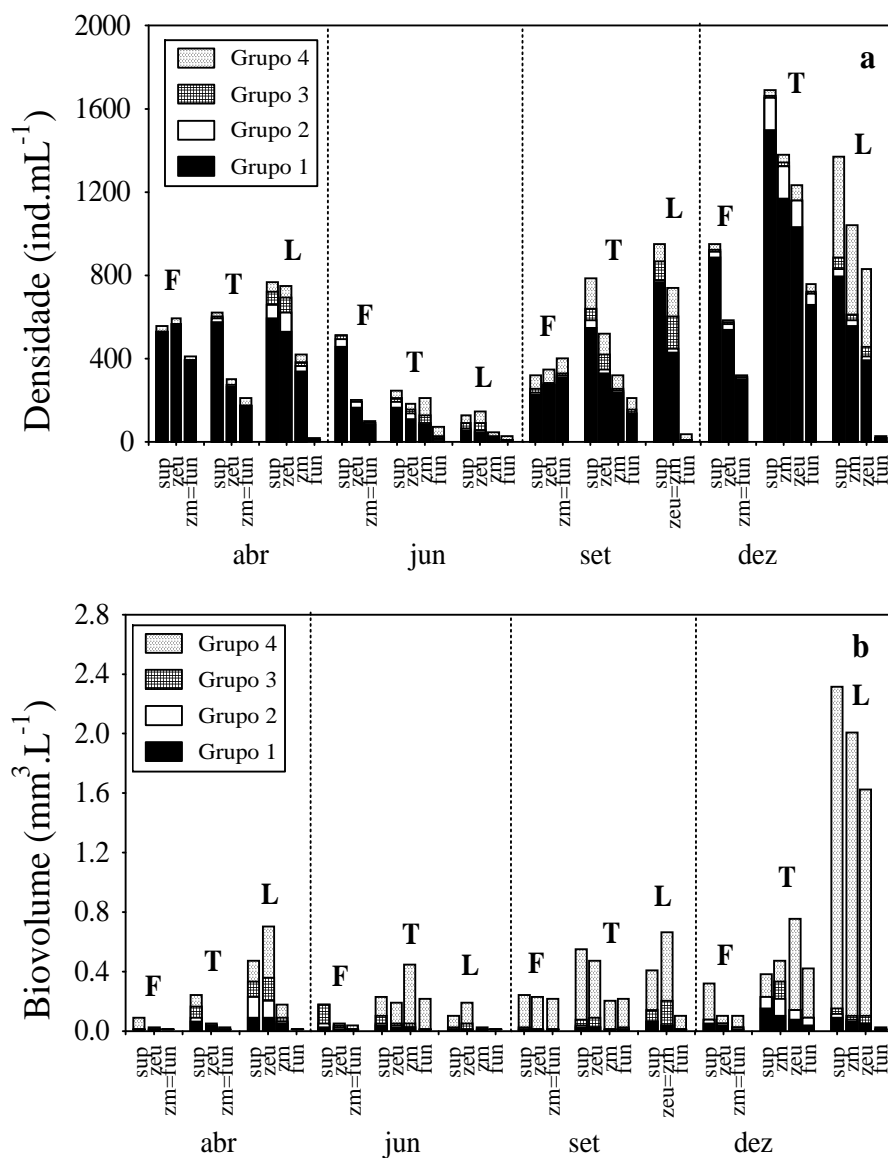


Figura 10: Contribuição das classes de tamanho do fitoplâncton para a densidade (a) e biovolume (b) fitoplanctônicos registrados no reservatório de Segredo nas diferentes zonas (F-fluvial, T–transição, L–lacustre) e profundidades (superfície - sup, profundidade da zona eufótica - Z_{eu} , zona de mistura - Z_m e fundo - fun, profundidades de Z_{eu} e Z_m coincidentes - $Z_{eu}=Z_m$, mistura total da coluna de água - $z_m=fun$) durante o ano de 2002.

Correlações positivas entre o biovolume das espécies fitoplanctônicas e as variáveis ambientais selecionadas para estudo juntamente com a abundância do zooplâncton, foram obtidas através da Análise de Correspondência Canônica (CCA), a qual apresentou escores significativos para os dois primeiros eixos canônicos ($p < 0,05$), de acordo com o teste de Monte Carlo (Figura 11a, b).

