

Campus de São Carlos

**Análise da composição, abundância e
distribuição da comunidade fitoplanctônica
nos reservatórios do sistema em cascata do
Médio e Baixo Rio Tietê/SP.**

Diana de Lima

Orientador: Prof. Assoc. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO



**ESCOLA DE ENGENHARIA
DE SÃO CARLOS**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E SANEAMENTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA
AMBIENTAL

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP
EXEMPLAR REVISADO
Data de entrada no Serviço: 01/06/04
Ass.: *Leandro Corioli*

Análise da composição, abundância e distribuição da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo Rio Tietê/SP.

Diana de Lima

DEDALUS - Acervo - EESC



Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Assoc. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola

São Carlos – SP
2004



Class.	TESE EESC
Curr.	L3031
Tombo	T162/04
Syno	1384051

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Tratamento da Informação do
Serviço de Biblioteca – EESC/USP

L732a Lima, Diana de
Análise da composição, abundância e distribuição da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo Rio Tietê/SP / Diana de Lima. -- São Carlos, 2004.

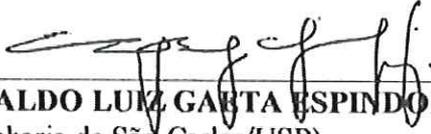
Tese (Doutorado) -- Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2004.
Área: Ciências da Engenharia Ambiental.
Orientador: Prof. Assoc. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola.

1. Fitoplâncton. 2. Reservatórios em cascata. 3. Rio Tietê. 4. Composição. 5. Limnologia. 6. Eutrofização.
I. Título.

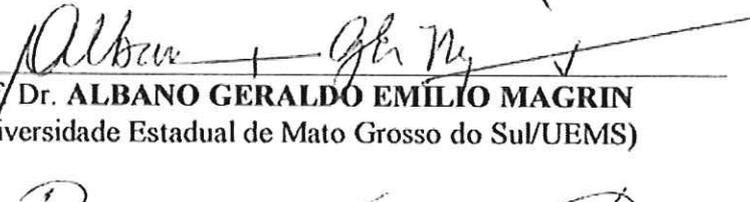
FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Licenciada **DIANA DE LIMA**

Tese defendida e julgada em 02-04-2004 perante a Comissão Julgadora:



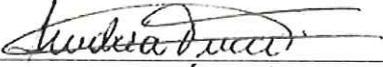
Prof. Assoc. **IVALDO LUIZ GAETA ESPINDOLA (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) APROVADA



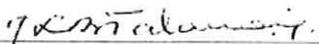
Prof. Dr. **ALBANO GERALDO EMILIO MAGRIN**
(Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul/UEMS) APROVADA



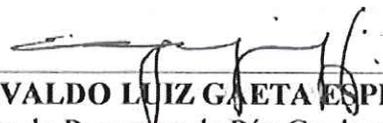
Profa. Dra. **ROSANGELA SAMPAIO REIS**
(Universidade Federal de Alagoas/UFAL) APROVADA



Profa. Dra. **ANDRÉA TÚCCI**
(Universidade Estadual de Feira de Santana/UEFS) Aprovada



Profa. Dra. **JANDIRA LIRIA BISCALQUINI TALAMONI**
(UNESP/Campus de Bauri) APROVADA



Prof. Associado **IVALDO LUIZ GAETA ESPINDOLA**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Ciências da Engenharia Ambiental



Profa. Assoc. **MARIA DO CARMO CALIJURI**
Presidente da Comissão de Pós-Graduação

As Algas!

O mundo das algas é incrível!

Elas só não têm a consciência de seus sentimentos, pois só se conhecem pelo mundo químico...

Elas nascem, crescem, se reproduzem e morrem! Desde então, participam para este mundo, existir!

(Diana de Lima)

DEDICATÓRIA

Ao meu pai (in memoriam),
por viver com muita
espiritualidade e por sempre
me ensinar que o verdadeiro
amor manifesta-se na
quietude e na invisibilidade
do coração.

Agradecimento Especial

Ao Prof. Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola, meu orientador, com muito carinho, pelo exemplo de competência e honestidade dedicadas à pesquisa científica e pela amizade.

Agradecimentos

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Evaldo Luíz Gaeta Espínola, pela orientação, sugestões, que muito contribuíram para a concretização deste trabalho e pelo crédito à minha capacidade para fazê-lo.

E com especial carinho e amor eterno, à minha adorável Mãe, aos meus irmãos Raul, Janete Luiz Tércio, Max Macoy, Marcus Dejani e a toda família, pelo carinho e amor que sempre dedicaram a mim...

Ao Sr. Laerte Batista de Oliveira Alves, chefe do Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros Continentais - CEPTA/IBAMA, com especial carinho, por ceder as dependências do Centro para a análise do material biológico e por me dar oportunidade de concretizar o "sonho" de trabalhar neste Centro, ao qual quero sempre me dedicar.

À Universidade de São Paulo, em particular ao Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, pela possibilidade de realização das análises laboratoriais.

A todos os técnicos do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, pessoas acolhedoras e importantes em todas as atividades de pesquisa.

Aos colegas e amigos do CEPTA/IBAMA, pela acolhida e carinho que sempre me dispensaram, em especial a Olga Helena Cezarini Alves, José Oswaldo Junqueira Mendonça e Rita de Cássia Gimenez de Alcântara Rocha.

Aos queridos amigos, com especial dedicação, Ana Celi e André Bufon, pela especial ajuda durante a elaboração desta Tese, pelo especial carinho e apoio, sem questionamento das minhas atitudes... Sempre torcendo pela finalização deste trabalho.

Aos meus adorados amigos e companheiros de toda a vida, Menina Celina, Andréia Cassiano, Raquel, Clarice, Mara-Maravilha, Claudete, Eddio e Karina, Henrique, Cyclene Brito, Andréa Araújo, Simone, Beatriz, Afrânio, Edson, Albano, Núbia e ao Ricardo Gentil.

Ao Projeto de pesquisa financiado pelo MMA/CNPq - PROBIO, nas pessoas da Prof. Dr^a Odete Rocha e do Prof. Dr. Evaldo L.G.Espíndola, pela oportunidade de participar no projeto sobre fragmento de rios.

À CAPES, pela concessão da bolsa de Estudos (Doutorado).

E a todos que de uma forma ou de outra colaboraram na realização deste trabalho e na minha vida em particular.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – Reservatórios: Impactos, usos múltiplos e funcionamento	1
Lista de Figuras	2
Lista de Quadros	2
1.1. Introdução	3
1.1.1. Os reservatórios como ecossistema	8
1.2. Referências Bibliográficas	14
CAPÍTULO 2 – Caracterização da Área de estudo	20
Lista de Figuras	21
Lista de Quadros	21
Lista de Tabelas	22
2.1. Localização e características físicas das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs)	23
2.2. Clima	27
2.3. Supressão da vegetação nativa	31
2.4. Principais atividades econômicas	31
2.5. Suscetibilidade à erosão linear	32
2.6. Situação atual das bacias hidrográficas	34
2.7. Disposição final de resíduos sólidos domésticos	34
2.8. Hidrovia Tietê - Paraná	35
2.9. Caracterização das unidades de gerenciamento e seus respectivos reservatórios	36
2.9.1. UGRHI 05 – Piracicaba, Capivari e Jundiá	36
2.9.2. UGRHI 13 – Tietê/Jacaré	42
2.9.3. UGRHI 16 – Tietê/Batalha	47
2.9.4. UGRHI 19 – Baixo Tietê	51
3. Referências Bibliográficas	57
CAPÍTULO 3 – Variação espacial e temporal das variáveis limnológicas do sistema de reservatórios em cascata do médio e baixo rio Tietê	61
Lista de Figuras	62
Lista de Tabelas	65
Resumo	67
3.1 – Introdução	69
3.2 – Objetivos	71
3.3 – Área de estudo	72
3.4 – Materiais e métodos	72
3.4.1 – Estações de amostragem e periodicidade das coletas	72
3.4.2 – Variáveis hidrológicas	74
3.5 – Resultados	77
3.5.1 – Tempo de residência	77
3.5.2 – Transparência da água	81
3.5.3 – Temperatura da água	83
3.5.4 – Oxigênio dissolvido	83
3.5.5 – pH e condutividade elétrica	84
3.5.6 – Gradientes verticais de temperatura e oxigênio dissolvido	85
3.5.7 – Gradientes verticais de pH e condutividade elétrica	85

3.5.8 – Material em suspensão	101
3.5.9 – Formas Nitrogenadas	105
3.5.10 – Formas Fosfatadas	112
3.5.11 – Índice do estado trófico	117
3.6. Discussão	119
3.7 – Conclusões	133
3.8 – Referências bibliográficas	134
Anexos	142
CAPÍTULO 4 – Avaliação espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê	159
Lista de Figuras	160
Lista de Tabelas	164
Resumo	167
4.1 – Introdução	169
4.2 – Objetivo	175
4.3 – Materiais e métodos	175
4.3.1 – Clorofila <i>a</i> + feofitina	176
4.3.2 – Análise qualitativa e quantitativa do fitoplâncton	177
4.3.3 – Coeficiente de similaridade	179
4.3.4 – Índices de diversidade de espécies	179
4.3.5 – Análise estatística	181
4.4 – Resultados	181
4.4.1 - Composição do fitoplâncton no sistema Tietê	181
4.4.2 – Variação temporal na densidade numérica do fitoplâncton	196
4.4.3 - Abundância relativa da comunidade fitoplanctônica	199
4.4.4 - Índice de diversidade de espécies	215
4.4.5 – Equitabilidade	216
4.4.6 – Concentração de clorofila <i>a</i> + feofitina	218
4.5 – Discussão	248
4.6 – Conclusões	259
4.7 – Referência Bibliográficas	261
Anexos	278

RESUMO

LIMA, D. (2004). Análise da composição, abundância e distribuição da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê/SP. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

Com a finalidade de atender a demanda energética, muitos reservatórios foram construídos no Brasil e, notadamente na região Sudeste, as construções das barragens não somente atenderam aos usos múltiplos (geração de energia, irrigação, lazer e abastecimento público), como também foram elementos propulsores da economia regional, contribuindo para a expansão das atividades industriais e rurais, bem como, um desordenado crescimento urbano. Em consequência da falta de planejamento, áreas naturais foram desmatadas, sendo substituídas por formas de plantio inadequadas e por projetos de especulação imobiliária não condizentes com a sustentabilidade ambiental. No decorrer das últimas décadas, os impactos aumentaram em magnitude e extensão, ocasionando sérios problemas aos recursos hídricos, culminando em conflitos pelo uso da água. Dentro deste contexto, destaca-se o rio Tietê, o qual percorre importantes cidades e extensas áreas rurais no Estado de São Paulo, sendo que, neste longo percurso, recebe a contribuição de diversos tributários (poluídos ou não) e efluentes urbanos, industriais e aqueles derivados de fontes não pontuais, além do processo de fragmentação que foi instalado a partir da construção de inúmeras barragens. De forma conjunta, todos os fatores promoveram alterações significativas no sistema e, procurando avaliar a situação atual dos reservatórios, desenvolveu-se uma pesquisa direcionada à análise da composição, densidade e distribuição da comunidade fitoplanctônica e sua relação com as variáveis limnológicas, climatológicas e hidrodinâmicas dos reservatórios de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava, Três Irmãos, além dos rios Tietê e Piracicaba e parte do rio Paraná (reservatório de Jupia e a Jusante do reservatório de Ilha Solteira). Para tanto, foram realizadas coletas nos meses de fevereiro, maio, julho e outubro de 2000 e os resultados obtidos demonstram uma elevada concentração de nutrientes, com redução na seqüência dos reservatórios, além da variabilidade temporal, com efeito significativo da precipitação no transporte de materiais, promovendo alterações no estado trófico de cada sistema. A disponibilidade de nutrientes, transparência da água, vazão e tempo de residência, associados aos fatores climatológicos, foram elementos importantes no estabelecimento das populações, influenciando a composição, densidade e distribuição da comunidade fitoplanctônica, a qual apresentou maior dominância das classes Cyanophyceae e Chlorophyceae, com maior contribuição em densidade e riqueza de espécies, respectivamente.

Palavras-chave: fitoplâncton, reservatórios, rio Tietê, eutrofização.

Abstract

LIMA, D. Analysis of composition, abundance and distribution of phytoplanktonic community at Medium and Low Tietê River cascade system reservoirs, SP. 2004. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

For the purpose to attend the energy requirement, many reservoirs had been constructed in Brazil, and mostly in Southeast, the barrages construction not only attended to the multiple uses (energy generation, irrigation, leisure and public supply) but were propellant elements for the regional economy, contributing to the expansion of industrial and rural activities, as well as to an disarranged urban development. In consequence of the absence of planning, natural areas had been cleared and replaced by inadequate types of plantation and by land speculation projects not suitable to the environmental sustainability. During the last decades, the impacts increased in magnitude and extension, causing serious problems to the water resources, culminating with disagreements with regards to the water utilization. In this context, Tietê River should be pointed out, since it goes through important cities and large rural areas of São Paulo State and receives, through this long route, the contribution of several tributaries (contaminated or not) and urban, industrial and other effluents, derived from not punctual sources, besides the calving that occurred after the construction of countless barrages. Conjunctly, all the factor promoted expressive alterations in the system. Aiming to evaluate the actual reservoir situation, a research was developed, focalizing the analysis of composition, density and distribution of the planctonic community and their relationship with limnological, climatic and hydrodinamical variables from Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava, and Três Irmãos reservoirs, besides Tietê and Piracicaba rivers and part of Paraná River (Jupiá Reservoir, downstream Ilha Solteira Reservoir). For this, collections had been accomplished in February, March, May, July and October 2000. The results demonstrated a high nutrient concentration, which reduces through the reservoir sequence, besides the temporal variability, with significant effect of precipitation in the material transportation, promoting alterations in the trophic condition of each system. Nutrient availability, water transparency, flow, and residence time, associated to the climatic factors, were important elements in the populations establishment, influencing composition, density and distribution of the planctonic community, which presented highest dominance of Cyanophyceae and Chlorophyceae classes, with highest density and species richness contribution, respectively.

Key words: phytoplankton, reservoirs, Tietê River, eutrophication.

CAPÍTULO 1

RESERVATÓRIOS: IMPACTOS, USOS MÚLTIPLOS E FUNCIONAMENTO.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- Representação esquemática de uma usina hidrelétrica	06
FIGURA 2	- Zonação Longitudinal em reservatórios	09
FIGURA 3	- Características principais dos reservatórios como ecossistema	10

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	- Algumas diferenças entre os sistemas aquáticos de rios e lagos	04
----------	--	----

1.1 Introdução

A água doce é um recurso natural essencial à vida em suas diversas formas. Sendo assim, o desenvolvimento das civilizações está associado à disponibilidade de água como recurso estratégico para as atividades humanas, tais como a pecuária, agricultura, navegação, recreação, lazer e para os abastecimentos público e industrial, além de proporcionar a geração de energia elétrica, entre outros (TUNDISI, 2002).

Entretanto, deve-se ressaltar que a oferta de água ocorre de forma heterogênea na natureza, podendo variar em quantidade, qualidade e em potencial hidrelétrico. Acrescenta-se, ainda, que a disponibilidade hídrica varia aleatoriamente no tempo e tem caráter sazonal.

Abordando este aspecto, tem-se verificado que os desenvolvimentos econômico e social nem sempre respeitam os limites impostos pela oferta de recursos hídricos, em termos de qualidade, quantidade e localização. Segundo Rebouças et al. (2002), devido às influências dos fatores antrópicos na qualidade das águas, torna-se necessário distinguir as suas características naturais daquelas engendradas pela ação do homem. Porém, deve-se reduzir a pressão sobre este recurso, para que, em um futuro próximo, a água não se torne um fator limitante para a vida humana e de todos os outros seres vivos.

Segundo Odum (2001), embora os ambientes de água doce ocupem uma pequena porção da superfície da Terra quando comparados com os terrestres e marinhos, são muito importantes para o homem, pelas seguintes razões: 1) são as mais apropriadas e baratas fontes de água para as necessidades doméstica e industrial; 2) os componentes de água doce constituem o ciclo hidrológico e 3) os ecossistemas de água doce constituem os sistemas mais práticos e baratos de tratamento de resíduos.

Os sistemas de água doce podem ser classificados adequadamente em dois tipos: água parada ou lânticos (*lenis*, calma), correspondendo aos lagos, lagoas e pântanos e de água corrente (sistemas fluviais) ou lóticos (*lotus*, lavado), correspondendo as nascentes, ribeirão e rios.

Em geral, as diferenças entre ambientes lóticos e lânticos se relacionam a aspectos: (1) a corrente revela-se de maior importância como fator limitante de controle nos sistemas lóticos; (2) a permuta terra-água é relativamente mais extensa nos sistemas lóticos, originando um ecossistema mais "aberto" e um tipo "heterotrófico" de metabolismo da comunidade e (3) a tensão de oxigênio é geralmente mais uniforme nos sistemas lóticos e as estratificações térmica e química não existem ou são muito fracas (ODUM, 2001).

De acordo com o Quadro 1, pode-se perceber as diferenças entre os sistemas de rios e lagos, sendo que em uma represa são observados ambos os ambientes.

Quadro 1. Algumas diferenças entre os sistemas aquáticos de rios e lagos.

<i>ATRIBUTOS</i>	<i>RIOS</i>	<i>LAGOS</i>
Característica do fluxo	Unidirecional e horizontal	Tridimensional
Velocidade da água	Alta	Baixa
Turbidez	Alta	Baixa
Granulometria	Diminui águas abaixo	Diminui com a profundidade
Profundidade	Baixa	Alta
Gradiente de profundidade	Aumenta desde as nascentes	Desde a costa até Z _{máx} .
Variação de temperatura	Rápida	Estável
Estratificação vertical	Não	Sim

Fonte - Esteves (1988); Wetzel (1983); Schäffer (1984).

Segundo Ward e Stanford (1983), um represamento altera os gradientes contínuos (como postulado por VANNOTE et al., 1980), produzindo uma mudança longitudinal nas variáveis medidas. O represamento pode ser usado também para medir outros fatores de mudanças, tais como a poluição, a entrada de afluentes e outras causas de descontinuidade. Neste sentido, pode-se sempre esperar descontinuidade quando o rio for afetado por fortes mudanças produzidas pela atividade humana.

Desta forma, as represas podem ser consideradas como fator chave na descontinuidade do rio, interferindo nos processos de evolução das comunidades de organismos aquáticos e também nas composições químicas do sedimento e da água, passando, muitas vezes, a desempenhar o papel de sistemas intermediários entre rios e lagos (MARGALEF, 1983).

Represas são ambientes lacustres provenientes do barramento artificial de rios e o objetivo de sua construção é o armazenamento de água, seja para obtenção de um volume adequado para atender aos diversos usos (principalmente abastecimento de água para centros urbanos e industriais, além de irrigação), seja para garantir uma altura de queda d'água suficiente para a geração de energia Kohlepp (1999).

No Brasil, as represas de maior volume foram construídas para fornecimento de energia, dada a farta disponibilidade de recursos hídricos e à existência de condições favoráveis à construção de usinas hidrelétricas.

Segundo Kohlepp (1999), neste país instalou-se uma série de usinas para geração de eletricidade, com enormes reservatórios, especialmente na bacia hidrográfica do Paraná, na região nordeste do rio São Francisco e na floresta tropical da Amazônia. Portanto, as barragens e as imensas represas foram implantadas em diferentes sistemas ecológicos, tais como as florestas tropicais, as zonas áridas ou as regiões densamente povoadas da Bacia do rio Paraná, situadas na zona subtropical do Sudeste brasileiro.

De acordo com os relatórios do IBGE (1996) apud Kohlepp (1999), a Bacia Amazônica tem, teoricamente, o maior potencial de recursos hidrelétricos, do qual, atualmente, somente 0,5% vem sendo explorado, enquanto que a Bacia do rio Paraná já apresenta um grau de exploração em torno de 64,5%, no Sudeste do país. O rio Paraná, incluindo os rios Grande e Paranaíba e seus tributários, o rio Tietê (São Paulo), o rio Paranapanema (São Paulo/Paraná) e o rio Iguaçu (Paraná) fornecem aproximadamente 70% da capacidade de energia hidrelétrica instalada no país. Vale ressaltar que, ao longo dos cursos Médio e Inferior do rio São Francisco, também foram instaladas importantes usinas hidrelétricas, como Três Marias, Sobradinho, Itaparica, o Complexo Paulo Afonso e Xingó.

Segundo Kelman et al. (2002), as usinas hidrelétricas aproveitam a diferença de energia potencial existente entre os níveis de água de montante e

o de jusante. Ou seja, quando a água cai do nível mais elevado para o menos elevado, dentro de um tubo, esta energia potencial é transformada em energias cinética e de pressão, que, por sua vez, fazem girar a turbina e, junto com ela, o gerador. O giro do gerador, portanto, produz energia elétrica que é proporcional ao produto da vazão turbinada pela altura da queda de água.

No caso do Brasil (KELMAN et al., 2002), as usinas estão localizadas em planaltos ou em planícies, quando os rios são caracterizados por grande vazão e pequena declividade. Neste caso, a queda é criada pela construção de uma barragem (Figura 1).

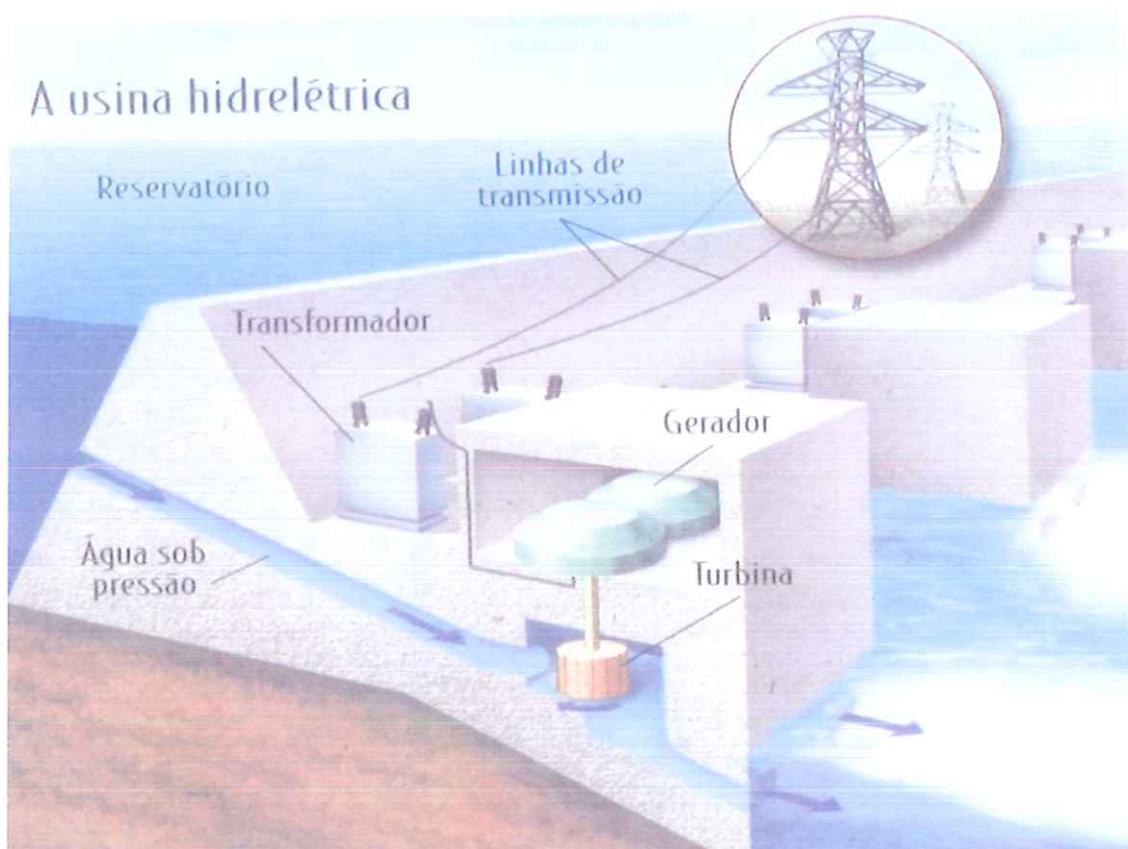


Figura 1- Representação esquemática de uma usina hidrelétrica. **Fonte** – BEÍ (2003).

Desta forma, o rio fica represado atrás da barragem, criando a desejada queda e também o reservatório de acumulação. Uma tomada de água e os condutos forçados levam a água do reservatório até a casa de força, situada num nível mais baixo. Na casa de força se localizam os grupos turbina-gerador

e o canal de fuga, através do qual a água é reconduzida ao rio ou a um outro curso d'água. Este é chamado de reservatório de regularização. Se o reservatório estiver cheio e se a vazão afluyente for maior do que a máxima vazão capaz de ser conduzida pelas turbinas, configura-se uma sobra de água, que deve ser escoada através dos vertedores (BEÍ, 2003).

Muitas vezes as represas podem se prestar a diferentes usos, mesmo tendo sido construídas com um único objetivo específico. É o que ocorre no Brasil, uma vez que freqüentemente as represas servem também como fonte de suprimento de água para as populações ribeirinhas, além de constituírem-se em ambiente para recreação (natação, mergulho, esqui aquático, vela), pesca, harmonia paisagística, melhoria climática (aumento da umidade do ar) e navegação (KELMAN, 2002).

Vale ressaltar que o aumento no consumo de água da população e as demandas dos parques industriais têm levado à crescente necessidade de construção de represas ou reservatórios para o abastecimento de água. No entanto, ocorre um paradoxo, uma vez que os reservatórios também promovem grandes impactos nos sistemas naturais (KELMAN op. cit.).

Tundisi (1986), por exemplo, menciona que os escoamentos nas bacias hidrográficas sofrem grandes alterações com o represamento, sendo que uma das conseqüências mais imediatas é o desaparecimento das lagoas marginais, ocasionados pela elevação do nível de água. Neste processo, incluem-se também as inundações de terras cultiváveis, mudanças hidrológicas à jusante, além das alterações no regime de águas subterrâneas, no balanço hídrico e na qualidade da água, que também promovem mudanças na fauna e flora dos ambientes terrestre e aquático, efeitos sociais e geofísicos (BAXTER, 1987 e TUNDISI, 1988 a).

Neste sentido, Tundisi e Barbosa (1981), também complementam que a construção de um reservatório no curso de um rio provoca modificações consideráveis nesse ecossistema, introduzindo um novo modelo energético, além das modificações no balanço hídrico, na temperatura, no regime de vento, problemas de erosão do solo e acúmulo de sedimento pela derrubada da vegetação original, antes da inundação da área. Paiva (1982) e Junk (1987) também incluem as implantações de projetos industriais, agropecuários e de mineração.

Ainda segundo Tundisi (1999), outros impactos que a construção de reservatórios produz nos sistemas terrestres e aquáticos são: relocação de populações; aumento de doenças de veiculação hídrica; perda de diversidade no ambiente terrestre e perda de espécies nativas de peixes; perda de recursos vegetais terrestres e modificações extensas nos siltes não aquáticos; degradação da qualidade de água à jusante; aumento da imigração de populações para a região do reservatório, contribuindo para o agravamento dos problemas econômicos e sociais.

Entretanto, se por um lado ocorrem perdas devido aos problemas acima descritos, por outro lado há benefícios econômicos com a implementação de usos múltiplos. No entanto, Tundisi (1999) salienta que os usos múltiplos dependem de complexas interações e de um gerenciamento adequado.

1.1.1 Os reservatórios como ecossistemas

Como mencionado anteriormente, os reservatórios ocupam uma posição intermediária entre rios e lagos naturais, em relação as suas características morfológicas e hidrológicas, portanto, são considerados sistemas complexos (MARGALEF, 1983; THORNTON et al., 1990). KIMMEL et al. (1990) descrevem que esses sistemas possuem tanto gradientes longitudinais (características de sistemas lóticos) como gradientes verticais (característicos de sistemas lênticos), propiciando a formação de três regiões bem distintas: região lótica, região de transição e região lacustre. Segundo Tundisi (1999), estas três regiões apresentam uma distribuição espacial horizontal, com dinâmicas próprias e sofrem a influência dos rios (entradas) e dos vertedouros (saídas), apresentando as seguintes características:

Zona de rio: Fluxo d'água rápido, com produtividade primária limitada pela penetração de luz, e com grande contribuição de matéria alóctone; pouca profundidade e alta concentração de nutrientes suprida por advecção.

Zona de transição: Fluxo reduzido, com maior penetração de luz, e entrada de material alóctone; reduzido suprimento de nutrientes por advecção, maior profundidade e produtividade primária relativamente elevada, mas com possibilidade de limitação por luz ou nutrientes.

Zona lacustre: Fluxo reduzido (quando os vertedouros estão fechados) e produtividade primária limitada por nutrientes; predominância de matéria autóctone e suprimento reduzido de matéria orgânica alóctone; é a região mais profunda, tipo lacustre, onde ocorre alta intensidade de “pastagem” sobre o fitoplâncton (THORNTON et al., 1990).

Esta zonação longitudinal pode ser observada na Figura 2, onde a zona de rio recebe a maior influência dos principais afluentes, como no caso do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, cujos principais rios formadores são os rios Tietê e Piracicaba.

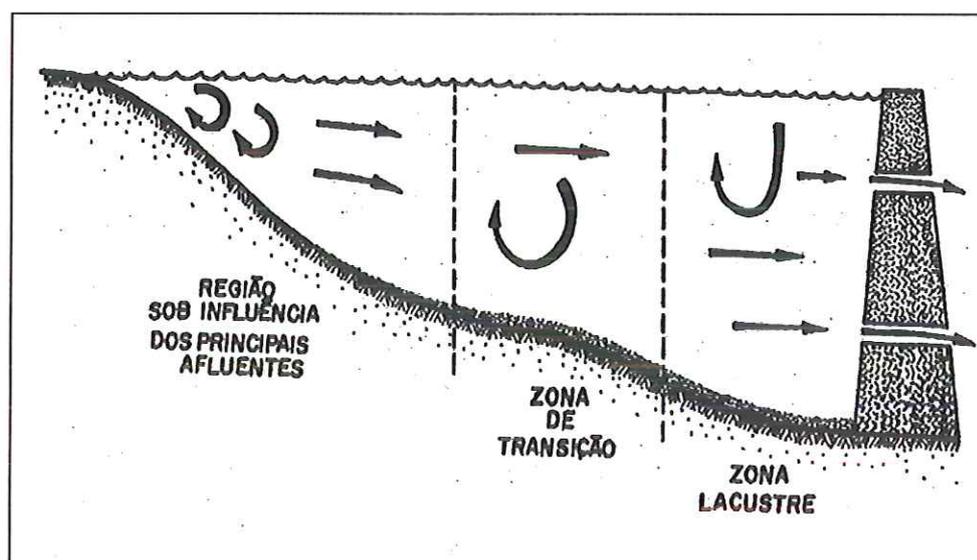


Figura 2- Zonação longitudinal em reservatórios. Fonte - TUNDISI (1999).

As represas, além de estarem sujeitas à ação das funções de força, apresentam mecanismos específicos de circulação horizontal e vertical, produzidos pela operação do sistema (TUNDISI, 1990).

Os principais componentes e funções de força que estabelecem as mudanças no funcionamento do reservatório são as características climatológicas da região, o ciclo hidrológico, o tempo de residência (ou tempo de retenção) e a posição do reservatório, além das características técnicas de construção das represas, tais como altura da barragem, altura da tomada de água para as turbinas, número, posição e tipo dos vertedouros, e a profundidade máxima na barragem (TUNDISI, 1999).

A Figura 3 apresenta algumas características essenciais dos reservatórios, tais como as funções de força climatológicas (radiação solar, precipitação e ventos), as interações ar-água, e as interações sedimento-água.

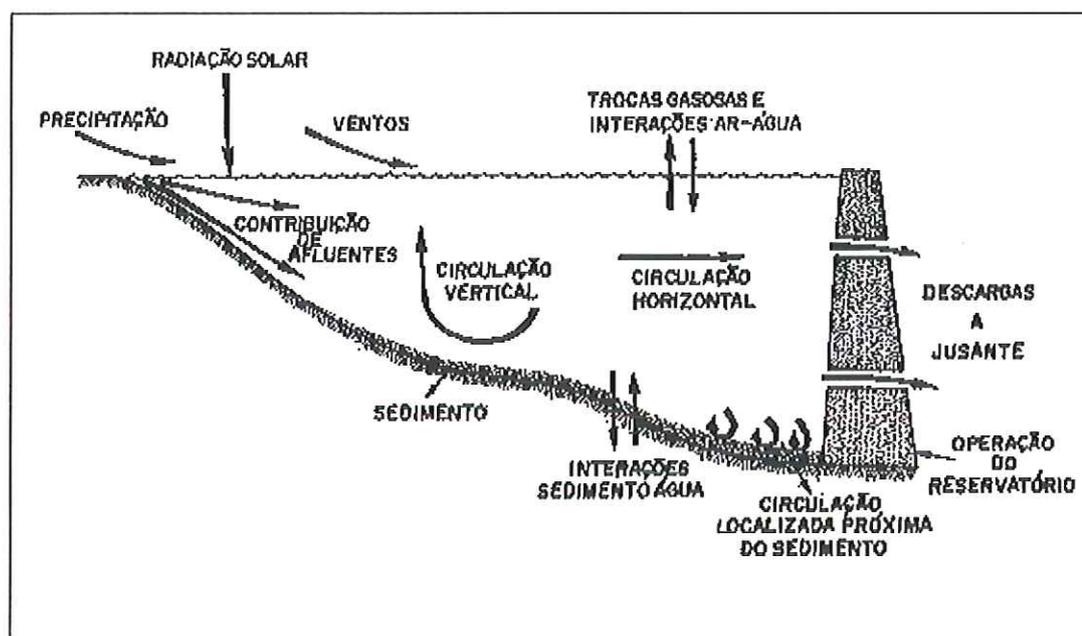


Figura 3 - Características principais dos reservatórios como ecossistemas. Fonte - Tundisi et al. (1993).

Em função dos avanços tecnológicos, hoje se encontram os “sistemas de reservatórios”, que se referem àqueles com múltiplas barragens, conectados hidrológicamente e cuja operação se estabelece em função dos objetivos dos mesmos. Segundo Straškraba e Tundisi (2000), existem quatro tipos de sistemas de reservatórios : **Reservatórios em Cascata** — são cadeias de reservatórios localizados no mesmo rio; **Sistemas de Múltiplos Reservatórios** — são grupos de reservatórios localizados em diferentes trechos de um determinado rio ou de diversos rios e cujas vazões são compartilhadas; **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 desse último.

Neste estudo, o sistema a ser abordado é o de reservatórios em cascata, referindo-se ao sistema do Médio e Baixo rio Tietê. De acordo com Straškraba e Tundisi (2000), este sistema em cascata caracteriza-se pelo fato de que os efeitos em um reservatório à montante são transferidos para os demais, localizados à jusante. A qualidade da água de cada reservatório também vai depender da capacidade que um reservatório tem de influenciar o outro à jusante, sendo que o primeiro sistema geralmente será mais eutrófico que os demais (MARGALEF, 1983). Além disso, as características morfológicas e hidrodinâmicas, tanto dos reservatórios quanto do tipo de rio que os liga, bem como do uso e ocupação da bacia hidrográfica, se refletirão na dinâmica dos sistemas.

Segundo Straškraba e Tundisi (op. cit.) a distância entre os reservatórios também é relevante. Portanto, quando os reservatórios são próximos, os efeitos são mais significativos. Nesses sistemas em cascata, caso não existam novos focos de poluição ao longo do curso do rio, pode-se obter uma considerável melhoria na qualidade da água dos reservatórios à jusante.

O sistema de represas em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, segundo Tundisi (1994), é resultado de um conceito de engenharia onde se considera como principal fator de interesse pelos recursos hídricos a quantidade de água e não a sua qualidade. Além disso, essa região tem sofrido um intenso processo de eutrofização de suas águas, ocasionado pelo despejo de resíduos originários dos usos doméstico, agrícola e industrial.

Um outro fator importante é o tempo de residência, pois quanto menor for este, maior será a influência do fluxo de entrada para a represa e isso é intensificado para represas menores (STRAŠKRABA, 1999). Tal relação é importante num sistema de represas em cascata, como o sistema do Médio e Baixo rio Tietê. Este sistema de represas, geralmente de padrão polimítico e reduzida profundidade, não favorece o aparecimento de estratificações térmicas mais prolongadas (TUNDISI et al., 1988).

Estudos em represas do sistema em cascata do rio Tietê foram realizados por Henry (1986), Paraguassu et al. (1988), Calijuri (1988), Aranha (1990), Tundisi et al. (1991), Tundisi et al. (1993), Calijuri e dos Santos (1996), Chalar-Marquisá (1998), Jati (1998), Sandes (1990, 1998), Barbosa et al. (1999), Fraccácio et al. (2002), Rodgher et al. (2002) e Pereira (2003).

Tundisi et al. (1991), estudando os reservatórios do Médio Tietê, observaram que as principais funções de força atuantes nesses reservatórios eram os fatores climatológicos (precipitação e vento), a taxa de fluxo e o tempo de retenção da água. No entanto, é importante considerar também o caráter morfométrico do sistema, uma vez que este influencia significativamente nos padrões de circulação da água, tanto no sentido vertical como horizontal (TUNDISI, 1985). Outros autores também corroboram essa idéia, tais como Arcifa e Froelich (1985), e Calijuri e Tundisi (1990).

Segundo Tundisi (1990b), a radiação solar, a profundidade e o efeito do vento, além da altura de tomada da água para os vertedouros e turbinas, são os elementos que interferem nos padrões de circulação vertical nos reservatórios.

Portanto, as funções de força ora citadas, juntamente com a ação e manejo do homem no sistema, são fatores que alteram os padrões de circulação dos reservatórios. Dentro deste prisma, um outro fator importante e já citado anteriormente é a altura da tomada de água na barragem, que promove diferentes correntes de advecção e proporcionam compartimentalizações temporais; com isso, constitui-se uma rede interativa complexa entre o ambiente físico-químico e os organismos (TUNDISI, 1999). Essa rede encontra-se em estado dinâmico, resultado de permanente processo de resposta às funções de força climatológicas e aos efeitos produzidos pela manipulação dos sistemas de barragem.

Os organismos constituem os núcleos dessa rede, enquanto que os fluxos de energia, massa e informações constituem as ligações entre esses núcleos. Portanto, os processos determinam os fluxos entre os organismos componentes da rede (TUNDISI, op. cit.).

Outro importante aspecto a ser considerado em reservatórios, são os pulsos ou perturbações que ocorrem no sistema. Segundo Tundisi (op. cit.), os pulsos nada mais são que qualquer tipo de mudança rápida, natural ou induzida pelo homem, e que afetam variáveis físicas, químicas ou biológicas dos reservatórios, tais como: entrada de material e energia alóctone ou saídas de materiais tais como aquelas que ocorrem com a abertura de comportas.

A magnitude dos pulsos é de fundamental importância no funcionamento das represas e varia com a latitude, com fatores climatológicos, com a

dimensão das represas e outros fatores locais e regionais (TUNDISI, 1999). Os pulsos podem variar em termos de frequência e intensidade, sendo estacionais ou ocasionais, com magnitudes variáveis e efeitos diretos ou indiretos. Neste sentido, os pulsos naturais incluem os ventos, precipitação e entrada de tributários, enquanto os pulsos artificiais incluem a abertura de comportas, com variação no nível da água, e os movimentos da água causados pelas embarcações.

Os pulsos estacionais envolvem os diferentes mecanismos de circulação, com a introdução de correntes advectivas no sistema e alterações na composição química da água. Os pulsos ocasionais podem ser representados pela quebra da termoclina, pela ação do vento e a conseqüente redistribuição de organismos na coluna de água.

Verifica-se, frente ao exposto, que reservatórios são sistemas dinâmicos, com variações sazonais e espaciais nas características físicas e químicas da água e do sedimento, as quais interferem no estabelecimento e estrutura das comunidades biológicas. Neste sentido, o presente estudo teve como principal objetivo avaliar as características físicas e químicas da água dos reservatórios em cascata do sistema Médio e Baixo rio Tietê, com ênfase na comunidade de fitoplâncton, procurando-se reconhecer as diferenças sazonais e espaciais em cada reservatório e no conjunto de reservatórios.

1.2 Referências bibliográficas

ARANHA, F.J. (1990). *Influência de fatores hidráulicos e hidrológicos na composição e biomassa do fitoplâncton em curto período de tempo, na represa de Barra Bonita, Médio Tietê, São Paulo*. São Carlos. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. 150p.

ARCIFA, M.S.; FROELICH, C.B. (1985). Padrões de circulação vertical em dez reservatórios de São Paulo. *Ci & Cult.*, 38(4): 684-692.

BARBOSA, F.R.A., PADISÁK, J., ESPÍNDOLA, E.L.G., BORICS, G., ROCHA, O. (1999). The cascading reservoir continuum concept (CRCC) and its application to the river Tietê – Basin, São Paulo state, Brazil. *in: TUNDISI, J.G., STRAŠKRABA, M., (1999) (Edt.). Theoretical reservoir ecology and its application.*, p.425-437. São Carlos-SP. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences e Backhuys Publishers.

BAXTER, R. (1987). Environmental effects of dams and impoundments. *Am. Ver. Ecol. Syst.* v.8: p. 255-283.

BEĨ., (2003). *Como cuidar da nossa água*. (Coord.) Projeto editorial e gráfico BEĨ comunicação. 176p.

CALIJURI, M.C. (1988). *Respostas fisioecológicas da comunidade fitoplanctônica e fatores ecológicos em ecossistemas com diferentes estágios de eutrofização*. São Carlos. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

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 – Rio de Janeiro, RJ. *Rev. Brasil. Biol.*, v.50, nº 4, p.893-913.

CALIJURI, M.C.; DOS SANTOS, A.C.A., (1996). Short-term changes in the Barra Bonita Reservoir (São Paulo), Brazil): emphasis on the phytoplankton communities. *Hydrobiologia.*, 330: p.163-175.

CHALAR-MARQUISÁ, G. (1998). *Sedimentação e fluxo vertical de nutrientes em dois reservatórios de distintos estados tróficos (reservatórios do Broa e de Barra Bonita)*. São Carlos. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos -Universidade de São Paulo, 151p.

ESTEVES, F.A. (1988). *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência. Finep. 575p.

FRACÁCIO, R.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; RODGHER, S.; PEREIRA, R.H.G.; ROCHA, O.; VERANI, N.F. (2002). Limnologia dos Reservatórios em Cascata do Médio e Baixo Rio Tietê: Uma análise Espacial e Temporal. In. *Recursos Hidroenergéticos: Usos, Impactos e Planejamento Integrado*. São Carlos/SP: RiMa, 145-163pp.

HENRY, R. (1986). O crescimento potencial do fitoplâncton da represa de Barra Bonita (rio Tietê, SP): uma comparação sazonal dos efeitos de enriquecimento artificial em amostras de seus tributários. *Ciência e Cultura*. v.38., n.9., p.1553-1564.

JATI, S. (1998). *Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica no reservatório de Barra Bonita (SP): um estudo em diferentes escalas de tempo*. Dissertação (Mestrado). PPG em Ciências da Engenharia Ambiental, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos. 174p.

JUNK, W.J. (1987). Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira. *Tubinger Geographische Studien*. n. 95: p. 367-385.

KELMAN, J. et al., (2002). Hidreletricidade. In: REBOUÇAS, A.C. et al., *Águas Doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo. Cap. 11: p. 371-418.

KIMMEL, B.L.; LIND, O.T.; PAULSON, L.J. (1990). Reservoir primary production. IN: THORTON, K.W.; KIMMEL, B.L.; PAYNE, F.E. (eds). *Reservoir Limnology: Ecological perspectives*. New York. John Wiley e Sons., Inc. Cap. 6, p.133-192.

KOHLEPP, G. (1999). Grandes barragens no Brasil: problemas ecológicos e sócio-econômicos. *Revista de estudos Ambientais.*, v. 1., n. 1.: p. 50-61.

MARGALEF, R. (1983). *Limnologia*. Barcelona: Omega, S.A., 1010 p.

ODUM, E.P. (2001). *Fundamentos de Ecologia*. Lisboa. Fundação Calouste Gulbenkian, 6ª Ed. 927p.

PAIVA, M.P. (1982). *Grandes represas do Brasil*. Brasília, DF: Editorial., 304p.

PARAGUASSÚ, A.B., et al., (1988). Considerações sobre o assoreamento do reservatório de Álvaro de Souza Lima (Bariri). In: TUNDISI, J.G. (eds.) *Limnologia e Manejo de Represas*. Série: Monografia em limnologia. v.1:p. 165-205.

PEREIRA, R.H.G. (2003). *Análise da distribuição, densidade e diversidade de Copepoda Calanoida e Cyclopoida nos reservatórios e tributários do Médio e Baixo rio Tietê e sua relação com as características limnológicas do sistema*. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, 2003. 436p.

REBOUÇAS, A.C., BRAGA, B., TUNDISI, J.G. (2002). *Águas Doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação*. (Eds.) São Paulo: Escrituras, Universidade de São Paulo, 717p.

RODGHER, S.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; FRACÁCIO, R.; RODRIGUES, M.H.; PEREIRA, R.H.G.; ROCHA, O. (2002). Estudos Ecotoxicológicos nos Reservatórios em Cascata do Médio e Baixo Rio Tietê: Uma Avaliação dos

Impactos Ambientais. IN: *Recursos Hidroenergéticos: Usos, Impactos e Planejamento Integrado*. São Carlos/SP: RiMa, 131-144pp.

SANDES, M.A .L. (1990). *Flutuações e Fatores Ecológicos, Composição e Biomassa do Fitoplâncton em Curto Período de Tempo no reservatório de Álvaro de Souza Lima (Bariri, SP)*. São Carlos. 111p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Paulo.

SANDES, M.A .L. (1998). *Estudos ecológicos em florescimento de Microcystis (Cyanobacteria-cyanophyceae) e interações com a flora bacteriana na represa de Barra Bonita, Médio Tietê, São Paulo*. Tese (Doutorado). São Carlos, SP. 216p.

SCHÄFFER, A. (1984). *Fundamentos de ecologia e Biogeografia das águas continentais*. Porto Alegre: UFRGS.. 532p.

STRAŠKRABA, M. (1999). Retention time as a key variable of reservoir limnology. In: TUNDISI, J.G.; STRAŠKRABA, M. (eds.). *Theoretical Reservoir Ecology and its Applications*. p.385-410.

STRAŠKRABA, M.; TUNDISI, J.G. (2000). *Diretrizes para o gerenciamento de lagos: Gerenciamento da qualidade da água de represas*. V.9. Tradução de Dino Vannucci. CNPq., ILEC, IIE. 280p.

THORNTON, K.W.; KIMMEL, B.L. PAYNE, F.E. (1990). *Reservoir Limnology: Ecological Perspectives*. Wiley-Interscience Publication John Wiley & Sons, Inc.

TUNDISI, J.G. (1985). Represas artificiais: perspectivas para o controle e manejo da qualidade da água para usos múltiplos. *Anais do VI Simpósio Bras. De Hidrologia e Rec. Hídricos*, v.4.:p.38-59.

TUNDISI, J.G. (1986). *Limnologia de represas artificiais*. Boletim de Hidráulica e Saneamento EESC-USP. 45pp.

TUNDISI, J.G. (1988a). Impactos ecológicos da construção de represas: aspectos específicos e problemas de manejo. IN: TUNDISI, J.G. (ed). *Limnologia e Manejo de Represas.*, v.1 tomo 1. São Carlos, EESC-USP. Série Monografias em Limnologia.

TUNDISI, J.G. (1990a). Distribuição espacial, seqüência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. *Ver. Brasil. Biol.*, 50(4):p. 937-955.

TUNDISI, J.G. (1990b). Distribuição espacial, seqüência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. *Rev. Brasil. Biol.*, 50: p. 937-955.

TUNDISI, J. G. (1994). Tropical South America: Presents and perspectives. In: *Limnology now: A paradigm of planetary problems.* (eds.) MARGALEF, R. Elsevier Science B.V.

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.; BARBOSA, F.A. R. (1981). Impacto de obras hidráulicas nas bacias hidrográficas. *Interfases: escritos e documentos. UNESP.* N. 69: p. 1-27.

TUNDISI, J.G., et al., (1988). Comparações do estado trófico de 23 reservatórios do Estado de São Paulo: eutrofização e manejo. In: TUNDISI, J.G. (eds.) *Limnologia e manejo de represas.* Série Monografias em Limnologia. EESC-USP/CRHEA/ACIESP. Vol I, tomo 1., p. 165-204.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; CALIJURI, M.C.; NOVO, E.M.L. (1991). Comparative limnology of five reservoirs in the middle Tietê River, S. Paulo State. *Verh. Internat. Verein. Limn.* Vol. 24, p.1489-1496.

TUNDISI, J.G. MATSUMURA-TUNDISI, T., CALIJURI, M.C. (1993). Limnology and managements of reservoirs in Brazil. IN: STRAŠKRABA, M., TUNDISI, J.G., DUNCAN, A. (eds) *Comparative Reservoir Limnology and Water Quality Management*. Kluwer Academic Publishers, Nether lands: p.25-55.

VANNOTE, R.L.; et al., (1980). The river continuum concept. *Can .J. Fish .Aquat. Sci.*, 37:p.130-137.

WARD, J.V.; STANFORD, J.A. (1983). The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. IN: FONTAINE, T.D.; S.M.BARTELL (Eds.), *Dynamics of lotic ecosystems*. Ann Arbor, M: Ann Arbor Science Publishers, p. 29-42.

WETZEL, R.G. (1983). *Limnology*. 2 ed. Phyladelphia: W.B. Saunders. College Publishing 860p.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- Localização das 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo.	25
FIGURA 2	- Localização e principais usos da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos.	37
FIGURA 3	- Morfometria do Reservatório de Barra Bonita/SP.	41
FIGURA 4	- Localização da Unidade Gerencial de Recursos Hídricos (UGRHI-13).	42
FIGURA 5	- Morfometria do Reservatório de Bariri/SP.	44
FIGURA 6	- Morfometria do Reservatório de Ibitinga/SP.	46
FIGURA 7	- Localização e principais usos da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 16.	47
FIGURA 8	- Morfometria do Reservatório de Promissão/SP.	50
FIGURA 9	- Localização e principais usos da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 19.	51
FIGURA 10	- Morfometria do Reservatório de Nova Avanhandava/SP.	53
FIGURA 11	- Morfometria do Reservatório de Três Irmãos/SP.	55

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	- Características físicas das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI).	26
QUADRO 2	- Vegetação nativa nas bacias do Médio e Baixo rio Tietê.	31
QUADRO 3	- Caracterização econômica das UGRHI das áreas de estudo.	32
QUADRO 4	- Avaliação da condição dos resíduos sólidos nas UGRHI e sua carga potencial.	35

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Médias mensais de precipitação (mm) no período de julho de 1999 a julho de 2000.	29
TABELA 2	- Variação do volume de chuvas, em estações climatológicas isoladas do sistema Médio e Baixo rio Tietê, referentes ao ano de 2000.	29
TABELA 3	- Variação da temperatura média (°C) (máxima e mínima) em três estações climatológicas do sistema Médio e Baixo rio Tietê, referente ao ano de 2000.	30
TABELA 4	- Características morfométricas do Reservatório de Barra Bonita/SP.	40
TABELA 5	- Características morfométricas do Reservatório de Álvaro de Souza Lima (Bariri/SP).	45
TABELA 6	Características morfométricas do Reservatório de Ibitinga/SP	45
TABELA 7	Características morfométricas do Reservatório de Promissão/SP.	49
TABELA 8	Características morfométricas do Reservatório de Nova Avanhandava/SP.	52
TABELA 9	Características morfométricas do Reservatório de Três Irmãos/SP.	54
TABELA 10	Características morfométricas do Reservatório de Jupia/SP.	56

2.1 Localização e características físicas das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs)

O rio Tietê pertence à Bacia do Alto Paraná, compreendendo as áreas geográficas situadas entre as coordenadas 20°31'S e 48°32'W e 24°48'S e 51°38'W (IBGE, 1996).

Do ponto de vista potamográfico, o continente sul-americano caracteriza-se pela existência de duas bacias de grande extensão, três de importância secundárias e muitas outras de significado relativo ainda menor. A primeira é a bacia do rio Amazonas, com seus 7 milhões de quilômetros quadrados, destacando-se entre as demais quando se considera a grandiosidade física de sua superfície e de suas descargas hídricas. Constitui o maior e mais extenso conjunto de vertentes de todo o mundo (SIGRHI, 2001).

A segunda é a bacia do rio Paraná, a qual abrange 22% da superfície do continente e tem, até o estuário da Prata, uma área de aproximadamente 4 milhões de quilômetros quadrados. Quando, além do tamanho, se consideram os múltiplos aspectos que caracterizam a qualificação global de uma bacia hidrográfica em face dos requisitos para implantação e progresso da civilização humana, a bacia do rio Paraná se sobressai indubitavelmente como a mais importante de todas (SIGRH, op. cit.).

O Estado de São Paulo foi dividido em 22 unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs), seguindo a "Política Estadual de Recursos Hídricos", Lei Estadual número 7663, de dezembro de 1991 (CETESB, 1995). O rio Piracicaba está inserido na UGRHI 5, que inclui as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. O rio Tietê, está inserido na UGRHI 10, que corresponde às bacias do rio Sorocaba e Tietê Médio Superior. O reservatório de Barra Bonita está contido em ambas as UGRHs (CETESB, 1998).

Os demais reservatórios pertencem ao sexto grupo de UGRHIs, o qual contém três grupos de unidades: UGRHI 13 – Tietê/Jacaré, onde estão inseridos os reservatórios de Bariri e Ibitinga; o grupo UGRHI 16 – Tietê/Batalha (contém o reservatório de Promissão, ambos incluídos na bacia do Médio Tietê inferior) e a UGRHI 19 – Baixo Tietê, onde estão incluídos os reservatórios de Nova Avanhandava e Três Irmãos, o qual inclui a bacia hidrográfica do Baixo Tietê (CETESB, 1995,1996, 1997, 1998), conforme apresentado na Figura 1. No Quadro 1 são destacadas as características físicas das unidades de gerenciamento (UGRHIs) que compõem as bacias do Médio e Baixo rio Tietê.



Legenda:

1.º Grupo

UGRHI 20 – Aguapeí
UGRHI 21 – Peixe
UGRHI 22 – Pontal do Paranapanema

2.º Grupo

UGRHI 14 – Alto Paranapanema
UGRHI 17 – Médio Paranapanema

3.º Grupo

UGRHI 06 – Alto Tietê

4.º Grupo

UGRHI 05 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí

5.º Grupo

UGRHI 10 – Sorocaba/Médio Tietê

6.º Grupo

UGRHI 13 – Tietê/Jacaré
UGRHI 16 – Tietê/Batalha
UGRHI 19 – Baixo Tietê

7.º Grupo

UGRHI 15 – Turvo/Grande
UGRHI 18 – São José dos Dourados

8.º Grupo

UGRHI 04 – Pardo
UGRHI 08 – Sapucaí/Grande
UGRHI 09 – Mogi-Guaçu
UGRHI 12 – Baixo Pardo/Grande

9.º Grupo

UGRHI 01 – Mantiqueira
UGRHI 02 – Paraíba do Sul
UGRHI 03 – Litoral Norte

10.º Grupo

UGRHI 11 – Ribeira do Iguape/Litoral Sul

11.º Grupo

UGRHI 07 – Baixada Santista

Figura 1- Localização das 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo-SP. **Fonte:** CETESB (2001)

Quadro 1. Características físicas das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI).

UGRHI	Área da Bacia (Km ²)	Nº de Municípios	Classificação	Geomorfologia	Sistema Aquífero
Tietê/ Sorocaba	11.708	34	Industrial	Depressão Periférica e Cuestas Basálticas	Crisatalino/ Tubarão/Guarani
Tietê/ Jacaré	11.749	34	Em Industrialização	Depressão Periférica	Bauru/Serra Geral/Guarani
Tietê/ Batalha	13.151	33	Agropecuária	Planalto Ocidental e Cuestas Basálticas	Bauru
Baixo Tietê	15.787	42	Agropecuária	Planalto Ocidental	Bauru/Serra Geral

Fonte - SIGRHI (2001).

A partir da década de 60, houve o início do efetivo aproveitamento dos imensos recursos hídricos em energia, oferecidos sob condições bastante vantajosas por muitos dos seus cursos d'água (CIBPU, 1966).

Dentre os ambientes fluviais do Estado de São Paulo, seus rios, notadamente o Tietê, o Pardo, o Grande, o Paranaíba e Paraná poderão tornar-se meios de comunicação privilegiada entre diversos Estados brasileiros e vários países latino-americanos, propiciando um importante elo para a unidade continental.

Segundo o relatório técnico da CESP (1998), o rio Tietê é o único dos grandes rios que corta o Estado de São Paulo, desde a Serra do Mar até o rio Paraná e possui uma extensão de 1.150Km (IBGE, 1996). Considera-se o rio Tietê dividido em quatro trechos: Alto Tietê, Médio Tietê Superior, Médio Tietê-Inferior e Baixo Tietê. Este sistema possui importantes tributários de grande porte, tais como: rio Piracicaba, rio Pinheiros, rio do Peixe, rio Jacaré-Pepira, rio Dourado, Ribeirão Lajeado e outros.

A bacia do Médio Tietê-Superior tem uma área de drenagem de 7.070km² e uma extensão de 367km, desde o reservatório de Pirapora até a barragem de Barra Bonita. A bacia do Médio Tietê-Inferior possui uma área de

drenagem de 23.730km² e uma extensão de 258km, desde a barragem de Barra Bonita até o reservatório de Promissão. A bacia do Baixo-Tietê possui área de drenagem de 13.655km², desde o limite do rio Tietê Médio-Inferior, na barragem do reservatório de Promissão, até a sua foz, no rio Paraná (IBGE, 1996).

Nos trechos médio e baixo do rio Tietê estão localizadas as seis usinas hidrelétricas, cujos reservatórios são objeto deste estudo: Barra Bonita, Álvaro de Souza Lima (Bariri) Ibitinga, Mário Lopes Leão (Promissão), Nova Avanhandava e Três Irmãos. Estes reservatórios estão dispostos em uma grande cascata, ao longo do rio Tietê (BARBOSA et al., 1999).

Estudos desenvolvidos desde a década de 80 nos reservatórios do rio Tietê, têm caracterizado estes sistemas como polimíticos (ESTEVES, 1988), com gradientes verticais acentuados, relacionados com as funções de forças climatológicas, hidrológicas e hidrodinâmicas, além da contribuição de material alóctone da bacia de drenagem (fonte difusa) e de material proveniente da região metropolitana de São Paulo, através do rio Tietê.

De acordo com Tundisi (1990) e Tundisi et al. (1991), as represas em cascata do médio Tietê apresentam-se eutrofizadas em função, principalmente, do aporte contínuo de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio (CALIJURI, 1988), os quais favorecem o aparecimento de florescimento de algas cianofíceas e o aparecimento de grandes bancos de macrófitas. Segundo Barbosa et al. (op. cit.), as conseqüências da formação de reservatórios em cascata, no sistema rio Tietê, são significativas com relação à qualidade da água, e à composição e à estrutura da comunidade fitoplanctônica, especialmente para o reservatório de Barra Bonita.

2.2 Clima

A climatologia da Região Sudeste é bem diversificada em relação à temperatura. A posição latitudinal, cortada pelo Trópico de Capricórnio, a topografia bastante acidentada e a influência dos sistemas de circulação são os principais fatores. É uma região de transição entre o clima quente das latitudes baixas e o clima mesotérmico das latitudes médias, porém suas características

são mais para os climas tropicais do que para as temperaturas dos climas temperados (GEO BRASIL, 2002).

O máximo pluviométrico da região normalmente se dá em dezembro ou janeiro e o mínimo em julho. Do volume das chuvas, 30 a 50% (1.500mm) se concentram em apenas três meses. O período seco varia de um a seis meses de duração, normalmente centralizado no inverno (GEO BRASIL, op. cit).

Segundo Geo Brasil (op.cit.), no território brasileiro estima-se que são drenados 257.790m³/s, em termos de descarga média de longo período. Cerca de 92% deste valor estão nas grandes bacias hidrográficas, com as seguintes vazões: Amazonas - 209.000m³/s; Paraná (inclusive Iguazu) - 11.000m³/s e São Francisco - 2.850m³/s.

A precipitação média no Estado de São Paulo é de 10.850m³/s, o que equivale a 1.376mm/ano. O escoamento total é de 3.120m³/s, e corresponde a aproximadamente 100 bilhões de m³/ano. As perdas por evapotranspiração, calculados pela diferença entre a precipitação e a vazão, são de 7.730m³/s ou 981mm/ano, sendo que somente 29% da precipitação pluviométrica, em média, transforma-se em escoamento (CETESB, 2000).

A área do território Paulista é de 248.809Km²; representando 34% da área das bacias hidrográficas interestaduais. A vazão média de longo período, estimada para as bacias interestaduais, é de 9.818m³/s, enquanto a do Estado de São Paulo é 3.120m³/s, ou seja, 32% da vazão das bacias interestaduais. Segundo dados da CETESB (op.cit.), observa-se que a bacia do rio Paraná, no território paulista, corresponde a 85,52% da área do Estado, que se traduz em 68,11% do escoamento total.

De acordo com os dados fornecidos pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e citados por Pereira (2003), verifica-se que nos meses de abril, maio, junho, julho e algumas vezes em agosto, existe um padrão com baixos valores de precipitação, sendo que a partir de setembro inicia-se o período chuvoso, com os valores mais acentuados ocorrendo nos meses de janeiro e fevereiro (Tabela 1).

Tabela 1. Médias mensais de precipitação (mm) no período de julho de 1999 a julho de 2000.

Meses (ano)	Precipitação (mm)
Julho (1999)	10
Agosto (1999)	0
Setembro (1999)	70
Outubro (1999)	60
Novembro (1999)	100
Dezembro (1999)	60
Janeiro (2000)	310
Fevereiro (2000)	250
Março (2000)	100
Abril (2000)	5
Maio (2000)	10
Junho (2000)	5
Julho (2000)	50

Fonte – (PEREIRA, 2003).

Ainda segundo dados obtidos por Pereira (op.cit.), verificam-se os valores de volume de chuvas coletados em outras estações climatológicas, nos municípios de Jaú, Araçatuba e Auriflama, os quais estabelecem as fases inicial, intermediária e final dos sistemas em cascata do Médio e Baixo Rio Tietê (Tabela 2).

Tabela 2- Variação do volume de chuvas (mm), em estações climatológicas isoladas do sistema Médio e Baixo rio Tietê, referente ao ano de 2000.

Meses/2000	Jaú (mm)	Araçatuba (mm)	Auriflama (mm)
Janeiro	214	236	204
Fevereiro	143	464	291
Março	139	172	111
Abril	2	8	13
Maio	8	10	23
Junho	2	8	8
Julho	45	43	30
Agosto	65	62	44
Setembro	86	140	203
Outubro	39	124	0
Novembro	261	138	148
Dezembro	203	142	216

Fonte - IAC (PEREIRA, 2003).

Em relação à temperatura do ar, segundo dados encontrados em Pereira (2003) e conforme apresentado na Tabela 3, a temperatura máxima registrada próxima a Jaú (reservatórios de Barra Bonita e Bariri) foi de 33,0°C, em outubro, e a temperatura mínima de 10,0°C ocorreu em julho. Na estação climatológica de Araçatuba a máxima foi de 35,2°C, em outubro, e a mínima foi de 12,8°C, em julho. Já na região de Auriflora, a temperatura máxima registrada foi de 33,4°C (em outubro) e a temperatura mínima registrada foi de 11,9°C (em julho).

Tabela 3 - Variação da temperatura média (°C) (máxima e mínima) em três estações climatológicas do sistema Médio e Baixo Rio Tietê, referente ao ano de 2000.

Meses/ Ano de 2000	Temperatura máxima média (°C)			Temperatura mínima média (°C)		
	Jaú	Araçatuba	Auriflora	Jaú	Araçatuba	Auriflora
Janeiro	30,4	32,0	31,3	19,5	21,5	22,1
Fevereiro	29,2	30,8	30,6	19,9	20,8	22,1
Março	29,6	30,0	30,4	19,0	20,1	20,8
Abril	29,8	30,0	30,4	16,0	19,4	18,6
Mai	26,5	26,8	28,3	13,2	16,0	15,4
Junho	27,4	26,6	28,9	13,2	16,3	15,5
Julho	24,4	24,0	24,9	10,0	12,8	11,9
Agosto	27,2	29,4	29,1	13,3	16,8	15,8
Setembro	27,6	28,5	28,9	15,5	18,5	18,2
Outubro	33,0	35,2	33,4	19,0	21,8	21,3
Novembro	30,1	32,6	32,4	18,4	21,4	21,1
Dezembro	30,1	31,8	31,5	19,4	22,0	21,4

Fonte - IAC (PEREIRA, 2003).

O clima da região é considerado CW, segundo classificação de Köppen (STRAHLER, 1981), com temperatura mínima inferior a 18°C e máxima acima de 22°C. Estes reservatórios estão na zona de transição entre os climas tropical e subtropical, caracterizada pela ocorrência de um inverno seco, com chuvas escassas ou ausentes, que abrange os meses de abril a setembro, e por um verão chuvoso, que vai de outubro a março (GÜNTZEL, 2000).

2.3 Supressão da vegetação nativa

O Estado de São Paulo, ao longo de seu processo histórico, sofreu fortes atividades de desmatamento para dar lugar às pastagens e culturas agrícolas, sendo que o relatório do DEPRN (1989) - Projeto Olho Verde - detectou áreas de preservação na Baixada Santista, Litoral Norte e Ribeira de Iguapé/Litoral Sul, que coincidiram com as áreas destinadas a unidades de conservação. Por outro lado, as Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos avaliadas, como segue abaixo (Quadro 2), dispõem de menos de 14% de área preservada.

Quadro 2 - Vegetação nativa nas bacias do Médio e Baixo rio Tietê.

UGRHI	Área ocupada por vegetação nativa	
	(ha)	(%)
Tietê/Sorocaba	162.011	13,84
Tietê/Jacaré	132.914	11,31
Tietê/Batalha	76.015	5,78
Baixo/Tietê	85.701	5,43

Fonte - SIGRHI (2001).

2.4 Principais atividades econômicas

As terras localizadas na área de estudo são, em sua maioria, férteis, bem regadas e drenadas por sistemas hidrológicos favoráveis, constituindo-se fatores decisivos para que se implantassem diversas atividades econômicas, como apresentado no Quadro 3, o qual caracteriza as principais atividades econômicas desenvolvidas nas Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos.

Quadro 3 - Caracterização econômica das UGRHI das áreas de estudo.

UGRHI	ATIVIDADES ECONÔMICAS	
	Atividades Agrícolas	Atividades Industriais
Tietê/Sorocaba	Batata, Horticultura, cana-de-açúcar, Reflorestamento	Metalúrgica, Mecânica, Alimentícia, Química, Eletroeletrônica
Tietê/Jacaré	Laranja, Cana-de-açúcar, Reflorestamento, Pastagens	Agroindústria de Cana, Mineração, Fundição e Refinação
Tietê/Batalha	Laranja	Mecânica, Alimentícia
Baixo Tietê	Cana-de-açúcar, Algodão, Mamona, Pastagem	Bebidas, Líquidos alcoólicos, Vinagre

Fonte - SIGRHI (2001).

2.5 Suscetibilidade à erosão linear

A erosão linear ocorre quando o escoamento se concentra através de linhas de fluxo superficial bem definidas, podendo desenvolver três tipos de feições: sulcos, ravinas e boçorocas (ou voçorocas). O estágio inicial do processo é caracterizado pelo sulco, que evolui para ravina e esta, se sofrer aprofundamento até o afloramento do lençol freático, passa a ser denominada de boçoroca (ZACHAR, 1982 apud SMA, 2002).

A erosão laminar e a erosão linear ocorrem, predominantemente, nas encostas de relevos menos declivosos como colinas e morrotes. As áreas com suscetibilidade muito alta são consideradas áreas de grande fragilidade, face aos processos erosivos lineares.

Estas áreas praticamente ocorrem nas UGRHIs-16 (Tietê/Batalha) e 19 (Baixo Tietê). As áreas com alta suscetibilidade são sustentadas por rochas areníticas de diversas formações, que são encontradas nas UGRHIs 13, 16 e 19 (Tietê/Jacaré, Tietê/Batalha e Baixo Tietê, respectivamente).

As áreas com baixa suscetibilidade ocorrem em terrenos sustentados por rochas cristalinas, rochas básicas (formação Serra geral) e rochas sedimentares finas com relevo ondulado a suavemente ondulado e solos argilosos espessos, presentes principalmente na Depressão Periférica. Estas áreas são encontradas nas unidades de gerenciamento de recursos hídricos

(UGRHs 5, 10 e 13), em Piracicaba/Capivari/Jundiaí, Tietê/Sorocaba e Tietê/Jacaré, respectivamente.

As de susceptibilidade muito baixa estão junto às planícies fluviais da Depressão Periférica e do Planalto Atlântico, e nas Planícies Costeiras, onde são encontrados sedimentos continentais e marinhos inconsolidados e solos arenosos, siltosos e argilosos. Estas áreas estão presentes nas UGRHs 5 e 10, nas unidades Piracicaba/Capivari/Jundiaí e Tietê/Sorocaba, respectivamente.

Na unidade 13, mais precisamente próximo ao reservatório de Álvaro de Souza Lima (Bariri), encontra-se uma área de baixa suscetibilidade a movimentações encosta abaixo, que promovem o carreamento de solos, rochas e/ou detritos de vários tamanhos granulométricos. Essas instabilizações são desencadeadas principalmente pela ação de chuvas intensas, que resultam no encharcamento dos terrenos de relevos declivosos.

O processo de assoreamento consiste na acumulação intensa de partículas sólidas (sedimentos) em meio aquoso ou sub-aéreo (portanto, quando há abundância de aporte sedimentar), ocorrendo quando a força da gravidade excede a força do agente transportador natural (água ou vento) ou quando a supersaturação das águas ou do ar permite a deposição acentuada de partículas sólidas.

O processo de assoreamento de rios, lagos e reservatórios está intimamente associado aos processos de erosão, tanto das encostas, como das próprias margens dos corpos d'água. Assim, esse processo natural pode ser intensificado por atividades antrópicas, estando intimamente associado a aumento da erosão fluvial, práticas agrícolas inadequadas, desmatamentos de cabeceiras e margens das drenagens, modificação da velocidade da água por alterações nos rios (barragens, desvios de cursos, pontes, etc).

Além disso, outros fatores como a exploração de areia e argila nas planícies fluviais e leito dos rios, e a ocupação intensa das áreas de mananciais são também grandes indutores de assoreamento dos cursos d'água.

2.6 Situação atual das bacias hidrográficas

Os principais problemas das bacias hidrográficas do Estado de São Paulo são a escassez e a poluição das águas; desmatamento, erosão, assoreamento e inundação (efeito cascata da retirada da cobertura vegetal); super exploração e poluição das águas subterrâneas; disposição de resíduos sólidos e atendimento de rede de água. Já os problemas de ordem municipal são: tratamento de esgotos e disposição inadequada de lixo doméstico, indicando a existência de algumas áreas críticas.

2.7 Disposição final de resíduos sólidos domésticos

Toda a atividade dos seres humanos gera lixo e isto constitui um dos mais sérios problemas para se administrar.

Segundo Schalch et al. (2000), o acúmulo de lixo nas cidades ou suas circunvizinhanças é o resultado de um fluxo contínuo de materiais biodegradáveis e recicláveis, produzidos nas áreas rurais e utilizados nas cidades. Esse fluxo produz, de um lado, o esgotamento dos solos, causado pelo consumo de seus nutrientes na produção de matéria vegetal e animal e, de outro, o problema de disposição nas cidades, levando à poluição do solo e das águas.

Assim, os resíduos sólidos são definidos como sendo aqueles nos estados sólidos e semi-sólidos que resultam de atividades das comunidades. O Quadro 4 demonstra uma avaliação da condição da disposição dos resíduos sólidos na região do Médio e Baixo rio Tietê e ainda a geração potencial de resíduos por unidade de gerenciamento de recursos hídricos.

Quadro 4 - Avaliação da condição dos resíduos sólidos nas UGRHI e sua carga potencial.

UGRHI	Avaliação da Condição (Nº de Municípios)				Geração Potencial (ton./dia) ⁽²⁾	Contribuição sobre geração Potencial (%)
	Adequada	Controlada	Inadequada	Compostagem		
5	19	18	20	0	2.196,7	11,06
10	06	03	24	01	662,7	3,34
13	12	11	12	04	610,0	3,07
16	11	04	18	04	163,9	0,83
19	09	07	26	01	263,9	1,33

(2): Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares – 2001.

Fonte - IBGE – Censo 2000 – in SIGRHI (2001).

2.8 Hidrovia Tietê - Paraná

A hidrovia Tietê-Paraná é o resultado de uma parceria entre os Governos Federal e Estadual, administrada pela CESP - Companhia Energética de São Paulo. Trata-se de um sistema de navegação, formado a partir de seis barragens ao longo do rio Tietê e um conjunto de eclusas que une cursos d'água, afluentes e reservatórios, situados nas bacias desse rio, do rio Paraná, trechos dos rios Paranaíba, Grande e Paranapanema (SMA, 2002).

A partir de 1981, foram concluídos as obras de aproveitamento múltiplo dos rios Tietê e Paraná, com o transporte regional de cana-de-açúcar, material de construção e calcário, em uma extensão de 300Km.

Em 1991, iniciou-se um percurso de longa distância através do rio Tietê e do trecho norte do rio Paraná, associado ao canal artificial de Pereira Barreto, com 1.100Km de hidrovias principais.

A hidrovia liga o macro-eixo São Paulo – Campinas – São José dos Campos – Sorocaba. Ela admite a navegação de embarcações autopropelidas de até 138 metros de comprimento, 11 metros de largura, 7 metros acima d'água e 2,5 metros de calado, totalizando 2.200 toneladas de carga por comboio ou 4.400 toneladas por comboio duplo, à velocidade de 12Km/h. Já no

rio Paraná, devido ao gabarito das eclusas, será possível transportar 6.600 toneladas por comboio.

Atualmente, são transportados quase 5 milhões de toneladas anuais, sendo 1.200.000 toneladas de cargas de longo curso, entre os quais pode-se citar: farelo, soja e outros grãos em geral, fertilizantes e calcários agrícolas. A frota atual é de 30 empurradores e 120 chatas, com 85.000 toneladas de capacidade, e existem 90 terminais hidroviários instalados.

2.9 Caracterização das unidades de gerenciamento e seus respectivos reservatórios

2.9.1 UGRHI 05 - Piracicaba, Capivari e Jundiá

Os rios Capivari e Capivari-Mirim são os constituintes principais da Bacia do rio Capivari e deságuam na margem direita do rio Tietê, possuindo uma extensão de 180Km (Figura 2).

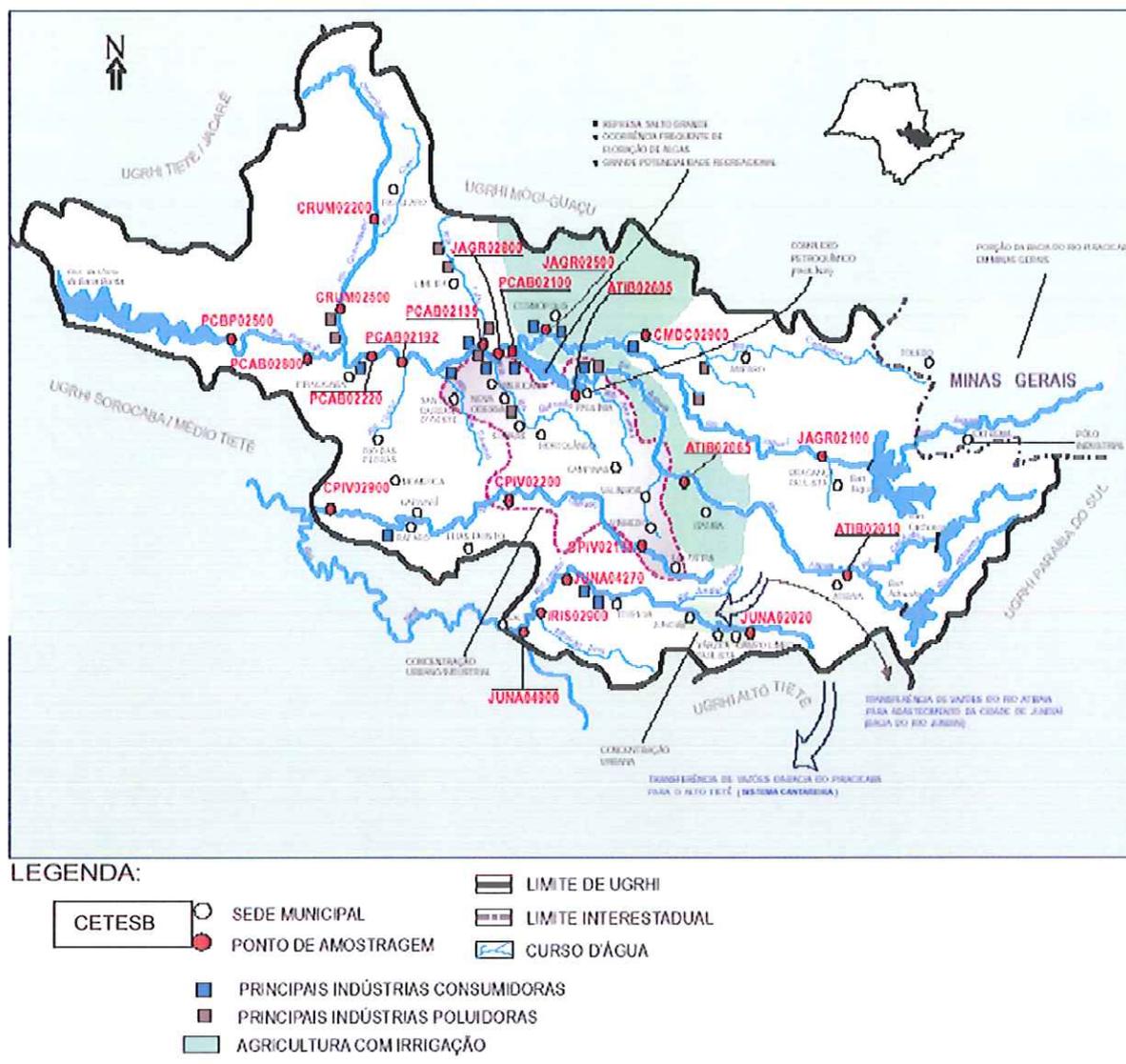


Figura 2 - Localização e principais usos da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 5. – Fonte - CETESB (2001).

Quanto ao uso do solo, a região possui cultura de cana-de-açúcar ocupando 40% da área total, seguida por áreas cobertas por pastagens, culturas de milho, café e feijão, reflorestamento e atividades hortifrutigranjeiras, usos urbano e industrial, além de mineração (extração de areia).

Dentre os aspectos de uso, a água é utilizada para abastecimento público e industrial; afastamento de efluentes industriais e domésticos e irrigação de plantações. As principais atividades industriais são as indústrias do ramo sucro-alcooleiro, químicas, metalúrgicas, curtumes, têxteis e alimentícias.

De acordo com os resultados dos pontos monitorados pela CETESB (2000), ao longo do rio Capivari, demonstra-se que ocorreu uma acentuada poluição na qualidade de suas águas, principalmente à jusante do município de Campinas, o qual recebe os lançamentos de esgotos tanto de origem doméstica quanto industrial.

A bacia do rio Piracicaba possui uma área de drenagem de 11.140km² e apresenta como principais constituintes os rios Atibaia, Corumbataí, Jaguari e Piracicaba (115Km). Tem sua foz no reservatório de Barra Bonita.

Segundo dados da CETESB (op. cit.), a qualidade das águas do rio Piracicaba apresentou uma piora acentuada em termos de matéria orgânica biodegradável, fósforo total e contaminação fecal, após a contribuição do Ribeirão do Quilombo. Este ribeirão sofre forte influência dos lançamentos dos efluentes domésticos dos municípios de Campinas, Sumaré e Americana. No trecho seguinte, entre os municípios de Americana e Piracicaba, o rio Piracicaba ainda recebe os lançamentos dos municípios de Limeira e Santa Bárbara do Oeste, mantendo sua qualidade comprometida.

Atualmente, as atividades desenvolvidas na bacia são pastagem, agricultura, principalmente de cana-de-açúcar e café, seguidas pela fruticultura (*citrus*) e milho, além de hortifruticultura. Quanto às atividades industriais, destacam-se as indústrias de papel e celulose, alimentícia, têxtil, curtume, metalúrgicas, químicas e refinaria de petróleo. De acordo com a CETESB (1998), as águas são destinadas ao abastecimento público e industrial, recepção de efluentes domésticos e industriais, além da irrigação de plantações.

No trecho do rio Tietê, onde estão os reservatórios de Barra Bonita, Bariri e Ibitinga, os solos possuem textura argilosa ou muito argilosa, do tipo latossolo vermelho-escuro, latossolo roxo (distrófico e eutrófico) e terra roxa estruturada, com pontuações aleatórias de latossolo vermelho-amarelo, de textura média argilosa e de brunissem avermelhado, de textura argilosa (IPT,

1981). No trecho que drena os reservatórios de Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos, verificam-se as características arenosas e de origem basálticas.

Bacia do Rio Tietê Médio-Superior

Esta bacia possui uma área de drenagem de 7.079Km², e o constituinte principal é o rio Tietê, desde a saída do reservatório de Pirapora até a barragem de Barra Bonita, numa extensão de aproximadamente 270Km (CETESB, 2000).

Nesta região concentram-se mais de 400.000 habitantes e cerca de 22% da área rural da bacia são ocupados por plantações de cana-de-açúcar, café, citrus, hortaliças e frutas; 31% são ocupados por pastagens cultivadas e 22% por pastagens naturais. O restante da área corresponde a matas, capoeiras e reflorestamento, além de atividades granjeiras.

Os usos da água envolvem o abastecimento público, afastamento de efluentes domésticos, abastecimento industrial e recepção de efluentes industriais.

Nessa região existem aproximadamente 1.020 indústrias, mas apenas 10% apresentam potencial significativo de poluição das águas, destacando-se indústrias têxteis, alimentícias, de papel e papelão, abatedores, engenhos e uma usina de açúcar e álcool.

Reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Barra Bonita/SP

O reservatório da UHE Barra Bonita (Figura 3) foi formado a partir de 1962, com o barramento do rio Tietê (20°31'S e 48°32'W). Apresenta área de inundação de 31.000ha e teve sua barragem de 480 metros de comprimento concluída em 1964 (Tabela 4). O tempo de residência da água varia entre 37 e 137 dias (CESP, 1989; 1991; 1998).

O reservatório de Barra Bonita encontra-se na área de abrangência de três grandes compartimentos geomorfológicos do Estado de São Paulo: O Planalto Atlântico, situado à leste, associado ao embasamento cristalino; a Depressão Periférica, associada a sedimentos finos, localizada na porção

Centro-Oeste da bacia e as Cuestas Basálticas, restritas a uma pequena faixa localizada no extremo Oeste da região (PEREIRA, 2003).

Tabela 4. Características morfométricas do Reservatório de Barra Bonita/SP.

CARACTERÍSTICAS	
Área de drenagem (Km ²)	32.330
Profundidade Média (m)	10,2
Volume total (10 ⁶ m ³)	3,135
Vazão média anual (m ³ /s)	402
Tempo de retenção (dias)	90,3
Ano de Conclusão	1964

Fonte - CESP (1998); CETESB (1998).

De acordo com relatório da CESP (1998), o reservatório de Barra Bonita, no ano de 1994, recebeu carga maciça de efluentes, o que interferiu na qualidade da água, provocando mortandade de peixes, sendo que os níveis de contaminação por mercúrio (metal pesado) estavam acima dos limites estabelecidos para água, peixes e sedimentos.

Dados mais recentes demonstram que, apesar da poluição orgânica e industrial, o reservatório, em relação aos demais reservatórios de rio Tietê, apresenta destacada produção pesqueira, devido à existência de diversos tributários (Lambari, Araquá, Capivara e rio do Peixe), que ainda possuem as condições mínimas para a reprodução de diversas espécies de peixes.

No reservatório de Barra Bonita, a qualidade das águas é bastante influenciada pelos rios Tietê e Piracicaba (Figura 3), seus dois principais formadores. Devido à sua grande capacidade assimilativa, característica de ambientes lênticos, este reservatório representa um importante papel na recuperação da qualidade das águas do rio Tietê.

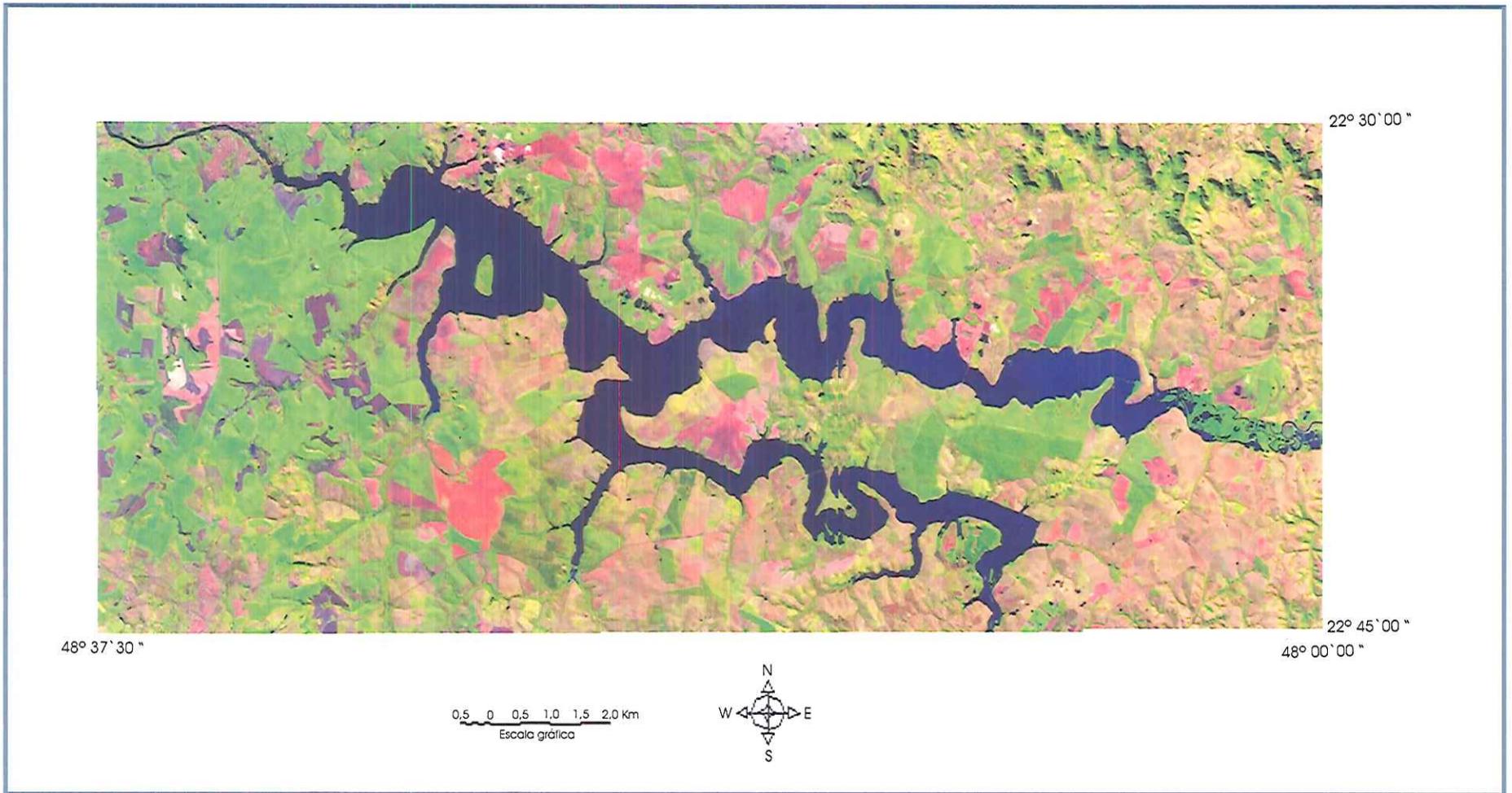


FIGURA 3 - Morfometria do Reservatório de Barra Bonita/SP. (Fonte: Empresa Monitoramento por Satélite)

2.9.2 UGRHI 13 - Tietê/Jacaré

A unidade de gerenciamento de recursos hídricos 13 (Figura 4) é composta por 34 municípios e possui uma área de drenagem de 11.537Km² e apresenta como constituintes principais o rio Tietê - da barragem da UHE de Barra Bonita até a barragem da UHE de Ibitinga (150Km) e os rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira.