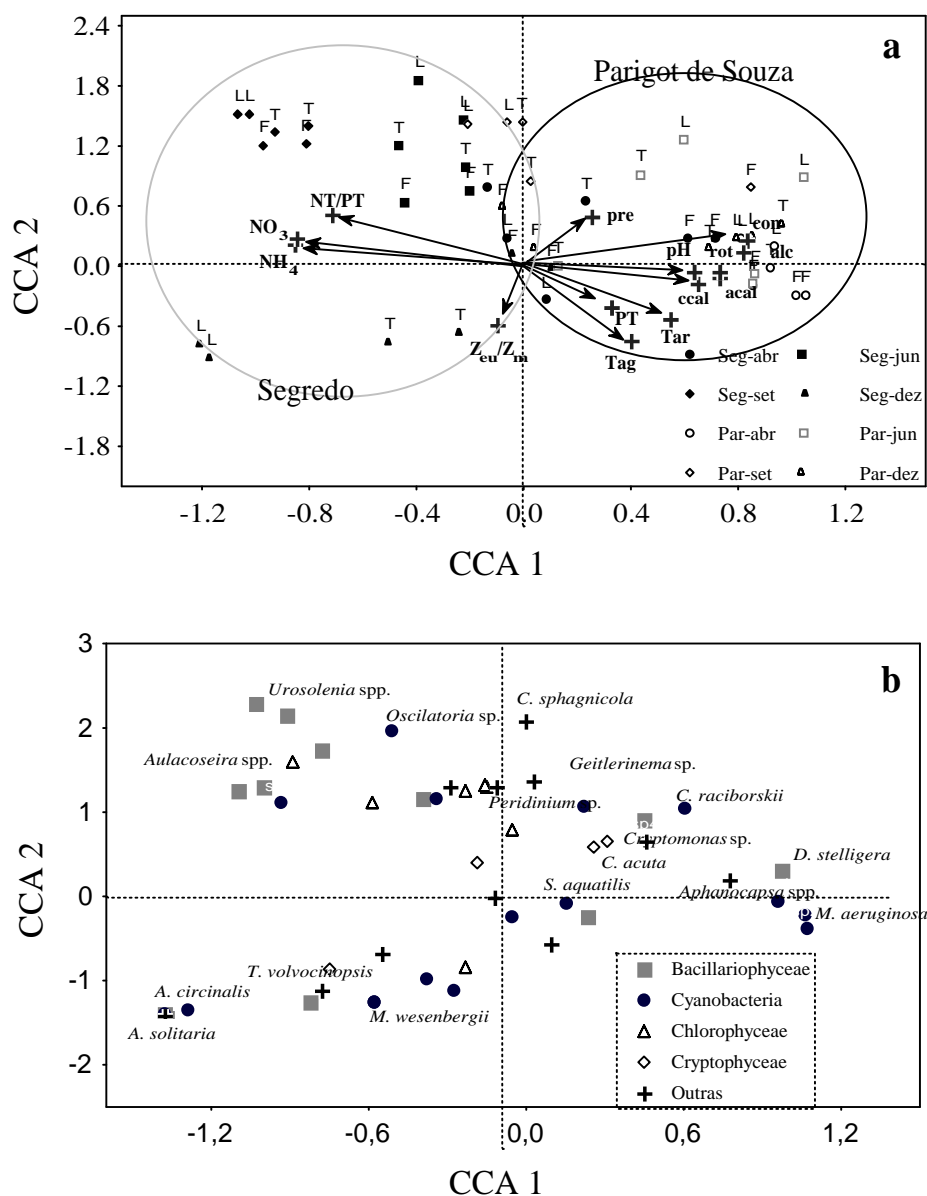


Figura 11: Dispersão dos escores dos locais, variáveis abióticas e abundância zooplancônica (a) e escores de biovolume das espécies fitoplancônicas (b) ao longo dos dois primeiros eixos da CCA, para as diferentes zonas (F-fluvial, T–transição, L–lacustre) dos reservatórios de Parigot de Souza (Par) e Segredo (Seg), durante o ano de 2002. Temperatura do ar (Tar), temperatura da água (Tag), precipitação (pre), condutividade (con), alcalinidade (alc), fósforo total (PT), Nitrogênio total (NT), Nitrato (NO_3), N-amoniacal (NH_4), razão nitrogênio total / fósforo total (NT/PT), razão zona eufótica / zona de mistura (Z_{eu}/Z_m), abundância de Rotifera (rot) e abundância de Calanoida copepoditos (ccal) e adultos (acal).

A CCA explicou uma significativa porcentagem da variância total dos dados (eixo 1=14% e eixo 2=10%), sendo que para o eixo 1, as principais variáveis foram: temperatura do ar (0,55), condutividade (0,84), pH (0,65), alcalinidade (0,82), nitrogênio total (-0,86),

nitrito (-0,85), relação NT/PT (-0,71), abundância de Rotifera (0,73), copepoditos e adultos de Calanoida (0,73 e 0,64, respectivamente). Para o eixo 2, a precipitação (0,5), a temperatura da água (-0,73), o fósforo total (-0,41) e a razão Z_{eu}/Z_m (0,6) foram as variáveis que melhor explicaram a distribuição das espécies neste eixo.

O diagrama da CCA não evidenciou a caracterização das zonas e dos períodos de amostragem em relação aos dados de biovolume das espécies fitoplanctônicas, sendo possível observar, no entanto, distinção entre os reservatórios. Os resultados obtidos sugerem que, em relação ao biovolume das populações fitoplanctônicas, os reservatórios são, de maneira geral, mais distintos entre si que suas diferentes zonas nos períodos analisados (Figura 11a, b).

O diagrama da CCA mostrou a separação das espécies que foram mais importantes no reservatório de Parigot de Souza, as quais estiveram relacionadas com as maiores concentrações de fósforo total, maiores valores de alcalinidade, pH, condutividade, maior abundância de Rotifera e Calanoida. Por outro lado, as espécies exclusivas do reservatório de Segredo apresentaram-se separadas no diagrama, e estiveram influenciadas pelas maiores concentrações das formas de nitrogênio, maiores razões Z_{eu}/Z_m e NT/PT.

As condições ambientais verificadas nas diferentes zonas e períodos estudados dos reservatórios, permitiram a caracterização de 7 grupos funcionais, sendo verificado, em alguns casos, a co-dominância de espécies pertencentes a diferentes grupos em um mesmo período. No epilímnio do reservatório de Parigot de Souza foram observadas os grupos **L_M**, **B**, **Y** e **X₁**, enquanto que no reservatório de Segredo, foram registradas os grupos **L_M**, **X₁**, **P**, **K** e **H₁** (Tabela 5).

Tabela 5: Porcentagem da biomassa das espécies fitoplanctônicas com contribuição acima de 10% na região epilimnética dos reservatórios analisados e seus respectivos grupos funcionais (GF), durante o período de estudo.

Parigot de Souza							
Zona fluvial							
abril	GF	Junho	GF	Setembro	GF	Dezembro	GF
<i>M. aeruginosa</i> 87%	L_M	<i>M. aeruginosa</i> 72%	L_M	<i>Cryptomonas</i> sp. 19% <i>S. aquatilis</i> 11%	Y X₁	<i>Cryptomonas</i> sp. 40% <i>S. aquatilis</i> 17%	Y X₁
Zona de transição							
<i>M. aeruginosa</i> 56% <i>D. stelligera</i> 16%	L_M B	<i>Cryptomonas</i> sp. 64%	Y	<i>Cryptomonas</i> sp. 71%	Y	<i>D. stelligera</i> 85%	B
Zona lacustre							
<i>M. aeruginosa</i> 45% <i>D. stelligera</i> 18%	L_M B	<i>Cryptomonas</i> sp. 30% <i>D. stelligera</i> 17%	Y B	<i>Cryptomonas</i> sp. 35%	Y	<i>D. stelligera</i> 79%	B
Segredo							
Zona fluvial							
<i>M. aeruginosa</i> 77%	L_M	<i>A. ambigua</i> var. <i>ambigua</i> f. <i>spiralis</i> 35%	P	<i>A. granulata</i> var. <i>granulata</i> 47% <i>A. ambigua</i> var. <i>ambigua</i> f. <i>spiralis</i> 36%	P P	<i>A. circinalis</i> 15% <i>S. aquatilis</i> 34% <i>A. granulata</i> var. <i>granulata</i> 24%	H₁ X₁ P
Zona de transição							
<i>M. aeruginosa</i> 40%	L_M	<i>A. granulata</i> var. <i>granulata</i> 30% <i>A. ambigua</i> var. <i>ambigua</i> f. <i>spiralis</i> 25% <i>A. granulata</i> var. <i>angustissima</i> 17%	P P P	<i>A. ambigua</i> var. <i>ambigua</i> f. <i>spiralis</i> 42% <i>A. granulata</i> var. <i>granulata</i> 37%	P P	<i>A. circinalis</i> 31% <i>S. aquatilis</i> 18% <i>A. koordersii</i> 18%	H₁ X₁ K
Zona lacustre							
<i>M. aeruginosa</i> 34%	L_M	<i>A. ambigua</i> var. <i>ambigua</i> f. <i>spiralis</i> 41% <i>A. granulata</i> var. <i>angustissima</i> 16% <i>A. granulata</i> var. <i>granulata</i> 14%	P P P	<i>A. granulata</i> var. <i>granulata</i> 33% <i>A. ambigua</i> var. <i>ambigua</i> f. <i>spiralis</i> 33% <i>U. eriensis</i> 14%	P P P ?	<i>A. circinalis</i> 72% <i>A. ambigua</i> var. <i>ambigua</i> f. <i>spiralis</i> 15%	H₁ P