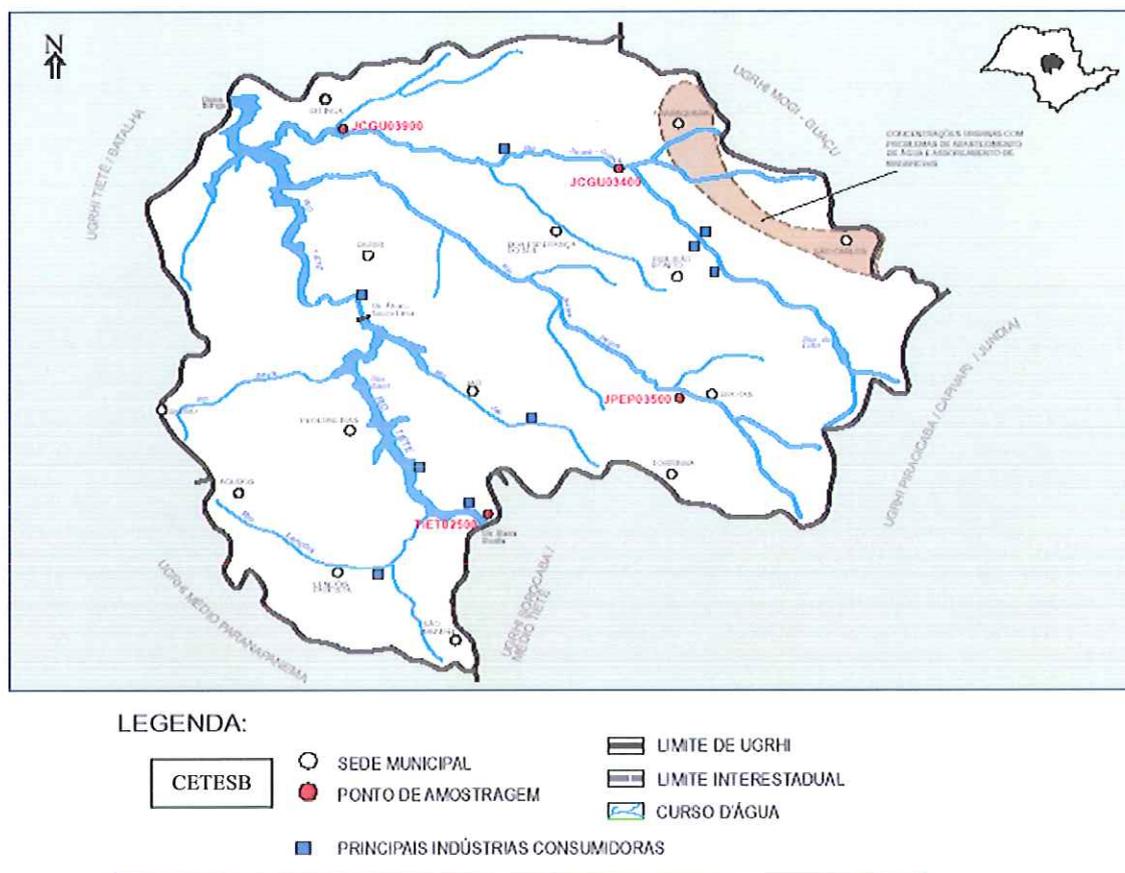


Figura 4 - Localização da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI-13). Fonte – CETESB (2001).

A microbacia demonstra baixo índice de tratamento de esgoto doméstico, sendo que 8% dos esgotos são lançados “in natura” nos corpos d’água. Verifica-se também alto potencial de carga orgânica industrial, devido essencialmente ao setor sucroalcooleiro.

Há riscos de rebaixamento acentuado da superfície do lençol subterrâneo, nas áreas urbanas de Bauru e Araraquara, bem como área crítica em relação ao risco de poluição das águas subterrâneas, na região de Bauru, Araraquara, Brotas e arredores.

Quanto ao uso do solo, a região compreende áreas urbanas, industriais e agropecuárias, além de grandes áreas de pastagens e de culturas, tais como café, cana-de-açúcar, milho e citrus.

Em relação ao uso da água, esta se destina ao abastecimento público e industrial, afastamento de efluentes domésticos e industriais e irrigação de plantações. Entre as principais atividades industriais estão as usinas de açúcar e álcool, engenhos, curtumes, indústrias alimentícias e metal mecânico (CETESB, 2001).

Assim como o reservatório de Bariri, o reservatório de Ibitinga também se localiza entre as rochas sedimentares clásticas arenosas, rochas ígneas basálticas (Grupo São Bento), rochas sedimentares (Grupo Bauru), rochas sedimentares cenozóicas (formação Itaqueri) e depósitos aluvionários quaternários a recentes, além das formações coluviões e aluviões (IPT, 2000).

Reservatório da UHE Álvaro de Souza Lima (BARIRI)

O reservatório de Bariri (Figura 5), concluído em 1969, foi formado pelo barramento do rio Tietê e é o segundo reservatório do sistema em cascata. Com área alagada de 5.461ha, localiza-se no Tietê Médio Superior (22°10'S e 48°48'W), apresenta tempo de residência de 14,2 dias (volume total), barragem de 846m de comprimento, perímetro de 193Km e volume útil de $6 \times 10^6 \text{m}^3$, e é considerado um reservatório "fio d'água" (Tabela 5). Segundo a CESP (1998), o reservatório de Bariri recebe água de fundo do reservatório de Barra Bonita que, durante o verão, por apresentar estratificação térmica, exporta água com baixa concentração de oxigênio dissolvido e altos níveis de matéria orgânica.

Este reservatório possui três importantes tributários: rio Lençóis, rio Jaú e rio Bauru, que também contribuem com uma carga de efluentes domésticos e industriais.

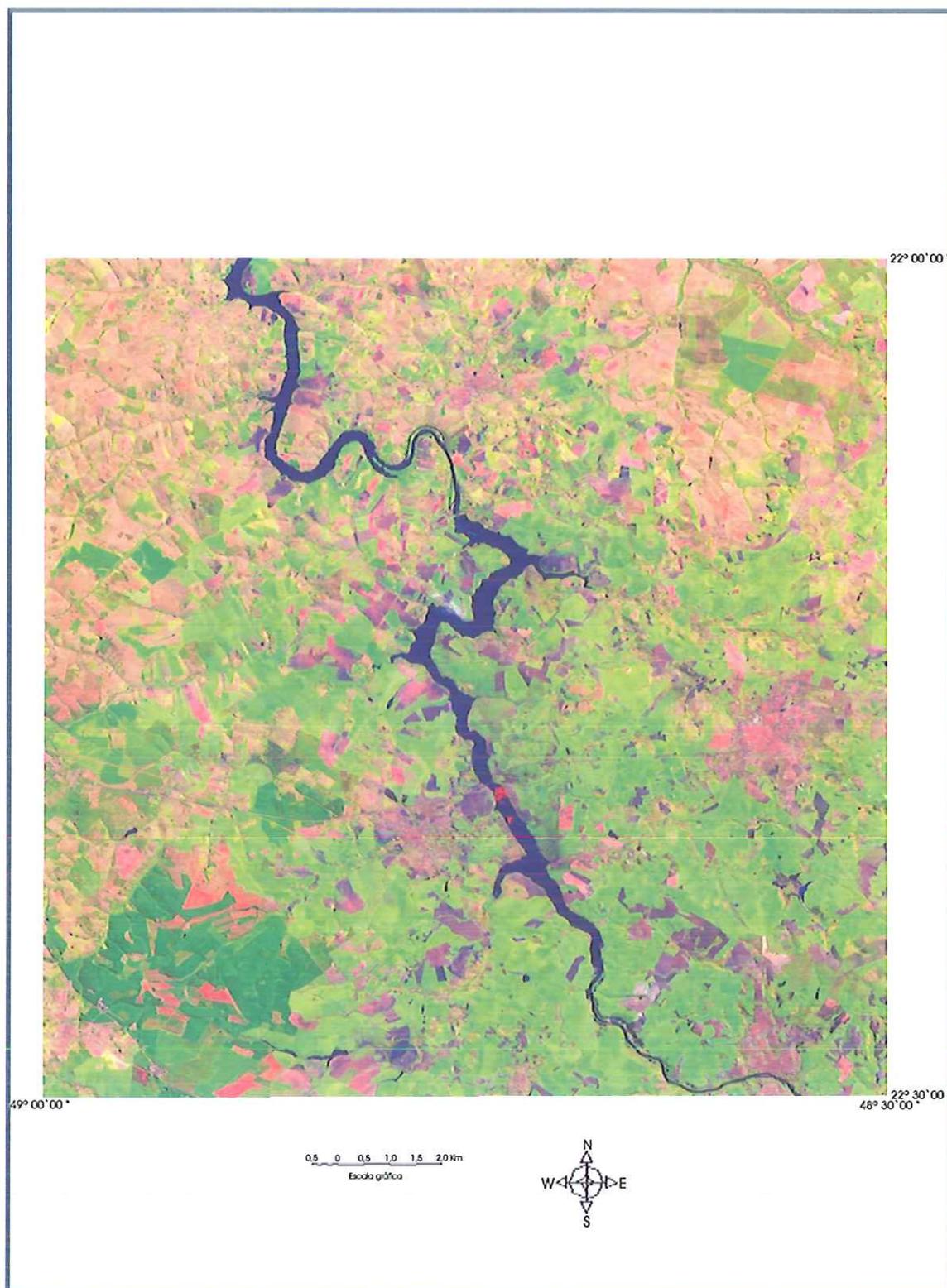


FIGURA 5 - Morfometria do Reservatório de Bariri/SP. (Fonte: Empresa Monitoramento por Satélite)

Tabela 5. Características morfométricas do Reservatório Álvaro de Souza Lima (Bariri/SP).

CARACTERÍSTICAS	
Área drenagem (Km ²)	35.430
Profundidade média (m)	8,6
Volume total (10 ⁶ m ³)	546
Vazão média anual (m ³ /s)	443
Tempo de retenção (dias)	14,2
Ano de Conclusão	1969

Fonte - CESP (1998); CETESB (1998).

Reservatório de Ibitinga

O reservatório de Ibitinga (Figura 6) é o terceiro da série de reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê e está localizado entre as coordenadas 21°45'S e 48°59'W (CESP, 1998). Foi formado a partir de 1969 e possui uma área alagada de 12.216 ha, com barragem de 1.490 metros de comprimento. Seus principais tributários são o rio Claro, Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira. Outras características físicas do reservatório de Ibitinga encontram-se na Tabela 6.

Segundo a CETESB (2001), esta região possui áreas de capoeira e reflorestamento, além de atividades de cultivos de cana-de-açúcar e citricultura.

Tabela 6. Características morfométricas do Reservatório de Ibitinga/SP.

CARACTERÍSTICAS	
Área drenagem (Km ²)	43.500
Profundidade média (m)	8,6
Volume total (10 ⁶ m ³)	981
Vazão média anual (m ³ /s)	525
Tempo de retenção (dias)	21,6
Ano de Conclusão	1969

Fonte - CESP (1998); CETESB (1998).

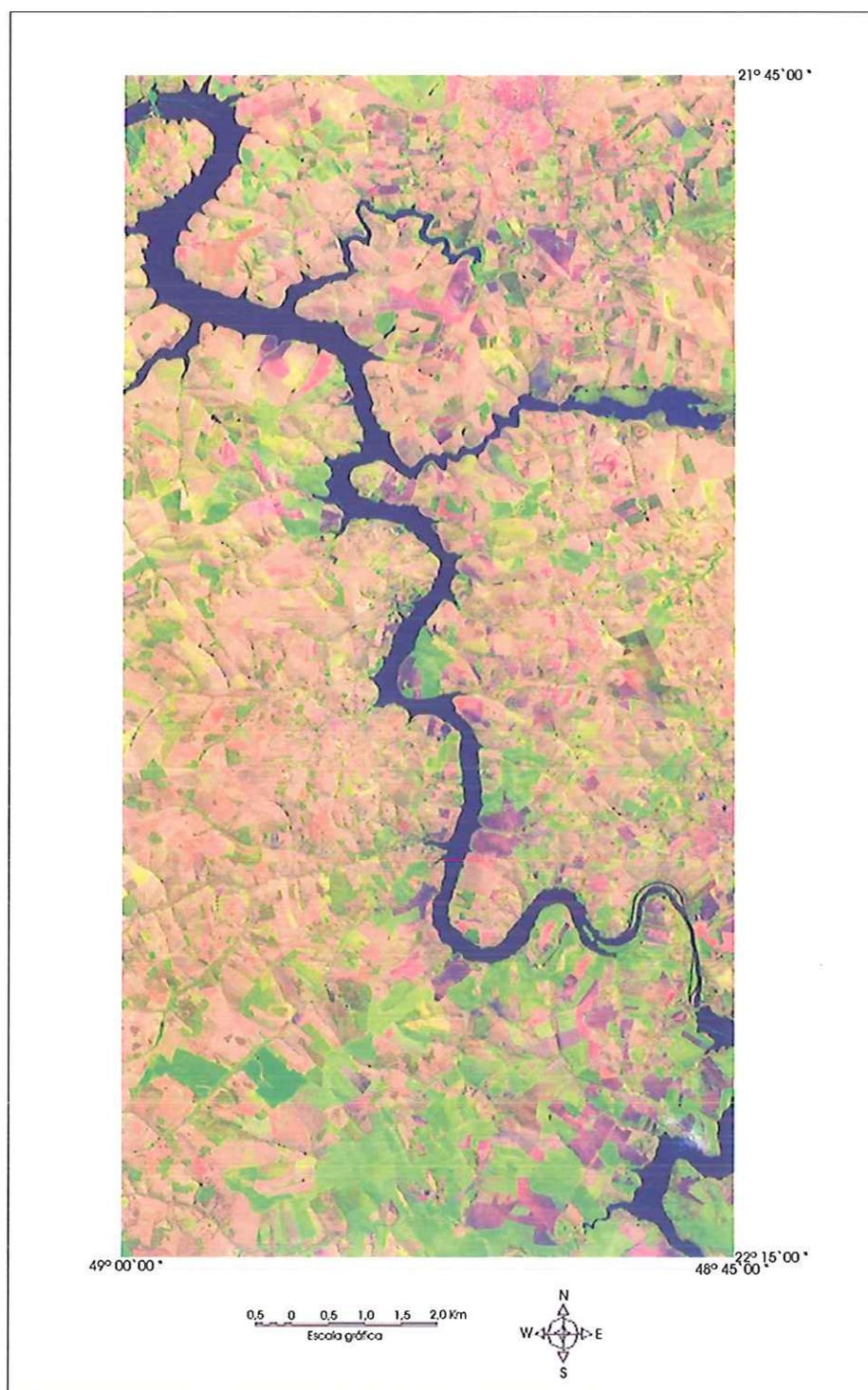


FIGURA 6 - Morfometria do Reservatório de Ibitinga/SP. (Fonte: Emprapa Monitoramento por Satélite)

2.9.3 UGRHI 16 - Tietê/Batalha

A Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 16 é composta por 33 municípios. Na Figura 7 apresenta-se o mapa esquemático desta UGRHI, contendo os seus principais corpos de água, municípios, etc (CETESB, 2001).

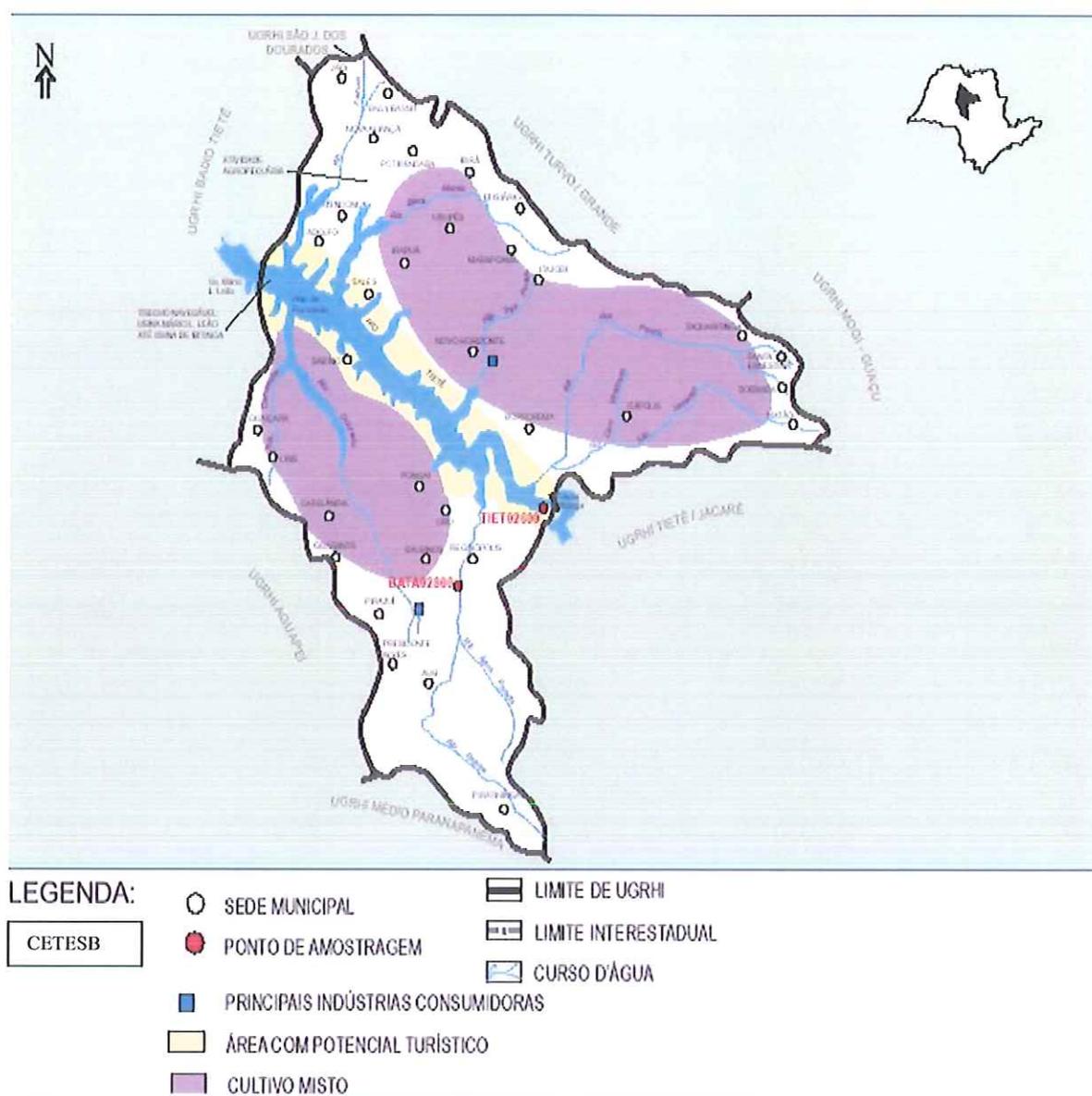


Figura 7- Localização e principais usos da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 16. **Fonte** – CETESB (2001).

Esta unidade possui uma área de drenagem de 13.394Km² e apresenta como constituinte principal o rio Tietê, da barragem da UHE de Ibitinga até a barragem da UHE de Promissão (140Km).

O uso do solo envolve as áreas destinadas às atividades urbanas, industriais e agropecuárias, com grandes áreas de pastagens e de culturas, destacando-se: café, cana-de-açúcar, milho e *citrus*.

De acordo com a CETESB (2000), os principais tipos de solos da região, são: latossolos vermelhos escuros (baixa fertilidade e baixa retenção de água) e solos hidromórficos (associados às regiões de várzeas).

Em relação ao uso da água, é utilizada para o abastecimento público e industrial, afastamento de efluentes domésticos e industriais e irrigação de plantações.

As principais atividades industriais são as usinas de açúcar e álcool, engenhos, curtumes e indústrias alimentícias.

Reservatório Mário Lopes Leão (Promissão)

O reservatório de Promissão (Figura 8 e Tabela 7) é o quarto do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, sob a concessão da CESP. Este reservatório teve seu término em 1975 e encontra-se à montante da barragem do reservatório de Ibitinga. Possui uma área total de 530Km² e uma área alagada de 58.548ha (CESP, 1998). O reservatório de Promissão encontra-se localizado entre as coordenadas 21°18'S e 49°47'W e está situado a uma altitude de 380m, possui uma barragem de 3.710 metros de comprimento e um volume de 2.128x 10⁶m³. Além de seu rio principal, o rio Tietê, recebe também a influência de tributários, tais como: os rios Dourado, Cervo, Grande, Batalha e Ribeirão dos Porcos.

Tabela 7. Características morfométricas do Reservatório de Promissão/SP.

CARACTERÍSTICAS	
Área drenagem (Km ²)	57.610
Profundidade média (m)	12,0
Volume total (10 ⁶ m ³)	7,418
Vazão média anual (m ³ /s)	640
Tempo de retenção (dias)	134,4
Ano de Conclusão	1975

Fonte - CESP (1998); CETESB (1998).

De acordo com a CETESB (2000), neste reservatório ocorre florescimento de algas devido à carga de fósforo que entra no sistema e as condições hidrodinâmicas. Neste caso, as fontes de fósforo para o reservatório de Promissão referem-se às entradas dos sistemas a montante e das cargas difusas da bacia de drenagem.

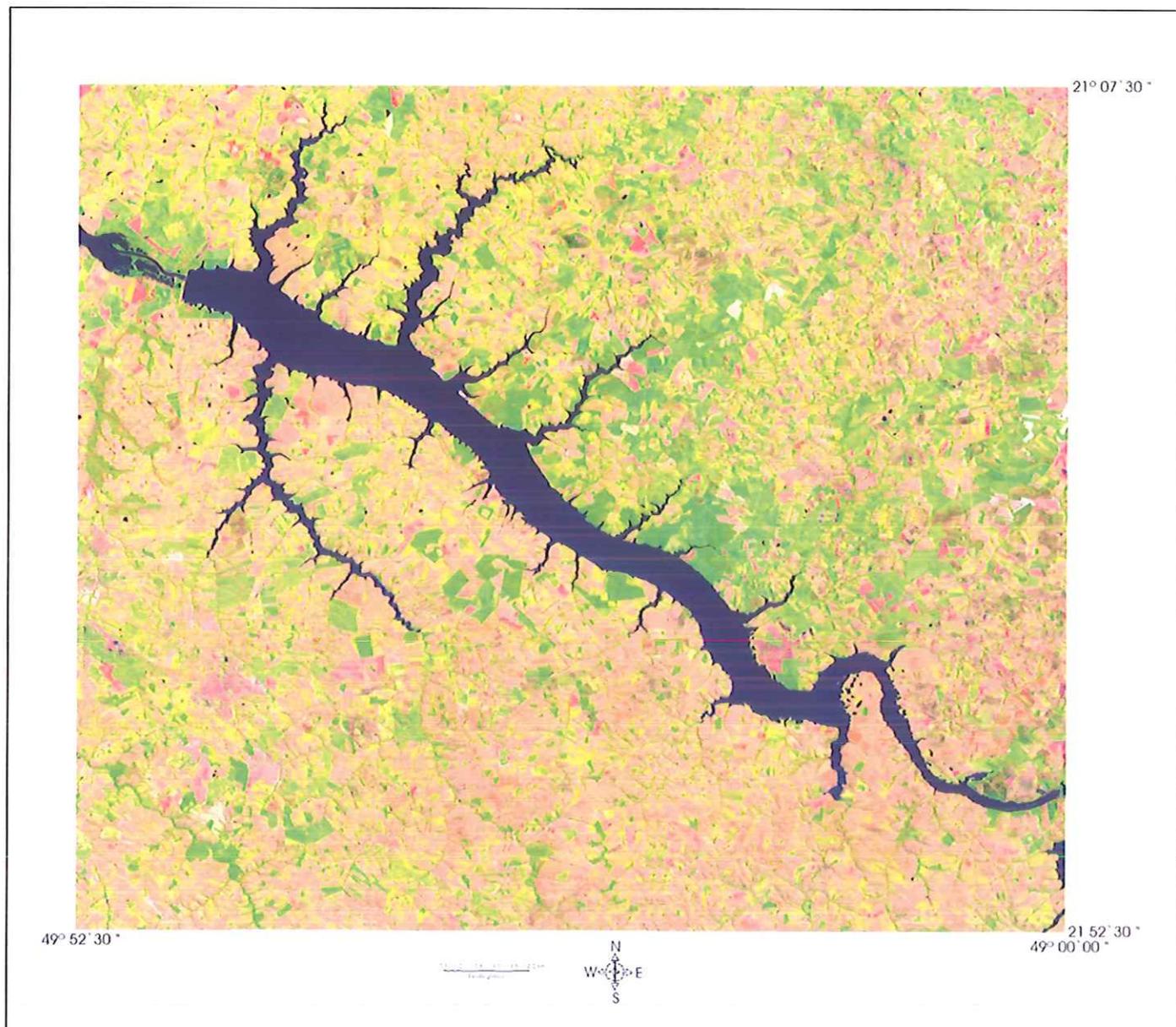


Figura 8 - Morfometria do Reservatório de Promissão/SP.
(Fonte: Embrapa Monitoramento por Satélite)

2.9.4 UGRHI 19 - Baixo Tietê

A Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 19 é composta por 42 municípios (Figura 9). Esta unidade possui uma área de drenagem de 15.347Km² e os constituintes principais são o rio Tietê, desde a barragem da UHE de Promissão até sua foz no rio Paraná e rio Paraná, desde a barragem de Ilha Solteira até a ilha denominada Ilha Comprida.

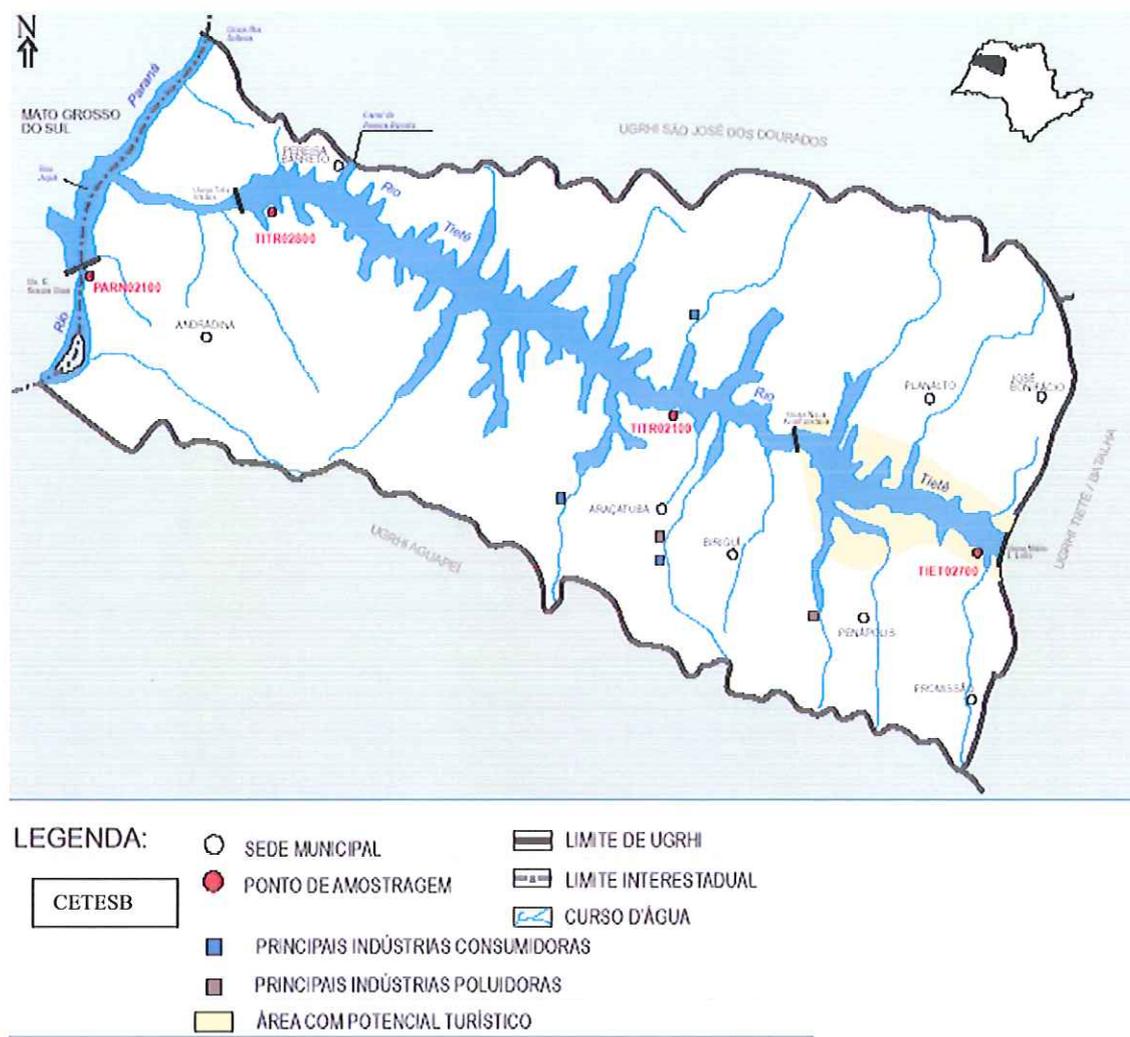


Figura 9 - Localização e principais usos da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 19. **Fonte** - CETESB (2001).

Os reservatórios que se encontram nesta unidade são os de Nova Avanhandava e Três Irmãos no rio Tietê e o de Jupia no rio Paraná.

Os usos do solo envolvem as atividades urbanas e industriais, além de extensas áreas de pastagens cultivadas e os usos da água são os abastecimentos públicos e industriais; afastamento de efluentes domésticos e industriais; irrigação de plantações; geração de energia e navegação.

As principais atividades industriais são exercidas pelas usinas de álcool e açúcar, indústrias alimentícias e curtumes.

Nesta região ocorre a presença de rochas vulcânicas (Formação Serra Geral) e sedimentares das formações Santo Anastácio e Adamantina (Mesozóica), pertencentes à Bacia do Rio Paraná.

Reservatório de Nova Avanhandava

O reservatório de Nova Avanhandava (Figura 10 e Tabela 8) foi construído e só foi concluído em 1985. Possui uma barragem de 2.038 metros de comprimento e está situado entre as coordenadas 21°07'S e 50°17'W (CESP, 1998). Recebe a contribuição de vários tributários, sendo os principais: rio dos Patos, Ribeirão dos Ferreiros, Ribeirão Bonito e Ribeirão Lageado.

Tabela 8. Características morfométricas do Reservatório de Nova Avanhandava/SP.

CARACTERÍSTICAS	
Área drenagem (Km ²)	62.300
Profundidade média (m)	13,0
Volume total (10 ⁶ m ³)	2,72
Vazão média anual (m ³ /s)	688
Tempo de retenção (dias)	45,7
Ano de Conclusão	1985

Fonte - CESP (1998); CETESB (1998).

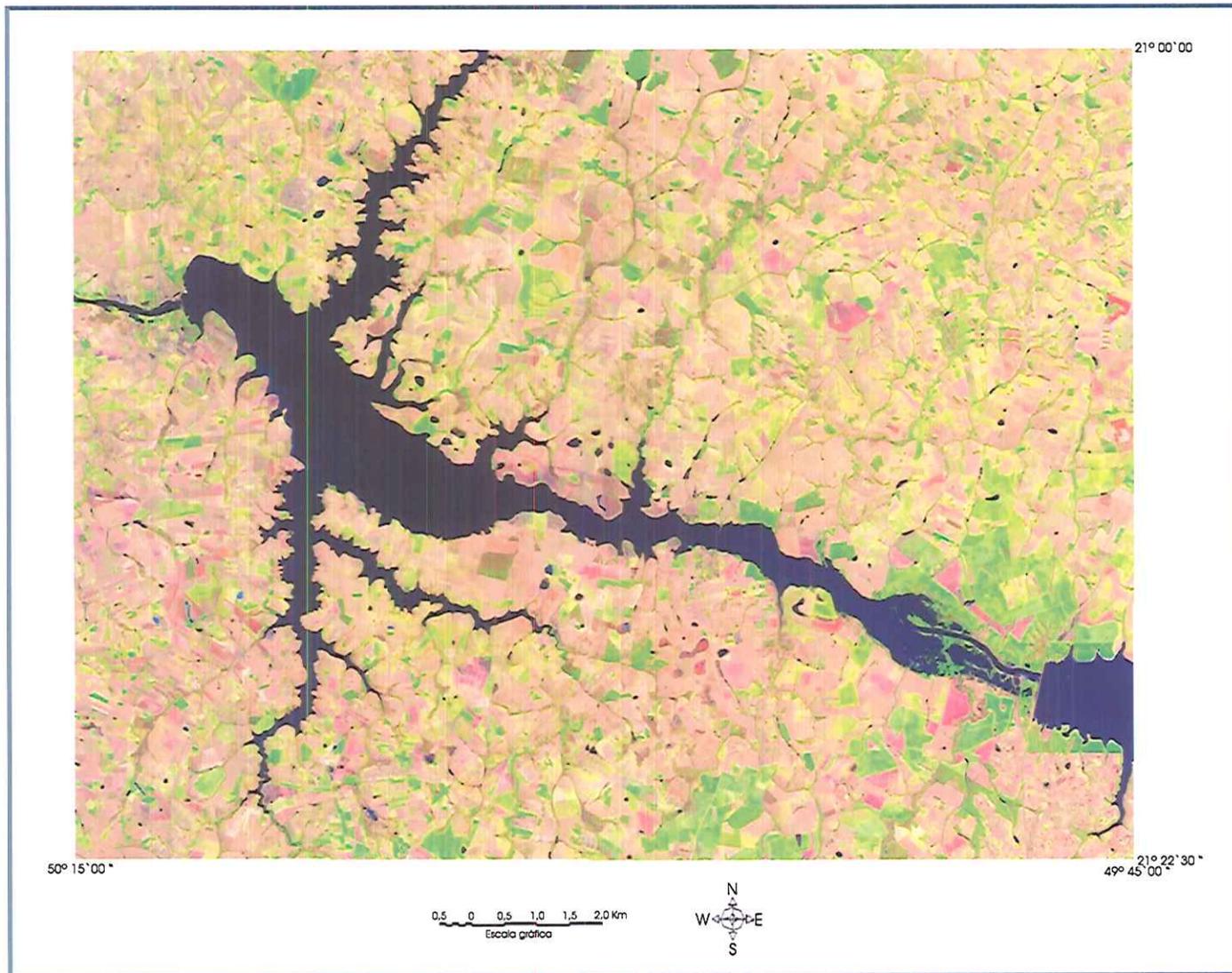


FIGURA 10 - Morfometria do Reservatório de Nova Avanhandava/SP. (Fonte: Emprapa Monitoramento por Satélite)

Reservatório de Três Irmãos

Este reservatório (Figura 11) é um dos mais recentes do sistema de cascata do Médio e Baixo rio Tietê, pertencendo à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 19 (Baixo Tietê). Possui uma área de inundação de 817Km² e sua barragem possui um comprimento de 3.710 metros. As demais características do reservatório encontram-se na Tabela 9.

Tendo sido concluído em 1991, o reservatório está situado entre as coordenadas 21°45'S e 49°47'W (CESP, 1998). Seus principais tributários são: Ribeirão do Mato, Ribeirão Azul e Ribeirão Macaúbas.

Tabela 9. Características morfométricas do Reservatório de três Irmãos/SP.

CARACTERÍSTICAS	
Área drenagem (Km ²)	70.600
Profundidade média (m)	17,2
Volume total (10 ⁶ m ³)	13,800
Vazão média anual (m ³ /s)	733
Tempo de retenção (dias)	217,9
Ano de Conclusão	1991

Fonte - CESP (1998); CETESB (1998).

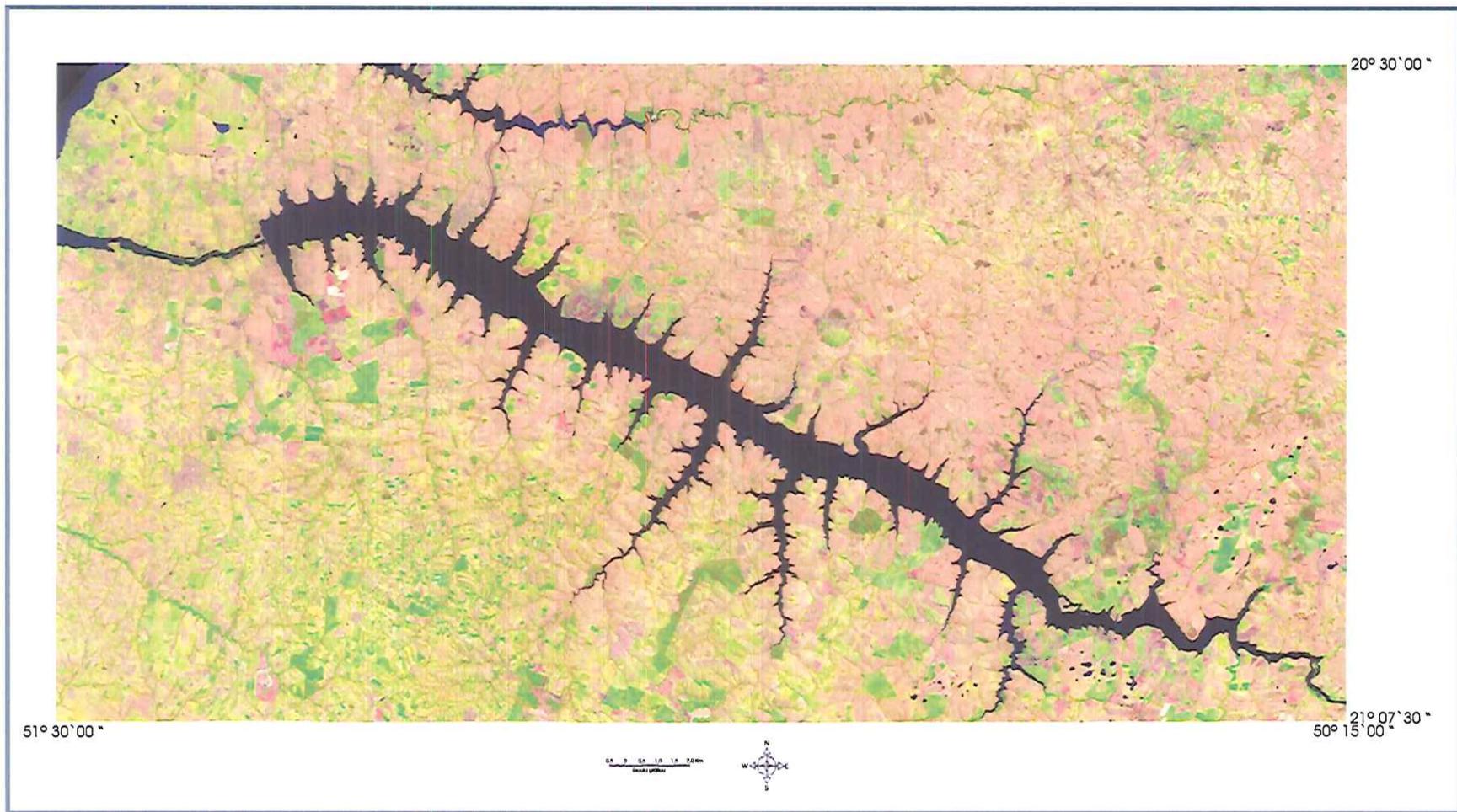


FIGURA 11 - Morfometria do Reservatório de Três Irmãos/SP. (Fonte: Empresa Monitoramento por Satélite)

Reservatório de Jupιά

Este reservatório encontra-se no último trecho do rio Tietê e está situado entre as coordenadas geográficas 24°48'S e 51°38'W. Segundo Barbosa et al (1999), foi formado em 1968, sendo que o ano de enchimento foi 1974 (Tabela 10). Possui como principais contribuintes o rio Tietê, em São Paulo, e o rio Sucuriú, em Mato Grosso do Sul.

Tabela 10. Características morfométricas do Reservatório de Jupιά/SP.

CARACTERÍSTICAS	
Área drenagem (Km ²)	544
Profundidade média (m)	11,2
Volume total (10 ⁶ m ³)	1,230
Tempo de retenção (dias)	6,9
Ano de Conclusão	1974

Fonte - CESP (1998); BARBOSA et al. (1999).

3. Referências bibliográficas

BARBOSA, F.R.A., PADISÁK, J., ESPÍNDOLA, E.L.G., BORICS, G., ROCHA, O. (1999). The cascading reservoir continuum concept (CRCC) and its application to the river Tietê – Basin, São Paulo state, Brazil. *in*: TUNDISI, J.G., STRAŠKRABA, M., (1999) (Edt.). *Theoretical reservoir ecology and its application.*, p.425-437. International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences e Backhuys Publishers.

CALIJURI, M.C. (1988). *Respostas fisioecológicas da comunidade fitoplanctônica e fatores ecológicos em ecossistemas com diferentes estágios de eutrofização*. São Carlos. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

CIBPU. (1966). *Relatório geral sobre a hidrologia da bacia do rio Paraná a montante de Guaíra*. Coord. YASSUDA, E.R. et. al.. Depto. de estudos e projetos. São Paulo.

COMPANHIA DE ENERGIA DE SÃO PAULO - CESP. (1989). Caracterização limnológica preliminar do reservatório da UHE Mário Lopes Leão-Promissão, SP: ARCL, 45p. (*Coleção Ecossistemas Aquáticos*).

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO –CESP. (1991). Pesca artesanal e produção pesqueira no Reservatório da UHE. Mario Lopes Leão, Promissão, SP., 1º volume (*Série pesquisa e desenvolvimento*), 62p.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO – CESP (1998). *Conservação e Manejo nos reservatórios: limnologia, ictiologia e pesca*. 163p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. (1995). *Relatório da qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo*. 1994, 169p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. (1996). *Relatório da qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo*. 1995, 288p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. (1997). *Relatório da qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo*. 1996, 285p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. (1998). *Relatório da qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo*. 1997, 267p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB (2000). *Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo*. <http://www.cetesb.com.br>.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTOS AMBIENTAL (CETESB). (2001). *Relatório das águas Interiores do Estado de São Paulo*. 1998-2000. (Série relatórios Secretaria do Meio Ambiente/cetesb). 175p.

DEPARTAMENTO DE PROTEÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS (1989). *Mapeamento da vegetação natural e reflorestamento do Estado de São Paulo*. Escala 1:50.000 São Paulo-DPRN/SMA-SP.

ESTEVES, F.A. (1988). *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro. Interciências, FINEP. 575p.

GEO BRASIL. 2002. *Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil*. Organizado por Thereza Chistina Carvalho Santos & João Batista Drummond Câmara. Brasília: Edições IBAMA, 2002. 440p.

GÜNTZEL, A.M. (2000). *Variações espaço-temporais da comunidade zooplantônica nos reservatórios do médio e baixo rio Tietê/Paraná*. São Carlos. 445p. Tese (Doutorado) Universidade Federal de São Carlos.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). (1996). *Contagem da população local*. IBGE.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS/ SÃO PAULO (IPT). (2000). *Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê/Jacaré*. Minuta, relatório 40.674. IPT - Comitê de Bacia.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS/ SÃO PAULO (IPT). (1981). *Mapa Geológico do Estado de São Paulo, SP: Divisão de Minas e Geologia Aplicada*. 2v. Mapa colorido. 92p. (Publicação IPT, nº 1183) escala: 1:500:000.

PEREIRA, R.H.G. (2003). *Análise da distribuição, densidade e diversidade de Copepoda Calanoida e Cyclopoida nos reservatórios e tributários do Médio e Baixo rio Tietê e sua relação com as características limnológicas do sistema*. Tese (Doutorado). São Carlos/SP. Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, 436p.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. SÃO PAULO (ESTADO) (2002). *Informações básicas para o Planejamento Ambiental./Secretaria de Estado do Meio Ambiente*. Coordenadoria de Planejamento Ambiental – São Paulo: SMA, 2002. 84p.

SCHALCH, V.; LEITE, W.C.DE A. (2000). Resíduos Sólidos (lixo) e Meio Ambiente. IN: CASTELLANO,E.G.; CHAUDHRY,F.H. (eds). *Desenvolvimento sustentado: desenvolvimento e estratégias*. EESC-USP.107-135pp.

SISTEMA INTEGRADO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS – SIGRHI (2001). *Situação atual dos recursos hídricos das UGRHI's do Estado de São Paulo*. Site www.sigrh.sp.gov.br.

STRAHLER, A. N. (1981). *Geografia Física*. Barcelona. Omega, 1981.,761p.

TUNDISI, J.G. (1990). Distribuição espacial, seqüência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. *Ver. Brasil. Biol.*, 50(4):p. 937-955.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; CALIJURI, M.C.; NOVO, E.M.L. (1991). Comparative limnology of five reservoirs in the middle Tietê River, S. Paulo State. *Verh. Internat. Verein. Limn.* Vol. 24, p.1489-1496.

CAPÍTULO 3

***VARIAÇÕES ESPACIAL E TEMPORAL DAS
CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS DO SISTEMA
DE RESERVATÓRIOS EM CASCATA DO MÉDIO E
BAIXO RIO TIETÊ.***

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1. Mapa do Estado de São Paulo, com a localização dos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê. 73
- FIGURA 2. Localização dos pontos de coleta no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê/SP. 78
- FIGURA 3. Variações na vazão e no tempo de residência da água nos reservatórios em cascata do sistema Médio e Baixo rio Tietê, durante os períodos de amostragem. 79
- FIGURA 4. Distribuição espacial dos limites da Zona Eufótica nos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê. 82
- FIGURA 5. Perfis de Oxigênio dissolvido (mg/L) e Temperatura (°C), nos pontos de amostragem, nos rios Piracicaba, Tietê e no reservatório de Barra Bonita no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê. 87
- FIGURA 6. Perfis de Oxigênio dissolvido (mg/L) e Temperatura (°C) do reservatório de Bariri, no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo. 88
- FIGURA 7. Perfis de Oxigênio dissolvido (mg/L) e Temperatura (°C) do reservatório de Ibitinga, no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo. 89
- FIGURA 8. Perfis de Oxigênio dissolvido (mg/L) e Temperatura (°C), nos pontos de amostragem do reservatório de Promissão, no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo. 90
- FIGURA 9. Perfis de Oxigênio dissolvido (mg/L) e Temperatura (°C) do reservatório de Nova Avanhandava no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo. 91
- FIGURA 10. Perfis de Oxigênio dissolvido (mg/L) e Temperatura (°C) do reservatório de Três Irmãos no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo. 92

- FIGURA 11. Perfis de Oxigênio dissolvido (mg/L) e Temperatura (°C), a jusante de Três Irmãos, localizados a jusante de Ilha Solteira e no reservatório de Jupuíá, durante o período de estudo. 93
- FIGURA 12. Perfis de pH e Condutividade Elétrica da água ($\mu\text{S}/\text{cm}$), nos pontos de amostragem, dos rios Piracicaba, Tietê e no reservatório de Barra Bonita no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo. 94
- FIGURA 13. Perfis pH e Condutividade Elétrica da água ($\mu\text{S}/\text{cm}$), do reservatório de Bariri, no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo. 95
- FIGURA 14. Perfis de pH e Condutividade Elétrica da água ($\mu\text{S}/\text{cm}$), do reservatório de Ibitinga, no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo. 96
- FIGURA 15. Perfis de pH e Condutividade Elétrica da água ($\mu\text{S}/\text{cm}$), do reservatório de Promissão, no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo. 97
- FIGURA 16. Perfis de pH e Condutividade Elétrica da água ($\mu\text{S}/\text{cm}$), do reservatório de Nova Avanhandava, no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo. 98
- FIGURA 17. Perfis de pH e Condutividade Elétrica da água ($\mu\text{S}/\text{cm}$), do reservatório de Três Irmãos, no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo. 99
- FIGURA 18. Perfis de pH e Condutividade Elétrica da água ($\mu\text{S}/\text{cm}$) nos pontos de amostragem localizados, a jusante de Três Irmãos, a jusante de Ilha Solteira e no reservatório de Jupuíá, durante o período de estudo. 100
- FIGURA 19. Variação das concentrações de material em suspensão (mg/L) e a visibilidade do Disco de Secchi nos reservatórios em cascata do rio Tietê e no rio Paraná, em 2000. 103
- FIGURA 20. Variação na contribuição de material em suspensão orgânico e inorgânico nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e do rio Paraná, em 2000. 104
- FIGURA 21. Variação das concentrações de Nitrogênio orgânico total (mg/L) nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, em 2000. 106

- FIGURA 22. Variação das concentrações de Nitrato ($\mu\text{g/L}$) nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, e no rio Paraná, em 2000. 107
- FIGURA 23. Variação das concentrações de Nitrito ($\mu\text{g/L}$) nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, em 2000. 109
- FIGURA 24. Variação das concentrações de Amônio ($\mu\text{g/L}$) nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, em 2000. 111
- FIGURA 25. Variação das concentrações de Fósforo total ($\mu\text{g/L}$) nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, em 2000. 113
- FIGURA 26. Variação das concentrações de Fósforo total Dissolvido ($\mu\text{g/L}$) nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, em 2000. 114
- FIGURA 27. Variação das concentrações de Fosfato inorgânico ($\mu\text{g/L}$) nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, em 2000. 116
- FIGURA 28. Valores dos Índices de Estado Trófico obtidos nos reservatórios em cascata do sistema Médio e Baixo rio Tietê e rio Paraná, em 2000. 118
- FIGURA 29. Distribuição espacial das atividades desenvolvidas nas áreas de entorno de cada microbacia do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê/SP. 126
- FIGURA 30. Variação das concentrações de nitrogênio orgânico total nos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, nos períodos amostrados. 127
- FIGURA 31. Variação das concentrações de fosfato total nos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, nos períodos amostrados. 130

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	Variáveis ambientais e metodologias utilizadas no presente estudo.	74
TABELA 2.	Valores mensais de vazão defluente média e tempo de residência da água nos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê.	143
TABELA 3.	Valores máximos e mínimos de pH, Condutividade, Oxigênio Dissolvido, Temperatura da água e horário de coleta nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e rio Paraná, em fevereiro de 2000.	146
TABELA 4.	Valores máximos e mínimos de pH, Condutividade, Oxigênio Dissolvido, Temperatura da água e horário de coleta nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e rio Paraná, em maio de 2000.	147
TABELA 5.	Valores máximos e mínimos de pH, Condutividade, Oxigênio Dissolvido, Temperatura da água e horário de coleta nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e rio Paraná, em julho de 2000.	148
TABELA 6.	Valores máximos e mínimos de pH, Condutividade, Oxigênio Dissolvido, Temperatura da água e horário de coleta nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e rio Paraná, em outubro de 2000.	149
TABELA 7.	Concentrações de Material em Suspensão (Total, Orgânico e Inorgânico) obtidas nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, durante os períodos de estudo.	150
TABELA 8.	Concentrações de Nitrogênio Orgânico total, Nitrato, Nitrito, Amônio, Fósforo total, Fosfato Total Dissolvido, Fosfato Inorgânico e Silicato nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, referente ao mês de fevereiro de 2000.	151
TABELA 9.	Concentrações de Nitrogênio Orgânico total, Nitrato, Nitrito, Amônio, Fósforo total, Fosfato Total Dissolvido, Fosfato Inorgânico e Silicato nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, referente ao mês de maio de 2000.	152

TABELA 10.	Concentrações de Nitrogênio Orgânico total, Nitrato, Nitrito, Amônio, Fósforo total, Fosfato Total Dissolvido, Fosfato Inorgânico e Silicato nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, referente ao mês de julho de 2000.	153
TABELA 11.	Concentrações de Nitrogênio Orgânico total, Nitrato, Nitrito, Amônio, Fósforo total, Fosfato Total Dissolvido, Fosfato Inorgânico e Silicato nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, referente ao mês de outubro de 2000.	154
TABELA 12.	Valores do Índice de Estado Trófico, segundo o modelo proposto por Carlson (1977) e modificado por Toledo Jr. et al. (1983), nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tiete e no rio Paraná, em fevereiro de 2000.	155
TABELA 13.	Valores do Índice de Estado Trófico, segundo o modelo proposto por Carlson (1977) e modificado por Toledo Jr. et al. (1983), nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tiete, em maio de 2000.	156
TABELA 14	Valores do Índice de Estado Trófico, segundo o modelo proposto por Carlson (1977) e modificado por Toledo Jr. et al. (1983), nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tiete e no rio Paraná, em julho de 2000.	157
TABELA 15.	Valores do Índice de Estado Trófico, segundo o modelo proposto por Carlson (1977) e modificado por Toledo Jr. et al. (1983), nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tiete e no rio Paraná, em outubro de 2000.	158

RESUMO

A construção de reservatórios no Brasil surgiu com o objetivo principal da geração de energia elétrica, embora também tenham sido construídos para outros usos, como irrigação, recreação e abastecimento. Dependendo da localização geográfica, os reservatórios foram construídos isoladamente ou em série, formando um sistema em cascata, como é o caso dos reservatórios localizados no Médio e Baixo rio Tietê. Considerando-se reservatórios construídos em cascata, este estudo teve como finalidade analisar e avaliar a qualidade da água do ponto de vista ecológico, por meio da análise das variáveis físicas e químicas da água do sistema de reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê (Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava, Três Irmãos), além dos rios Tietê e Piracicaba. Também foram considerados pontos de coleta no reservatório de Jupia e a jusante do reservatório de Ilha Solteira, ambos no rio Paraná. Para tanto, foram avaliadas as amostras coletadas nos meses de fevereiro, maio, julho e outubro de 2000, em 22 pontos de coletas, sendo que nos reservatórios foram avaliadas as fases: rio (Início), intermediário (Meio) e lacustre (Barragem). As análises das características físicas e químicas estudadas indicaram que, no período chuvoso, ocorreu uma maior mistura da coluna d'água, com valores ortogrados de oxigênio dissolvido, acompanhados de isoterмия, mas no período seco ocorreu perfil clinogrado de oxigênio dissolvido e estratificações térmicas, o que causou até anoxia no hipólímnio. As concentrações de nitrogênio orgânico total, de nitrito, de nitrato e amônio foram mais elevadas no período de outubro, o que provavelmente indica que, na ausência de chuvas, não ocorreu diluição nas concentrações, fato

este que contrasta com o período chuvoso. Este mesmo padrão ocorreu para os nutrientes fosfatados (fósforo total, fosfato total dissolvido e fosfato inorgânico), com elevadas concentrações no período seco. Observou-se que as maiores concentrações de nutrientes (nitrogenados e fosfatados) e de sólidos em suspensão ocorreram nos primeiros reservatórios da cascata, com diminuição nos últimos. Quanto às concentrações de sílica, não houve alterações acentuadas nos seus valores em relação aos períodos amostrados. Contudo, as maiores concentrações ocorreram nos últimos reservatórios. Em relação ao índice de Estado Trófico do sistema de reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, verifica-se que no eixo principal (longitudinal) é que ocorre uma forte tendência de mudança de Eutrófico \Rightarrow Mesotrófico \Rightarrow Oligotrófico. Os resultados demonstraram que, conforme a teoria estabelecida, os reservatórios construídos em cascata tendem a apresentar uma depuração na qualidade de água ao longo da cascata, uma vez que os primeiros reservatórios retêm uma maior parte das cargas poluidoras advindas dos principais afluentes (rios Tietê e Piracicaba).

Palavras-chave: limnologia, reservatórios em cascata, rio Tietê, eutrofização

3.1 Introdução

Os rios apresentam características peculiares em relação aos lagos no que se refere à dinâmica do movimento do corpo de água. A declividade dos rios, em dependência de sua localização geográfica, e a velocidade da água não permitem um balanço de substâncias mais estáticas, como se observa nos lagos. A dinâmica da correnteza provoca nos rios uma zonação horizontal, enquanto que em lagos existe, predominantemente, estratificação vertical, embora nos rios de planície e com baixa velocidade das águas, possam ser encontradas condições que se assemelham às dos lagos. (BOUDOU e RIBEYRE, 1989; SCHÄFFER, 1984).

Hidrologicamente, o rio é um sistema aberto, com um fluxo contínuo da nascente à foz que, portanto, influi fortemente na composição das comunidades, as quais apresentam adaptações que as tornam capazes de evitar a deriva em direção à foz (KLEEREKOPER, 1990).

Dentro do exposto, transformar os sistemas fluviais em sistemas lênticos implica em provocar extensas modificações, tais como as mudanças nos ciclos biogeoquímicos, no regime hidrológico, na dinâmica das comunidades aquáticas fluviais e no processo sedimentológico dos mesmos (TUNDISI, 2000).

Segundo Thomaz et al. (1997), a construção de uma barragem implica no imediato aumento do tempo de residência da água do antigo ecossistema lótico. Este é o principal fator responsável pelas alterações nas características limnológicas observadas nas áreas represadas e à jusante da barragem. Dentre os fatores podem ser citados o comportamento térmico da coluna de água, os padrões de sedimentação e circulação das massas de água, a dinâmica dos gases, a ciclagem de

nutrientes e a estrutura das comunidades aquáticas (AGOSTINHO et al., 1992; TUNDISI et al., 1993).

As alterações progressivas que ocorrem ao longo do eixo principal, em função da transição entre as condições de rio e as condições de lago, bem como das mudanças no uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica, levam ao estabelecimento de processos físicos, químicos e biológicos particulares em cada seção e ao aparecimento de gradientes tanto no eixo horizontal, como no eixo vertical (KIMMEL et al., 1990; ARMENGOL et al., 1990).

Estes gradientes longitudinais, associados às características hidrográficas e morfométricas da bacia, podem acentuar a heterogeneidade espacial dos ambientes (WETZEL, 1993). A forma dendrítica, ocasionada pelo barramento de seus tributários, por exemplo, permite um índice de desenvolvimento de margem maior, comparado aos lagos naturais que, segundo Baxter (1977) e Straškraba et al. (1993), resultam na formação de compartimentos.

Estes compartimentos podem apresentar diferenças significativas no padrão de circulação, no tempo de retenção e nas características limnológicas em relação ao corpo central, culminando com a variação lateral na produtividade, a qual promove a heterogeneidade espacial do mesmo (KIMMEL op. cit; TUNDISI, 1990).

Segundo Wetzel (1990), as diferenças entre os reservatórios e os sistemas naturais são principalmente estruturais, como a estabilidade da coluna d'água e do funcionamento do sistema. Estas características extrapolam a maior velocidade das taxas de renovação, disponibilidade de nutrientes e concentração de sólidos suspensos, que afetará a taxa de renovação das comunidades aquáticas. No entanto, este dinamismo está em função do uso, ocupação e controle do homem no entorno e no próprio reservatório, uma vez que o funcionamento e operação da barragem são totalmente controlados.

De acordo com Thomaz et al. (1997), o controle do tempo de residência da água subsidia as alterações que ocorrem nos aspectos físicos, químicos e biológicos dos reservatórios, alterando, desta forma, todo o equilíbrio ecológico do sistema. Portanto, o tempo de residência da

água é uma das principais variáveis que influencia na heterogeneidade espacial e na temporal (MARGALEF, 1983; HEJZLAR e STRAŠKRABA, 1989; TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 1990; STRAŠKRABA et al., 1993c).

Os reservatórios, portanto, são considerados ecossistemas complexos, sendo conferida uma certa particularidade aos ambientes, principalmente quando se consideram os gradientes espaciais horizontais e verticais, cuja organização depende da entrada de informações produzidas na bacia hidrográfica ao longo do espaço e do tempo (TUNDISI, 1981; 1989; TUNDISI et al., 1991; TUNDISI et al., 1999; STRAŠKRABA, 1994; BARBOSA et al., 1999). Tais informações (entrada de material em suspensão, nutrientes, poluentes) dependem dos diversos usos da bacia e das características hidrogeoquímicas fundamentais, as quais influenciam a composição química da água.

Portanto, deve-se considerar a variabilidade produzida pelas mudanças climáticas periódicas e pelo mecanismo operacional na barragem, em função dos usos atribuídos ao sistema. Dentro desta temática, Straškraba (1990) menciona que os reservatórios têm sido comparados a grandes osciladores mecânicos, o que lhes confere características especiais como ecossistema.

3.2 Objetivos

- Avaliar a qualidade da água, através das análises das variáveis físicas e químicas da água no sistema de reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê (variação espacial), em relação ao tempo de residência da água, vazão e alterações climatológicas (variação temporal)
- Avaliar o grau de eutrofização dos reservatórios do sistema de reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, através das análises das variáveis físicas e químicas, com a aplicação do índice de Estado Trófico.

3.3 Área de Estudo

Nos trechos Médio e Baixo do rio Tietê estão localizadas as seis usinas hidrelétricas, cujos reservatórios são objeto deste estudo: Barra Bonita, Álvaro de Souza Lima (Bariri), Ibitinga, Mário Lopes Leão (Promissão), Nova Avanhandava e Três irmãos. Estes reservatórios estão dispostos em uma grande cascata ao longo do rio Tietê (BARBOSA et al., 1999), conforme mostra a Figura 1. Além dos reservatórios do sistema Tietê também foram realizadas coletas no rio Paraná, considerando-se alguns pontos de coleta localizados à jusante de Ilha Solteira e no Reservatório de Jupuíá.

3.4 Materiais e métodos

3.4.1 Estações de amostragem e periodicidade das coletas

As coletas nos reservatórios foram realizadas nos meses de fevereiro, maio, julho e outubro de 2000, considerando 21 pontos de coleta (Figura 2), as quais foram distribuídas em três estações de coletas (rio – Início; intermediário – Meio e lacustre - Barragem) nos reservatórios de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava, Três Irmãos e Jupuíá (rio Paraná) além dos tributários à montante de Barra Bonita (rios Tietê e Piracicaba), à Jusante de Ilha Solteira e no reservatório de Jupuíá. Destacamos ainda, que na análise dos dados, consideramos como período chuvoso o mês de fevereiro, e o período de seca, o mês de julho, sendo que os meses de maio e outubro foram enquadrados como períodos intermediários.

Deve-se ressaltar que os pontos de amostragem foram escolhidos em função de estudos prévios desenvolvidos por Espíndola et al. (1999) e Barbosa et al. (op. cit.), os quais constataram diferenças significativas em relação às características físicas, químicas e biológicas em função da contribuição de cada reservatório para o sistema em cascata (GUNTZEL, 2000).

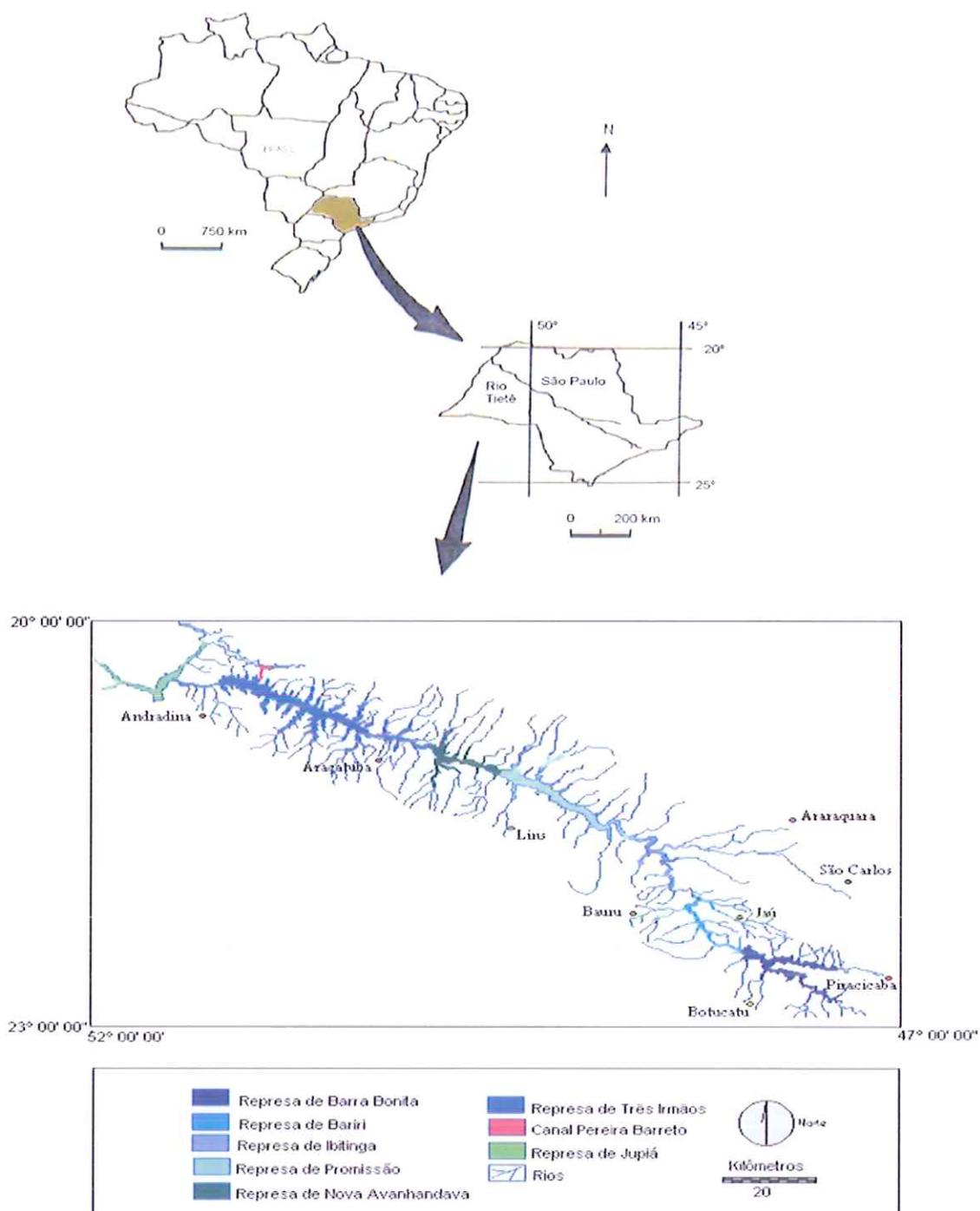


Figura 1. Mapa do Estado de São Paulo, com a localização dos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê (RODGER, 2002).

3.4.2 Variáveis Hidrológicas

a) Análises física e química da água

Para cada estação de amostragem foram obtidos os perfis de temperatura, pH, condutividade e oxigênio dissolvido, utilizando-se um multissensor de qualidade de água – HORIBA, modelo U-10. As amostras de nutrientes (totais e dissolvidos) e material em suspensão foram coletadas de forma integrada, da superfície ao fundo, em cada estação de amostragem, com auxílio de uma bomba de sucção. Os materiais e métodos utilizados nas coletas e nas análises em laboratório seguiram as recomendações dos referidos autores, conforme demonstra a Tabela 1, os quais já fazem parte da rotina do laboratório de Limnologia do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada –CHREA, EESC, São Carlos, SP.

Tabela 1. Variáveis ambientais e metodologias utilizadas no presente estudo.

Variáveis (unidade)	Método	Referência
Temperatura da água (°C), Oxigênio dissolvido (mg/L), Condutividade ($\mu\text{g}/\text{cm}$) e Turbidez (NTU)	U – 10 Horiba	-
Transparência da água (m)	Disco de Secchi	LUND e TALLING (1957)
Mat. em suspensão (mg/L)	Técnica Gravimétrica	WETZEL E LINKENS (1991)
Nitrito	Espectrofotometricamente	MACKERETH <i>et al.</i> (1978)
Nitrato	Espectrofotometricamente	MACKERETH <i>et al.</i> (1978)
Íon Amônio	Espectrofotometricamente	KOROLEFF (1976)
Nitrogênio Orgânico Total	Espectrofotometricamente	GOLTERMAN <i>et al.</i> (1978)
Fósforo Total	Espectrofotometricamente	APHA (1995)
Fósforo Total Dissolvido	Espectrofotometricamente	GOLTERMAN <i>et al.</i> (1978)
Fosfato Inorgânico	Espectrofotometricamente	GOLTERMAN <i>et al.</i> (1978)

b) Vazão e tempo de residência

Os valores de vazão vertida e turbinada foram obtidos por meio dos registros fornecidos pela CESP para cada barragem. Com os dados de vazão, foi calculado o tempo de residência da água, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$Tr = \frac{V}{86.400} Q$$

onde:

Tr = tempo de residência

V = volume do reservatório (m³)

Q = vazão média defluente do período de amostragem (m³/s)

86.400 = fator de conversão de segundos.

c) Estado Trófico

Com o objetivo de avaliar o estado trófico dos reservatórios, foi aplicado o Índice de Estado Trófico (IET) de Carlson (1977), modificado por Toledo Jr. et al. (1983). Para esta classificação foram utilizados os valores de transparência da água (**S**), fósforo total (**P**), fosfato inorgânico (**PO₄**) e clorofila *a* (**Cl**), optando-se pelo índice do estado trófico médio (IET), obtido por meio da fórmula modificada de Toledo Jr. et al. (*op.cit.*).

$$I. E. T. (S) = 10 \left(6 - \frac{0,64 + \ln S}{\ln 2} \right) \quad I. E. T. (P) = 10 \left[6 - \frac{\ln \left(\frac{80,32}{P} \right)}{\ln 2} \right]$$

$$I. E. T. (PO_4) = 10 \left[6 - \frac{\ln \left(\frac{21,67}{PO_4} \right)}{\ln 2} \right] \quad I. E. T. (Cl) = 10 \left(6 - \frac{2,04 - 0,695 \ln Cl}{\ln 2} \right)$$

onde:

S = leitura da transparência da água pelo Disco de Secchi (m)

P = concentração do fósforo total ($\mu\text{g/L}$)

PO₄ = concentração de fosfato inorgânico ($\mu\text{g/L}$)

Cl = concentração de clorofila a ($\mu\text{g/L}$)

TOLEDO *et al.* (1983) salientam ainda que o I.E.T., para a profundidade de Secchi, é afetado pela turbidez da água e, devido a isto, apresenta uma equação ponderada atribuindo um menor peso ao índice relacionado à transparência da água (medida com o Disco de Secchi):

$$\text{IET} = \frac{\text{IET}(S) + 2[\text{IET}(P) + \text{IET}(PO_4) + \text{IET}(Cl)]}{7}$$

A partir da classificação do estado trófico, o critério de aplicação desse índice, segundo Toledo Jr. et al. (1983) será:

- 1) Oligotrófico se: $\text{IET} \leq 44$
- 2) Mesotrófico se: $44 < \text{IET} < 54$
- 3) Eutrófico se: $\text{IET} \geq 54$

3.5 Resultados

3.5.1 Tempo de residência

O tempo de residência nos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê foi diferenciado para os reservatórios. Observa-se na Tabela 2 (Anexo) e Figura 3, que no período seco, o tempo de residência foi menor nos primeiros reservatórios, com exceção dos reservatórios de Promissão e de Três Irmãos.

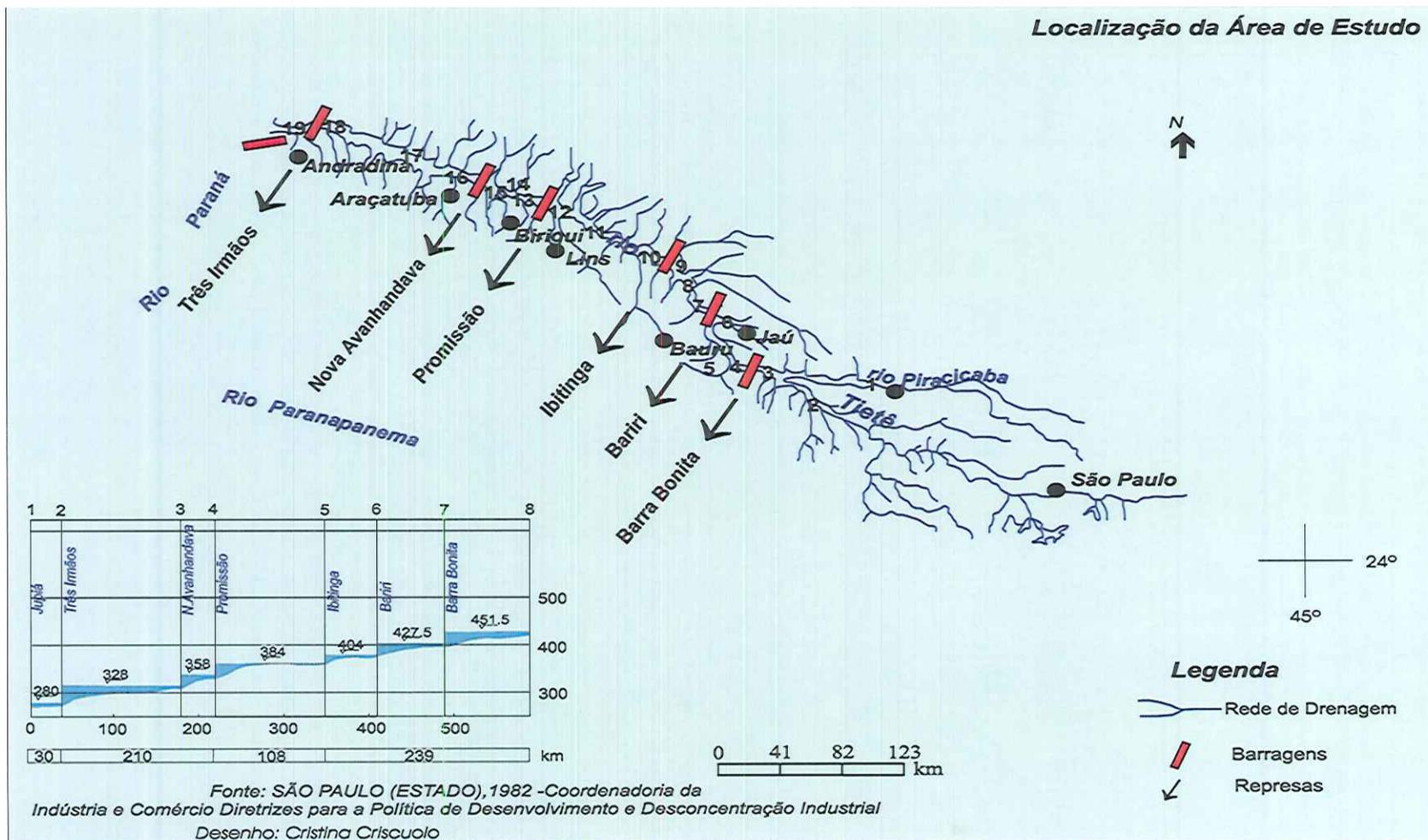


FIGURA 2. Localização dos pontos de coleta no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê/SP (cedido por RODGHER, 2001)

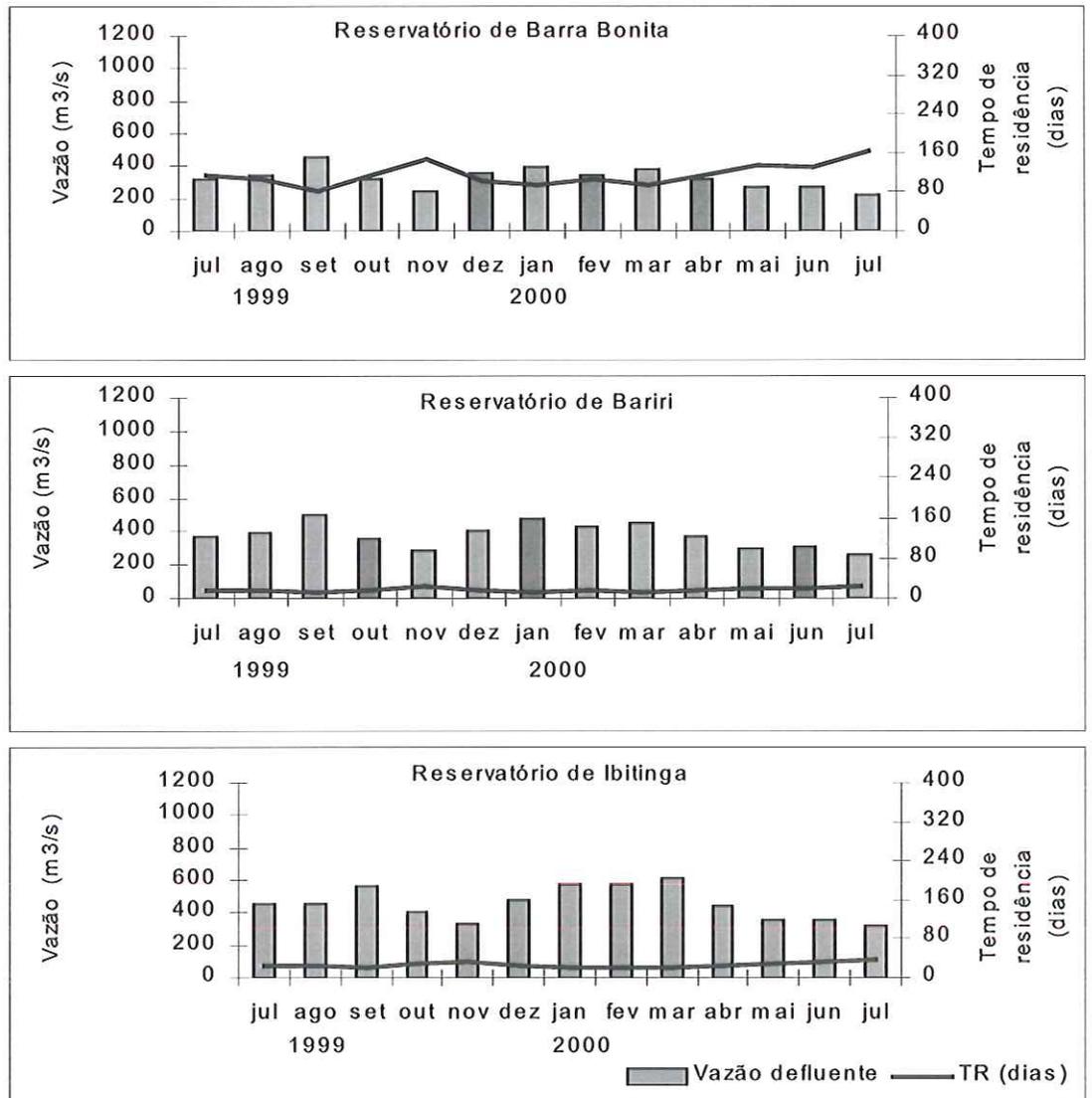


Figura 3. Variações na vazão e no tempo de residência da água nos reservatórios em cascata do sistema Médio e Baixo rio Tietê, durante os períodos de julho/1999 a julho/2000

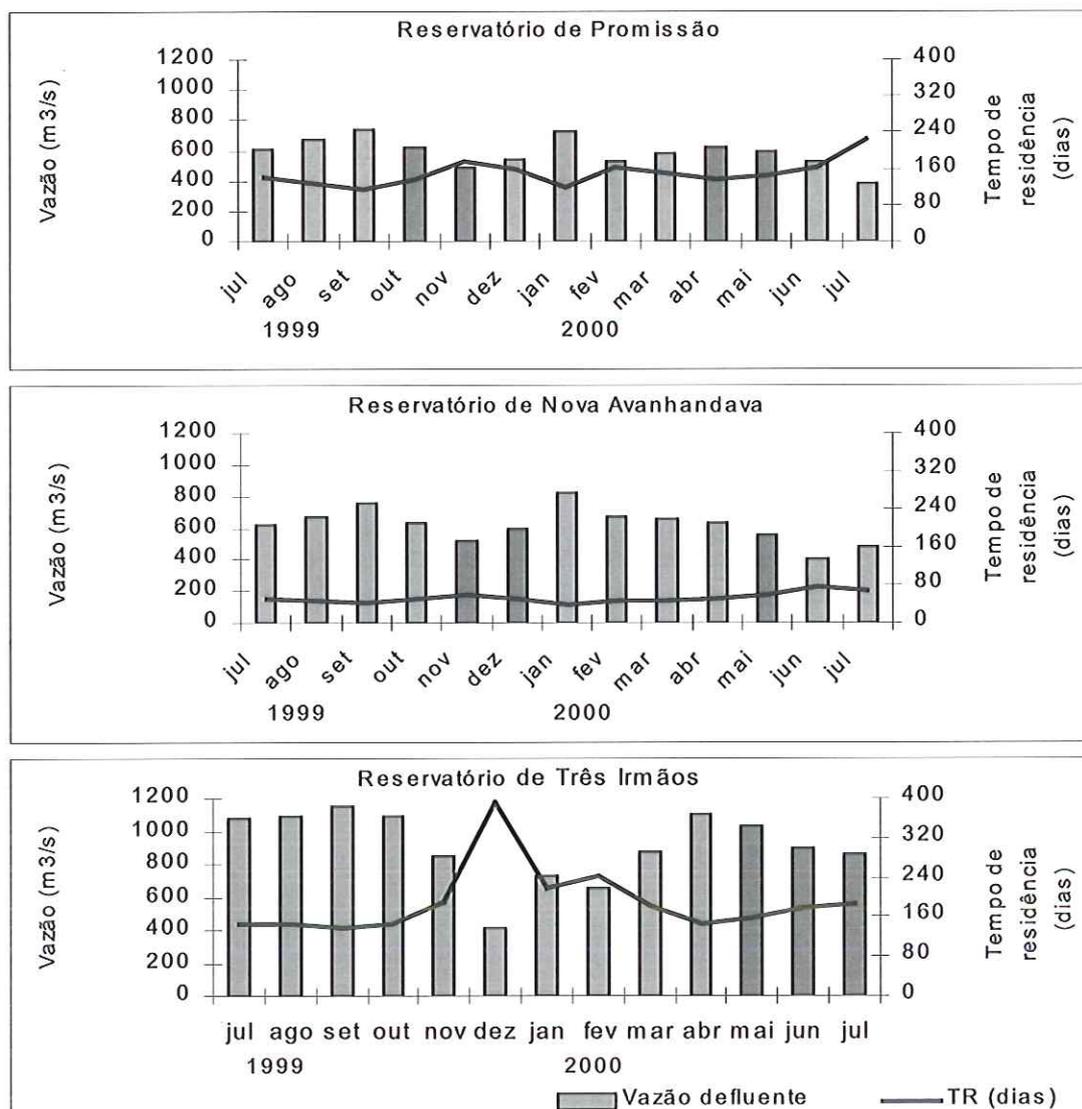


Figura 3 (cont.)- Variações na vazão e no tempo de residência da água nos reservatórios em cascata do sistema Médio e Baixo rio Tietê, durante os períodos de julho/1999 a julho/2000.

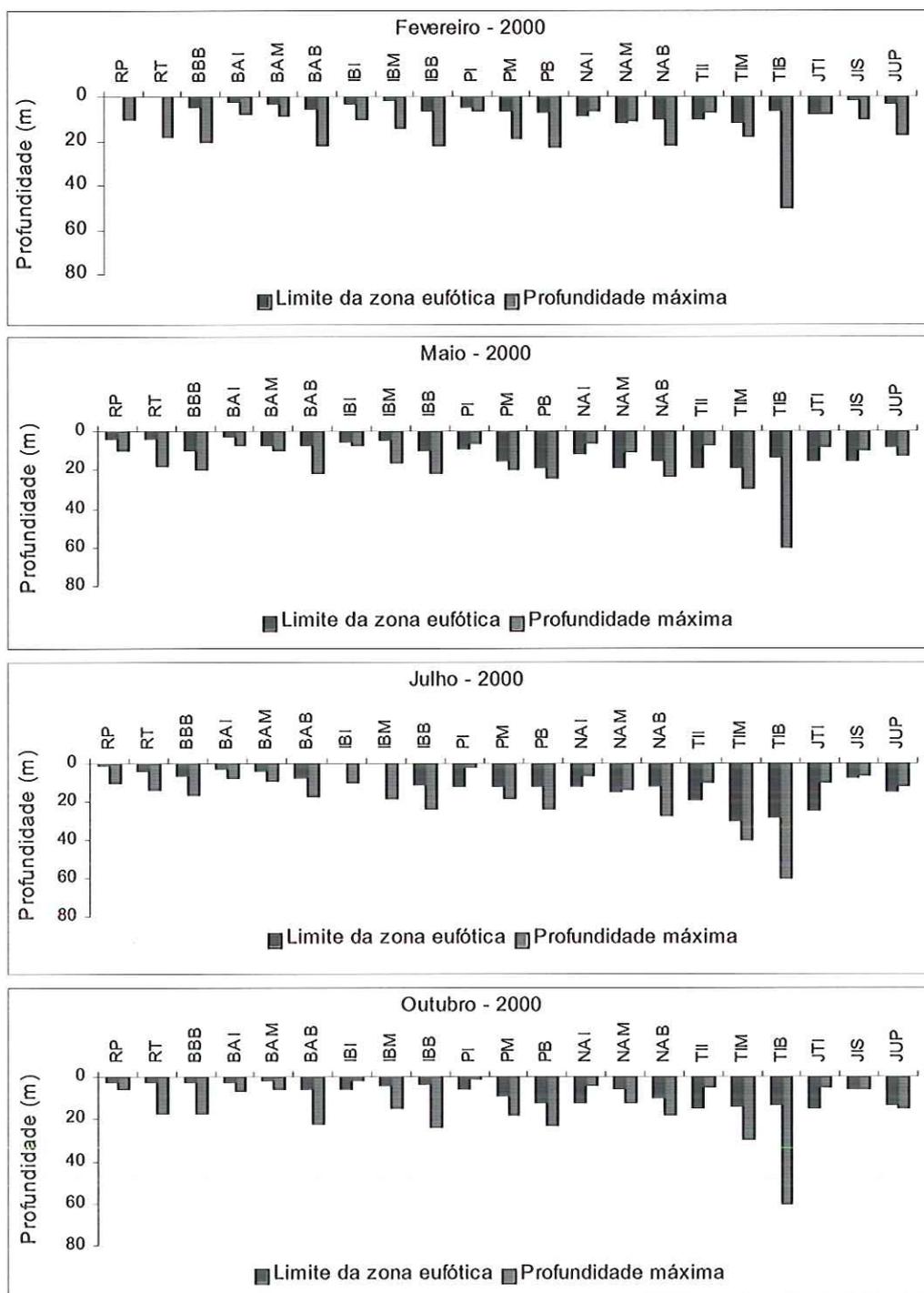
3.5.2 Transparência da água

A distribuição espacial do limite da zona eufótica e profundidade máxima obtidas nos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê (SP), para os meses de fevereiro, maio, julho e outubro de 2000, é apresentada na Figura 4, verificando-se que os maiores valores da zona eufótica ocorreram nos últimos reservatórios do sistema em cascata, geralmente à jusante do reservatório de Barra Bonita, o qual recebe uma maior carga poluidora da grande cidade de São Paulo.

Em fevereiro, os dados demonstram uma menor transparência da água em relação aos outros períodos amostrados, e o menor valor de zona eufótica ocorreu para o rio Piracicaba e Tietê (com 0,30m), praticamente quase sem transparência, sendo que o maior valor foi de 12,0m, registrado no reservatório de Três Irmãos Meio. Em maio, os valores da zona eufótica oscilaram entre 2,5m em Bariri Início, e 18,9m, em Nova Avanhandava Meio.

No período de seca (julho), os limites de zona eufótica variaram nas profundidades de 1,5m (no rio Piracicaba) até 30,0m, (no reservatório de Três Irmãos Meio). Neste período ocorreram os mais altos valores de transparência da água, praticamente em todos os reservatórios do sistema em cascata.

Em outubro, os valores de limite da zona eufótica oscilaram entre 1,5m, em Bariri Meio, e 15,0 m, à jusante de Três Irmãos.



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupiá).

Figura 4- Distribuição espacial dos limites da Zona Eufótica (m) e profundidade máxima (m) nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, em 2000.

3.5.3 Temperatura da água

Pode-se observar nas Tabelas 3, 4, 5 e 6 (Anexo), as variações espaciais e temporais dos valores máximo e mínimo de temperatura da água e de oxigênio dissolvido na água dos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, para os períodos amostrados (fases de seca, cheia e intermediária).

No período chuvoso (fevereiro), foram obtidos os valores máximos de temperatura da água em Três Irmãos-Barragem, com 31,8°C, e o valor mínimo de 23,5°C em Bariri -Barragem (rio Bauru).

Em maio, a temperatura máxima da água foi de 27,1°C em Três Irmãos Barragem e a mínima foi de 23,0°C, no rio Piracicaba.

Em julho, o valor máximo registrado foi de 22,8°C, em Três Irmãos Barragem e à jusante de Três Irmãos e o valor mínimo observado foi de 18,7°C, no rio Piracicaba.

Em outubro, o valor máximo de temperatura da água nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê foi de 27,3°C, em Jupia Barragem e o valor mínimo encontrado, para este período, foi de 20,7 °C no rio Tietê.

De acordo com os dados obtidos, os valores de temperatura da água demonstram a ocorrência de duas estações bem definidas, o período mais quente e o período mais frio.

3.5.4 Oxigênio Dissolvido

As maiores concentrações de oxigênio dissolvido nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê foram registradas nos meses de outubro e maio (Tabelas 3, 4, 5 e 6, Anexo).

Em outubro, ocorreu a maior concentração de oxigênio dissolvido (máxima de 14,26 mg/L) em Barra Bonita Barragem, com a concentração mínima de 0,05 mg/L, em Ibitinga Barragem.

Em fevereiro a concentração máxima foi de 8,88 mg/L, para o reservatório de Ibitinga Início e a concentração mínima de oxigênio dissolvido foi de 6,13 mg/L, em Três Irmãos Barragem.

Em maio, a concentração máxima de oxigênio dissolvido foi de 9,69mg/L, em Nova Avanhandava -Barragem e a concentração mínima de oxigênio dissolvido foi de 6,13 mg/L, em Promissão Meio, enquanto que em julho o valor máximo de oxigênio foi de 10,31 mg/L, em Ibitinga Barragem e o valor mínimo foi de 0,07 mg/L, para o rio Tietê.

Os dados demonstram que ocorre uma maior oxigenação na água a partir do reservatório de Barra Bonita. Em geral, há uma correspondência entre a ocorrência dos maiores valores de profundidade de desaparecimento do disco de Secchi, com os maiores valores de concentração de oxigênio dissolvido, nas estações amostradas.

3.5.5 pH e Condutividade Elétrica

Os resultados obtidos para pH e condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) são apresentados nas Tabelas 3, 4, 5 e 6 (Anexo), sendo que os valores de pH indicaram condições levemente alcalinas para algumas estações e levemente ácidas para outras.

Pode-se observar que o maior valor de pH ocorreu em outubro, com um valor máximo de 9,38, em Barra Bonita Barragem e o menor valor ocorreu no reservatório de Ibitinga Meio, com 4,01 em fevereiro. No período chuvoso (fevereiro), o valor máximo encontrado foi de 7,48 em Nova Avanhandava Meio, e o valor mínimo mostrou-se levemente ácido, (4,01) no reservatório de Ibitinga-Meio.