DISCUSSÃO

O número total de táxons observado nos reservatórios de Parigot de Souza e Segredo pode ser comparado aos registrados em outros reservatórios brasileiros localizados nas regiões central e sul do país (Nogueira, 2000; Calijuri *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2005), entretanto, para o reservatório de Segredo, o número total de táxons identificados no presente estudo foi muito inferior aos valores constatados em período anterior para este ambiente (1994-1995), quando foram registrados 463 táxons (Ludwig *et al.*, 1997). Este fato pode ser atribuído ao menor número de amostragens e de estações de coleta no presente estudo.

Em todos os trabalhos acima citados, bem como no presente estudo, Chlorophyceae constituiu o grupo mais especioso. As clorofíceas, embora com o maior número de

espécies, apresentaram reduzida contribuição para os valores de densidade e biovolume fitoplanctônico, sendo sobrepujadas, quanto a estes atributos, pelos grupos Cryptophyceae, Cyanobacteria e Bacillariophyceae.

A riqueza de espécies planctônicas em reservatórios está relacionada com o estado trófico dos mesmos, heterogeneidade espacial da estrutura vertical e horizontal (física e química) e a frequência e grau de mistura e estratificação da coluna de água, devendo ser considerada também a contribuição dos tributários (Matsumura-Tundisi & Tundisi, 2005). A maior riqueza de espécies fitoplanctônicas observadas no reservatório de Segredo pode estar associada ao tamanho deste reservatório e ao maior número de tributários do rio Iguaçu, fatores que propiciam maior heterogeneidade ao ambiente.

Os baixos valores de diversidade específica e equitabilidade registrados são similares aos observados em outros reservatórios brasileiros, como os reservatórios de Jurumirim (Nogueira, 2000) e Barra Bonita (Calijuri & Dos Santos, 1996; Calijuri *et al.*, 2002). Estes atributos não apresentaram nítida sazonalidade durante o período de estudo, sendo os valores ligeiramente superiores nos meses de junho e setembro, e os menores valores associados com as maiores abundâncias do fitoplâncton dominado por somente uma ou poucas espécies. Alguns valores de diversidade elevados verificados na zona de transição do reservatório de Segredo, possivelmente estiveram associadas à ocorrência de espécies tanto potamoplanctônicas como limnoplanctônicas neste compartimento, assim como de táxons provavelmente oriundos do perifíton, como algumas diatomáceas penadas.

O padrão de distribuição longitudinal do fitoplâncton com altas concentrações dessa comunidade na zona de transição dos reservatórios parece ser comum, uma vez que, na zona fluvial, ocorre limitação por luz, apesar da disponibilidade de nutrientes, e em seguida, a relativa fertilidade da zona de mistura diminui em direção à barragem, pois o suprimento de nutrientes, introduzido por processos advectivos é reduzido com o distanciamento do influxo do rio, e a produção do fitoplâncton torna-se mais dependente da regeneração *in situ* dos nutrientes (Thorton, 1990; Kimmel *et al.*, 1990; Tundisi, 1996; Tundisi *et al.*, 1999).

No entanto, para os reservatórios estudados não foi possível verificar este padrão clássico de distribuição da comunidade fitoplanctônica em todos os períodos. No reservatório de Parigot de Souza, elevados valores de densidade na zona de transição foram

observados nos meses de junho e setembro e quanto ao biovolume apenas no mês de setembro. Para o Reservatório de Segredo a zona de transição apresentou os maiores valores de densidade apenas no mês de dezembro e quanto aos valores de biovolume, somente no mês de junho. Dados de biomassa do fitoplâncton, estimada pela clorofila-*a*, obtidos no mesmo período, indicam os maiores valores médios na zona de transição para o reservatório de Parigot de Souza e na zona lacustre para Segredo (Pagioro *et al.*, 2005).

Os reservatórios de Parigot de Souza e Segredo se localizam em região de clima subtropical úmido, com variação acentuada de temperatura ao longo do ano, porém, sem estação seca definida, fato que explica a ausência de nítida sazonalidade quanto ao regime de chuvas para os atributos fitoplanctônicos analisados, ao contrário do observado em reservatórios localizados em regiões com estação seca e chuvosa bem definida (Calijuri & Dos Santos, 1996; Nogueira, 2000; Calijuri *et al.*, 2002; Pivato *et al.*, 2006). Nos dois ambientes analisados foi possível observar correlações positivas entre a densidade e o biovolume totais do fitoplâncton com a temperatura, como também observado por Ludwig *et al.* (1997) no reservatório de Segredo, no período de 1993 a 1994.

Os valores totais de densidade fitoplanctônica registrados para os dois ambientes foram similares aos observados por Silva *et al.* (2005) para reservatórios localizados no rio Iguaçu no ano de 2001, incluindo o reservatório de Segredo. Entretanto, a maioria das espécies dominantes em densidade apresentou pouca contribuição para o biovolume fitoplanctônico durante o período de estudo, visto que foram algas cujo tamanho celular, ou mesmo da colônia, estiveram abaixo de 20 μ m.

A abundância de *Synechocystis aquatilis*, *Chroomonas acuta* e *Cryptomonas* sp. tem sido frequentemente associada às condições de mistura total da coluna de água (Dos Santos e Calijuri, 1998; Huszar *et al.*, 2000; Reynolds *et al.*, 2002; Train & Rodrigues, 2004; Train *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2005). No presente estudo, estes táxons foram registrados também na zona de mistura, mas em condições de estratificação. A Análise de Correspondência Canônica (CCA) evidenciou que estes táxons ocorreram em condições de maior precipitação pluviométrica, maiores valores de pH, condutividade elétrica e alcalinidade, bem como maior abundância de Rotifera e copepoditos e adultos de Calanoida.

A comunidade zooplancônica pode afetar o fitoplâncton diretamente pelo consumo de células, ou indiretamente por meio da reciclagem de nutrientes (Noges, 1997; Grigorszky *et al.*, 1998), e ainda, o efeito da predação do zooplâncton sobre o fitoplâncton é dependente de inúmeros fatores, incluindo a morfologia e fisiologia das algas, bem como a composição do fitoplâncton (James & Forsyth, 1990). No presente estudo, observou-se interação positiva entre espécies edíveis (menores de 20 μ m) e abundância da comunidade zooplancônica (evidenciada na CCA), provavelmente indicando que esta comunidade pode estar utilizando outras fontes de recurso alimentar, como o bacterioplâncton, reciclando assim, nutrientes para utilização pelo fitoplâncton, ou ainda, que a comunidade zooplancônica poderia estar em fase inicial de consumo do fitoplâncton, não evidenciando correlação inversa entre estas duas comunidades.

Estudos realizados sobre os efeitos da regulação do fitoplâncton pelo zooplâncton têm apresentado resultados contraditórios (Bernardi & Giussani, 1990). Inúmeros trabalhos verificaram diminuição da biomassa fitoplanctônica na presença de predadores herbívoros, principalmente de grandes cladóceros (James & Forsyth, 1990; Paterson *et al.*, 1997; Ventela *et al.*, 2002; Gosselain *et al.*, 1998; Giani & Figueredo, 1999). Entretanto, outros autores não consideram a predação realizada pelo zooplâncton um fator controlador, ao contrário, muitos têm relatado fortes correlações positivas entre a biomassa fitoplanctônica e zooplancônica, fato muitas vezes associado à dominância de cianobactérias (McCauley e Kalff, 1980; Grigorszky *et al.*, 1998; Degans & Meester, 2002; Kozak & Goldyn, 2004). Assim, fica evidente a necessidade de maiores estudos sobre a interação zooplâncton e fitoplâncton, com especial atenção para as escalas de amostragem.

O grupo funcional **Y** (*Cryptomonas* sp.) ocorreu no epilímnio do reservatório de Parigot de Souza nos meses de junho e setembro e dezembro (zona fluvial), em condições favoráveis de fósforo total (média de 26 μ g.L⁻¹ e máximo de 70 μ g.L⁻¹) e menores disponibilidade de luz na zona de mistura registradas para este reservatório durante o período de estudo (média $Z_{eu}/Z_m < 0,9$). A ocorrência de *S. aquatilis* concomitantemente com *Cryptomonas* sp. em condições mais eutróficas e na zona fluvial dos reservatórios (menores profundidades), foi determinante para o enquadramento deste táxon no grupo **X₁** (Huszar *et al.*, 2000), ao contrário do proposto por Reynolds *et al.* (2002), que enquadraram-no no grupo **Z**.

O fluxo de energia e nutrientes controla a distribuição das classes de tamanho e abundância do fitoplâncton, sendo as espécies pico e nanoplanctônicas mais importantes em sistemas não eutrofizados (Reynolds, 1997). Pagioro *et al.* (2005) verificaram elevada transparência da água e reduzidas concentrações de fósforo total em determinados períodos do ano de 2002 para os reservatórios Parigot de Souza e Segredo, e sugerem que o fósforo solúvel reativo tem maior importância nestes reservatórios, revelando a maior capacidade desses ambientes em ciclar nutrientes na própria coluna de água. Desse modo, altas taxas de reciclagem de nutrientes na coluna de água destes reservatórios representam maior eficiência no metabolismo desses sistemas, pois diminuem a perda de nutrientes por sedimentação na zona eufótica e favorece o desenvolvimento do fitoplâncton, em especial de espécies nanoplanctônicas de alta taxa de reprodução, como *Discostella stelligera*, *Cryptomonas* sp, *Chroomonas acuta* e *Synechocystis aquatilis*.

A dominância de *Aphanocapsa kordersii*, pertencente ao grupo **K**, no reservatório de Segredo no mês de dezembro, ocorreu em condições de estratificação da coluna de água, com disponibilidade de luz na zona de mistura ($Z_{eu}/Z_m > 1$) e altas temperaturas da água ($>24^{\circ}\text{C}$). Silva *et al.* (2005) também registraram abundância de *Aphanocapsa* em período de elevadas temperaturas. Segundo Reynolds *et al.* (2002), espécies deste gênero não toleram extensas zonas de mistura ($> 3\text{m}$), o que foi corroborado pelos dados obtidos neste reservatório.

Durante a dominância de *Discostella stelligera* em abril e dezembro no reservatório de Parigot de Souza, os valores de pH estiveram próximos à neutralidade, o que favorece esta espécie de acordo com Whitmore (1989). Esta espécie pertencente ao grupo **B**, é comumente favorecida em condições mesotróficas, como as verificadas no reservatório de Parigot de Souza, e quando ocorre mistura total da coluna de água (Reynolds *et al.*, 2002). No presente estudo, esta espécie foi dominante na zona de mistura (até 6m) em condições de estratificação. A abundância de algumas espécies de diatomáceas pode estar associada a baixas temperaturas (Reynolds, 1997; Silva *et al.*, 2005). Todavia, no reservatório de Parigot de Souza, *Discostella stelligera* não foi limitada pelas altas temperaturas registradas em dezembro, período em que seus valores de biomassa foram mais elevados, indicando caráter euritérmico desta espécie.

Comunidades fitoplanctônicas dominadas por *Microcystis* são características de estágios finais do processo sucessional, quando o fitoplâncton está representado por espécies com alta capacidade de conservar biomassa, explorar recursos segregados e absorver a variabilidade ambiental (Reynolds, 1984; 1997). A dominância desta espécie tem sido associada à sua capacidade de estocar nutrientes, tolerar baixas razões NT/PT (Smith, 1983; Fujimoto *et al.*, 1997; Michard *et al.*, 1996; Marinho & Huszar, 2002), regular a posição na coluna de água em condições de estratificação, devido à presença de bainha mucilaginosa e aerótopos (Ganf, 1974; Calijuri & Dos Santos, 1996; Dos Santos & Calijuri, 1998, Calijuri *et al.*, 2002), como também sua tolerância em condições de mistura em reservatórios rasos (Huszar *et al.*, 2000; Train *et al.*, 2004; Rodrigues *et al.*, 2005; Train *et al.*, 2005). Além das mínimas perdas por sedimentação, sua dominância é favorecida por seu baixo valor como recurso alimentar, devido ao grande tamanho de suas colônias e potencial toxicidade (Nogueira, 2000; Calijuri *et al.*, 2002; Ferrão-Filho *et al.*, 2002; Ghadouani *et al.*, 2003; Panosso *et al.*, 2003).