Em maio foi registrados o valor máximo de 7,59 em Ibitinga-Barragem e o valor mínimo de 5,86, em Ibitinga Meio. Em julho, o valor máximo encontrado foi de 7,77 em Nova Avanhandava Meio e o valor mínimo de pH foi de 5,96, em Ibitinga-Início.

Os valores de pH não apresentaram alterações pronunciadas entre os períodos estudados, com exceção do período chuvoso, que apresentou os mais baixos valores mínimos, do rio Tietê até o reservatório de Promissão Barragem.

De forma geral, os valores obtidos para a condutividade elétrica ao longo da cascata de reservatórios evidenciaram um gradiente decrescente dos seus valores para os períodos estudados. Os maiores valores de

condutividade ocorreram no mês de outubro até o reservatório de Promissão, variando entre $206\mu\text{S/cm}$, em Promissão Início, e $343\mu\text{S/cm}$, no rio Tietê. Exceção ocorreu em julho, quando se verificou o maior valor de condutividade encontrado para o sistema em cascata, que foi de $431\mu\text{S/cm}$ no rio Tietê.

Em fevereiro, o maior valor de condutividade ocorreu em Ibitinga Barragem, com $260\mu\text{S/cm}$, e o menor valor encontrado foi de $58\mu\text{S/cm}$, à jusante de Três Irmãos. Em maio, o máximo valor registrado foi de $214\mu\text{S/cm}$, em Promissão Meio, e o menor valor foi de $67\mu\text{S/cm}$, em Promissão Meio para a cascata do rio Tietê, sendo que, à jusante de Ilha Solteira, foi encontrado o menor valor ($35\mu\text{S/cm}$).

No período seco (julho), os valores de condutividade variaram entre $431\mu\text{S/cm}$, no rio Tietê e $48\mu\text{S/cm}$, à jusante de Três Irmãos, para o sistema do rio Tietê.

3.5.6 Gradientes verticais de Temperatura e Oxigênio Dissolvido

De acordo com as Figuras 5 a 11, verificam-se semelhanças entre os meses de fevereiro e maio de 2000, registrando-se isotermia e concentrações decrescentes de oxigênio em relação à profundidade. Entretanto, nos meses de julho e outubro do mesmo ano, os resultados apresentaram oscilações em seus valores de temperatura e oxigênio dissolvido, os quais demonstraram a presença de termoclina e oxiclina.

3.5.7 Gradientes verticais de pH e Condutividade Elétrica

Com raras exceções, os perfis de pH e condutividade obtidos para os reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê apresentaram oscilações nos seus valores, sendo que para o pH os valores diminuíram com a profundidade, com exceções nos reservatórios de Bariri Barragem, em maio de 2000 e Ibitinga Meio, em fevereiro de 2000. Para alguns casos, ocorreram valores quase homogêneos da superfície ao fundo, como se

pode observar para o rio Tietê, em fevereiro e maio de 2000, e para o reservatório de Ibitinga Barragem, em fevereiro.

Com relação aos valores de condutividade, pode-se observar, no período seco, variações nas concentrações em relação às profundidades, como observado em quase todos os reservatórios, desde Bariri Barragem até Três Irmãos Barragem, enquanto que o pH manteve-se mais estável em relação aos períodos amostrados.

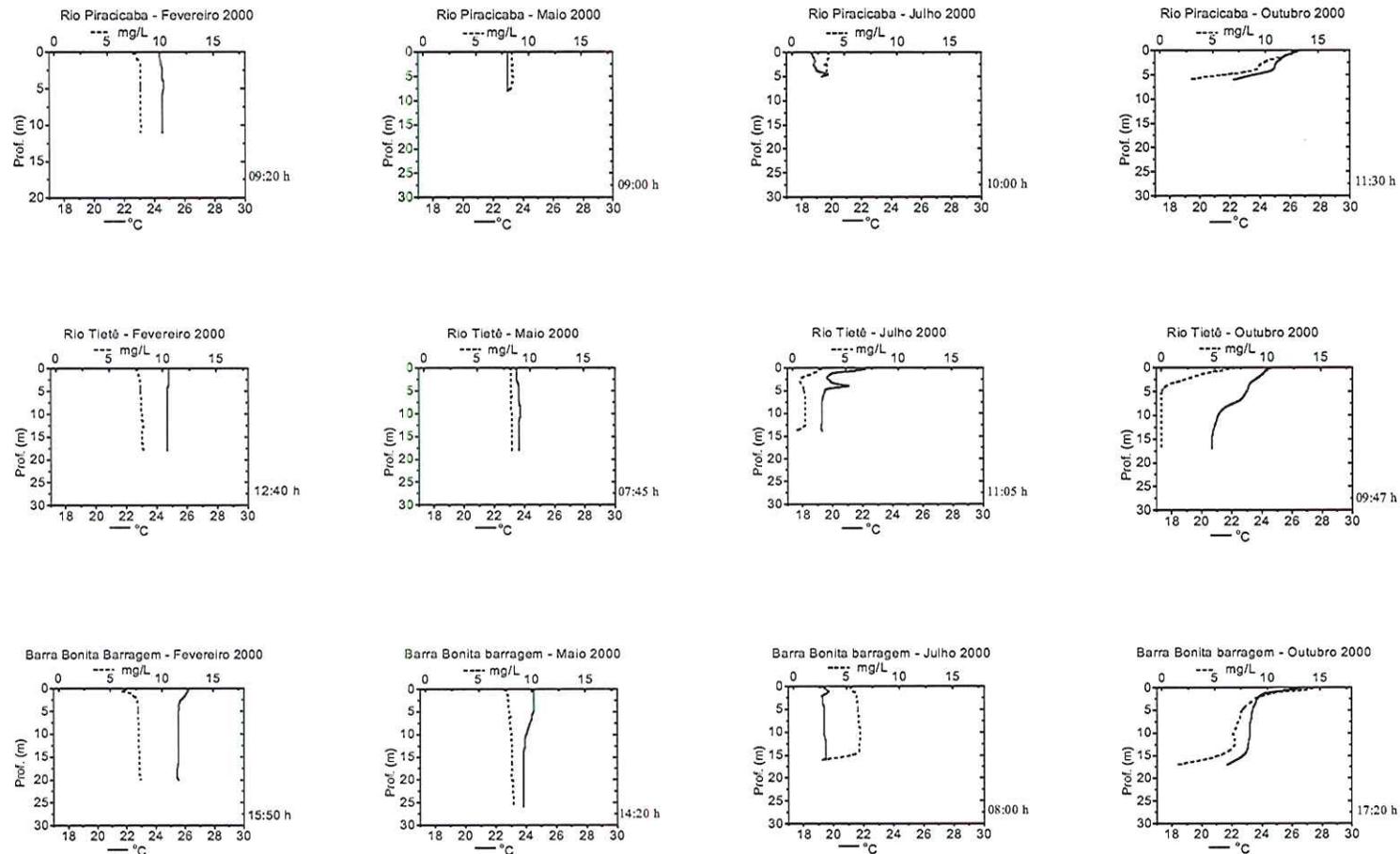


FIGURA 5. Perfis de Oxigênio Dissolvido (mg/L) e Temperatura (°C) nos rios Piracicaba, Tietê e Reservatório de Barra Bonita no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo.

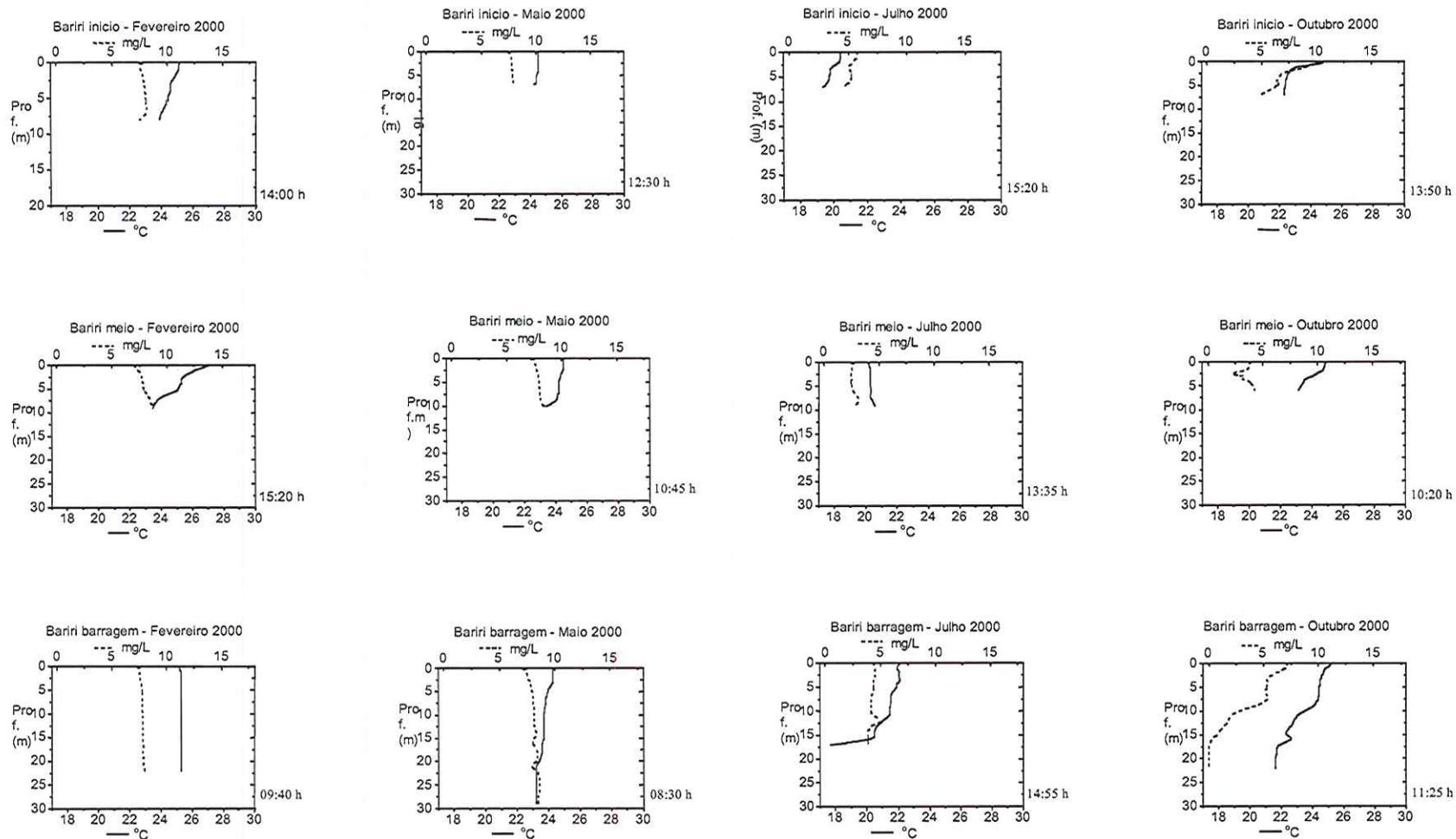


FIGURA 6-Perfis de Oxigênio Dissolvido (mg/L) e Temperatura (°C) nos pontos de amostragem, do reservatório de Bariri no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo.

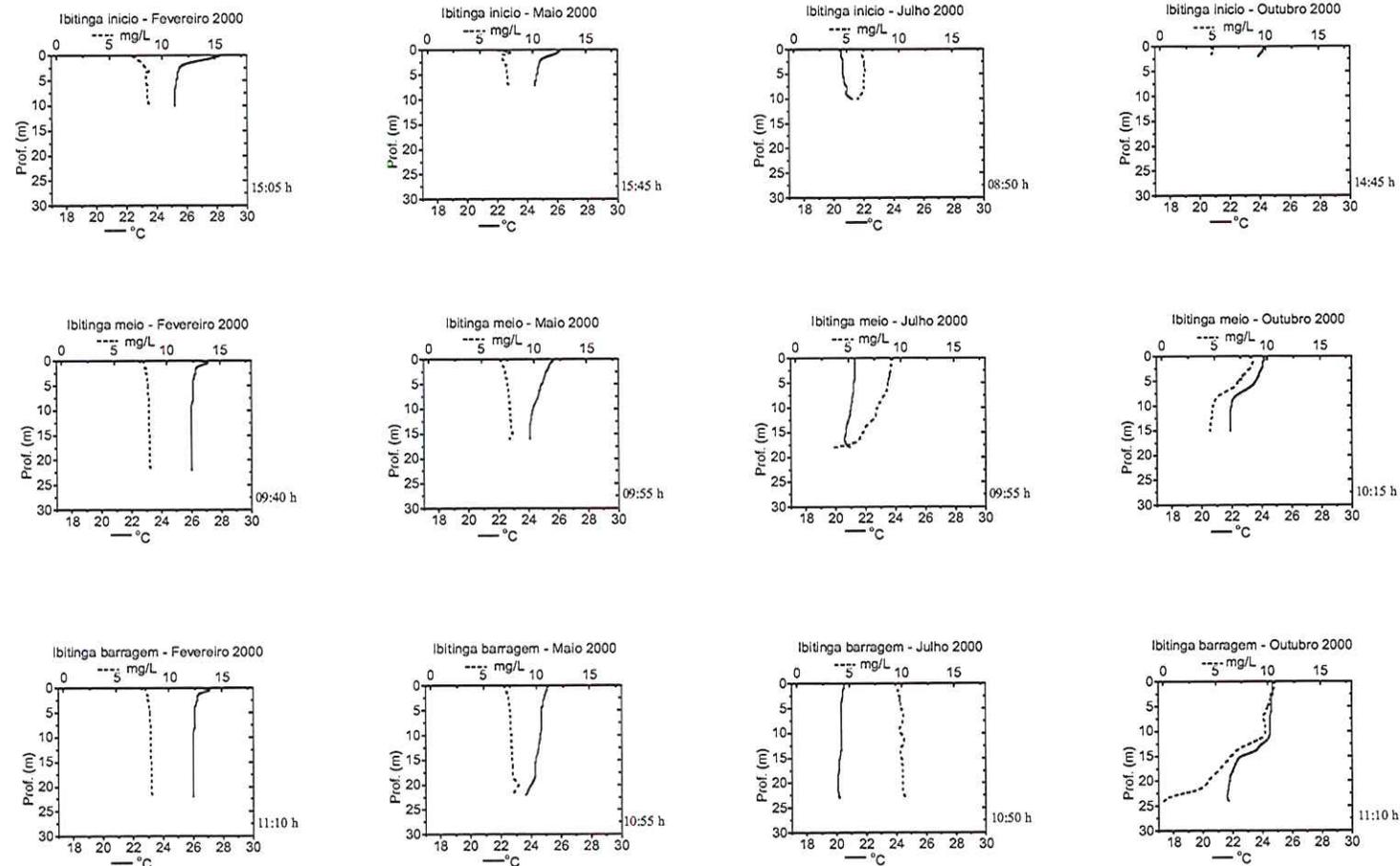


FIGURA 7-Perfis de Oxigênio Dissolvido (mg/L) e Temperatura (°C) nos pontos de amostragem do reservatório de Ibitinga, no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo.

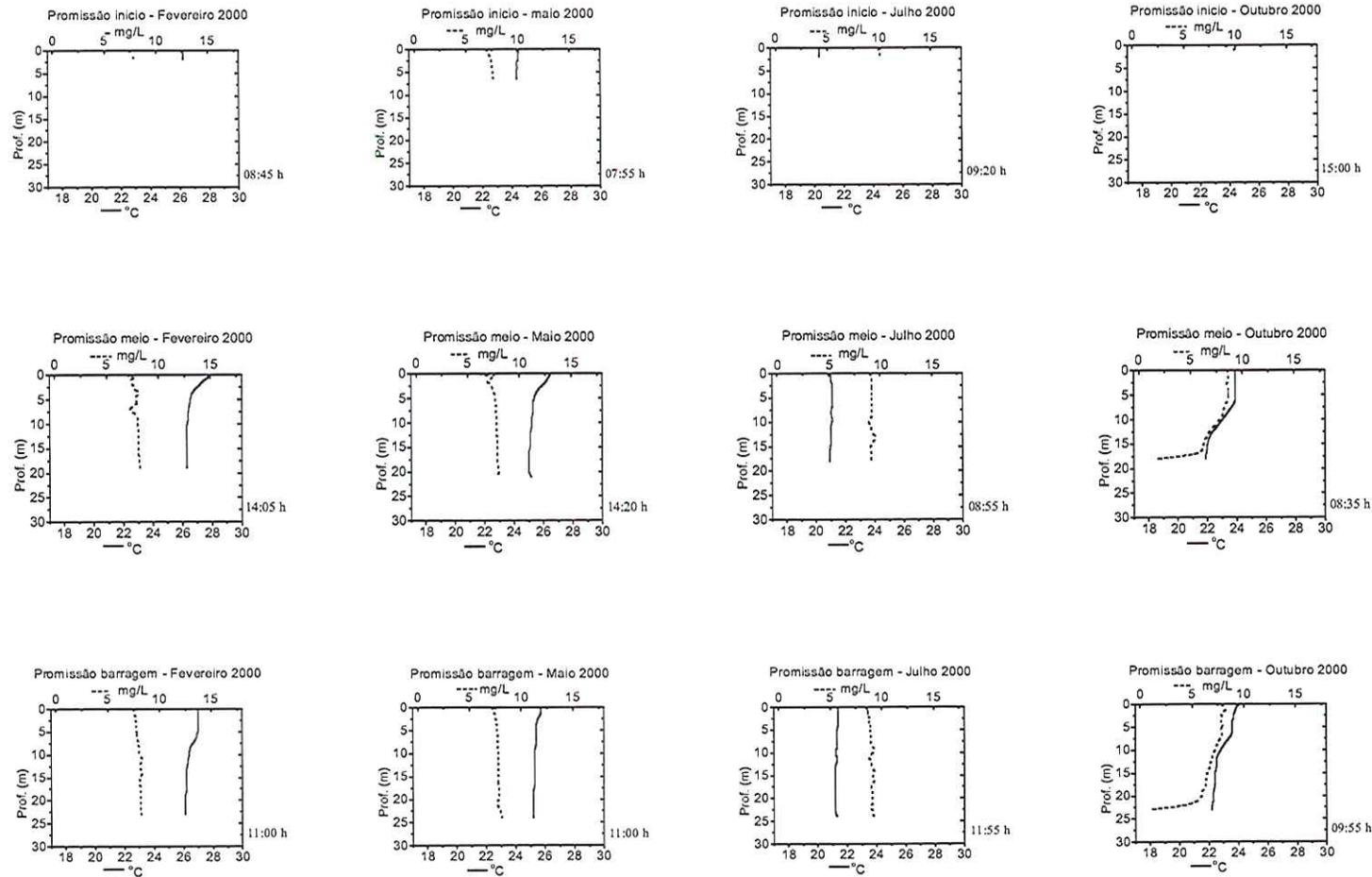


FIGURA 8-Perfis de Oxigênio Dissolvido (mg/L) e Temperatura (°C) nos pontos de amostragem do reservatório de Promissão, no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo.

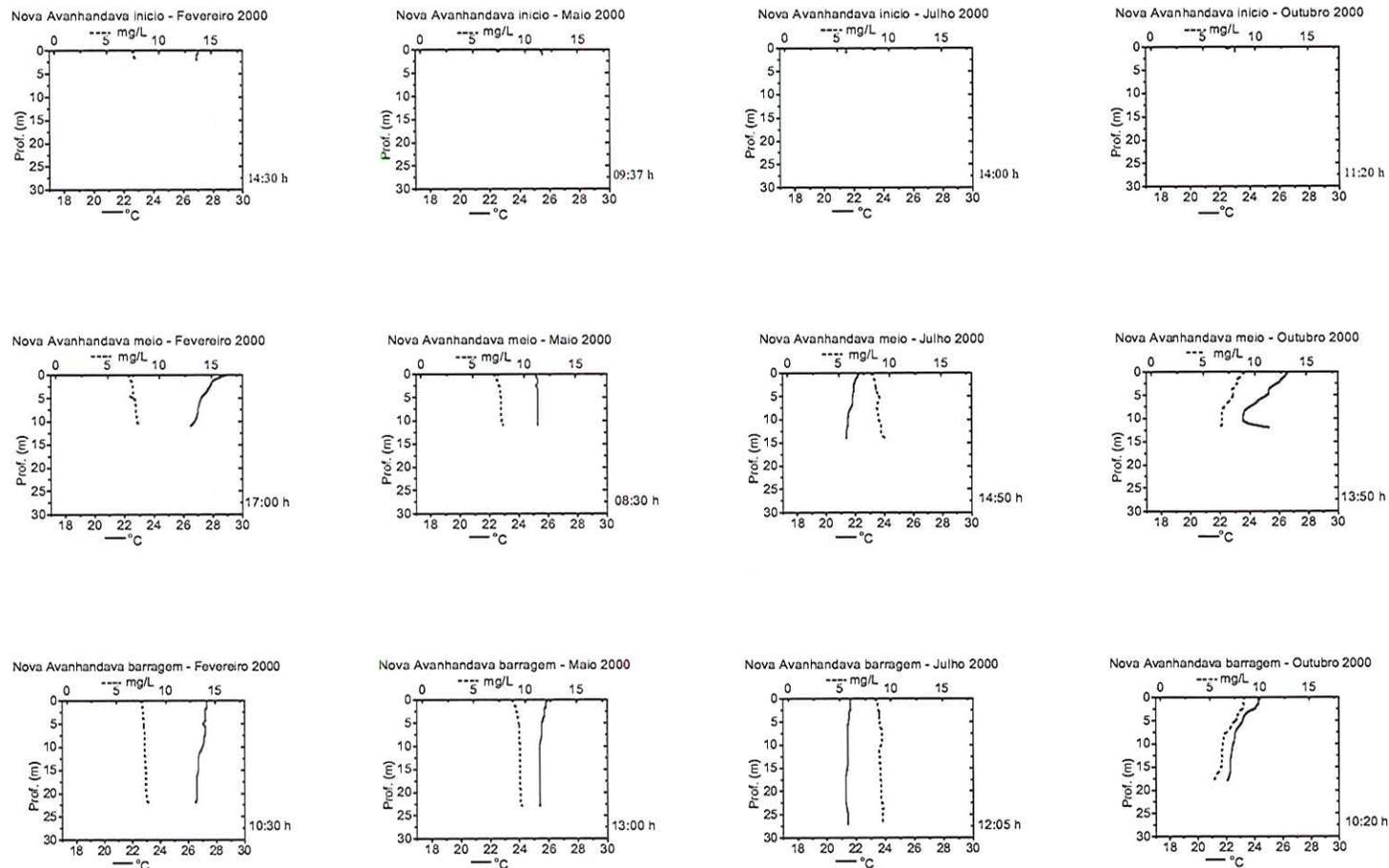


FIGURA 9-Perfis de Oxigênio Dissolvido (mg/L) e Temperatura (°C) nos pontos de amostragem do reservatório de Nova Avanhandava, no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo.

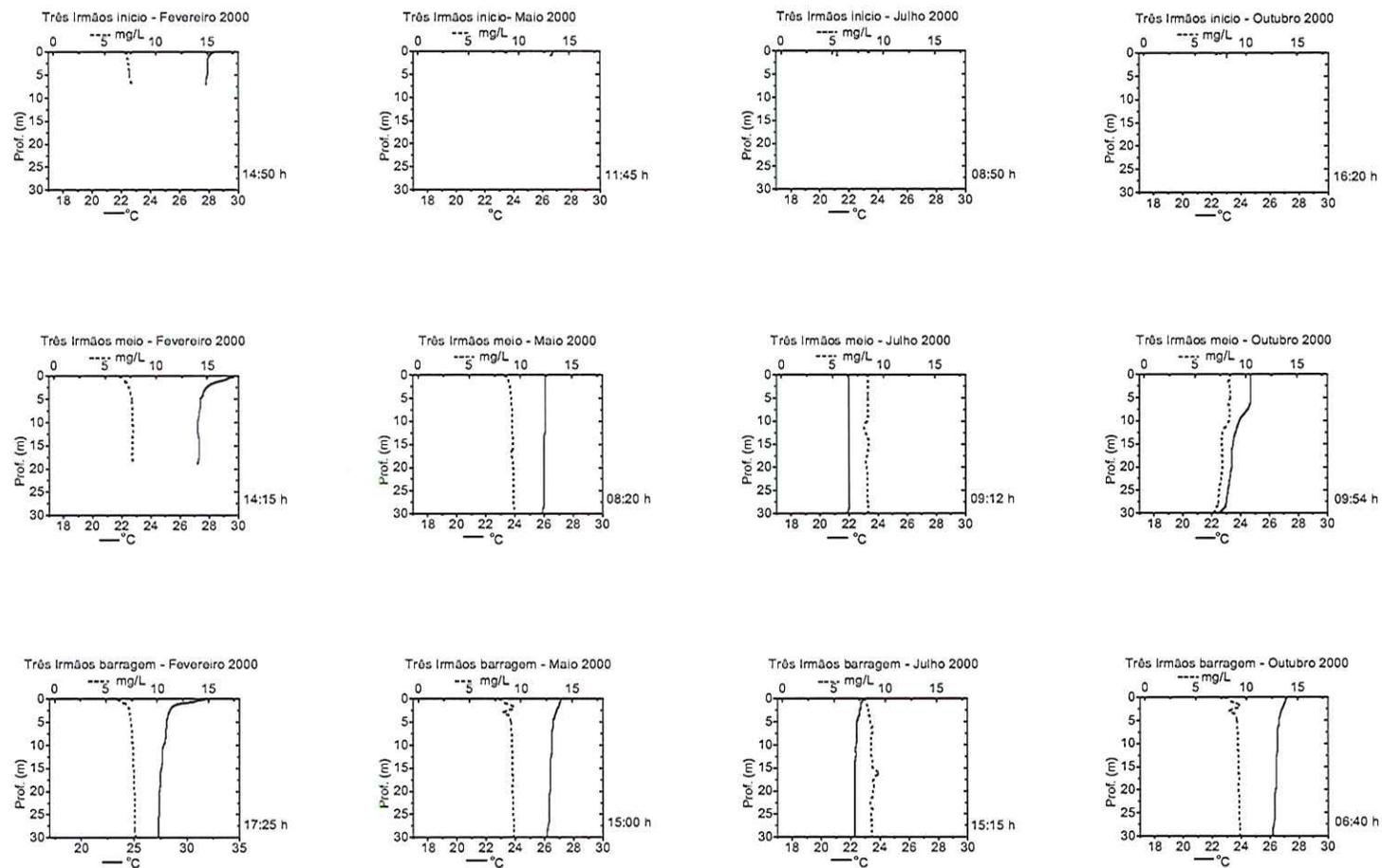


FIGURA 10-Perfis de Oxigênio Dissolvido (mg/L) e Temperatura (°C) nos pontos de amostragem do reservatório de Três Irmãos, no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo.

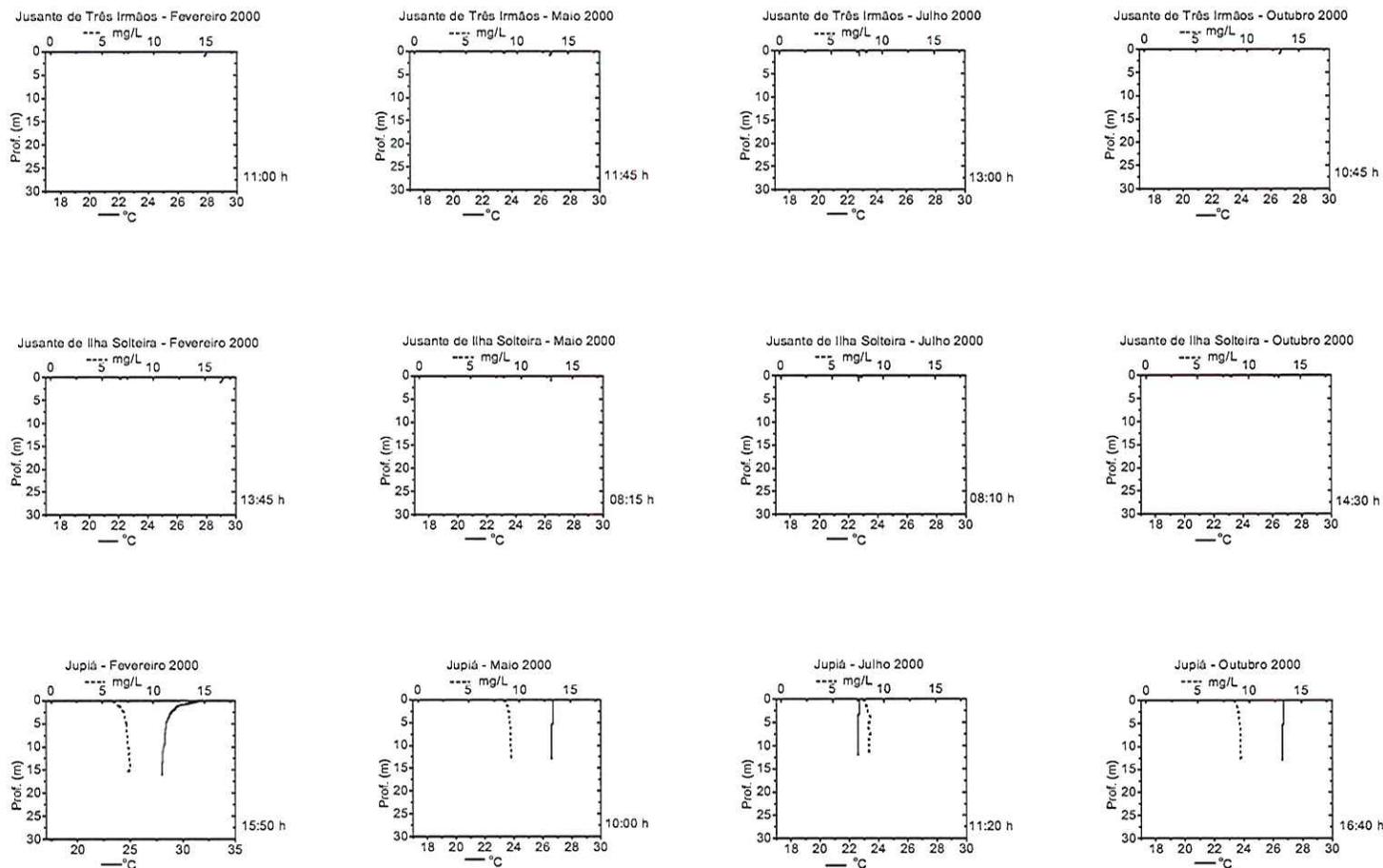


FIGURA 11-Perfis de Oxigênio Dissolvido (mg/L) e Temperatura (°C) nos pontos de amostragem localizados a jusante de Três Irmãos e Ilha Solteira e no reservatório de Jupia, durante o período de estudo.

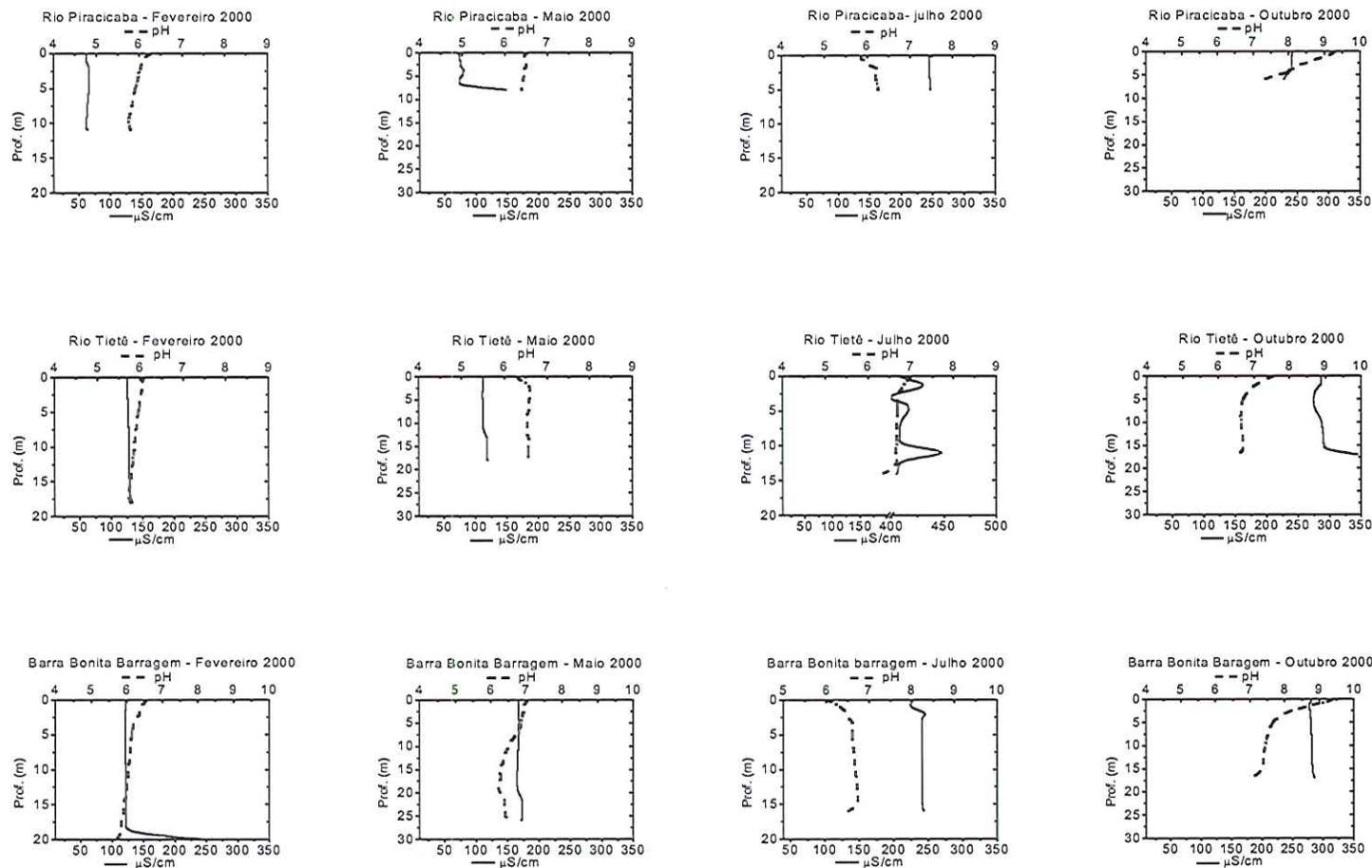


FIGURA 12. Perfis de pH e Condutividade Elétrica da água ($\mu\text{S/Cm}$) nos pontos de amostragem dos rios Piracicaba, Tietê e no reservatório de Barra Bonita, do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo.

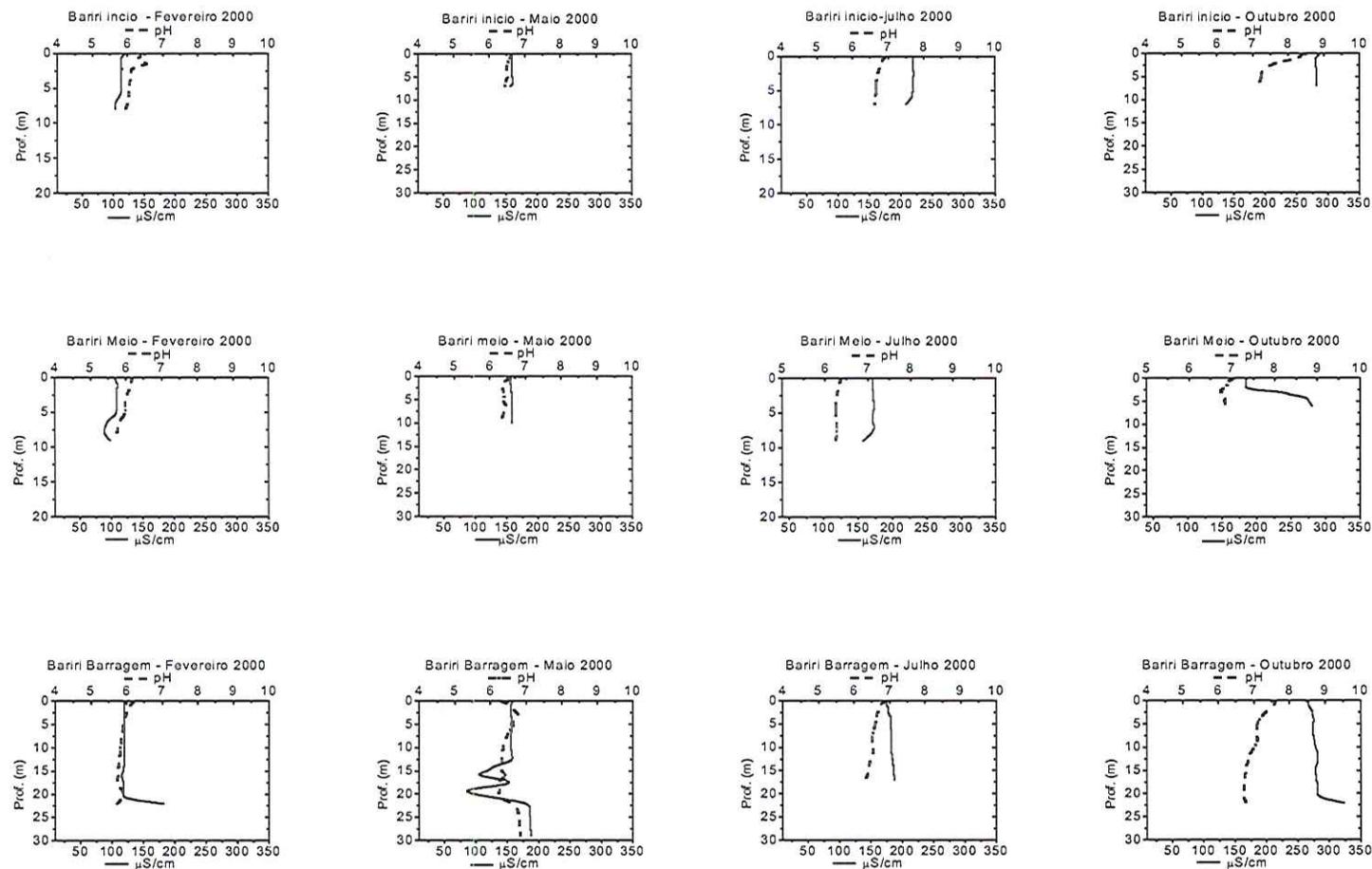


FIGURA 13. Perfis de pH e Condutividade Elétrica da água ($\mu\text{S}/\text{Cm}$) nos pontos de amostragem do reservatório de Bariri, no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo.

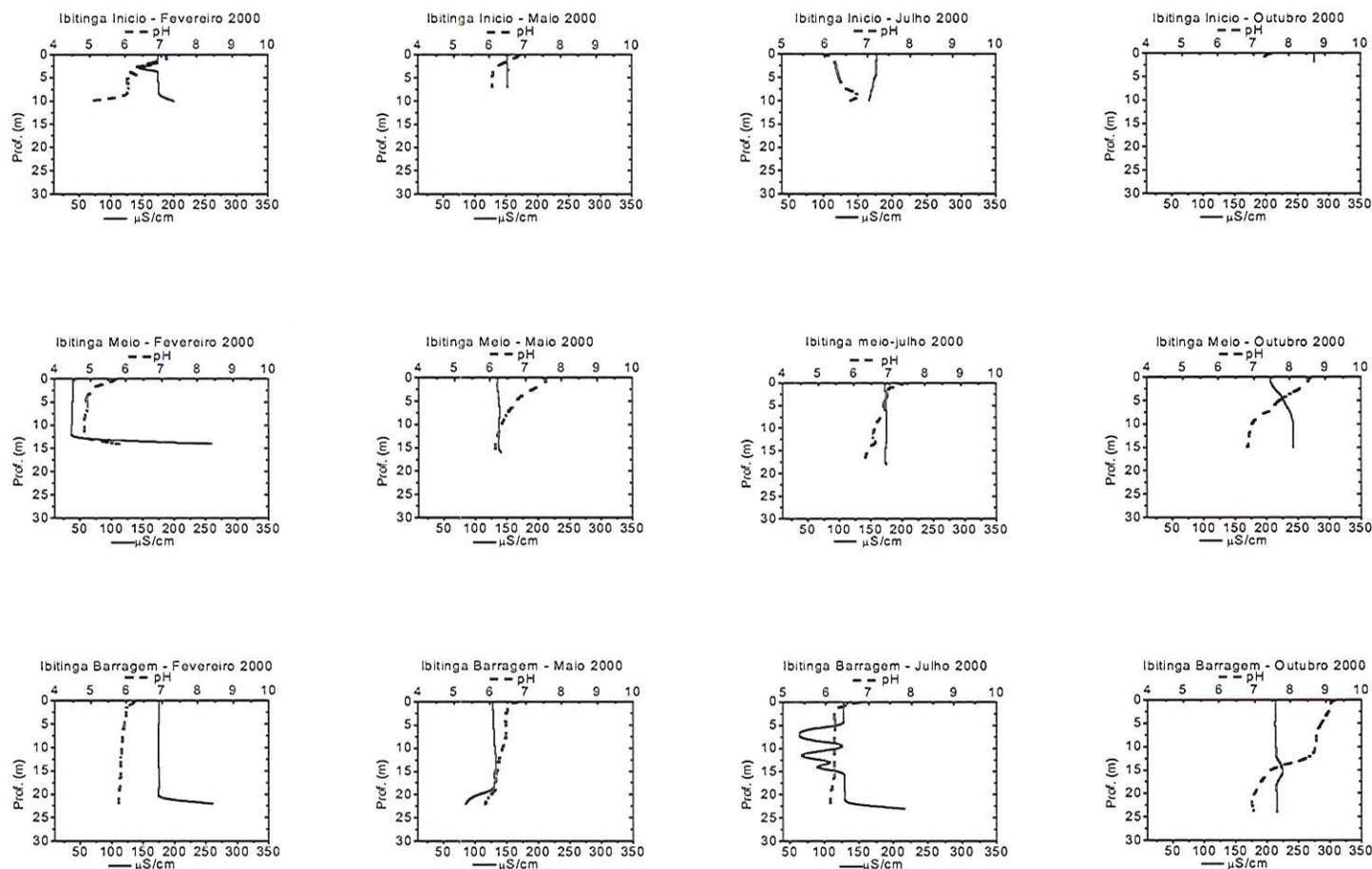


FIGURA 14. Perfis de pH e Condutividade Elétrica da água ($\mu\text{S/Cm}$) nos pontos de amostragem do reservatório de Ibitinga, no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo.

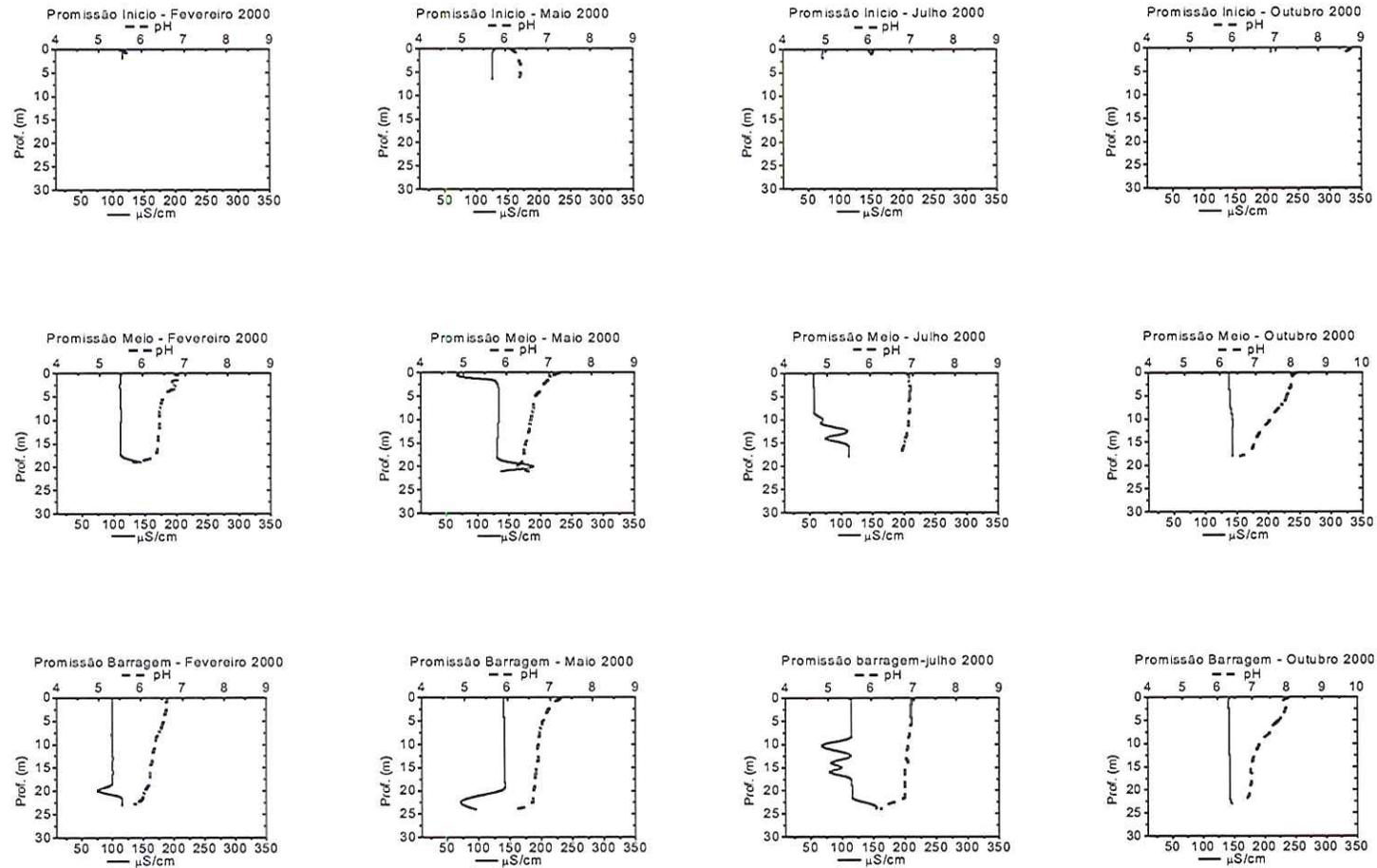


Figura 15. Perfis de pH e Condutividade Elétrica da água ($\mu\text{S}/\text{Cm}$) nos pontos de amostragem do reservatório de Promissão, no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo.