No presente estudo, como evidenciado na CCA, *M. aeruginosa* apresentou características que justificam seu enquadramento no grupo **L_M**. Sua dominância na camada epilimnética no mês de abril em ambos os reservatórios e em junho no reservatório de Parigot de Souza (região superior) esteve relacionada às altas temperaturas registradas no período (média de 24°C), estratificação da coluna de água ($Z_m < Z_{máx}$), disponibilidade de luz ($Z_{eu}/Z_m > 1,0$) e fósforo ($PT > 25\mu\text{g.L}^{-1}$) na zona de mistura, baixa razão NT/PT (média de 14) e colônias de elevado tamanho, que provavelmente, dificultaram a ação predatória do zooplâncton.

A ocorrência de florações de *Anabaena circinalis* tem sido verificada em condições de estratificação da coluna de água (Reynolds *et al.*, 2002; Westwood & Ganf, 2004, Bovo-Scomparin *et al.*, *em prep.*), confirmando o fato de que a maioria das espécies do gênero *Anabaena* tem pouca capacidade de alterar sua posição vertical na coluna de água, mas a presença de aerótopos e bainha mucilaginosa permitem que os filamentos se mantenham na zona eufótica por longos períodos, conseqüentemente, populações de cianobactérias heterocitadas pertencentes a este gênero podem se beneficiar durante a ocorrência de altas concentrações de nutrientes neste extrato da coluna de água (Nogueira, 2000; Reynolds *et al.*, 2002), assim, a dominância de *Anabaena circinalis*, grupo funcional **H₁**, no epilímnio

do reservatório de Segredo no mês de dezembro, especialmente nas regiões intermediária e lacustre, pode ser explicada pela ocorrência de condições de estratificação da coluna de água, concentrações de fósforo total acima de $18\mu\text{g.L}^{-1}$, disponibilidade de nitrogênio e luz na zona de mistura ($Z_{eu}/Z_m > 1,5$).

Outros fatores que provavelmente influenciaram o sucesso de *Anabaena circinalis* em dezembro no reservatório de Segredo constituem a sua capacidade competitiva de reduzir a luminosidade na coluna de água, ao formarem florações no epilímnio, limitando assim o desenvolvimento de outras espécies fitoplanctônicas, além de sofrer baixa predação pelo zooplâncton, pois assim como *Microcystis*, apresenta elevado tamanho e potencial toxigênico (Carmichael, 1997; Landsberg, 2002; Ghadouani *et al.*, 2003). Foi observada a ocorrência de *Aulacoseira ambigua* var. *ambigua* f. *spiralis* concomitantemente com *Anabaena*, devido, provavelmente, à capacidade dessa diatomácea de tolerar condições de baixa luminosidade na coluna de água, sendo que Ludwig *et al.* (1997) também destacaram a persistência e abundância de *Aulacoseira ambigua* var. *ambigua* f. *spiralis* no reservatório de Segredo no período de 1994-1995.

A dominância de *Aulacoseira granulata* var. *granulata* e *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, no reservatório de Segredo, durante os meses de junho e setembro (grupo **P**), foi favorecida pelas maiores concentrações de nutrientes, especialmente o nitrogênio, menores temperaturas da água (média de 16°C), menor disponibilidade de luz na zona de mistura ($Z_{eu}/Z_m < 0,3$) e ainda, por condições de mistura total ou maior extensão da zona de mistura ($> 5\text{m}$), quando verificou-se estratificação da coluna de água. *Aulacoseira granulata* var. *granulata* tem sido frequentemente registrada também em grandes reservatórios tropicais, devido à sua capacidade de permanecer no sedimento em condições de estratificação e tolerar períodos de mistura em águas turbidas (Reynolds, 1999).

Aulacoseira ambigua foi enquadrada por Reynolds *et al.* (2002) no grupo **C** para ambientes temperados, em condições de mistura total da coluna de água, sendo sensíveis a estratificação. Todavia, no presente estudo, a forma espiralada desta espécie (*A. ambigua* var. *ambigua* f. *spiralis*) ocorreu juntamente com variedades de *A. granulata* no reservatório de Segredo, optando-se, portanto, por seu enquadramento no grupo **P**. Sugere-se que o enquadramento de *Urosolenia* no grupo **A**, conforme proposto por Reynolds *et al.* (2002) para regiões temperadas, deva ser revisto, pois esta espécie foi dominante

juntamente com *A. granulata* var. *granulata* e *A. ambigua* var. *ambigua* f. *spiralis*, em condições mesotróficas e de elevada turbidez ($Z_{eu} < Z_m$). Train & Rodrigues (1998) também observaram a dominância desta espécie, juntamente com *A. granulata*, em condições de disponibilidade de nutrientes, elevada turbidez e mistura turbulenta, o que justificaria o seu enquadramento no grupo **P**.

Quanto ao nível trófico, os dois reservatórios são sistemas dinâmicos, que apresentaram descontinuidade, quanto ao grau de trofia, ao longo do eixo longitudinal dos mesmos e do período de estudo. Segundo os critérios de Vollenweider (1968 apud Lind *et al.*, 1993), considerando-se os valores de biovolume fitoplanctônico ambos os reservatórios podem ser enquadrados como oligotróficos. Segundo este mesmo autor (*op cit.*) quanto aos valores de fósforo total, os reservatórios de Parigot de Souza e Segredo podem ser classificados como mesotróficos na maioria dos meses, sendo este último oligotrófico apenas na zona lacustre no mês de junho, enquanto que o reservatório de Parigot de Souza pôde ser enquadrado como oligotrófico em setembro na zona lacustre e eutrófico na zona fluvial em setembro e dezembro.

Foi possível verificar por meio da CCA que os reservatórios foram mais distintos entre si, em comparação com as diferentes zonas analisadas. Sabendo-se que os reservatórios de Parigot de Souza e Segredo podem ser classificados como mesotróficos quanto às concentrações de fósforo total, na maioria dos meses analisados, apresentam tempos de residência da água similares e condições climáticas semelhantes, pode-se concluir que à morfometria e hidrodinâmica dos reservatórios, bem como a extensão e usos das respectivas bacias de drenagem, provavelmente, constituem os fatores determinantes da estruturação do fitoplâncton nesses ecossistemas artificiais.

Tendo em vista o grande número de reservatórios do Estado do Paraná e o reduzido número de estudos sobre a comunidade fitoplanctônica nestes sistemas, ressalta-se a necessidade de maiores investigações, que incluam observações de curto e longo período, além de estudos experimentais, não somente no corpo central dos reservatórios, mas também em seus tributários, e que sejam consideradas suas bacias de drenagem, tendo em vista a grande importância e extensão de algumas destas bacias dentro do Estado do Paraná, como a do rio Iguaçu.

REFERÊNCIAS

- American Public Health Association, 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th ed. APHA, Washington DC.
- Bernardi, R. & G. Giussani, 1990. Are blue-green algae a suitable food for zooplankton? An overview. *Hydrobiologia* 200/201: 29-41.
- Bicudo, C. E. M. & M. Menezes, 2006. Gêneros de Algas de Águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. 2ª Edição. RIMA, São Carlos.
- Bicudo, C. E. M., J. J. Ramirez, A. Tucci & D. C. Bicudo, 1999. Dinâmica de populações em ambiente Eutrofizado. In Henry, R. (ed.), *Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. FUNDIBIO/FAPESP, São Paulo: 451-499.
- Bourrelly, P., 1981. Les algues d'eau douce: initiation à la systématique: les algues jaunes et brunes, les Chrysophycées, Phéophycées, Xanthophycées et Diatomées: Éditions N. Boubée, Paris.
- Bourrelly, P., 1985. Les algues d'eau douce: initiation à la systématique: les algues bleues et rouges, les Eugléniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Éditions N. Boubée, Paris.
- Bovo-Scomparin, V. M., S. Train, L. C. Rodrigues, em prep. Interannual variation of cyanobacteria biomass on an isolated lagoon (Ventura lagoon) of the upper Parana river floodplain, Mato Grosso do Sul State, Brazil.
- Brassac, N. M., D. Atab, M. Landucci, N. D. Visinoni & T. A. V. Ludwig, 1999. Diatomáceas cêntricas na região de abrangência da usina hidrelétrica de Salto Caxias, PR. (Bacia do rio Iguaçu). *Acta Botanica Brasilica* 13: 277-289.
- Brassac, N. M. & T. A. V. Ludwig, 2003. Fragilariaceae (Bacillariophyceae) de rios da bacia do Iguaçu, Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Botânica* 26: 311-318.
- Brassac, N. M. & T. A. V. Ludwig, 2005. Amphipleuraceae e Diploneidaceae (Bacillariophyceae) da bacia do rio Iguaçu, Paraná, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19: 359-368.
- Calijuri, M. C. & A. C. A. Dos Santos, 1996. Short-term changes in Barra Bonita reservoir (São Paulo, Brazil): emphasis on the phytoplankton communities. *Hydrobiologia* 330: 163-175.
- Calijuri, M. C. & A. C. A. Dos Santos, 2001. Temporal variations in phytoplankton primary production in a tropical reservoir (Barra Bonita, SP – Brasil). *Hydrobiologia* 445: 11-26.
- Calijuri, M. C., A. C. A. Dos Santos & S. Jati, 2002. Temporal changes in the phytoplankton community structure in tropical and eutrophic reservoir (Barra Bonita, SP - Brazil). *Journal of Plankton Research* 24: 617-634.
- Carmichael, W. W., 1997. The cyanotoxins. *Advances in Botanical Research* 27: 211-256.
- Carmouze, J. P., 1994. O metabolismo dos ecossistemas aquáticos. Fundamentos Teóricos, métodos de estudo e análises químicas. Edgar Blücher/FAPESP, São Paulo.

- Degans, H. & L. D. Meester, 2002. Top-down control of natural phyto and bacterioplankton prey communities by *Daphnia magna* by the natural zooplankton community of the hypertrophic Lake Blankaart. *Hydrobiologia* 479: 39-49.
- Dos Santos, A. C. A. & M. C. Calijuri, 1998. Survival strategies of some species of the phytoplankton community in the Barra Bonita reservoir (São Paulo, Brazil). *Hydrobiologia* 367: 139-152.
- Edler, L., 1979. Recommendations for marine biological studies in the Baltic Sea: phytoplankton and chlorophyll. Unesco, Paris (UNESCO, Working Group 11, Baltic Marine Biologists).
- Eletrosul, 1978. O impacto ambiental da ação do homem sobre a natureza – rio Iguaçu, Paraná, Brasil – reconhecimento da ictiofauna, modificações ambientais e usos múltiplos dos reservatórios. Florianópolis.
- Fernandes, L. F., A. C. Wosiack, C. V. Pacheco, L. Domingues & P. D. Lopes, 2005. Cianobactérias e cianotoxinas. In Andreoli, C. V. & C. Carneiro (eds), Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados, SANEPAR, Curitiba: 367-388.
- Ferrão-Filho, A. S., B. Kozłowsky-Suzuki & S. M. F. O. Azevedo, 2002. Accumulation of microcystins by a tropical zooplankton community. *Aquatic Toxicology* 59: 201-208.
- Fujimoto, N., R. Sudo, N. Shugiura & Y. Inamori, 1997. Nutrient-limited growth of *Microcystis aeruginosa* and *Phormidium tenue* and competition under various N:P supply ratios and temperatures. *Limnology and Oceanography* 42: 250-256.
- Ganf, G. G., 1974. Diurnal mixing and vertical distribution of phytoplankton in a shallow equatorial lake. *Journal of Ecology* 62: 611-629.
- Ghadouani, A., B. Pinel-Alloul & E. E. Prepas, 2003. Effects of experimentally induced cyanobacterial blooms on crustacean zooplankton communities. *Freshwater Biology* 48: 363-381.
- Giani, A. & C. C. Figueiredo, 1999. Recorrência de padrões sazonais do fitoplâncton num reservatório eutrófico (reservatório da Pampulha, MG). In Henry, R. (ed), Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. FAPESP/FUNDIBIO, Botucatu: 533-549.
- Giné, M. F., H. Bergamin, E. A. G. Zagatto & B. F. Reis, 1980. Simultaneous determination of nitrite and nitrate by flow injection analysis. *Analytica Chimica Acta* 114: 191-197.
- Golterman, H. L., R. S. Clymo & M. A. M. Ohstad, 1978. Methods for physical and chemical analysis of freshwater. Blackwell Scientific Publication, Oxford.
- Gosselain, V., L. Viroux & J. P. Descy, 1998. Can a community of small-bodied grazers control phytoplankton in rivers? *Freshwater Biology* 39: 9-24.
- Grigorszky, I., S. Nagy, A. Tóth, C. Máthé, Z. Müller & G. Borbély, 1998. Effect of large and of small-bodied zooplankton on phytoplankton in a eutrophic oxbow. *Journal of Plankton Research* 20: 1989-1995.
- Huszar, V. L. M. & N. F. Caraco, 1998. The relationship between phytoplankton composition and physical-chemical variables: a comparison of taxonomic and morphological-functional descriptors in six temperate lakes. *Freshwater Biology* 40: 679-696.