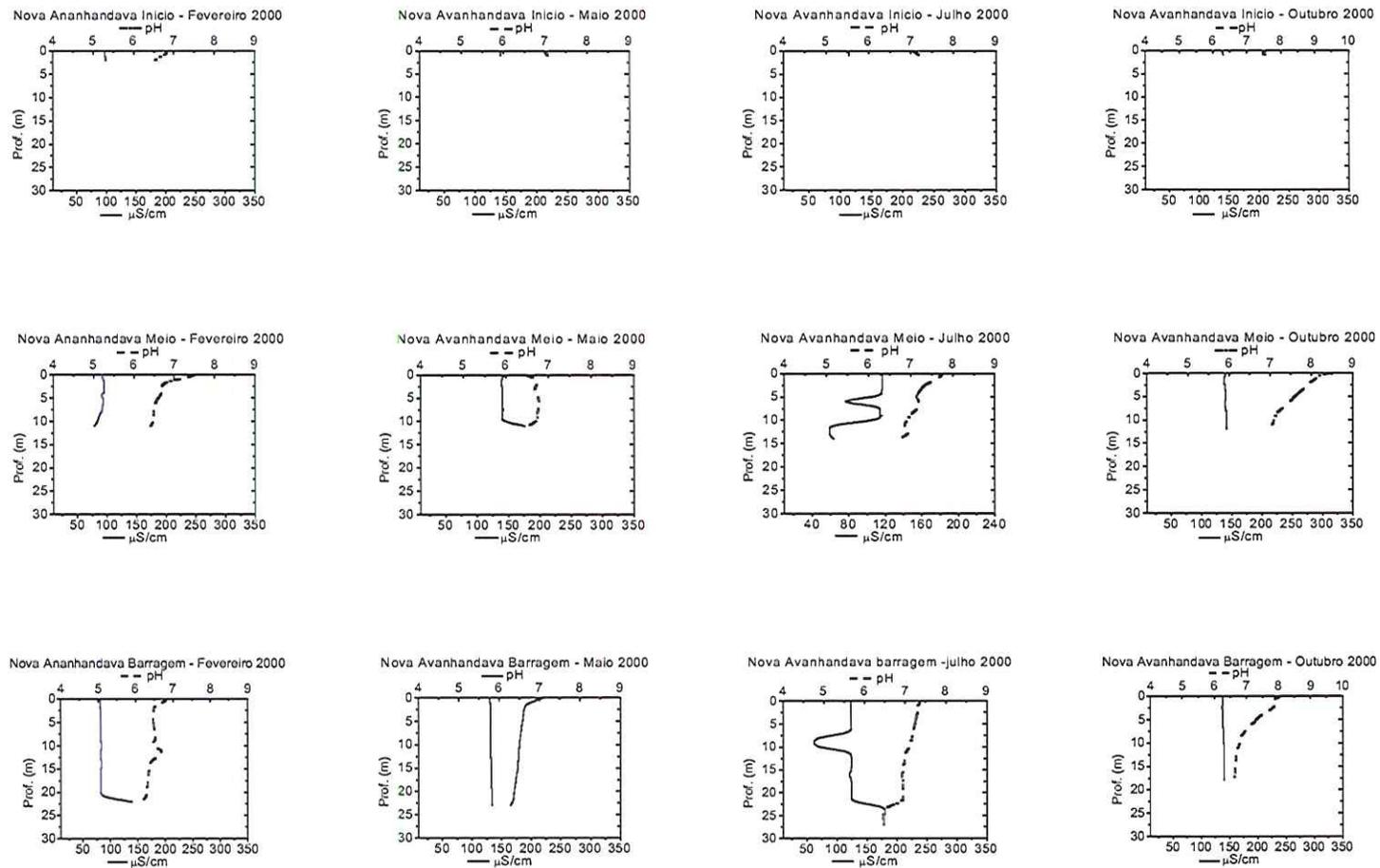


FIGURA 16. Perfis de pH e Condutividade Elétrica da água ($\mu\text{S}/\text{Cm}$) nos pontos de amostragem do reservatório de Nova Avanhandava, no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo.

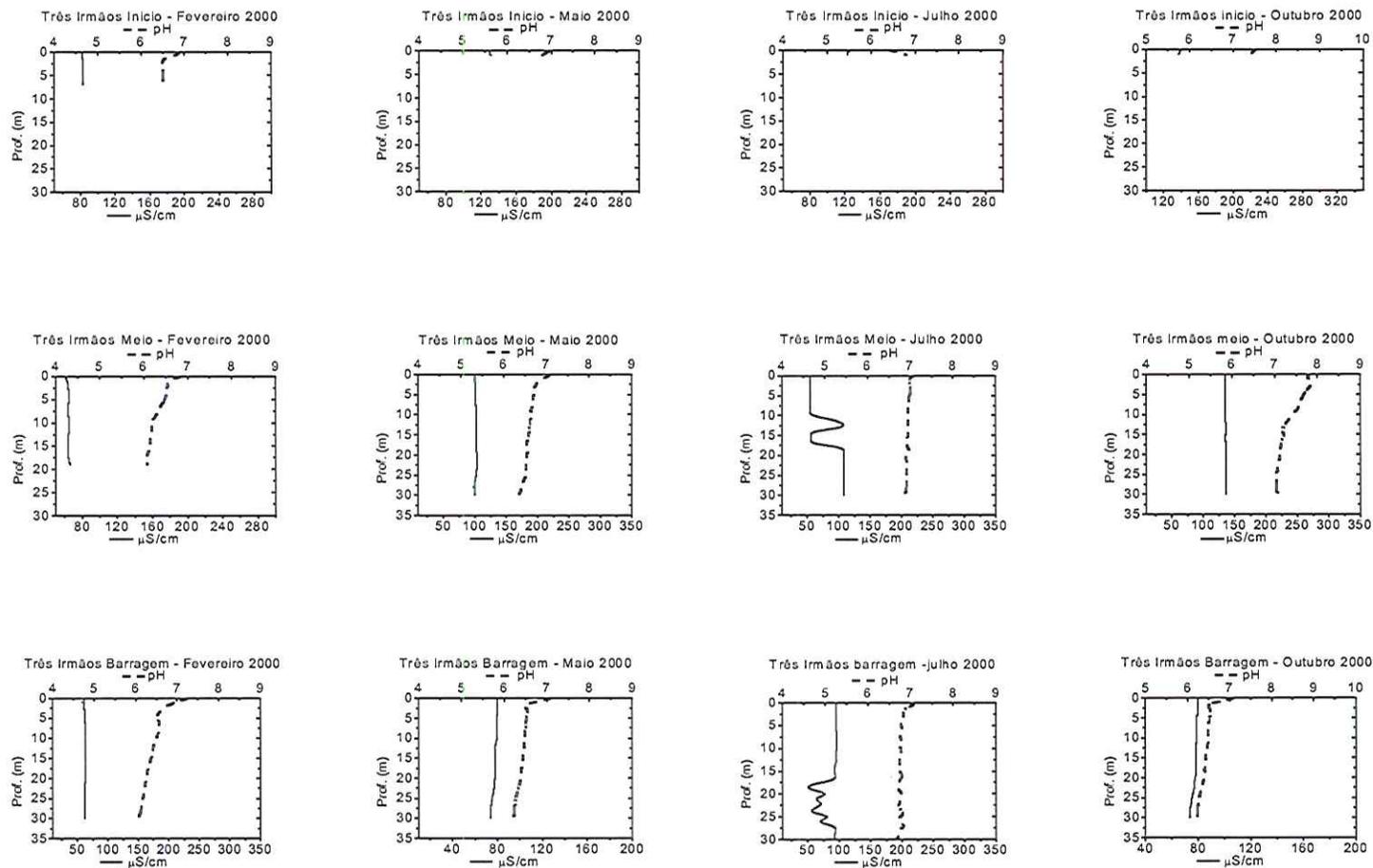


FIGURA 17. Perfis de pH e Condutividade Elétrica da água ($\mu\text{S}/\text{Cm}$) nos pontos de amostragem do reservatório de Três Irmãos, no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, durante o período de estudo.

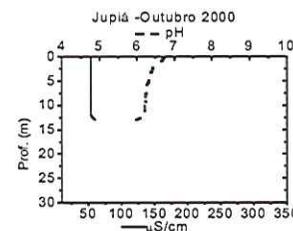
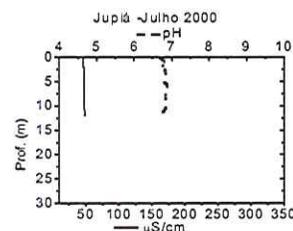
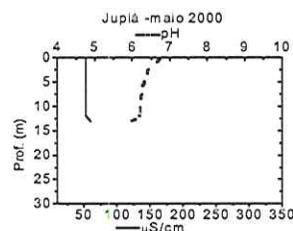
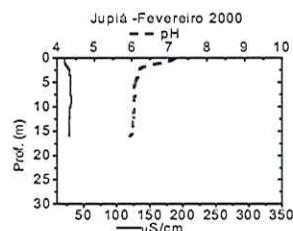
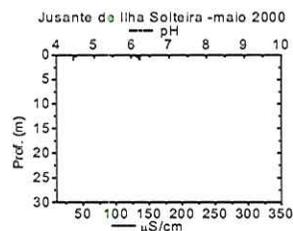
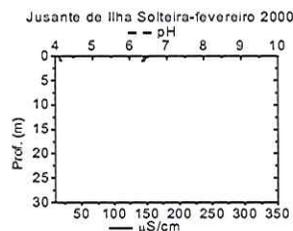
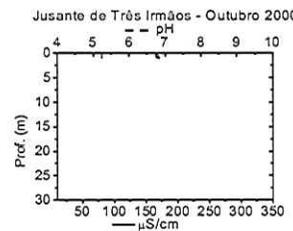
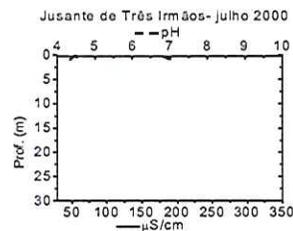
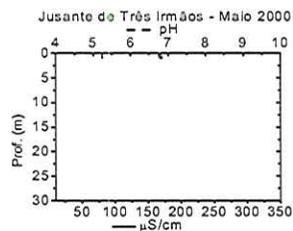
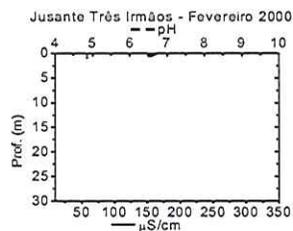


FIGURA 18. Perfis de pH e Condutividade Elétrica da água ($\mu\text{S}/\text{Cm}$) nos pontos de amostragem localizados à jusante de Três Irmãos e de Ilha Solteira e no reservatório de Jupia, durante o período de estudo.

3.5.8 Material em Suspensão

As variações temporal e espacial observadas para as concentrações de material em suspensão total e frações orgânicas e inorgânicas, obtidas no presente estudo, encontram-se em anexo, na Tabela 7.

De acordo com os resultados obtidos para a concentração de material em suspensão total (Figura 19), pode-se verificar que a maior concentração ocorreu no período chuvoso, sendo que o maior valor registrado foi no rio Tietê, com 53,12mg/L, e o menor valor encontrado foi de 1,51mg/L, em Três Irmãos Meio.

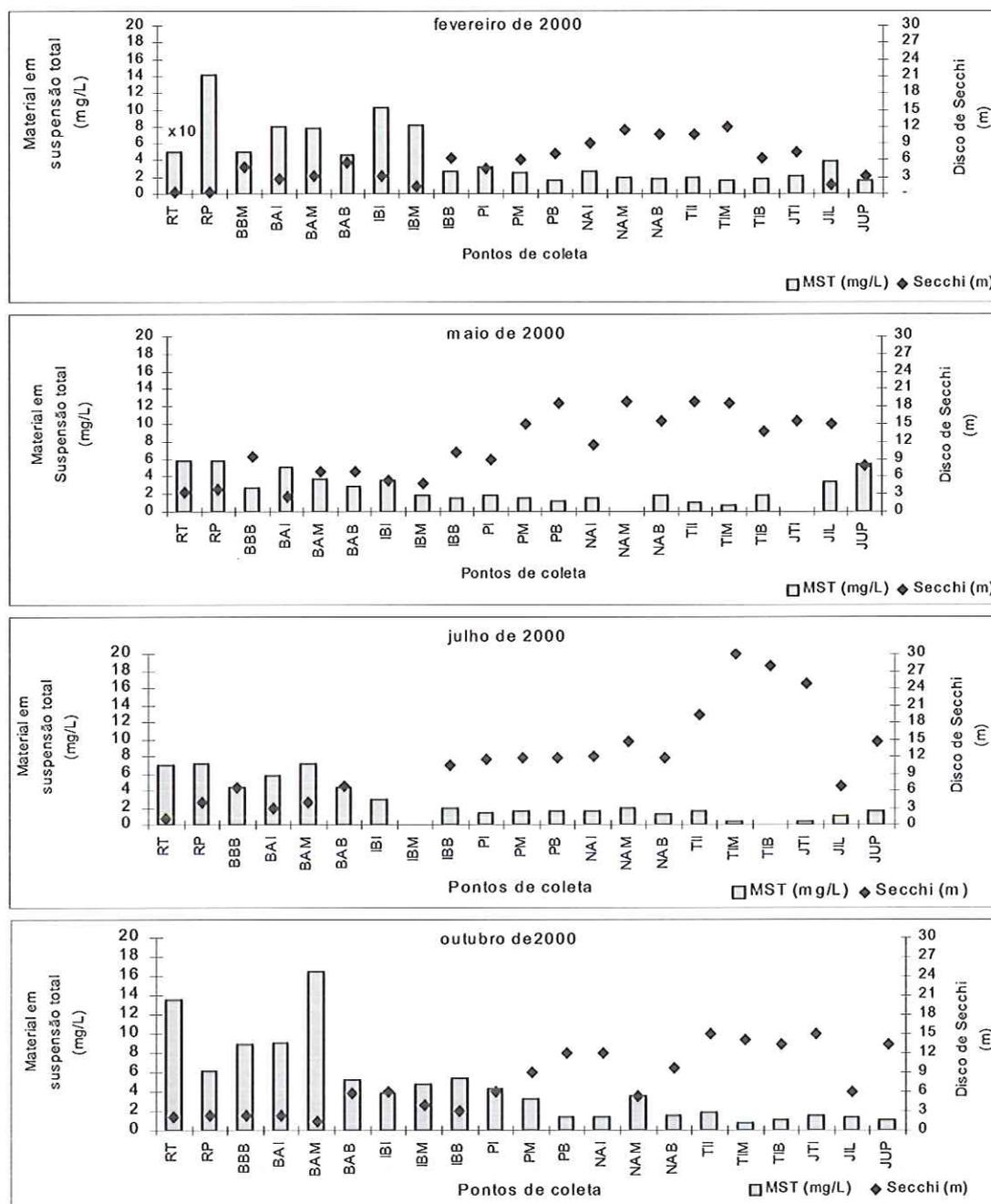
Em maio, a menor concentração de material em suspensão total foi de 0,63mg/L, em Três Irmãos Meio, e o maior valor ocorreu no rio Piracicaba, com 5,74mg/L. Em julho os valores variaram de 0,37mg/L, em Três Irmãos Meio, a 7,06mg/L, no rio Piracicaba. Para o mês de outubro, os valores de material em suspensão total variaram entre 0,76mg/L, em Três Irmãos Meio, e 16,42mg/L, em Bariri Meio.

Na Figura 19 pode-se observar que as concentrações de material em suspensão total estão inversamente relacionadas com os valores de visibilidade do disco de Secchi. As maiores cargas de material em suspensão, advindos da bacia de drenagem, no período de fevereiro, acarretaram menores valores de visibilidade do disco de Secchi.

A concentração da fração inorgânica foi maior no mês de fevereiro do que nos demais períodos amostrados (Figura 20). No período de fevereiro, as concentrações de matéria inorgânica variaram de 0,05mg/L, em Três Irmãos Meio, a 47,92mg/L, que foi o maior valor para o rio Tietê. Em maio, os valores variaram de 0,04mg/L, em Promissão Barragem e Nova Avanhadava Início, a 3,76mg/L, no rio Tietê. No período de julho, esta variação foi de 0,03mg/L, em Três Irmãos Meio, a 5,02mg/L (rio Tietê). Em outubro, o maior valor registrado da fração inorgânica foi de 6,73mg/L, no rio Tietê, e o menor valor foi de 0,02mg/L, à jusante de Três Irmãos.

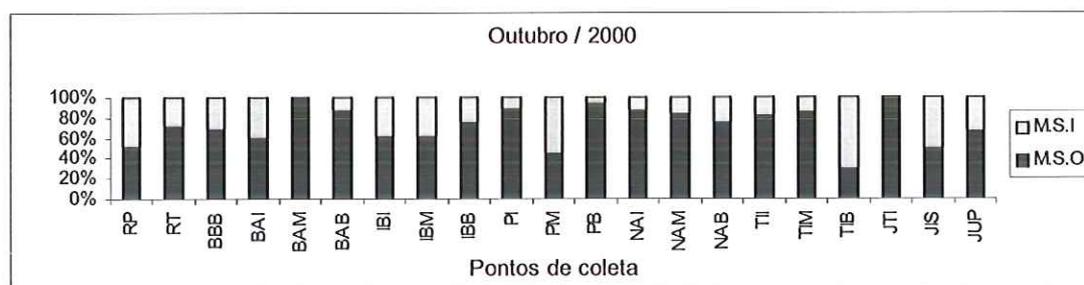
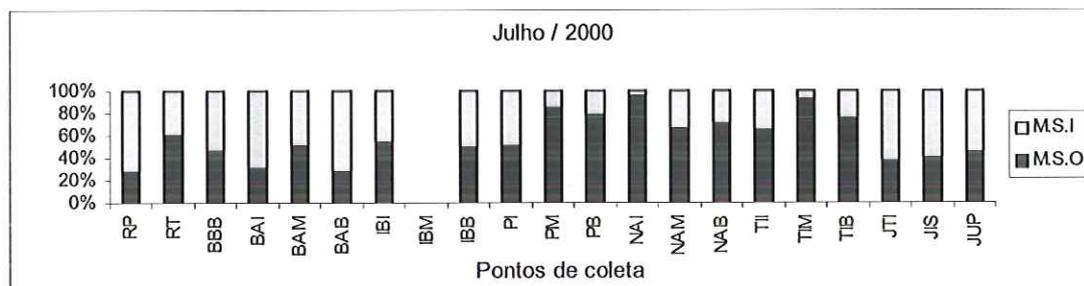
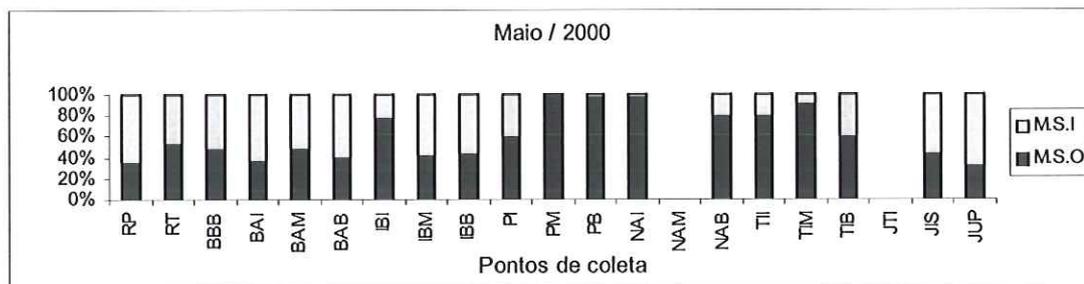
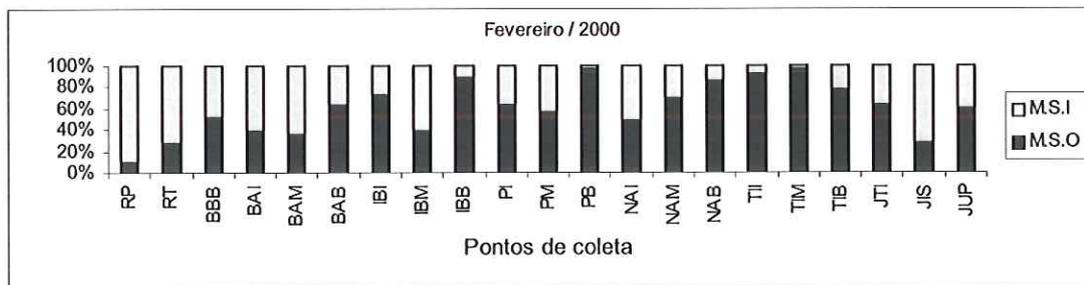
Em fevereiro, os valores de material em suspensão orgânico variaram de 7,44mg/L, em Ibitinga início, a 1,31mg/L, à jusante de Três irmãos, sendo que em Jupiá verificou-se somente 0,94mg/L de material em suspensão orgânico. Em maio, os valores de concentração de material em suspensão orgânico

oscilaram entre 0,57mg/L, em Três Irmãos Meio, e 2,98 mg/L, no rio Piracicaba. Em julho, a maior concentração de material em suspensão orgânico foi de 4,25mg/L (rio Piracicaba) e a menor concentração foi de 0,34mg/L, em Três Irmãos Meio. Em outubro as concentrações de material orgânico foram de 16,31mg/L, em Bariri Meio, a 0,31mg/L, em Três irmãos Barragem.



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupiá).

Figura 19. Variação das concentrações de material em suspensão e a visibilidade do Disco de Secchi nos reservatórios em cascata do rio Tietê e no rio Paraná, em 2000.



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupiá).

Figura 20.-. Variação da porcentagem de material em suspensão (orgânico e inorgânico) nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, e do rio Paraná em 2000.

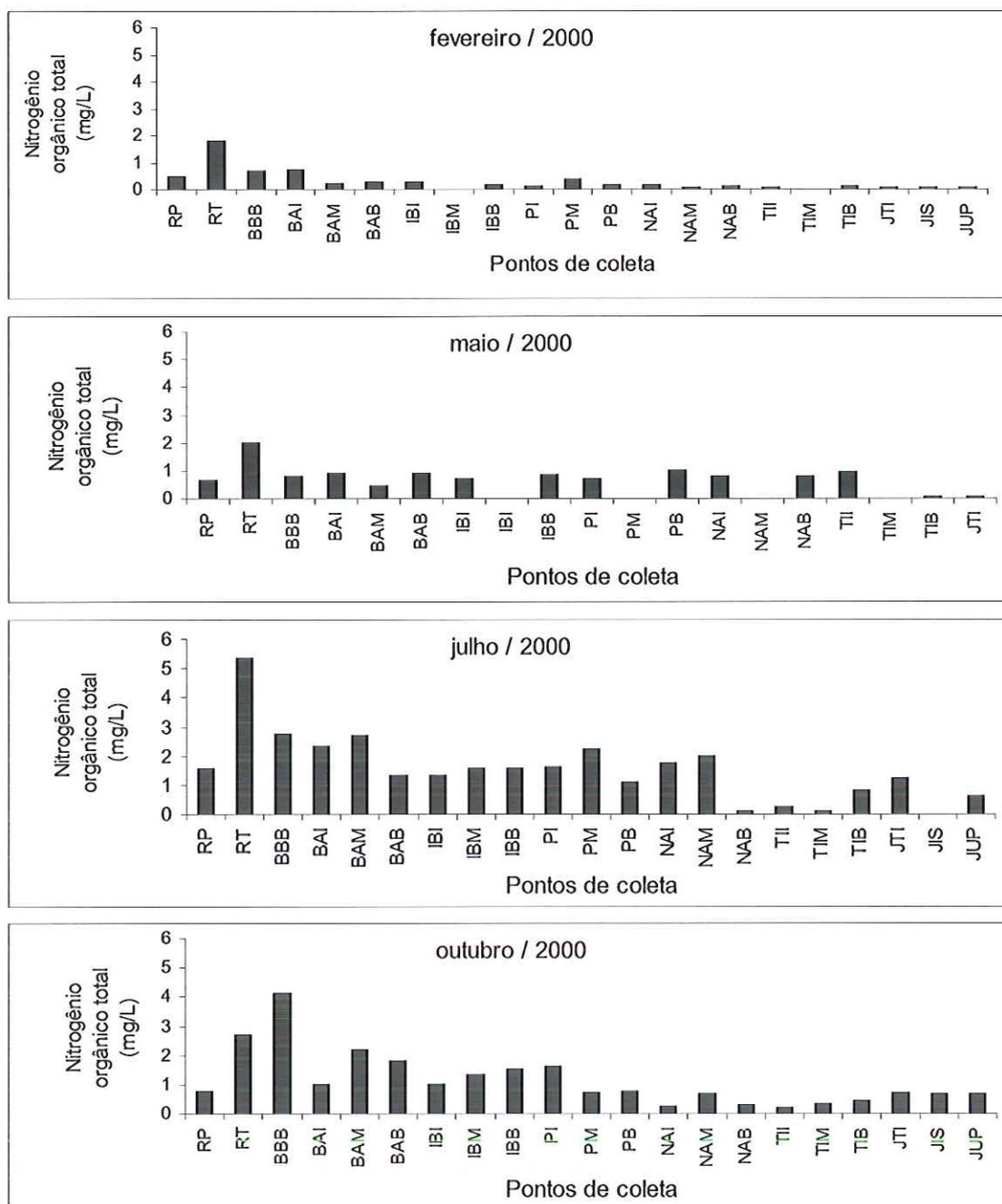
3.5.9 Formas Nitrogenadas

Os resultados obtidos para os nutrientes nitrogenados encontram-se nas Tabelas 8, 9, 10 e 11 (Anexo), sendo que na Figura 21 são apresentados os resultados obtidos para o nitrogênio orgânico total nos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê, verificando-se que no rio Tietê foram obtidas as maiores concentrações, quando comparadas às dos outros reservatórios da cascata.

As maiores concentrações de nitrogênio foram obtidas em julho (período seco), variando de 0,08mg/L, em Três Irmãos Meio, a 5,32mg/L, no rio Tietê. No período de fevereiro, os valores de nitrogênio orgânico total oscilaram entre 0,05mg/L, à jusante de Três Irmãos e Nova Avanhandava Meio, e 1,77mg/L, no rio Tietê. Em maio, os valores variaram de 0,05mg/L, em Três Irmãos e à jusante de Três Irmãos, a 1,96 mg/L, no rio Tietê. Em outubro, os valores foram de 0,20mg/L, em Três Irmãos Início, a 4,12mg/L, em Barra Bonita Barragem.

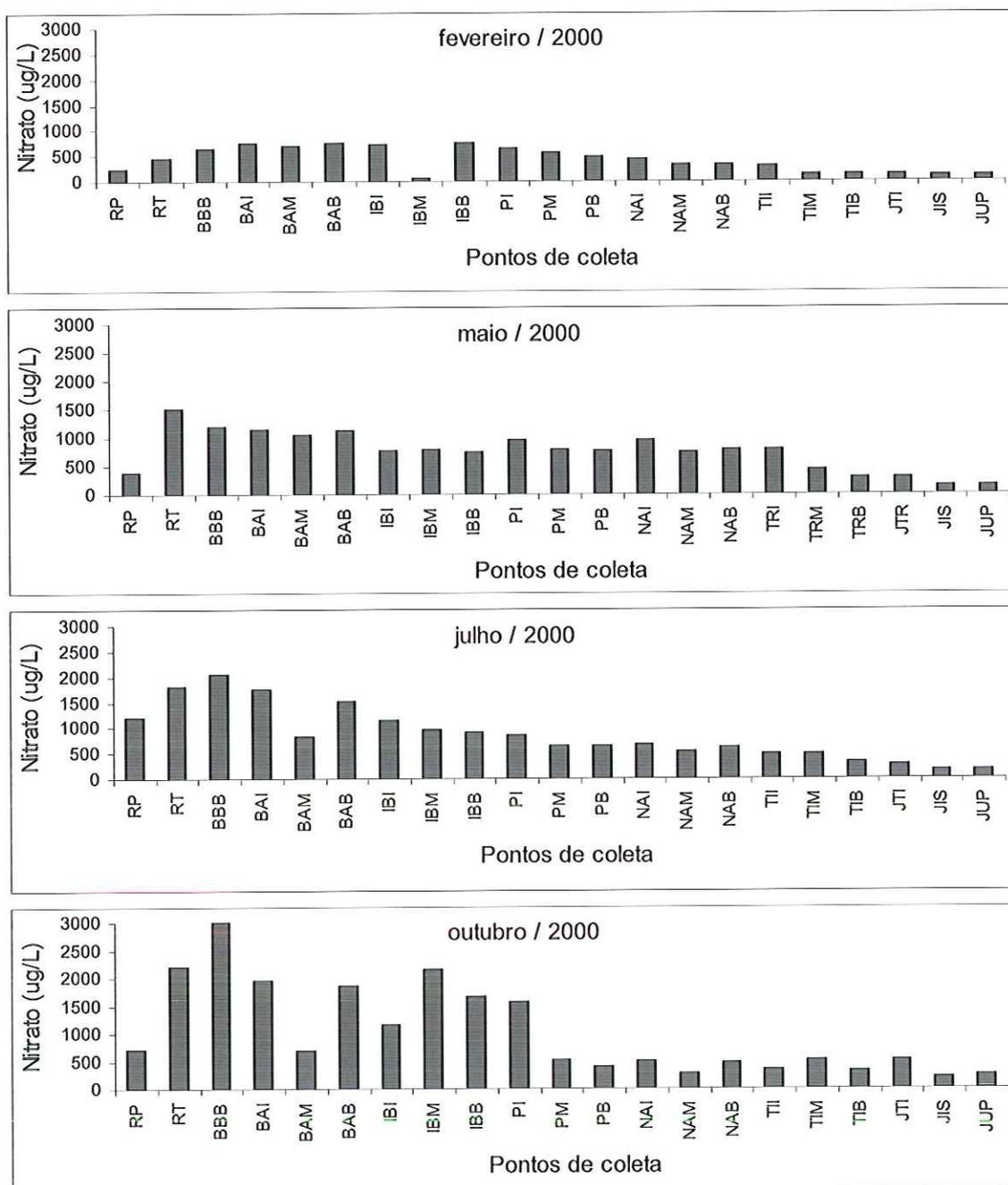
A Figura 22 mostra as variações nas concentrações de nitrato nas amostras de água dos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê (SP). Através dos resultados obtidos, observou-se que as maiores concentrações de nitrato ocorreram a partir dos rios Tietê e Piracicaba até o reservatório de Promissão. Em fevereiro foram registrados os maiores valores, variando entre o mínimo de 40,18µg/L, em Ibitinga Meio, e o máximo de 746,30µg/L, em Bariri Início. Em maio, a concentração mínima foi de 2,22µg/L em Bariri Início, e a concentração máxima de nitrato (1.492,4µg/L) foi encontrada no rio Tietê. Em julho, ocorreu o maior valor (2049,80µg/L) em Barra Bonita Barragem e a menor concentração de nitrato foi de 133,04µg/L, ocorrendo à jusante de Ilha Solteira. No entanto, no sistema em cascata, o menor valor foi de 305,76µg/L, sendo registrado no reservatório de Três Irmãos Barragem.

Em outubro, a variação das concentrações de nitrato foi de 257,30µg/L, em Nova Avanhandava Meio, a 2991,00µg/L (Barra Bonita Barragem).



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupiá).

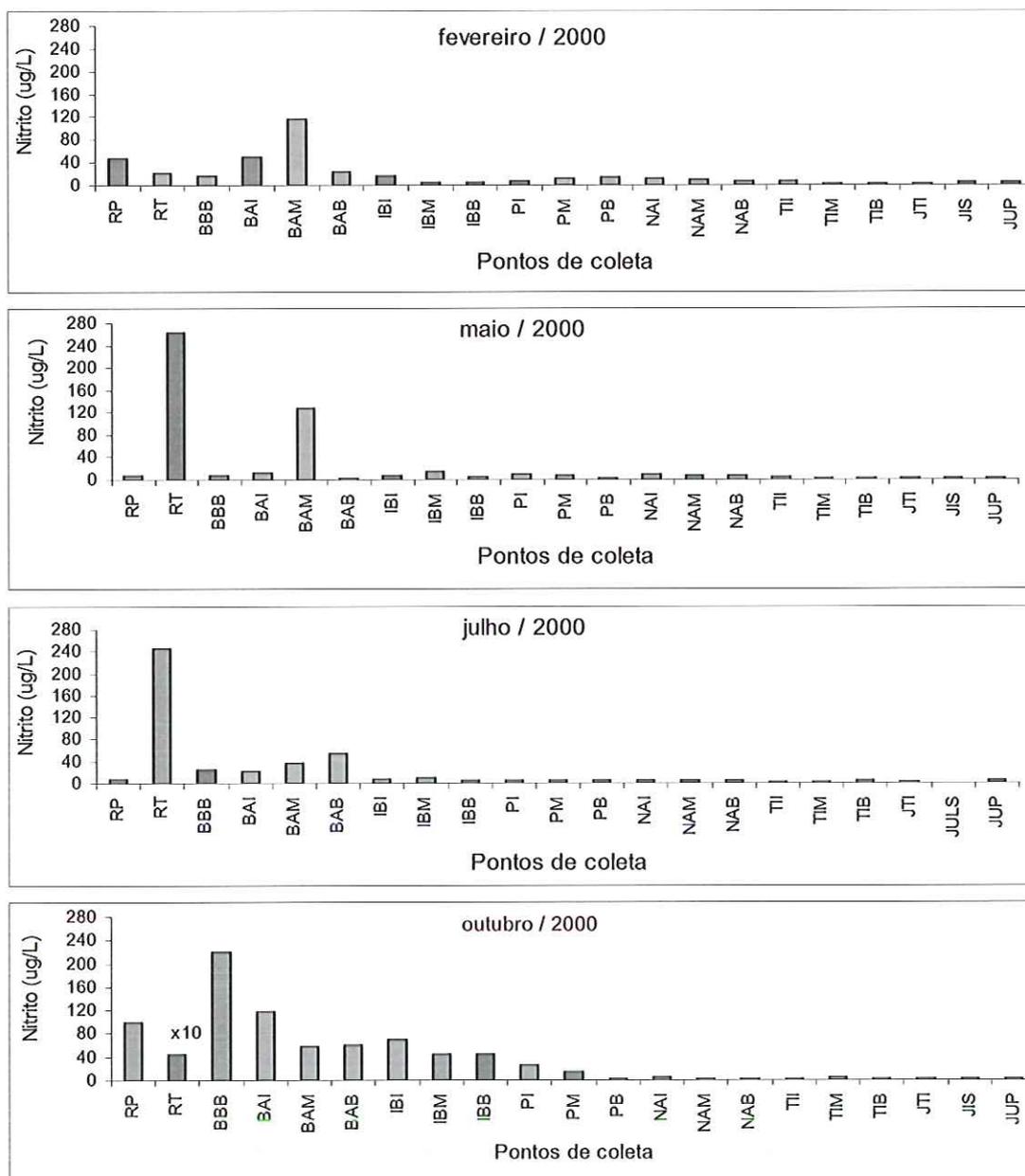
Figura 21. Variação das concentrações de Nitrogênio orgânico total (mg/L) nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, em 2000.



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupiá).

Figura 22. Variação das concentrações de Nitrato ($\mu\text{g/L}$) nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, em 2000.

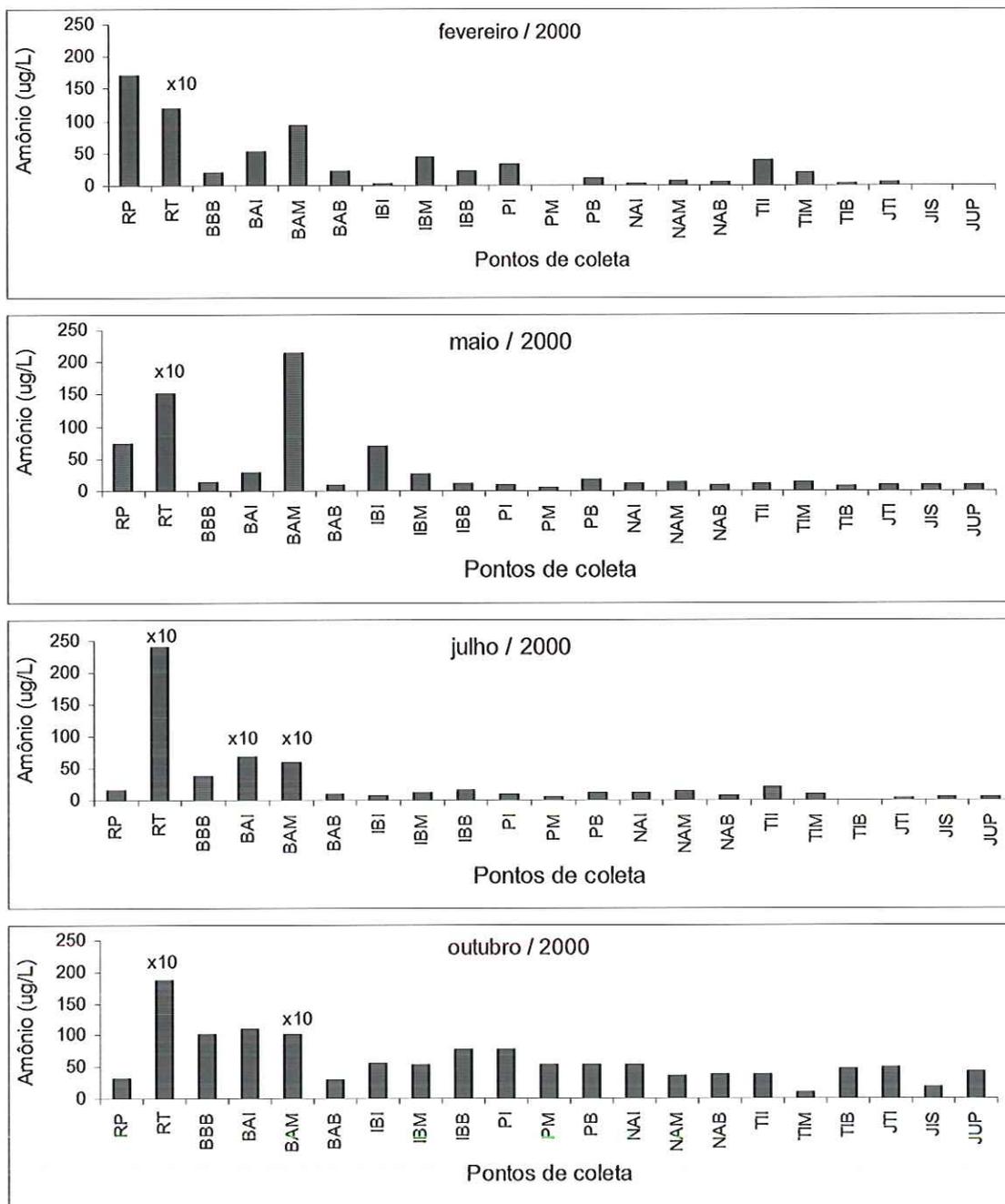
As variações das concentrações de nitrito nas amostras dos reservatórios em cascata encontram-se na Figura 23, verificando-se que as concentrações mais elevadas ocorreram em outubro (434,84 μ g/L); em maio (262,91 μ g/L) e em julho (244,74 μ g/L) para os primeiros reservatórios, enquanto os menores valores ocorreram nos últimos reservatórios da cascata. Em fevereiro, a menor concentração foi de 2,37 μ g/L, em Três Irmãos Meio, sendo que a maior concentração foi de 116,59 μ g/L (Bariri Meio). Em maio, os valores máximo e mínimo de nitrito foram 262,91 μ g/L (rio Tietê) e 2,31 μ g/L (Três Irmãos Barragem), respectivamente. No período de julho, os valores de nitrito ficaram entre 244,74 μ g/L (rio Tietê) e 1,05 μ g/L, à jusante de Ilha Solteira. Em outubro a maior concentração de nitrito foi de 434,84 μ g/L, no rio Tietê, e a menor foi de 1,69 μ g/L, em Três Irmãos Início.



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupiá).

Figura 23. Variação das concentrações de Nitrito ($\mu\text{g/L}$) nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, em 2000.

A Figura 24 mostra as variações das concentrações de Amônio nos períodos amostrados. O rio Tietê apresentou as maiores concentrações de íon amônio para os períodos estudados. Em julho, verificou-se a maior concentração de íon amônio (2.389,6 μ g/L); em outubro, a concentração foi de 1.855,60 μ g/L; em fevereiro, foi de 1.186,0 μ g/L; em maio, foi de 1.519,20 μ g/L. As menores concentrações foram registradas nos últimos reservatórios da cascata e, em fevereiro, obteve-se um valor de 1,21 μ g/L, em Ibitinga Início e de 1,80 μ g/L, em Nova Avanhandava Início. Em outubro, o menor valor foi de 8,51 μ g/L, em Três Irmãos Meio, e a maior concentração (1.010,1 μ g/L) foi obtida no reservatório de Bariri Meio. Em maio, obteve-se em Bariri -Meio uma concentração de 213,69 μ g/L de íon de amônio, e o menor valor foi de 4,99 μ g/L, em Promissão Meio, enquanto que, em julho, além do rio Tietê, a segunda concentração mais elevada de amônio, com 680,69 μ g/L, foi obtida no reservatório de Bariri Início. Em geral, foi constatada uma redução nas concentrações de íon amônio ao longo dos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, com exceção do reservatório de Bariri Meio (entrada do rio Bauru), que apresentou altos valores em relação aos outros reservatórios da cascata.



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupia).

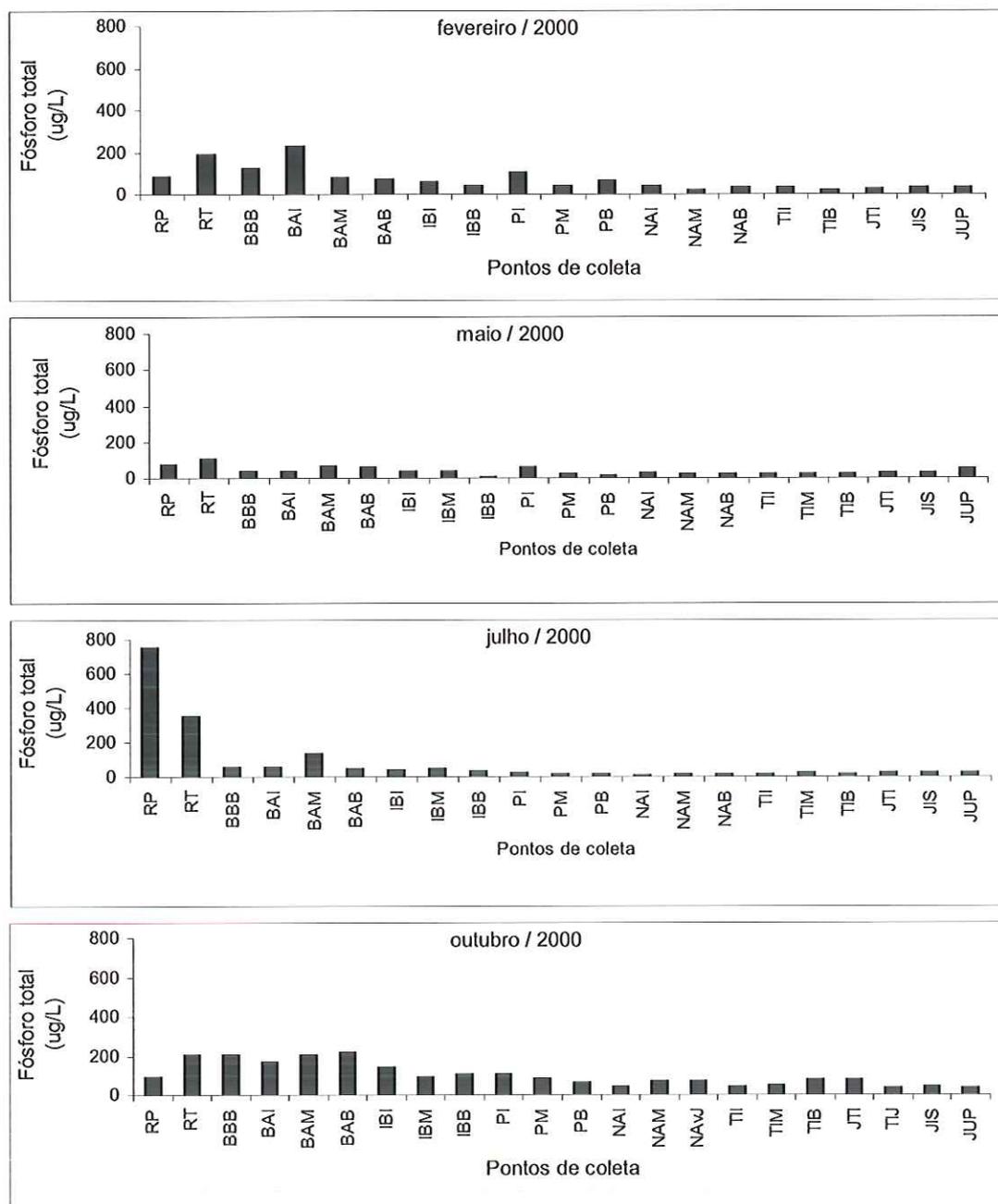
Figura 24. Variação das concentrações de Amônio ($\mu\text{g/L}$) nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, e no rio Paraná, em 2000.