- Huszar, V. L. M., L. H. S. Silva, M. M. Marinho, P. Domingos & C. L. Sant`Anna, 2000. Cyanoprokaryote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *Hydrobiologia* 424: 67-77.
- James, M. R. & D. J. Forsyth, 1990. Zooplankton-phytoplankton interactions in a eutrophic lake. *Journal of Plankton Research* 12: 455-472.
- Jensen, J. P., E. Jeppesen, K. Olrik & P. Kristensen, 1994. Impact of nutrients and physical factors on a shift from Cyanobacterial to Chlorophyte dominance in shallow Danish lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 51: 1692-1699.
- Júlio Jr., H. F., C. C. Bonecker & A. A. Agostinho, 1997. Reservatório de Segredo e sua inserção na bacia do rio Iguaçú. In Agostinho, A. A., L. C. Gomes (eds), *Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo*. EDUEM, Maringá: 1-17.
- Júlio Jr., H. F., S. M. Thomaz, A. A. Agostinho & J. D. Latini, 2005. Distribuição e caracterização dos reservatórios. In Rodrigues, L., S. M. Thomaz, A. A. Agostinho & L. C. Gomes (eds), *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. RIMA, São Carlos: 1-16.
- Kimmel, B. L., O. T. Lind & L. J. Paulson, 1990. Reservoir primary production. In: Thornton, K. W., B. L. Kimmel & F. E. Paine (eds), *Reservoir limnology: Ecological Perspectives*. John Wiley e Sons, New York: 133-193.
- Komárek, J. & K. Anagnostidis, 1989. Modern approach to the classification system of Cyanophytes 4 – Nostocales. *Algological Studies* 56: 247-345.
- Komárek, J. & K. Anagnostidis, 1998. Cyanoprokaryota. 1. Teil Chroococcales. In Ettl, H., G. Gärtner, H. Heynig & D. Möllenhauer, D. (eds.), *Sübwasserflora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer Verlag, Jena: 1-548.
- Komárek, J. & K. Anagnostidis, 2005. Cyanoprokaryota. 2. Teil Oscillatoriales. In Büdel, B., G. Gärtner, L. Krienitz & M. Schagerl, D. (eds.), *Sübwasserflora von Mitteleuropa*. Elsevier GmbH, München: 1-759.
- Koroleff, K., 1978. Determination of ammonia. In: Grasshoff, K. & E. Kremling (eds), *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie, Weinheim.
- Kozak, A. & R. Goldyn, 2004. Zooplankton versus phyto and bacterioplankton in the Maltanski reservoir (Poland) during an extensive biomanipulation experiment. *Journal of Plankton Research* 26: 37-48.
- Kruk, C., N. Mazzeo, G. Lacerot, C. S. Reynolds, 2002. Classification schemes for phytoplankton: a local validation of functional approach to the analysis of species temporal replacement. *Journal of Plankton Research* 24: 901-912.
- Landsberg, J. H., 2002. The effects of harmful algal blooms on aquatic organisms. In Stickney, R. R. (ed), *Reviews in fisheries science*. CRC Press, New York: 113-390.
- Lind, O. T., T. T. Terrell & B. L. Kimmel, 1993. Problems in reservoir trophic-state classification and implications for reservoir management. In Straskraba, M., J. G. Tundisi & A. Ducan (eds), *Comparative reservoir limnology and water quality management*. Kluwer Academic Press, Netherlands: 57-67.

- Ludwig, T. A. V. & T. L. Flores, 1995. Diatomoflora dos rios da região a ser inundada para construção da usina hidrelétrica de Segredo - I - Coscinodiscophyceae e Fragilariophyceae (*Asterionella* e *Meridion*). Archives of Biology and Technology 38: 631-650.
- Ludwig, T. A. V. & T. L. Flores, 1997. Diatomoflora dos rios da região a ser inundada para construção da usina hidrelétrica de Segredo PR. Fragilariophyceae (*Fragilaria* e *Synedra*). Hoehnea 24: 55-65.
- Ludwig, T. A. V., I. T. Cecy, L. H. Riberiro, T. L. Flores, D. Atab & S. Silva, 1997. Phytoplankton and some abiotics parameters in Segredo hydroelectric power plant reservoir during one year (Parana State, south Brazil). Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie Verhandlungen 26: 520-521.
- Lund, J. W. G., C. Kipling & E. D. Lecren, 1958. The inverted microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimating by counting. Hydrobiologia 11: 980-985.
- Maack, R., 1981. Geografia física do Estado do Paraná. José Olympio, Rio de Janeiro.
- Mackereth, F. Y. H., J. R. Heron & J. F. Tailing, 1978. Water analysis: Some revised methods for limnologists. Freshwater Biological Association (Scientific Publication, 36).
- Margalef, R., 1983. Limnologia. Omega, Barcelona.
- Marinho, M. M. & V. L. M. Huszar, 2002. Nutrient availability and physical conditions as controlling factors of phytoplankton composition and biomass in a tropical reservoir (Southeastern Brazil). Archiv für Hydrobiologie 153: 443-468.
- Matsumura-Tundisi, T. & J. G. Tundisi, 2005. Plankton richness in a eutrophic reservoir (Barra Bonita Reservoir, SP, Brasil). Hydrobiologia 542: 367-378.
- Mccauley, E. & J. Kalf, 1981. Empirical relationship between phytoplankton and zooplankton biomass in lakes. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science 38: 458-463.
- McCune, B. & M. J. Mefford, 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data, version 4.0. MjM Software Design, Gleneden Blach, Oregon.
- Michard, M., L. Aleya, J. Verneaux, 1996. Mass occurrence of the Cyanobacteria *Microcystis aeruginosa* in the hypereutrophic Villerest Reservoir (Roanne, France): Usefulness of the biyearly examination of N/P (nitrogen phosphorus) and P/C (protein/carbohydrate) couplings. Archiv für Hydrobiologie 135: 337-359.
- 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.
- Noges, T., 1997. Zooplankton-Phytoplankton interaction in lakes Vortsjarv, Peipsi (Estonia) and Yaskhan (Turkmenia). Hydrobiologia 342/343: 175-184.
- Padisák, J. & C. S. Reynolds, 1998. Selection of phytoplankton associations in Lake Balaton, Hungary, in response to eutrophication and restoration measures, with special reference to the cyanoprokaryotes. Hydrobiologia 384: 43-53.