3.5.10 Formas Fosfatadas

Os valores de fósforo total, fosfato total dissolvido e fosfato inorgânico, obtidos nos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê, estão apresentados nas Tabelas 8, 9, 10 e 11 (Anexo).

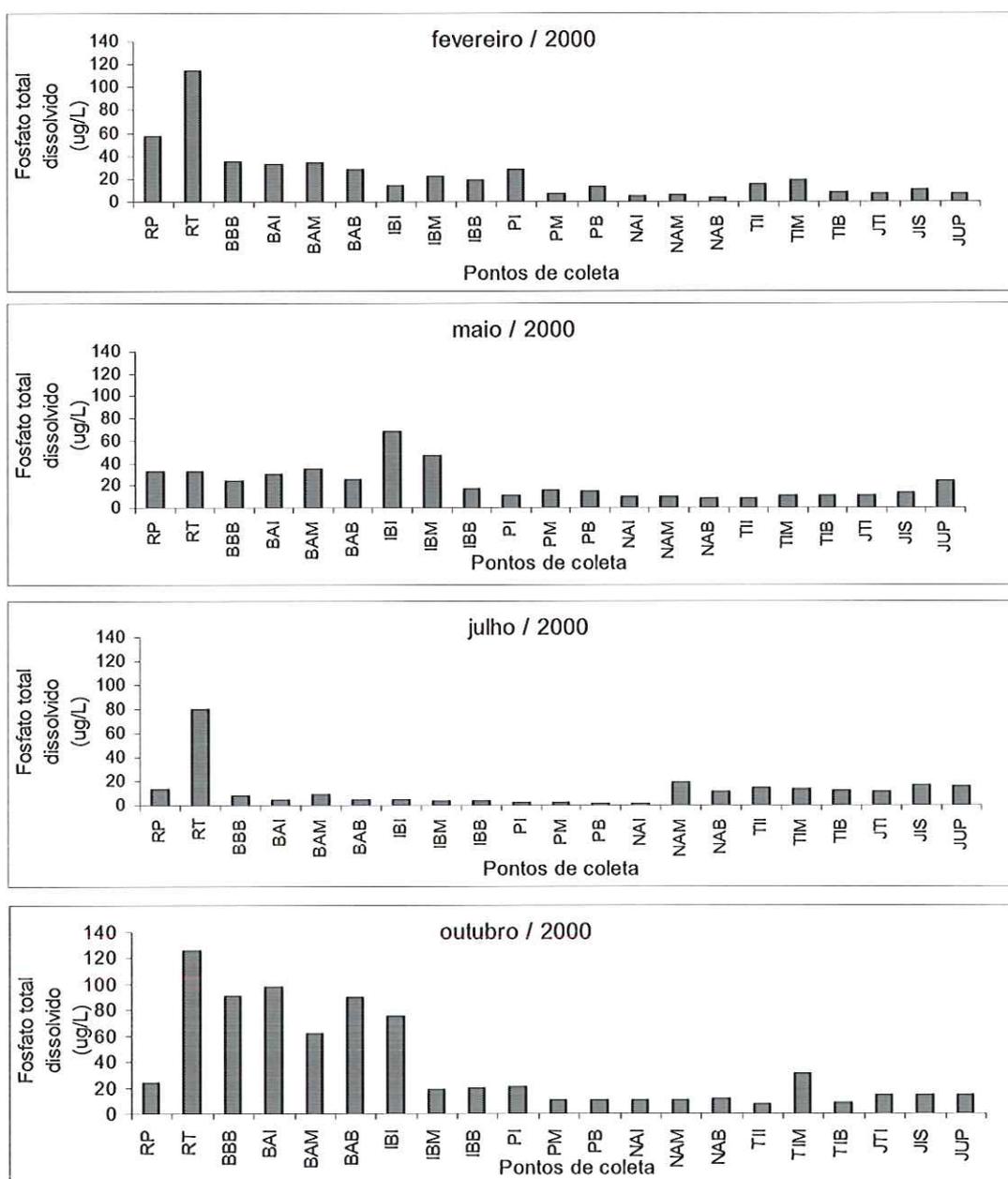
A Figura 25 mostra as concentrações de fósforo total. As maiores concentrações de fósforo total foram registradas no período de julho, com valores de 750,37µg/L (rio Piracicaba) a 348,67µg/L (rio Tietê). Em fevereiro, a maior concentração de fósforo total foi de 227,15µg/L, em Bariri Início, e o menor valor foi de 21,48µg/L, em Nova Avanhandava Meio. Em maio, a concentração mínima foi de 9,67µg/L, em Ibitinga (Barragem) e a máxima registrada foi de 103,51µg/L, no rio Tietê. Em julho, o menor valor de fósforo total ocorreu em Nova Avanhandava Início, com 8,98µg/L e o maior valor foi obtido no rio Piracicaba, com 750,37µg/L. Em outubro, os valores de fósforo total variaram de 44,38µg/L, em Três Irmãos (Início) a 215,22µg/L, em Bariri (Barragem).

Na Figura 26 é apresentada a variação da concentração de fosfato total dissolvido nas amostras de água dos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê. As maiores concentrações de fosfato total dissolvido foram observadas em outubro, com valores variando de 7,48µg/L, em Três Irmãos Início a 125,10µg/L, no rio Tietê, sendo que, em geral, no rio Tietê ocorreram as maiores concentrações de fosfato total dissolvido. Em fevereiro, os valores de fosfato total dissolvido variaram entre 3,61µg/L, em Nova Avanhandava Barragem e 113,77µg/L, no rio Tietê. Em maio, o maior valor foi de 68,70µg/L, em Ibitinga Início, e o menor valor foi de 8,20µg/L, em Nova Avanhandava Barragem, enquanto que em julho o maior valor foi de 79,58µg/L, no rio Tietê, e o valor menor foi de 1,22µg/L, em Nova Avanhandava Início.



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupiá).

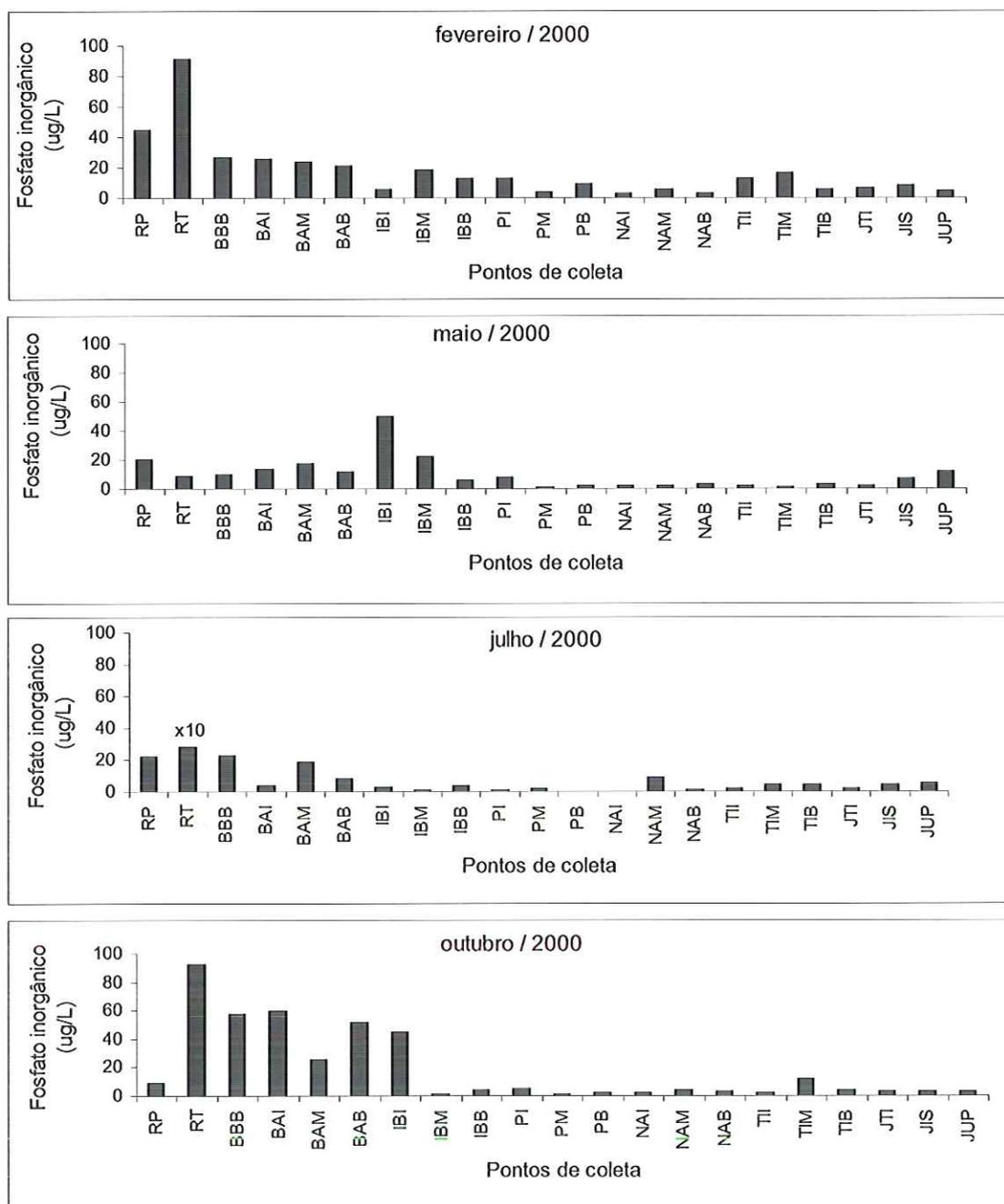
Figura 25. Variação das concentrações de Fósforo total ($\mu\text{g/L}$) nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, em 2000.



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupiá).

Figura 26. Variação das concentrações de Fosfato total dissolvido ($\mu\text{g/L}$) nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, em 2000.

O fosfato inorgânico dissolvido foi a forma de fósforo que apresentou, em geral, as menores concentrações nos reservatórios em cascata, conforme pode ser observado na Figura 27. No período de fevereiro, as concentrações oscilaram entre 2,60 $\mu\text{g/L}$, em Nova Avanhandava Barragem e 90,53 $\mu\text{g/L}$, para o rio Tietê. Em julho, a maior concentração foi de 277,53 $\mu\text{g/L}$, no rio Tietê e as menores concentrações foram de 0,09 $\mu\text{g/L}$, em Promissão Barragem e 0,23 $\mu\text{g/L}$, em Nova Avanhandava (Início). Em maio, as concentrações registradas variaram de 49,94 $\mu\text{g/L}$, em Ibitinga (Início), a 0,53 $\mu\text{g/L}$, em Três Irmãos (Meio). Em outubro, a maior concentração foi de 92,62 $\mu\text{g/L}$, no rio Tietê, e o menor valor encontrado foi 0,90 $\mu\text{g/L}$, em Promissão (Meio).



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupiá).

Figura 27. Variação das concentrações de Fosfato inorgânico ($\mu\text{g/L}$) nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, em 2000.

3.5.11 Índice do Estado Trófico

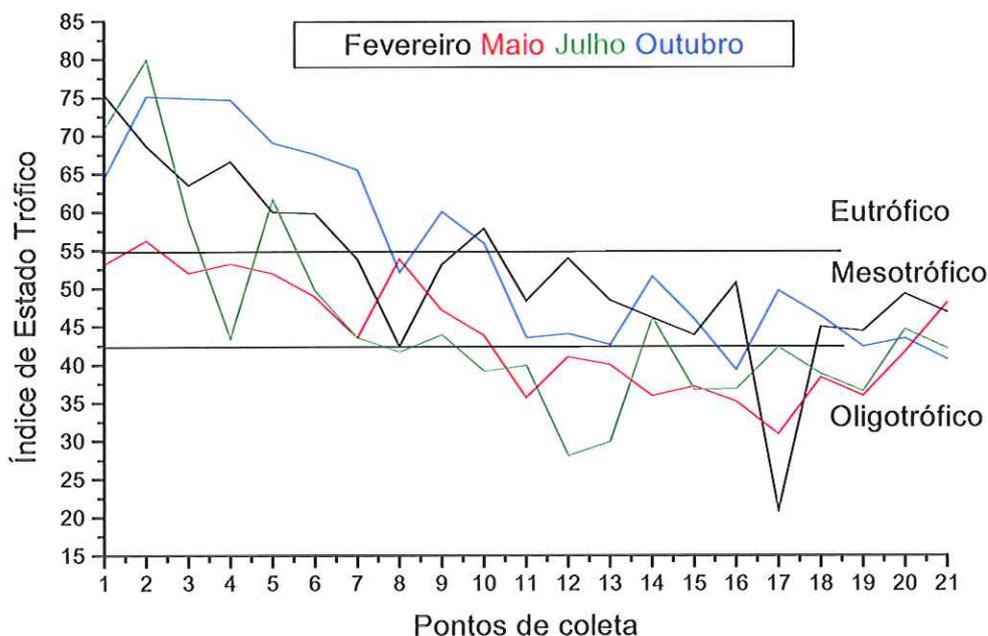
Os resultados obtidos para o índice de estado trófico (IET), considerando-se as variáveis, transparência da água, fósforo total, fosfato inorgânico e clorofila *a* total, estão apresentados nas Tabelas 12, 13, 14 e 15 (Anexo).

Considerando-se a transparência do disco de Secchi, os resultados apresentam-se diferenciados, uma vez que o sistema foi classificado como oligotrófico e mesotrófico, salvo considerações para o rio Tietê, acima de Barra Bonita, que em fevereiro e outubro, foi classificado como eutrófico, bem como os reservatórios de Bariri e Ibitinga que foram classificados como eutróficos nos meses de fevereiro e outubro, respectivamente.

Quanto à análise obtida para as concentrações de fósforo total e fosfato inorgânico, os resultados evidenciam que o sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê foi classificado como mesotrófico e eutrófico, principalmente nos primeiros reservatórios do sistema até o reservatório de Promissão. Os demais reservatórios classificaram-se entre oligotrófico e mesotrófico. Vale ressaltar que o estado de oligotrofia foi determinado essencialmente pelos valores de fosfato inorgânico.

Em relação aos valores obtidos para a concentração de clorofila *a* (total), o sistema foi classificado em eutrófico nos meses de fevereiro e outubro. No entanto, em outubro, nas estações de amostragem localizadas à jusante de Promissão Meio, verificou-se situações oligotróficas e mesotróficas. Já nos meses de maio e julho, o sistema mostrou-se bem diferenciado no eixo longitudinal, sendo classificado como eutrófico, mesotrófico e oligotrófico ao longo do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê.

Em função do modelo adotado no presente estudo (CARLSON, 1977, modificado por TOLEDO Jr. et al., 1983), o resultados do Índice de Estado Trófico médio demonstraram a melhoria na qualidade da água no sentido dos



rios Tietê e Piracicaba ao reservatório de Três Irmãos, variando de Eutrófico ⇒ mesotrófico ⇒ oligotrófico, conforme pode ser verificado na Figura 28.

Legenda: 1 (Rio Piracicaba); 2 (Rio Tietê); 3 (Barra Bonita); 4 (Bariri Início); 5 (Bariri meio); 6 (Bariri barragem); 7 (Ibitinga Início); 8 (Ibitinga meio); 9 (Ibitinga barragem); 10 (Promissão Início); 11 (Promissão meio); 12 (Promissão barragem); 13 (Nova Avanhandava Início); 14 (Nova Avanhandava meio); 15 (Nova Avanhandava barragem); 16 (Três Irmãos Início); 17 (Três Irmãos meio); 18 (Três Irmãos barragem); 19 (Jusante de Três Irmãos); 20 (jusante de Ilha Solteira); 21 (Jupia).

Figura 28. Valores dos Índices de Estado Trófico Médios, obtidos nos reservatórios em cascata do sistema Médio e Baixo rio Tietê, e no rio Paraná, em 2000.

3.6 Discussão

Entre as teorias existentes para o ecossistema rio, existe uma que considera o sistema fluvial como sendo um gradiente contínuo de condições do meio ambiente, afetando a distribuição e as atividades dos organismos (VANNOTE et al., 1980). No entanto, o represamento do rio altera a dinâmica do gradiente contínuo, produzindo uma mudança longitudinal nas variáveis físicas e químicas, além das biológicas. Tal fato ocorreu no rio Tietê com a construção dos barramentos, possibilitando a formação de fragmentos, os quais respondem, de forma diferenciada, aos aportes de materiais provenientes dos principais tributários e aqueles decorrentes das atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica, além da influência de fatores climatológicos e dos mecanismos operacionais da barragem.

Considerando-se as variáveis climatológicas, a radiação solar assume fundamental importância para o desenvolvimento dos sistemas aquáticos, a qual propicia todas as interações de vida no mesmo. A sua absorção e dissipação, na forma de calor, no meio aquático, promovem o estabelecimento de uma estrutura térmica, a qual interfere na circulação dos processos biogeoquímicos. Este fator, associado à localização geográfica do sistema, à morfometria, às características da bacia hidrográfica e também à interferência antropogênica, determina o metabolismo do ambiente aquático.

Para os reservatórios em estudo, os perfis térmicos indicaram que os rios Tietê e Piracicaba apresentaram comportamento semelhante, em relação aos meses de fevereiro e maio de 2000, onde se verificou isotermia e perfis ortogradados de oxigênio dissolvido. No entanto, para os meses de julho e outubro, estes ambientes apresentaram microestratificações térmicas e perfis clinogradados de oxigênio, com exceção do mês de julho, no rio Tietê, que apresentou um leve termoclina e uma oxiclina acentuada.

Nos meses de fevereiro e maio, praticamente em todos os reservatórios do sistema em cascata foram observados perfis isotérmicos e perfis ortogradados de oxigênio dissolvido, salvo algumas exceções, tais como: em Bariri Meio, nos meses de fevereiro e maio, com perfis levemente clinogradados de oxigênio; e em Ibitinga Início, em maio de 2000; Promissão Meio, em fevereiro e maio e Três

Irmãos Barragem, em maio, que apresentaram pequenas termoclinas nos perfis de temperatura.

Nos meses de julho e outubro, os perfis térmico e químico foram diferentes em relação aos reservatórios estudados. No mês de julho, a partir do reservatório de Ibitinga até Três Irmãos, ocorreram perfis isotérmicos de temperatura e ortogrado de oxigênio dissolvido. No entanto, nos primeiros reservatórios e nos rios Tietê e Piracicaba ocorreram microestratificações térmicas, com termoclina e perfis de oxigênio com oxiclina. Houve, praticamente, um acréscimo nos valores de temperatura ao longo do sistema em cascata, o que está relacionado com os horários das coletas.

Já em outubro ocorreram pequenas estratificações na coluna d'água, com presença de perfis clinogradados de oxigênio, com exceção do reservatório de Três Irmãos Barragem, que mostrou pequenas termoclinas nas primeiras camadas d'água e com subsequente isoterminia até o fundo.

Os períodos de isoterminia encontrados nos períodos de fevereiro e maio estão associados à maior mistura vertical, o que demonstra a fragilidade da estrutura térmica vertical, com respostas rápidas aos eventos externos, tais como ventos, chuvas.

Segundo Henry e Cury (1981), o vento é o principal fator responsável pela circulação das águas, desestratificando a coluna d'água, uma vez que atua sobre a massa d'água, provocando turbulência e causando a instabilidade térmica. O efeito do vento pode ser muito importante na circulação horizontal, principalmente se a direção do eixo principal coincide com a direção do vento predominante da região (TUNDISI, 1990).

Straškraba (1993) salienta que o vento e os gradientes térmicos (densidade dependente), estabelecidos ao longo da coluna d'água, são as forças físicas que influenciam na estabilização térmica de um lago.

A estratificação térmica observada pode também estar associada às entradas dos tributários, rio Bauru (em Bariri-Meio) e o rio Jacará-Guaçu (Ibitinga-Meio), com repercussão até as suas respectivas barragens. Verifica-se, portanto, que as entradas de águas (afluentes) interferem também no regime térmico.

O oxigênio dissolvido na água é uma das substâncias cuja estimativa é de maior utilidade, pois pode, às vezes, constituir-se em fator limitante para a sobrevivência dos organismos.

Segundo Esteves (1988), as fontes de oxigênio dissolvido para a água são a atmosfera (difusão direta) e o processo de fotossíntese. Por outro lado, as perdas ocorrem pelo consumo no processo de decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos (ferro e mangânes).

No período de fevereiro, os reservatórios após Ibitinga-Barragem apresentaram valores de oxigênio dissolvido mais baixos que no período seco, sendo que, em geral, a coluna d'água mostrou-se bem oxigenada, o que pode estar evidenciando a mistura das diferentes camadas de água. Quanto à distribuição do oxigênio dissolvido na coluna d'água, verificou-se variação nas concentrações entre a superfície e o hipolímnio, com as camadas superficiais mais oxigenadas. No entanto, no período de seca (julho e outubro), os valores de oxigênio dissolvido no hipolímnio foram bem menores, caracterizando uma camada anóxica, como foi observado para o rio Tietê e o reservatório de Bariri-Meio.

Analisando os perfis de oxigênio, verificou-se a existência de um gradiente de oxigênio semelhante aos gradientes térmicos, uma vez que a distribuição do oxigênio dissolvido está, em parte, relacionada aos perfis de temperatura. Segundo Margalef (1983) e Wetzel (1983), a concentração de oxigênio dissolvido está ligada diretamente à temperatura da água e à pressão atmosférica.

Tundisi (1988) salienta que, em geral, quando a coluna d'água se encontra estratificada, as concentrações de oxigênio dissolvido tendem a apresentar valores mais baixos no fundo. Henry (1999) corrobora esta idéia e descreve que a duração do período de estratificação térmica é fundamental na ocorrência de déficit de oxigênio dissolvido na região do hipolímnio.

Outra variável avaliada no presente estudo foi o pH, o qual é considerado importante para a dinâmica dos sistemas aquáticos, pois além de interferir no metabolismo das comunidades aquáticas e na solubilidade de nutrientes, sofre variações em função dos processos fotossintéticos, respiratórios e de decomposição (ESTEVES, 1988). Neste estudo, os valores

de pH apresentaram maiores variações no período de seca (outubro), registrando-se o valor máximo de 9,38 em Barra Bonita-Barragem, provavelmente devido as florações de cianofíceas, enquanto que, nos demais períodos, os valores de pH variaram pouco no sentido longitudinal do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, que vai de Barra Bonita até Três Irmãos e ainda em Jupia (no rio Paraná).

Em geral, nas regiões mais profundas dos reservatórios, ou seja, próximos ao sedimento, os valores de pH apresentaram-se ligeiramente mais baixos, sendo que, no período chuvoso, os valores foram mais ácidos, variando entre 5 e 6, o que pode estar associado a dois fatores: ao processo respiratório, pela liberação do gás carbônico, o qual adiciona na água íons H^+ , e ao processo de decomposição, através das atividades heterotróficas.

Para os demais períodos (maio, julho e outubro), os valores de pH estiveram entre 6,0-8,0. Segundo Margalef (1983), o pH está relacionado aos processos físicos e químicos nos corpos d'água, e estes valores de pH indicam predominância de bicarbonatos. Ainda segundo o autor, valor de pH acima de 8,2 indica predominância de CO_3^{2-} e, provavelmente, deva ser diretamente associado à elevada demanda fotossintética. De acordo com Esteves (1988), valores abaixo de 5,0 indicam ausência de substâncias tamponantes e predomínio de ácido carbônico.

Na grande maioria das águas epicontinentais, os valores de pH oscilam entre 6,5 e 8,5, o que significa que, em todas elas, o pH tem um papel preponderante do íon bicarbonato (HCO_3^-), como mencionado por Esteves (1988).

Vieira (1996), estudando o reservatório de Ibitinga, encontrou valores de pH alcalino e com pouca variação. O presente estudo observou que os valores de pH estão dentro dos valores encontrados também por Oliveira (1993) e Eysink (1990), para o reservatório de Barra Bonita, e por Sandes (1990), para o reservatório de Álvaro de Souza Lima (Bariri).

A condutividade elétrica da água, outra variável analisada no presente estudo, reflete diretamente a concentração de íons na água. Devido às atividades na bacia hidrográfica, muitos materiais e íons dissolvidos são carregados para os reservatórios, através do escoamento superficial pelas chuvas, interferindo nos valores de condutividade.

Nos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, no período de fevereiro, os valores de condutividade foram mais baixos, o que possivelmente deve estar relacionado com o processo de diluição que ocorre com o aumento do volume d'água. Nos meses de julho e outubro, os valores de condutividade elétrica foram mais elevados.

De modo geral, ocorreu um aumento da condutividade na região do hipólímnio dos reservatórios, o que pode ser reflexo do aumento da decomposição, o que também interfere na diminuição da concentração de oxigênio dissolvido no fundo.

Segundo Branco (1991), a variação nos valores de condutividade elétrica fornece dados sobre os processos de decomposição, que é refletida pelo aumento na condutividade, podendo assim auxiliar na detecção de fontes de poluição, além de fornecer informações sobre o metabolismo aquático.

Durante o período de estudo, verificou-se redução nos valores de condutividade elétrica ao longo do sistema em cascata, ou seja, com elevados valores nos primeiros reservatórios e diminuição nos últimos, até o rio Paraná. Neste sentido, deve-se mencionar que os valores de condutividade, em quase todos os pontos de amostragem, estavam distribuídos de forma homogênea na coluna d'água, com variação em alguns reservatórios, onde ocorre a entrada dos tributários.

O rio Tietê, na estação à montante do reservatório de Barra Bonita, foi o local que apresentou os mais elevados valores de condutividade elétrica nos meses de maio e julho, o que demonstra o reflexo drástico da poluição ocasionada pelos impactos antropogênicos, através dos resíduos domésticos e industriais advindos de sua bacia de drenagem, incluindo a grande São Paulo.

Os valores do limite da zona eufótica na água do sistema Médio e Baixo rio Tietê revelaram-se distintos em relação aos períodos amostrados, com acréscimo em relação ao longo do sistema em cascata, sendo que os maiores valores de zona eufótica ocorreram no sentido decrescente de período amostrado: de julho \Rightarrow maio \Rightarrow fevereiro \Rightarrow outubro. É provável que no mês de fevereiro, principalmente nos primeiros reservatórios, os valores tenham sido mais baixos devido à ação do vento que, nessa época, é mais acentuado, promovendo a ressuspensão do sedimento acumulado no fundo dos

reservatórios, considerando-se ainda o aporte de material devido à ação das chuvas.

Em geral a menor penetração de luz pode ocorrer quando existir um grande aporte de material em suspensão que, em fevereiro, foi representado pela maior concentração de sólidos inorgânicos trazidos do processo de lixiviação do solo da bacia hidrográfica para os reservatórios, por drenagem, após intensas precipitações. Portanto, o limite da zona eufótica, foi afetado pela presença de material em suspensão, alterando, assim, a estrutura ótica da água.

Toda essa carga alóctone, advinda da bacia de drenagem, é devida ao intenso processo de degradação ambiental que vem ocorrendo em todas as microbacias do rio Tietê e do rio Piracicaba, através das monoculturas, agroindústrias e indústrias química, conforme se observa na Figura 29, a qual demonstra as atividades desenvolvidas no entorno de cada reservatório do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê.

Neste estudo verificou-se, que no período chuvoso ocorreu um maior aporte de materiais inorgânicos e que, no período seco, constatou-se uma maior concentração da fração orgânica do material em suspensão, o que indica a remoção de materiais da bacia de drenagem e também a entrada de efluentes no curso d'água. Estas frações (orgânico e inorgânico) de sólidos em suspensão estão associadas ao lançamento de efluentes oriundos da indústria canavieira, bem como de outras culturas desenvolvidas na área da bacia, ou seja, nas áreas agricultáveis, onde geralmente são utilizados fertilizantes químicos e agrotóxicos (Figura 29).

Com relação aos valores referentes aos nutrientes, no sistema do Médio e Baixo rio Tietê, verificou-se, em geral, que as formas nitrogenadas e fosfatadas revelaram uma tendência de redução ao longo da cascata até o rio Paraná. Neste sentido, a fragmentação do rio Tietê, através dos barramentos, promoveu a retenção dos impactos da sua bacia de drenagem, depurando, assim, a massa d'água ao longo do seu percurso. Um aspecto negativo da fragmentação é o processo mais acelerado da eutrofização nos primeiros reservatórios do sistema.

Resultados enfocando as evidências de eutrofização em reservatórios do Médio rio Tietê vêm sendo registrados em numerosos trabalhos, tais como: Matsumura-Tundisi et al., (1981), De Fellipo (1987), Calijuri (1988), Aranha (1990), Sandes (1990), Tundisi e Matsumura-Tundisi (1990), Oliveira (1993), Espíndola (1994), Calijuri e Dos Santos (1996), Oischi (1996), Barbosa et al. (1999).

Sandes (1998), por exemplo, enfatiza que o reservatório de Barra Bonita, o primeiro da seqüência em cascata, encontra-se sob um intenso processo de eutrofização decorrente de um grande aporte de nutrientes e matéria orgânica, advindo da bacia hidrográfica. E essa característica também foi registrada no presente estudo.

Com relação aos nutrientes nitrogenados, observou-se, neste estudo, que os afluentes (rios Tietê e Piracicaba) e o reservatório de Barra Bonita apresentaram os valores mais elevados de nitrogênio orgânico total e das frações nitrato, nitrito e do íon amônio; o que também ocorreu no reservatório de Bariri (Meio), que recebe a influência do rio Bauru (Figura 30).

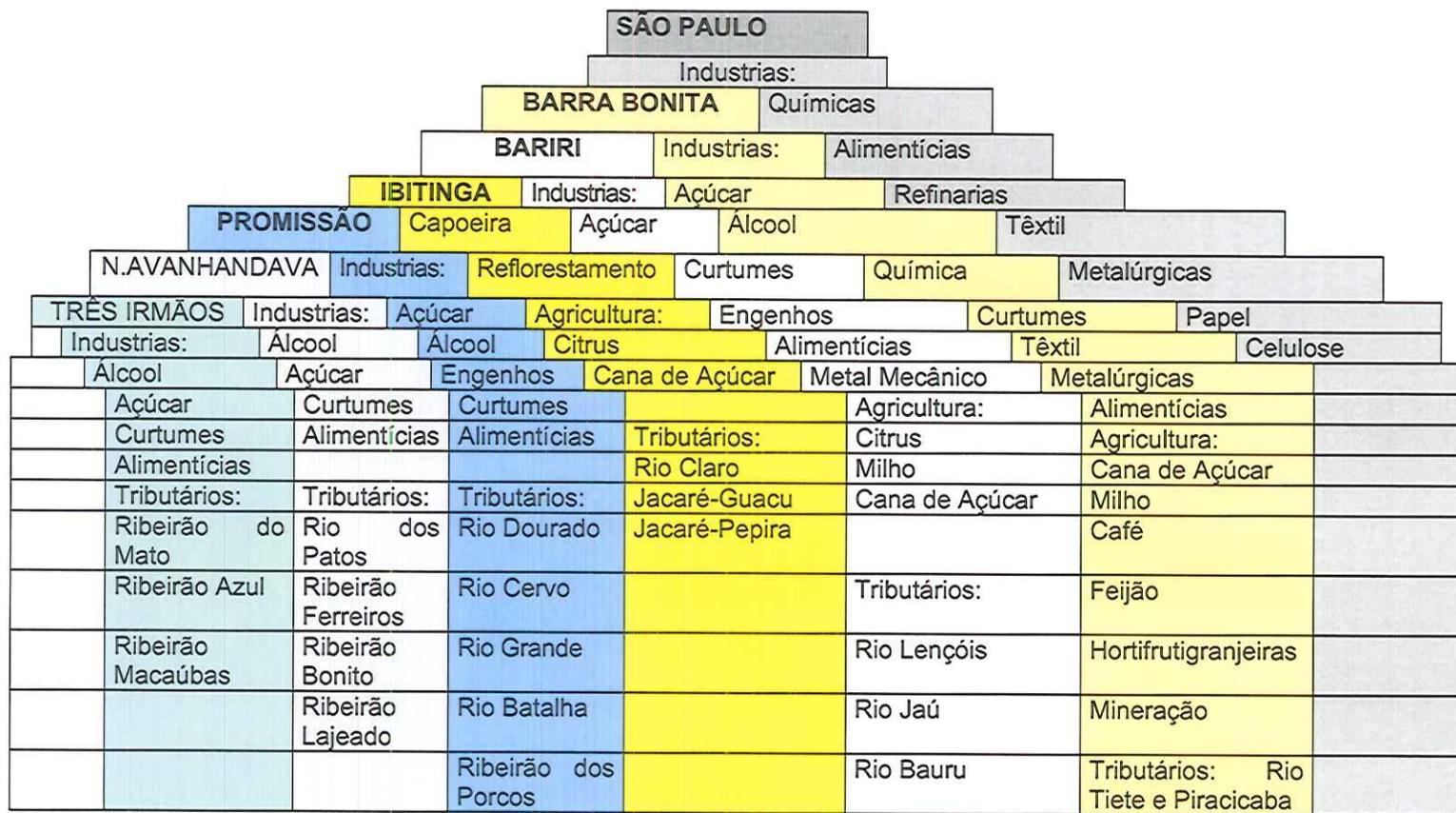
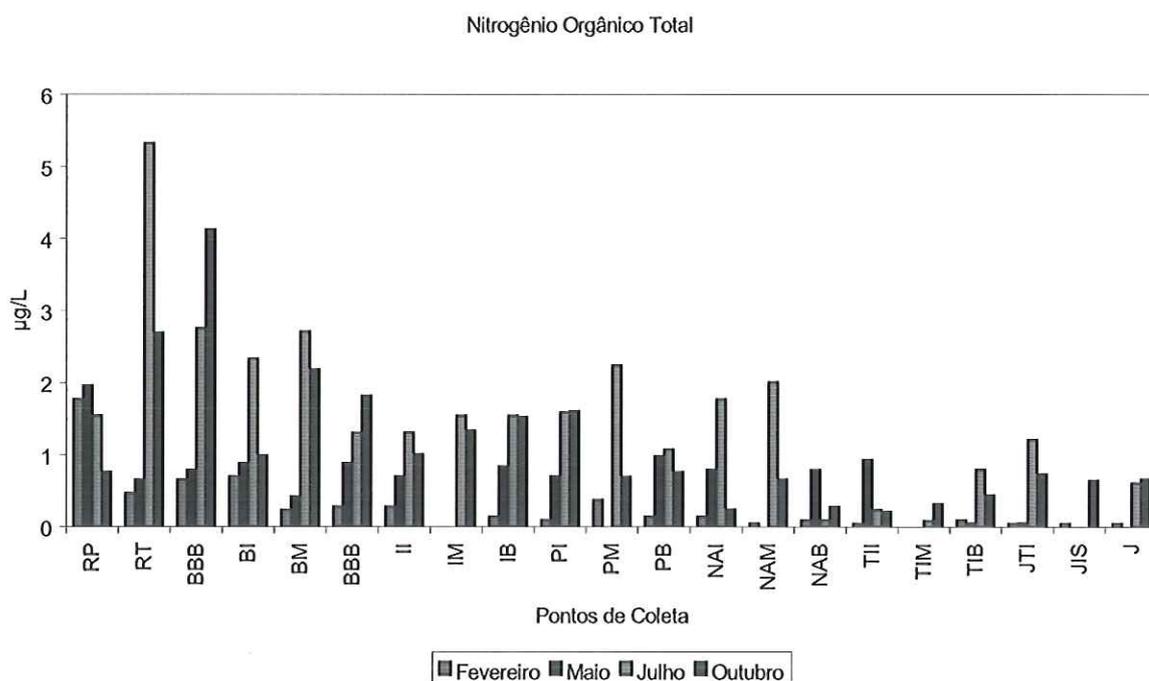


FIGURA 29. Distribuição espacial das atividades desenvolvidas nas áreas de entorno de cada micro-bacia do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê/SP.



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupiá).

Figura 30. Variação das concentrações de nitrogênio orgânico total nos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, nos períodos amostrados.

Segundo o relatório de qualidade de água da CETESB (1995), os rios Tietê e Piracicaba recebem um grande aporte de esgotos domésticos, além dos efluentes industriais da grande São Paulo e da cidade de Campinas; o que faz com que o reservatório de Barra Bonita esteja mais sujeito aos efeitos da carga poluidora.

Uma outra fonte de contribuição, ao longo dos primeiros reservatórios da cascata, é o aporte de nutrientes pelos tributários, como pode ser observado em Bariri e Ibitinga, além das fontes difusas e pontuais da bacia de drenagem, advindas através das chuvas. Rocha e Branco (1986) descrevem que as fontes

antropogênicas de nutrientes nitrogenados são os efluentes domésticos e os solos fertilizados para fins de cultivo.

Possivelmente, os valores mais elevados dos nutrientes nitrogenados, encontrados nos períodos de julho e outubro, estejam associados com o tempo de retenção dos reservatórios, uma vez que no período de chuvas este é relativamente mais baixo devido ao efeito de diluição. Segundo Straškraba e Tundisi (1999), o tempo de retenção da água é o principal fator responsável pelas diferenças na qualidade da água entre os reservatórios.

As principais formas de nitrogênio para os produtores primários são o nitrato e o íon amônio. Os altos valores destes elementos, nos meses de outubro e julho de 2000, também correspondem aos altos valores de clorofila-*a* que foram encontrados nestes períodos, tendo sido observados altos valores nos primeiros reservatórios, verificando-se redução nos últimos reservatórios do sistema em cascata.

O íon amônio, produto final da decomposição da matéria orgânica, difere do nitrato em toxicidade e mobilidade. A detecção de valores mais elevados de íon amônio em relação ao nitrato, provavelmente, pode estar associada à entrada de efluentes, o que corresponde aos altos valores encontrados para o rio Tietê e também próximos a entrada do rio Bauru, no reservatório de Bariri-Meio. Vieira (1996), estudando o reservatório de Ibitinga, descreve que os rios Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu apresentaram reduzidas concentrações de nitrato, nitrito e amônio. No entanto, no período de seca, o autor registrou elevados valores de nitrato e nitrito enquanto que no período chuvoso, altos valores de amônio.

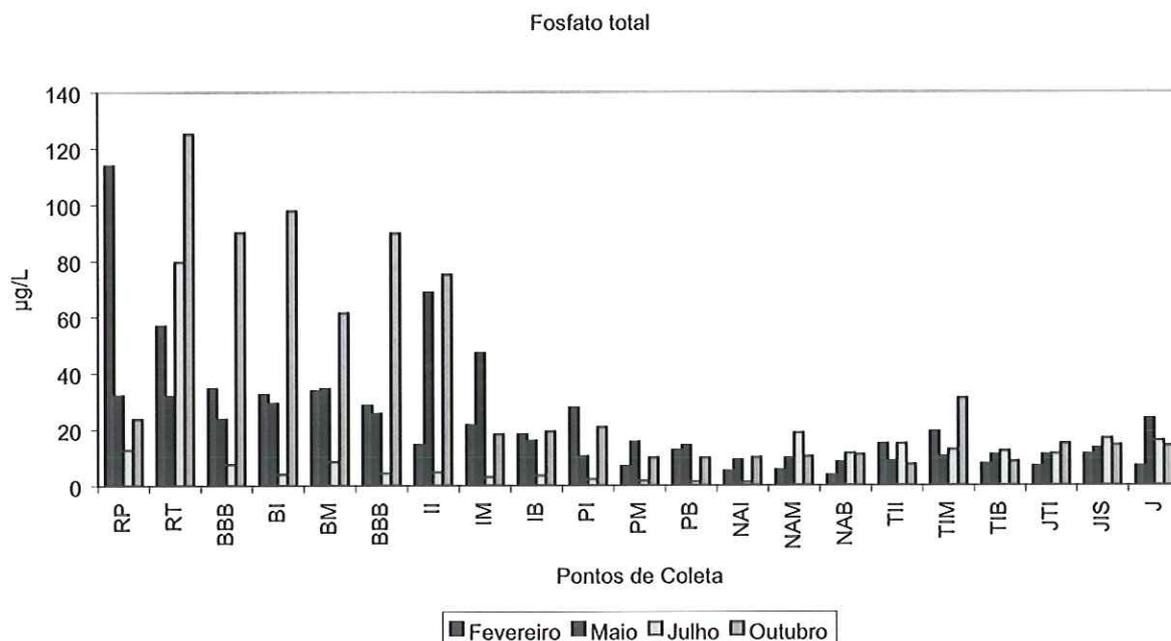
O amônio pode ser considerado como um indicador de contaminação por despejos, principalmente de origem doméstica. Portanto, os elevados valores de nitrogênio e de suas frações no período de seca podem estar associados aos *inputs* dos efluentes domésticos e industriais.

Wetzel (1993) enfatiza que quando ocorrem altas concentrações de oxigênio dissolvido, paralelamente, ocorre também uma redução na concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH_4^+). Nos meses de julho e outubro, observou-se que os altos teores de nitrogênio amoniacal, corresponderam ao período de anoxia no hipolímnio.

Na coleta do mês de fevereiro registrou-se, no eixo longitudinal do sistema em cascata do rio Tietê, que as concentrações de nitrogênio total sofreram uma redução significativa em relação aos valores encontrados no início do sistema. A diminuição nos valores de N-total na água não deve ser associada apenas à redução das cargas poluidoras introduzidas, mas deve ser analisada tanto pelo processo de diluição pelas águas de chuva, como também pela absorção de nutrientes pelas macrófitas aquáticas (MORAES, 1999), que reduzem a capacidade de assimilação de nitrogênio pelo fitoplâncton.

De acordo com Allan (1995), as concentrações de nutrientes nitrogenados e fosfatados dissolvidos apresentam relação com o uso e ocupação do solo. Neste sentido, pode-se dizer que o nitrogênio inorgânico dissolvido apresenta um elevado aumento nas suas concentrações em ambientes aquáticos que recebem influências de bacias de drenagem com áreas agrícolas, as quais utilizam fertilizantes nitrogenados.

Com relação aos resultados de fósforo total e de suas frações (fosfato total dissolvido e fosfato inorgânico) pode-se verificar, através da Figura 31, que o sistema apresentou o mesmo comportamento observado em relação ao nitrogênio, ou seja, os valores mais elevados ocorreram nos primeiros reservatórios, com redução nos últimos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê.



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupiá).

Figura 31. Variação das concentrações de fosfato total nos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, nos períodos amostrados.

Para fósforo total, em geral, os valores mais elevados foram registrados em outubro, com exceção do mês de julho, quando foi obtido o valor máximo de concentração para o rio Piracicaba. Estes valores, no mês de outubro, provavelmente estão relacionados com a maximização da concentração em relação ao volume de água e também das fontes artificiais.

Segundo Esteves (1988), o que pode ocorrer é um grande incremento, a partir das fontes artificiais que são basicamente os esgotos doméstico e industrial e a fertilização agrícola. No lado oposto, as fontes naturais de fósforo para os sistemas aquáticos são ocasionadas pelo intemperismo das rochas do seu entorno (PAONE, 1986), que chegam aos ambientes aquáticos através do carreamento, pela água de chuva adsorvida, da argila ou na forma solúvel.

Os baixos valores de fosfato total dissolvido e de fosfato inorgânico, registrados nos últimos reservatórios do eixo longitudinal do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, demonstram que esses reservatórios são sistemas empobrecidos nutricionalmente, uma vez que o fósforo é assimilado rapidamente pelos produtores primários. Enquanto que, as altas concentrações de fósforo ocorreram nos primeiros reservatórios e afluentes (rios Tietê e Piracicaba, reservatórios de Barra Bonita, Bariri e Ibitinga), permitindo, assim, o desenvolvimento de maior biomassa fitoplanctônica.