- Pagioro, T. A., M. C. Roberto, S. M. Thomaz, S. A. Pierini & M. Taka, 2005. Zonação longitudinal das variáveis limnológicas abióticas em reservatórios. In Rodrigues, L., S. M. Thomaz, A. A. Agostinho & L. C. Gomes (eds), *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. RIMA, São Carlos: 39-46.
- Panosso, R., P. Carlsson, B. Kozłowsky-Suzuki, S. M. O. Azevedo & A. E. Granéli, 2003. Effect of grazing by a neotropical copepod, *Notodiaptomus*, on a natural cyanobacterial assemblage and on toxic and non-toxic cyanobacterial strains. *Journal of Plankton Research* 25: 1169-1175.
- Paterson, M. J., D. Findlay, K. Beaty, E. U. Schindler, M. Stainton & G. McCullough, 1997. Changes in the planktonic food web of a new experimental reservoir. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 54: 1088-1102.
- Pivato, B. M., S. Train & L. C. Rodrigues, 2006. Dinâmica nictemeral das assembleias fitoplanctônicas em um reservatório tropical (reservatório de Corumbá, Estado de Goiás, Brasil), em dois períodos do ciclo hidrológico. *Acta scientiarum* 28: 19-29.
- Reynolds, C. S., 1984. *The Ecology of Freshwater Phytoplankton*. Cambridge University Press, New York.
- Reynolds, C. S., 1988. Functional morphology and the adaptative strategies of freshwater phytoplankton. In Sandgren, C. (ed), *Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press, New York: 388-433.
- Reynolds, C. S., 1997. *Vegetation process in the pelagic: A model for ecosystem theory*. Ecology Institute, Oldendorf.
- Reynolds, C. S., 1999. Phytoplankton assemblages in reservoirs. In Tundisi, J. G. & M. Straskraba (eds), *Theoretical reservoir ecology and its applications*. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers, São Carlos: 439-456.
- Reynolds, C. S. V. L. M. Huszar, C. Kruk, L. Naselli-Flores & S. Melo, 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research* 24: 417-428.
- Rodrigues, L. C., S. Train, B. M. Pivato, V. M. Bovo, P. A. F. Borges & S. Jati, 2005. Assembleias fitoplanctônicas de trinta reservatórios do Estado do Paraná. In Rodrigues, L., S. M. Thomaz, A. A. Agostinho & L. C. Gomes (eds), *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. RIMA, São Carlos: 57-72.
- Round, F. F., 1971. The growth and succession of algal populations in freshwaters. *Internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie Mitteilungen* 25: 70-99.
- Shannon, C. E. & W. Weaver, 1963, *Mathematical theory of communication*. University Press, Urbana, Illinois.
- Silva, C. A., S. Train & L. C. Rodrigues, 2005. Phytoplankton assemblages in a Brazilian subtropical cascading reservoir system. *Hydrobiologia* 537: 99-109.
- Simonsen, R., 1979. The diatom system: ideas on phylogeny. *Bacillaria* 2: 9-71.
- Smith, V. H., 1983. Low nitrogen to phosphorus ratios favor dominance by blue-green in lake phytoplankton. *Science* 221: 669-671.

- Straskraba, M., 1999. Retention time as a key variable of reservoir limnology. In Tundisi, J. G. & M. Straskraba (eds), *Theoretical reservoir ecology and its applications*. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers, São Carlos: 385-410.
- Straskraba, M. & J. G. Tundisi, 1999. Reservoir Ecosystem Functioning: Theory and Application In Tundisi, J. G & M. Straskraba (eds), *Theoretical Reservoir Ecology and its Applications*. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers, São Carlos: 565-597.
- Thornton, K. W., 1990. Sedimentary processes. In Thornton, K. W., B. L Kimmel & F. E. Paine (eds), *Reservoir limnology: Ecological Perspectives*. John Wiley e Sons, New York: 133-194.
- Train, S. & L. C. Rodrigues, 1998. Temporal fluctuations of the phytoplankton community of the Baía River, in the upper Paraná River floodplain, Mato Grosso do Sul, Brazil. *Hydrobiologia* 361: 125-134.
- Train, S. & L. C. Rodrigues, 2004. Phytoplankton assemblages. In Thomaz, S. M., A. A. Agostinho, N. S. Hahn (eds), *The Upper Paraná river floodplain: physical aspects, ecology and conservation*. Backhuys, Netherlands: 103-124.
- Train, S., L. C. Rodrigues, V. M. Bovo, P. A. F. Borges & B. M. Pivato, 2004. Phytoplankton composition and biomass in environments of the Upper Paraná river. In Agostinho, A. A., L. Rodrigues, L. C. Gomes, S. M. Thomaz & L. E. Miranda (eds), *Structure and functioning of the Paraná river and its floodplain*. EDUEM, Maringá: 63-74.
- Train, S., S. Jati, L. C. Rodrigues & B. M. Pivato, 2005. Distribuição Espacial e Temporal do Fitoplâncton em Três Reservatórios da Bacia do Rio Paraná. In Rodrigues, L., S. M. Thomaz, A. A. Agostinho & L. C. Gomes (eds), *Biocenoses em reservatórios: padrões espaciais e temporais*. RIMA, São Carlos: 73-85.
- Tundisi, J. G., 1996. Reservoir as complex systems. *Journal of the Brazilian fur the Advancement of Science* 48: 383-387.
- Tundisi, J. G., T. Matsumura-Tundisi, M. C. Calijuri & E. M. L. Novo, 1991. Comparative limnology of five reservoirs in the middle Tietê River, S. Paulo State. *Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie Verhandlugen* 24: 1489-1496.
- Tundisi, J. G., T. Matsumura-Tundisi & O. Rocha, 1999. Theoretical basis for reservoir management. In Tundisi, J. G. & M. Straskraba (eds), *Theoretical reservoir ecology and its applications*. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers, São Carlos: 505-528.
- Ter Braak, C. J. F., 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167-1179.
- Utermöhl, H., 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-methodic. *Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 9: 1-38.

Ventela, A., K. Wiackowski, M. Moilanen, V. Saarikari, K. Vuorio & J. Sarvala, 2002. The effect of small zooplankton on the microbial loop and edible algae during a cyanobacterial bloom. *Freshwater Biology* 47: 1807-1819.

Westwood, K. J. & G. G. Ganf, 2004. Effect of mixing patterns and light dose on growth of *Anabaena circinalis* in a turbid, lowland river. *River Research Application* 20: 115-126.

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

Whitmore, T. J., 1989. Florida diatom assemblages as indicators of trophic state and pH. *Limnology and Oceanography* 34: 882-895.