Os valores mais elevados de fosfato total dissolvido, verificados em outubro, mostram-se fortemente relacionados aos altos valores de sólidos suspensos orgânicos encontrados neste período, em contraste com os baixos valores de sólidos em suspensão inorgânicos; o que pode indicar que o ciclo do fósforo é altamente dinâmico no sistema, via decomposição.

Com relação ao reservatório de Três Irmãos, foram detectados valores mais elevados de fosfato total dissolvido e fosfato inorgânico em relação aos outros reservatórios do eixo principal do sistema em cascata, nos períodos de fevereiro e outubro, provavelmente devido ao processo de decomposição.

De acordo com Wetzel (1993), as concentrações de fósforo total na maior parte das águas de superfície, consideradas não contaminadas, estão entre 10 e 50 μ g/L. Para este estudo observou-se valores acima do limite máximo nos primeiros reservatórios do sistema em cascata, o que pode estabelecer que estas águas recebem uma grande carga de nutrientes de origem artificial, como a introdução de esgoto doméstico, escoamentos superficiais urbano e da agricultura, além de efluentes industriais.

De acordo com Tundisi et al. (1988), o reservatório de Barra Bonita funciona como o principal retentor de nutrientes, devido aos elevados valores de fósforo e ferro detectados no sedimento (RODHGER, 2002). Os autores

ainda descrevem que estas concentrações vão sendo diluídas, ao longo dos demais reservatórios, e também deixam de ser depositadas pelos curtos tempos de residência da água nos últimos reservatórios da cascata.

Os efluentes, provenientes de atividades agrícolas, urbanas e da indústria podem, efetivamente, em curto período de tempo, exceder a capacidade de processamento dos ecossistemas aquáticos. As conseqüências são diretas e imediatas sobre os organismos e sobre a totalidade dos ciclos biogeoquímicos. Em função disso, os reservatórios são considerados sistemas complexos, cujas características principais de funcionamento dependem de múltiplos fatores interdependentes, tais como: o tipo de contaminação, interações de usos múltiplos com a hidrologia e impactos das atividades humanas resultantes dos efeitos dos usos múltiplos nas Bacias Hidrográficas (TUNDISI et al., 1999).

3.7 Conclusões

1. As diferenças entre o volume, a vazão e o tempo de residência dos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê afetam diretamente as características físicas e químicas da água.
2. A existência de reservatórios em cascata ao longo do Médio e Baixo rio Tietê contribuem para a melhoria da qualidade da água, uma vez que os primeiros reservatórios da cascata retêm grande carga de nutrientes que são carreados pelos seus principais afluentes, os rios Tietê e Piracicaba.
3. Em relação ao eixo principal do sistema em cascata, sentido longitudinal, os índices de estado trófico apresentaram uma forte tendência de mudança do estado eutrófico \Rightarrow mesotrófico \Rightarrow oligotrófico.
4. Os reservatórios de Barra Bonita, Bariri e Ibitinga mostraram-se mais eutrofizados devido ao grande aporte de nutrientes advindos da grande cidade de São Paulo e da região de Campinas, embora também deva ser considerado o aporte dos rios Jaú e Bauru para esses sistemas.
5. Os últimos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê (reservatórios de Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos) estão localizados em uma área com menor densidade populacional e reduzida atividade industrial em sua área de entorno. Um outro fator é que os reservatórios de Promissão e Três Irmãos apresentam alto tempo de residência e grande volume de água.

3.8 Referências bibliográficas

AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JR., H.F.; BORGHETTI, J.R. (1992). Considerações sobre os impactos dos represamentos na ictiofauna e medidas para sua atenuação. Um estudo de caso: Reservatório de Itaipú. *Revista UNIMAR, Maringá*, v. 14, Suplemento. p. 89-107.

ALLAN, J. D. (1995). *Stream ecology. Structure and function of running waters*. Chapman; Hall. 388p.

APHA; AWWAS; WPCF. (1995). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 19 ed. Washington, D.C.: American Public Health Association; American Water Work Association; Water Pollution Control Federation. 874p.

ARANHA, F.J. (1990). *Influência de fatores hidráulicos e hidrológicos na composição e biomassa do fitoplâncton em curto período de tempo, na represa de Barra Bonita, Médio Tietê, São Paulo*. São Carlos. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, 150p.

ARMENGOL, J.; SABATER, F.; RIEIRA, J.L.; MOURGUI, J.A. (1990). Annual and longitudinal changes in the environmental conditions in three consecutive reservoirs of Guadiana Rives (W.Spain). *Arch. Hydrobiol. Beih. Egebn Limnol.*, v.33., p.679-687.

BARBOSA, F.A .R.; PADISÁK, J.; ESPÍNDOLA, E.G.L.; BORICS, G., ROCHA, O. (1999). The Cascading Reservoir Continuum Concept (CRCC) and Its Application to the River Tietê – Basin, São Paulo State, Brazil. In: *TUNDISI, J.G.; STRAŠKRABA, M.* (eds). *Theoretical Reservoir Ecology and its Applications*. Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers., p.425-437.

BAXTER, R.M. (1977). Environmental effects of dams and impoundments. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 8: p.255-283.

BOUDOU, A.; RIBEYRE, F. (1989). *Aquatic fundamentals concepts and Methodologies*. Florida, CRC Press., v. II., 1989.

BRANCO, C.W.C. (1991). *A comunidade planctônica e a qualidade da água no Lago Paranoá, Brasília, DF.*, Brasília. Dissertação de Mestrado, Brasília, UnB. 34p.

CALIJURI, M.C. (1988). *Respostas fisioecológicas da comunidade fitoplanctônica e fatores ecológicos em ecossistemas com diferentes estágios de eutrofização*. São Carlos. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

CALIJURI, M.C.; DOS SANTOS, A.C.A. (1996). Short term changes in the Barra Bonita reservoir (São Paulo, Brazil): emphasis on the phytoplankton communities. *Hidrobiologia*. 330: p.163-75.

CARLSON, R.E. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnol and Oceanogr.*, v.22, n.2, p.361-369.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. (1995). *Relatório da qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo*. 1995, 169p.

DE FELLIPO, R. (1987). *Ciclo sazonal do fitoplâncton, fatores climatológicos e hidrológicos na represa de Barra Bonita*. São Carlos. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos. 90p.

ESPÍNDOLA, E.G.L. (1994). *Dinâmica da associação congênica das espécies de *Notodiaptomus spp* na represa de Barra Bonita, São Paulo*. São Carlos: 363p. Tese (Doutorado). USP/EESC/SP.

ESPÍNDOLA, E.G.L.; ROCHA, O.; RIETZEL, A ; CALIJURI, M.C.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; TUNDISI, J.G.; BARBOSA, F.A .R. (1999). Limnologia comparada dos reservatórios em cascata do Médio Tietê (SP): uma análise temporal,. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA. Florianópolis. *Caderno de Resumos*. 233p.

ESPÍNDOLA, E.L.G. (1994). *Dinâmica da associação congênica das espécies de Notodiaptomus sp na represa de Barra Bonita, São Paulo*. São Carlos: 363p. Tese (Doutorado). USP/EESC/SP.

ESTEVES, F.A. (1988). *Fundamentos de limnologia*. Rio de Janeiro. Interciências. FINEP.

EYSINK, G.G.I. (1990). Mercúrio-In: Seminário Nacional: Mitos e conseqüências do uso do mercúrio.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.AM. (1978). *Methods of Chemical and Physical Analysis of Freshwater*. IBP Handbook n.8. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 213p.

GÜNTZEL, A. M. (2000). *Variações espaço-temporais da comunidade zooplantônica nos reservatórios do médio e baixo rio Tietê/Paraná*. São Carlos. 445p. Tese (Doutorado) Universidade Federal de São Carlos.

HEJZLAR, J.; STRASKRABA, M. (1989). On the horizontal distribution of limnological variables in Rimov and Others Stratified Czechoslovak reservoirs. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, v.33., p.41-55.

HENRY, R.; CURI, P. R. (1981). Influências de parâmetros climatológicos sobre alguns fatores físico-químicos da água na represa do Rio Pardo (Botucatu, SP). *Rev. Brasil Biol.*, 41(2): p.299-306.

HENRY, R. (1999). *Ecologia de Reservatórios: Estrutura, função e aspectos sociais*. (eds.) – Botucatu: FUNDIBIO; FAPESP. 730p.

KIMMEL, B.L.; LIND, O.T.; PAULSON, L.J. (1990). Reservoir primary production. IN: THORTON, K.W.; KIMMEL, B.L.; PAYNE, F.E. (eds). *Reservoir Limnology: Ecological perspectives*. New York. John Wiley e Sons., Inc. Cap. 6, p.133-192.

KLEEREKOPER, H. (1990). *Introdução ao estudo da limnologia*. 2 ed. Porto Alegre: Ed. Da Universidade/UFRGS., 329p.

KOROLEFF, F. (1976). Determination of nutrients. In: GRASSHOFF, K. (eds) *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie. Weinheim.

LUND, J.W.G.; TALLING, J. F. (1957). Botanical limnological methods with special reference to the algae. *Botanical Review*, v.23, n.8-9, p. 485-583.

MACKERETH, S.J.H.;HERON, J.;TALLING, J.S. (1978). *Water analysis: some revised methods for limnologists*, (Freshwater Biological Association Scientific Publication, 36), Kendal: Titus Wilson & Sons Ltda, 117p.

MARGALEF, R. (1983). *Limnologia*. Barcelona: Omega, S.A., 1010 p.

MATSUMURA-TUNDISI, T.; HINO, K.; CLARO, S. M. (1981). Limnological studies on 23 reservoirs in southern part of Brazil. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* V.21., p. 1040-1047.

MORAES, A. R. (1999). *Estimativa do estoque de elementos químicos em macrófitas aquáticas do reservatório de Salto Grande (Americana, SP)*. São Carlos. 94p. Dissertação (Mestrado). – Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo.

NUSH, E. A. (1980). Comparasion of different methods for chorophyll and phaeopigments determination. *Arch. Fur. Hydrobiol.*, v.14., p.14-36.

OISHI, M.K. (1996). *Caracterização do meio físico, das características físicas, químicas e do fluxo de nutrientes em tributários da bacia hidrográfica do reservatório de Barra Bonita (Médio Tietê, SP)*. 199p. Tese de Doutorado, EESC-USP, São Carlos, SP.

OLIVEIRA, H.T. (1993). *Avaliação das condições limnológicas de compartimento (Braço do Rio Capivari) e sua interação com o reservatório de Barra Bonita, SP., com ênfase na comunidade fitoplanctônica*. Tese de Doutorado. São Carlos. EESC-USP.

PAYNE, A .I. (1986). *The ecology of tropical lakes and rivers*. Chichester: John Wiley e Sons Ltda. 301p.

ROCHA, O.; BRANCO, S.M. (1986). A eutrofização e suas implicações na ciclagem de nutrientes. *Acta Limnol. Brasil*. I: p. 201-242.

SANDES, M. A .L. (1990). *Flutuações e Fatores Ecológicos, Composição e Biomassa do Fitoplâncton em Curto Período de Tempo no reservatório de Álvaro de Souza Lima (Bariri, SP)*. São Carlos. 111p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Paulo.

SANDES, M. A .L. (1998). *Estudos ecológicos em florescimento de Microcystis (Cyanobacteria-cyanophyceae) e interações com a flora bacteriana na represa de Barra Bonita, Médio Tietê, São Paulo*. Tese (Doutorado). São Carlos, SP. 216p.

SCHIFFER, A. (1984). *Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais*. Porto Alegre: Ed. da Universidade, UFRGS., 532p.

STRAŠKRABA, M. (1990). *Limnological particularities of multiple reservoir series*

STRAŠKRABA, M. (1993). Some new data on longitudinal differences in the physical limnology of lakes and reservoirs. In: BOLVSKOY, A.; LÓPEZ, H.L. (eds.) *Conferencias de limnología* [Dr. R.A. Ringvelet], La Plata: p.19-39.

STRAŠKRABA, M.; TUNDISI, J. G.; DUNCAN, A. (1993). "State-of-art of Reservoir Limnology and Water Quality Management"- (eds). *Comparative Reservoir Limnology and Water Quality Management*, 213-288., p. 215-280.

STRAŠKRABA, M. (1994). Vltava cascade as teaching grounds for reservoir limnology. *Wat. Sci Tech.*, 30: p.289-297.

STRAŠKRABA, M. et. al., (1993c). Framework for investigation and evaluation of reservoir water quality in Czechoslovakia., In: STRASKRABA, M., TUNDISI, J.G.; DUNCAN, A; (eds.) *Comparative reservoir limnology and water quality management*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. Cap. 7: p.169-212. *. Arch. Hydrobiol. Beih Ergebn. Limnol.*, 33: p.677-678.

STRAŠKRABA, M.; TUNDISI, J. .G. (1999). Reservoir water quality management. In: *Guidelines of Lake Management Handbook* –Ostu, ILEC/UNEP-V.9.

THOMAZ, S.M.; BINI, 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.

TOLEDO, A.P.Jr; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.;AGUDO, E.G. (1983). A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo da eutroficação em lagos e reservatórios tropicais. 34p. Apresentado no *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 12., Camboriú,

TUNDISI, J. G. (1981). Typology of reservoirs In: Southern Brazil. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, v.21: p.1031-1039.

TUNDISI, J. G. (1988). *Limnologia e manejo de represas*. EESC/USP., CRHEA, ACIESP, vii, Tomo 2., 440p.

TUNDISI, J. G. (1989). *Management of reservoir in Brazil*. IN: JORGENSEN, S.E.; VOLLENWEIDER, R.A. (eds.) *Guidelines of lake management*. vol. 1. principles of lake management. ILEC-UNEP. Otsu.p.155-169.

TUNDISI, J. G. (1990). Distribuição espacial, seqüência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. *Ver. Brasil. Biol.*, 50(4): p. 937-955.

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., HENRY, R., ROCHA, O.; HINO, K. (1988). Comparações do estado trófico de 23 reservatórios do Estado de São Paulo: eutrofização e manejo. In: TUNDISI, J.G. (ed.) *Limnologia e manejo de represas*. Série Monografias em Limnologia. EESC-USP/ CRHEA/ACIESP. Vol. I, tomo 1., p. 165-204.

TUNDISI, J. .G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. (1990). Limnology and eutrophication of Barra Bonita reservoir, São Paulo State, Southern, Brazil. *Arch. Hydrobiol.Beih. Ergebn. Limnol.* V. 33: p. 661-676.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; CALIJURI, M.C.; NOVO, E.M.L. (1991). Comparative limnology of five reservoirs in the middle Tietê River, S. Paulo State. *Verh. Internat. Verein. Lmn.* Vol. 24: p.1489-1496

TUNDISI, J. G. MATSUMURA-TUNDISI, T., CALIJURI, M. C. (1993). Limnology and managemente of reservoirs in Brazil. IN: STRASKRABA, M., TUNDISI, J.G., DUNCAN, A . (eds) *Comparative Reservoir Limnology and Water Quality Management*. Kluwer Academic Publishers, Nether lands: p.25-55.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; O, ROCHA. (1999). Limnologia de águas interiores. Impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos. IN: *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. Org. e Coord. Cient. Aldo da Cunha Rebouças, Benedito Braga, José Galisia Tundisi. São Paulo: Escrituras Editoras. p.195-223.

VANNOTE, R.L.; MINSHALL, G.W.; CUMMINS, K.W.; SEDELL, J.R.; CUSHING, C.E. (1980). The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: p. 130-137.

VIEIRA, M.S. (1996). *Avaliação limnológica do reservatório de Ibitinga (rio Tietê Médio superior) e sua interação com a bacia hidrográfica SP*. 237p. Dissertação (Mestrado) – EESC- Universidade de São Paulo.

WETZEL, R.G. (1983). *Limnology*. 2 ed. W.B. Saunders. College Publishing, Philadelphia., P.A . 860p.

WETZEL, R.G. (1990). Land-water interfaces: metabolic and limnological regulators. *Ver Int. Verein. Limnol.*, 24: p. 6-24.

WETZEL, R. G. (1993). *Limnologia.*, Lisboa, Ed. Fundação Calouste Gulbenkian. 919p.

WETZEL, R.G.; LIKENS, G.E. (1991). *Limnological Analysis*. 2^ª Ed. Springer-Verlog. 391p.

ANEXOS

Tabela 2. Valores mensais de vazão defluente média e tempo de residência da água nos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê.

	Meses	Vazão defluente (m ³ /s)	Tempo de residência (dias)
Reservatório de Barra Bonita	Julho (1999)	317	114
	Agosto (1999)	348	104
	Setembro (1999)	453	80
	Outubro (1999)	320	113
	Novembro (1999)	250	145
	Dezembro (1999)	350	103
	Janeiro (2000)	395	91
	Fevereiro (2000)	341	106
	Março (2000)	395	95
	Abril (2000)	321	113
	Maio (2000)	268	135
	Junho (2000)	275	131
	Julho (2000)	220	164
	Reservatório de Bariri	Julho (1999)	364
Agosto (1999)		389	16
Setembro (1999)		504	12
Outubro (1999)		357	17
Novembro (1999)		285	22
Dezembro (1999)		405	15
Janeiro (2000)		470	13
Fevereiro (2000)		423	14
Março (2000)		456	14
Abril (2000)		364	17
Maio (2000)		302	21
Junho (2000)		310	20
Julho (2000)		260	24

Tabela 2. (cont) - Valores mensais de vazão e tempo de residência da água nos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê.

	Meses	Vazão defluente (m ³ /s)	Tempo de residência (dias)
Reservatório de Ibitinga	Julho (1999)	448	25
	Agosto (1999)	454	25
	Setembro (1999)	568	20
	Outubro (1999)	403	28
	Novembro (1999)	332	34
	Dezembro (1999)	480	23
	Janeiro (2000)	580	19
	Fevereiro (2000)	577	19
	Março (2000)	607	18
	Abril (2000)	443	25
	Maio (2000)	375	30
	Junho (2000)	359	31
	Julho (2000)	317	35
	Reservatório de Promissão	Julho (1999)	606
Agosto (1999)		668	128
Setembro (1999)		745	115
Outubro (1999)		624	137
Novembro (1999)		492	174
Dezembro (1999)		543	158
Janeiro (2000)		723	118
Fevereiro (2000)		532	161
Março (2000)		581	147
Abril (2000)		624	137
Maio (2000)		593	144
Junho (2000)		523	164
Julho (2000)		380	225
Reservatório de Nova Avanhandava		Julho (1999)	619
	Agosto (1999)	669	47
	Setembro (1999)	756	41
	Outubro (1999)	636	49
	Novembro (1999)	523	60
	Dezembro (1999)	600	52
	Janeiro (2000)	826	38
	Fevereiro (2000)	670	46
	Março (2000)	661	47
	Abril (2000)	635	49
	Maio (2000)	552	57
	Junho (2000)	409	76
	Julho (2000)	481	65
	Reservatório de Três	Julho (1999)	1082.5
Agosto (1999)		1086.7	146
Setembro (1999)		1151.6	138
Outubro (1999)		1095.4	145
Novembro (1999)		851.4	187
Dezembro (1999)		407.8	391

Continuação da Tabela 2. (cont) - Valores mensais de vazão e tempo de residência da água nos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê.

Reservatório de Três	Meses	Vazão defluente (m ³ /s)	Tempo de residência (dias)
	Janeiro (2000)	726.4	219
	Fevereiro (2000)	658.8	182
	Março (2000)	8757.0	155
	Abril (2000)	1104.7	144
	Mai (2000)	1025.8	147
	Junho (2000)	901.4	177
	Julho (2000)	865.5	184

Tabela 3. Valores máximos e mínimos de pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura da água e horário de coleta nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, em fevereiro de 2000.

Pontos de coleta	pH		Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		Oxigênio dissolvido (mg/L)		Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)		Horário da coleta (h)
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	
Rio Tietê	6,27	5,75	133	126	8,19	7,55	24,8	24,7	12:40
Rio Piracicaba	6,08	5,72	66	72	8,17	7,58	24,6	24,3	09:20
Barra Bonita Barragem	6,53	5,72	224	121	7,95	7,05	26,2	25,4	15:50
Bariri-Início	6,37	5,94	119	103	8,28	7,52	25,2	23,9	14:00
Bariri-Meio	6,18	5,72	110	87	8,82	7,05	27,0	23,5	15:20
Bariri-Barragem	6,20	5,73	119	115	7,93	7,32	25,2	25,3	09:40
Ibitinga-Início	7,16	5,06	200	132	8,88	7,16	28,3	25,2	15:05
Ibitinga-Meio	5,85	4,01	42	37	8,71	8,13	25,6	25,3	09:40
Ibitinga-Barragem	6,22	5,78	260	174	7,43	7,75	27,4	26,0	11:10
Promissão-Início	5,75	5,52	116	116	7,85	7,49	26,2	26,1	08:45
Promissão-Meio	7,03	5,79	143	110	8,23	6,96	27,8	26,3	14:05
Promissão-Barragem	6,64	5,82	116	61	8,40	7,53	27,0	26,1	11:00
Nova Avanhandava-Início	6,86	6,55	99	98	7,65	7,41	27,0	26,9	14:30
Nova Avanhandava-Meio	7,48	6,42	95	85	7,97	6,98	28,9	26,5	17:00
Nova Avanhandava-Barragem	6,82	6,16	139	82	8,18	7,56	27,3	26,5	10:30
Três Irmãos-Início	6,87	6,51	83	82	7,64	7,06	28,3	27,8	14:50
Três Irmãos-Meio	6,84	6,06	66	61	7,81	6,41	29,7	27,2	14:15
Três Irmãos-Barragem	7,23	6,06	64	60	7,84	6,13	31,8	27,3	17:25
Jusante Três-Irmãos	6,68	6,37	59	58	7,31	7,05	27,8	27,9	11:00
Jusante Ilha Solteira	6,37	6,43	18	16	6,97	6,68	29,2	29,0	13:45
Jupiaá	7,14	5,96	32	22	7,71	6,12	31,2	28,0	15:50

Tabela 4. Valores máximos e mínimos de pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura da água e horário de coleta nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, em maio de 2000.

Pontos de coleta	pH		Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		Oxigênio dissolvido (mg/L)		Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)		Horário da coleta (h)
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	
Rio Tietê	6,59	6,32	119	111	8,29	8,15	23,6	23,4	09:00
Rio Piracicaba	6,54	6,39	148	72	8,56	8,11	23,0	23,0	07:45
Barra Bonita-Barragem	7,01	6,20	173	165	8,26	7,54	24,5	23,8	14:20
Bariri-Início	6,60	6,45	160	157	7,99	7,51	24,5	24,3	12:30
Bariri-Meio	6,58	6,25	158	156	8,37	7,14	24,5	23,4	10:45
Bariri-Barragem	6,83	6,23	188	76	8,58	7,13	24,3	23,2	08:30
Ibitinga-Início	6,84	6,07	153	151	7,64	6,62	26,1	24,5	15:45
Ibitinga-Meio	7,59	6,15	140	134	7,98	6,76	25,7	24,1	09:55
Ibitinga-Barragem	6,60	5,86	134	85	7,91	6,91	25,1	23,7	10:55
Promissão-Início	6,36	6,13	130	125	7,63	6,98	24,4	24,3	07:55
Promissão-Meio	7,25	6,17	214	67	8,05	6,13	26,5	25,0	14:20
Promissão-Barragem	7,25	6,20	142	70	8,15	7,20	25,7	25,2	11:00
Nova Avanhandava-Início	7,05	7,03	141	141	7,47	7,29	25,5	25,4	09:37
Nova Avanhandava-Meio	6,78	6,50	176	139	7,93	7,05	25,3	25,2	08:30
Nova Avanhandava-Barragem	7,08	6,28	134	130	9,69	8,73	25,4	25,9	13:00
Três Irmãos-Início	6,96	6,72	130	131	9,16	8,83	25,8	25,8	14:50
Três Irmãos-Meio	7,06	6,35	102	99	9,35	8,47	26,1	25,9	08:20
Três Irmãos-Barragem	7,08	6,22	80	74	9,30	8,40	27,1	26,2	15:00
Jusante Três Irmãos	6,82	6,76	81	81	8,84	8,61	26,7	26,6	11:45
Jusante Ilha Solteira	6,21	6,13	35	35	8,57	8,13	26,4	26,4	08:15
Jupia	6,74	6,00	60	53	9,16	8,50	26,7	26,6	10:00

Tabela 5. Valores máximos e mínimos de pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura da água e horário de coleta nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, em julho de 2000.

Pontos de coleta	pH		Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)		Oxigênio dissolvido (mg/L)		Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)		Horário da coleta (h)
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	
Rio Tietê	6,98	6,36	431	396	2,71	0,07	22,4	19,2	11:05
Rio Piracicaba	5,85	6,30	246	245	3,48	2,90	20,0	18,7	10:00
Barra Bonita-Barragem	6,75	6,00	243	224	6,33	2,73	19,7	19,2	08:00
Bariri-Início	6,92	6,62	220	209	5,77	4,49	20,4	19,4	15:20
Bariri-Meio	6,38	6,24	175	158	3,22	2,42	20,6	20,2	13:35
Bariri-Barragem	6,92	6,31	188	174	6,77	0,54	21,2	20,1	14:55
Ibitinga-Início	6,84	5,96	177	166	6,75	6,07	21,2	20,4	08:50
Ibitinga-Meio	7,47	6,28	176	173	9,22	3,65	21,3	20,6	15:30
Ibitinga-Barragem	6,78	5,98	215	64	10,31	9,40	20,5	20,1	10:50
Promissão-Início	6,10	6,05	74	72	10,11	10,08	20,3	20,3	09:20
Promissão-Meio	6,95	6,68	112	56	9,75	8,75	21,1	20,9	08:55
Promissão-Barragem	6,97	6,23	155	58	9,38	8,52	21,4	21,2	11:55
Nova Avanhandava-Início	7,18	7,15	115	115	8,72	8,50	21,5	21,5	14:00
Nova Avanhandava-Meio	7,77	6,73	117	58	9,45	8,21	22,2	21,4	14:50
Nova Avanhandava-Barragem	7,36	6,45	180	62	9,22	8,49	21,6	21,3	12:05
Três Irmãos-Início	6,80	6,43	123	123	8,71	8,44	21,2	21,2	08:50
Três Irmãos-Meio	7,06	6,87	109	55	8,49	8,23	22,0	21,9	09:12
Três Irmãos-Barragem	7,07	6,69	96	49	8,89	7,88	22,8	22,3	15:15
Jusante Três Irmãos	7,03	6,84	56	48	8,49	8,36	22,8	22,7	13:00
Jusante Ilha Solteira	6,43	6,08	37	37	8,04	7,73	22,7	22,7	08:10
Jupia	6,89	6,66	49	46	8,76	8,00	22,7	22,6	11:20

Tabela 6. Valores máximos e mínimos de pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura da água e visibilidade do disco de Secchi obtidos nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, em outubro de 2000.

Pontos de coleta	pH		Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)		Oxigênio dissolvido (mg/L)		Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)		Horário da coleta (h)
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	
Rio Tietê	7,54	7,29	343	280	6,94	0,00	24,7	20,7	09:47
Rio Piracicaba	9,30	6,56	243	229	13,02	2,77	26,5	22,3	11:30
Barra Bonita-Barragem	9,38	7,08	285	278	14,26	1,40	26,6	21,7	17::20
Bariri-Início	8,42	7,10	286	280	10,34	4,92	24,8	22,3	13:50
Bariri-Meio	7,05	6,83	280	183	4,31	1,58	24,9	23,2	10:20
Bariri-Barragem	7,62	6,72	323	267	7,18	0,00	25,2	21,6	11:25
Ibitinga-Início	7,47	7,21	277	276	4,94	4,85	24,3	23,9	14:45
Ibitinga-Meio	8,57	6,82	243	206	8,67	4,57	24,2	21,9	10:15
Ibitinga-Barragem	9,25	6,90	224	212	10,68	0,05	24,7	21,6	11:10
Promissão-Início	8,76	8,61	206	206	9,23	8,77	24,4	24,3	15:00
Promissão-Meio	8,15	6,58	143	138	8,70	1,84	23,9	21,9	08:35
Promissão-Barragem	8,05	6,61	146	141	8,22	0,81	24,1	22,2	09:55
Nova Avanhandava-Início	7,56	7,44	140	139	7,35	7,20	23,0	23,0	11:20
Nova Avanhandava-Meio	8,44	7,02	142	138	8,93	6,69	26,6	23,5	13:50
Nova Avanhandava-Barragem	8,06	6,59	141	137	8,48	5,40	24,3	22,1	10:20
Três Irmãos-Início	7,52	7,43	139	138	7,08	7,04	23,1	23,0	16:20
Três Irmãos-Meio	8,23	6,91	137	134	8,43	5,18	26,2	21,6	09:54
Três Irmãos-Barragem	7,85	7,03	137	135	8,49	6,81	24,7	22,5	06:40
Jusante Três Irmãos	7,24	6,72	128	128	7,10	6,84	23,4	23,3	10:45
Jusante Ilha Solteira	7,33	7,21	38	37	7,78	7,52	24,9	24,7	14:30
Jupia	7,88	6,44	47	41	8,32	6,17	27,3	24,2	16:40

Tabela 7, Concentrações de material em suspensão (total, orgânico e inorgânico) obtidas nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, durante os períodos de estudo.

Pontos de Coleta	Fevereiro / 2000			Maio / 2000			Julho / 2000			Outubro / 2000		
	M,S,T (mg/L)	M,S,O (mg/L)	M,S,I (mg/L)	M,S,T (mg/L)	M,S,O (mg/L)	M,S,I (mg/L)	M,S,T (mg/L)	M,S,O (mg/L)	M,S,I (mg/L)	M,S,T (mg/L)	M,S,O (mg/L)	M,S,I (mg/L)
Rio Tietê	53,12	5,20	47,92	5,68	1,92	3,76	6,87	1,85	5,02	13,53	6,80	6,73
Rio Piracicaba	14,20	3,84	10,36	5,74	2,98	2,76	7,06	4,25	2,81	6,12	4,33	1,79
Barra Bonita-Barragem	5,00	2,56	2,44	2,76	1,31	1,45	4,38	2,04	2,34	8,87	6,04	2,83
Bariri-Início	7,98	3,08	4,90	5,06	1,84	3,23	5,77	1,77	4,00	9,12	5,39	3,72
Bariri-Meio	7,84	2,78	5,06	3,80	1,81	1,99	7,14	3,64	3,50	16,42	16,31	0,11
Bariri-Barragem	4,60	2,92	1,68	2,84	1,10	1,74	4,27	1,20	3,07	5,16	4,47	0,69
Ibitinga-Início	10,28	7,44	2,84	3,51	2,70	0,81	2,95	1,59	1,36	3,88	2,36	1,52
Ibitinga-Meio	8,16	3,20	4,96	1,94	0,81	1,13	—	—	—	4,76	2,93	1,84
Ibitinga-Barragem	2,72	2,40	0,32	1,59	0,69	0,90	1,88	0,92	0,96	5,32	3,95	1,37
Promissão-Início	3,16	1,97	1,19	1,89	1,12	0,77	1,31	0,66	0,65	4,31	3,78	0,52
Promissão-Meio	2,49	1,41	1,08	1,52	1,50	0,02	1,63	1,38	0,25	3,19	1,42	1,78
Promissão-Barragem	1,68	1,62	0,06	1,16	1,12	0,04	1,56	1,23	0,33	1,35	1,27	0,09
N, Avanhandava-Início	2,64	1,26	1,38	1,58	1,54	0,04	1,55	1,48	0,07	1,45	1,25	0,20
N, Avanhandava-Meio	1,92	1,32	0,60	—	—	—	1,86	1,23	0,63	3,47	2,91	0,56
Nova, Avanhandava-Barragem	1,75	1,50	0,25	1,82	1,42	0,40	1,28	0,90	0,38	1,57	1,16	0,41
Três Irmãos-Início	1,88	1,73	0,15	1,06	0,82	0,23	1,57	1,02	0,55	1,91	1,56	0,35
Três Irmãos-Meio	1,51	1,46	0,05	0,63	0,57	0,06	0,37	0,34	0,03	0,76	0,64	0,12
Três Irmãos-Barragem	1,69	1,32	0,37	1,82	1,06	0,76	0,71	0,54	0,17	1,09	0,31	0,79
Jusante Três Irmãos	2,06	1,31	0,75	—	—	—	0,38	0,14	0,24	1,58	1,56	0,02
Jusante Ilha Solteira	3,88	1,06	2,82	3,40	1,46	1,94	1,13	0,46	0,67	1,32	0,64	0,68
Jupia	1,56	0,94	0,62	5,42	1,66	3,76	1,64	0,72	0,92	1,10	0,74	0,37
Máxima	53,12	7,44	47,92	5,74	2,98	3,76	7,06	4,25	5,02	16,42	16,31	6,73
Mínima	1,51	0,94	0,06	0,63	0,57	0,02	0,37	0,14	0,03	0,76	0,31	0,02
Média	6,67	2,40	4,28	2,80	1,44	1,36	2,77	1,37	1,40	4,58	3,32	1,26

Obs: (—) Valores não determinados,

Tabela 8. Concentrações de Nitrogênio Orgânico Total, Nitrato, Nitrito, Amônio, Fósforo Total, Fosfato Total Dissolvido, Fosfato Inorgânico e Silicato nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, referente ao mês de Fevereiro / 2000.

Pontos de Coleta	Nitrogênio Org. total (mg/L)	Nitrato (µg/L)	Nitrito (µg/L)	Amônio (µg/L)	Fósforo Total (µg/L)	Fosfato Total Dis. (µg/L)	Fosfato Inorgânico (µg/L)	Silicato (mg/L)
Rio Tietê	1,77	456,88	21,41	1186,00	189,49	113,77	90,53	5
Rio Piracicaba	0,47	236,12	46,65	170,03	86,99	56,99	44,81	5,85
Barra Bonita-Barragem	0,65	629,78	17,70	19,26	121,52	34,63	26,09	3,44
Bariri-Início	0,70	746,30	48,92	51,04	227,15	32,43	25,9	4,59
Bariri-Meio	0,23	683,72	116,59	92,18	76,10	33,69	23,57	4,92
Bariri-Barragem	0,28	744,94	24,08	22,02	69,81	28,52	21,2	3,99
Ibitinga-Início	0,28	717,92	15,54	1,21	56,13	14,49	5,45	3,19
Ibitinga-Meio	—	40,18	3,86	42,59	—	21,6	17,75	4,65
Ibitinga-Barragem	0,14	745,45	4,18	20,95	36,43	18,31	13,02	3,61
Promissão-Início	0,09	640,54	6,23	32,26	103,48	27,69	12,78	3,65
Promissão-Meio	0,37	557,12	13,05	0,00	41,06	6,94	3,21	4,88
Promissão-Barragem	0,14	468,92	13,23	10,68	64,23	12,53	9,52	4,54
Nova, Avanhandava-Início	0,14	425,81	12,03	1,80	42,10	5,22	3	5,08
Nova, Avanhandava-Meio	0,05	312,06	8,77	6,33	21,48	5,48	5,37	4,84
Nova, Avanhandava-Barragem	0,09	312,34	7,94	5,23	32,84	3,61	2,6	5
Três Irmãos-Início	0,05	282,99	8,21	37,82	32,33	14,8	12,79	4,96
Três Irmãos-Meio	—	143,99	2,37	19,41	—	19,1	16,08	5,94
Três Irmãos-Barragem	0,09	132,83	3,00	2,73	22,90	7,66	5,42	6,19
Jusante Três Irmãos	0,05	139,30	2,56	5,30	27,62	6,94	5,93	6,5
Jusante Ilha Solteira	0,05	107,40	3,63	0,00	30,07	11,06	8,6	5,38
Jupia	0,05	111,09	3,76	0,00	29,54	6,85	4,4	5,87
Máxima	1,77	746,30	116,59	1186,00	227,15	113,77	90,53	6,19
Mínima	0,05	40,18	2,37	1,21	21,48	3,61	2,6	3,19
Média	0,30	411,22	18,27	82,23	69,01	22,96	17,04	4,86

Tabela 9. Concentração de Nitrogênio Orgânico Total, Nitrato, Nitrito, Amônio, Fósforo Total, Fosfato Total Dissolvido, Fosfato Inorgânico e Silicato nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, referente ao mês de Maio / 2000.

Pontos de Coleta	Nitrogênio Org. total (mg/L)	Nitrato (µg/L)	Nitrito (µg/L)	Amônio (µg/L)	Fósforo Total (µg/L)	Fosfato Total Dis. (µg/L)	Fosfato Inorgânico (µg/L)	Silicato (mg/L)
Rio Tietê	1,96	1492,40	262,91	1519,20	103,51	32,10	8,65	4,86
Rio Piracicaba	0,65	391,97	7,53	73,76	76,42	31,84	19,59	5,05
Barra Bonita-Barragem	0,79	1187,10	6,15	12,99	37,67	23,65	9,54	4,79
Bariri-Início	0,88	2,22	12,63	28,48	39,13	29,32	13,04	4,48
Bariri-Meio	0,42	1036,20	128,04	213,69	70,37	34,44	17,03	5,32
Bariri-Barragem	0,88	1125,60	2,67	8,54	63,01	25,65	11,90	5,77
Ibitinga-Início	0,70	770,33	7,96	69,56	38,95	68,70	49,94	6,88
Ibitinga-Meio	—	779,36	14,55	26,20	34,50	47,13	22,23	5,84
Ibitinga-Barragem	0,84	728,56	4,00	10,93	9,67	16,02	5,78	7,26
Promissão-Início	0,70	942,10	10,69	9,54	57,85	10,40	7,99	5,62
Promissão-Meio	—	792,29	6,87	4,99	20,47	15,50	1,08	6,55
Promissão-Barragem	0,98	768,38	2,74	18,23	11,45	14,27	2,04	5,65
Nova Avanhandava-Início	0,79	945,48	10,46	10,83	28,92	8,99	2,31	6,40
Nova Avanhandava-Meio	—	732,55	6,77	12,32	20,08	9,72	2,21	7,07
Nova Avanhandava-Barragem	0,79	774,77	7,15	8,08	26,28	8,20	2,62	6,75
Três Irmãos-Início	0,93	796,30	5,38	10,99	21,18	8,61	1,81	5,63
Três Irmãos-Meio	—	419,64	2,34	13,55	25,78	10,32	0,53	7,63
Três Irmãos-Barragem	0,05	290,57	2,31	6,42	24,15	10,87	2,95	7,25
Jusante Três Irmãos	0,05	292,58	2,76	7,55	33,37	11,02	2,09	7,31
Jusante Ilha Solteira	—	133,04	2,41	7,55	30,38	13,15	6,36	7,01
Jupia	—	141,96	3,19	9,62	51,92	23,75	11,00	7,53
Máxima	1,96	1492,40	262,91	1519,20	103,51	68,70	49,94	7,63
Mínima	0,05	2,22	2,31	4,99	9,67	8,20	0,53	4,48
Média	0,76	692,54	24,26	99,19	39,28	21,60	9,55	6,22

Tabela 10. Concentrações de Nitrogênio Orgânico Total, Nitrato, Nitrito, Amônio, Fósforo Total, Fosfato Total Dissolvido, Fosfato Inorgânico e Silicato nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, referente ao mês de julho / 2000.

Pontos de Coleta	Nitrogênio Org. total (mg/L)	Nitrato (µg/L)	Nitrito (µg/L)	Amônio (µg/L)	Fósforo Total (µg/L)	Fosfato Total Dis. (µg/L)	Fosfato Inorgânico (µg/L)	Silicato (mg/L)
Rio Tietê	5,32	1795,70	244,74	2389,60	348,67	79,58	277,53	5,33
Rio Piracicaba	1,54	1187,30	6,28	16,04	750,37	12,84	22,16	6,68
Barra Bonita-Barragem	2,75	2049,80	24,06	37,83	57,34	7,62	22,77	4,84
Bariri-Início	2,33	1751,30	23,25	680,69	58,97	4,05	3,81	5,40
Bariri-Meio	2,70	815,65	37,95	593,32	139,17	8,56	18,33	7,34
Bariri-Barragem	1,30	1512,80	54,12	9,30	48,11	4,46	8,01	5,53
Ibitinga-Início	1,30	1149,10	6,56	7,08	42,74	4,80	2,84	5,84
Ibitinga-Meio	1,54	958,55	9,80	11,44	51,76	3,08	1,30	5,53
Ibitinga-Barragem	1,54	913,68	6,03	14,28	30,58	3,66	3,10	6,03
Promissão-Início	1,58	859,62	4,36	9,02	26,07	2,33	1,16	6,26
Promissão-Meio	2,24	638,45	4,50	5,24	15,42	1,70	1,59	7,41
Promissão-Barragem	1,07	644,25	5,44	10,85	13,70	1,45	0,09	7,46
Nova Avanhandava-Início	1,77	662,11	4,80	10,40	8,98	1,22	0,23	6,69
Nova Avanhandava-Meio	2,00	528,71	4,78	12,91	18,50	18,75	8,58	7,50
Nova Avanhandava-Barragem	0,09	599,09	3,81	6,31	18,21	11,44	0,77	7,29
Três Irmãos-Início	0,23	471,35	3,33	18,61	18,01	14,83	1,52	7,12
Três Irmãos-Meio	0,08	467,01	3,60	8,01	21,56	12,78	4,01	7,46
Três Irmãos-Barragem	0,79	305,76	4,61	0,57	17,02	12,31	3,91	7,00
Jusante Três Irmãos	1,21	277,03	2,86	1,10	22,24	11,24	1,54	8,22
Jusante Ilha Solteira	—	149,82	1,05	4,41	25,86	16,77	4,03	8,42
Jupia	0,60	161,31	3,95	3,68	23,49	16,02	5,05	8,47
Máxima	5,32	2049,80	244,74	2389,60	750,37	79,58	277,53	8,47
Mínima	0,08	149,82	1,05	0,57	8,98	1,22	0,09	4,84
Média	1,59	852,30	21,90	183,36	83,65	11,88	18,68	6,75

Tabela 11. Concentrações de Nitrogênio Orgânico Total, Nitrato, Nitrito, Amônio, Fósforo Total, Fosfato Total Dissolvido, Fosfato Inorgânico e Silicato nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, referente ao mês de Outubro / 2000.

Pontos de Coleta	Nitrogênio Org. total (mg/L)	Nitrato (µg/L)	Nitrito (µg/L)	Amônio (µg/L)	Fósforo Total (µg/L)	Fosfato Total Dis. (µg/L)	Fosfato Inorgânico (µg/L)	Silicato (mg/L)
Rio Tietê	2,69	2180,85	434,84	1855,60	204,57	125,10	92,62	6,23
Rio Piracicaba	0,75	718,75	98,76	31,73	92,30	23,76	8,63	3,50
Barra Bonita-Barragem	4,12	2991,00	219,01	100,58	201,63	90,10	57,00	3,37
Bariri-Início	0,98	1960,80	117,53	109,35	166,77	97,74	59,17	4,49
Bariri-Meio	2,18	687,56	58,18	1010,10	205,37	61,36	25,44	7,80
Bariri-Barragem	1,81	1849,80	59,74	27,86	215,22	89,81	51,72	2,89
Ibitinga-Início	1,00	1141,13	69,80	55,49	141,99	75,03	44,24	4,71
Ibitinga-Meio	1,33	2138,90	43,08	52,05	89,77	18,28	1,11	4,76
Ibitinga-Barragem	1,52	1655,20	44,71	77,45	104,61	19,28	3,59	6,89
Promissão-Início	1,60	1573,00	25,48	76,76	105,08	20,78	5,16	7,44
Promissão-Meio	0,69	519,97	12,92	52,28	86,93	9,88	0,90	7,87
Promissão-Barragem	0,75	381,85	2,98	51,80	64,14	9,85	2,26	7,56
Nova Avanhandava-Início	0,24	488,78	5,70	52,27	44,74	9,94	2,19	7,54
Nova Avanhandava-Meio	0,65	257,30	2,96	34,25	67,73	10,32	4,27	7,11
Nova Avanhandava-Barragem	0,27	452,41	2,34	36,57	67,88	10,96	3,27	7,63
Três Irmãos-Início	0,20	335,68	1,69	36,68	44,38	7,48	1,57	7,72
Três Irmãos-Meio	0,31	500,03	3,81	8,51	51,39	31,13	12,03	7,42
Três Irmãos-Barragem	0,43	327,89	1,85	45,82	75,74	8,53	3,86	6,82
Jusante Três Irmãos	0,73	518,62	3,26	47,71	74,79	14,91	3,19	6,37
Jusante Ilha Solteira	0,64	196,44	3,20	16,88	44,79	14,37	3,21	7,16
Jupia	0,65	233,87	2,60	40,78	37,14	14,13	2,60	7,50
Máxima	4,12	2991,00	434,84	1855,60	215,22	125,10	92,62	7,87
Mínima	0,20	196,44	1,69	8,51	37,14	7,48	0,90	2,89
Média	1,12	1005,23	57,83	181,92	104,14	36,32	18,47	6,32

Tabela 12 - Valores do Índice de Estado Trófico, segundo o modelo proposto por Carlson (1977) e modificado por Toledo Jr, *et al*, (1983), nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tiete e rio Paraná, em fevereiro de 2000.

Pontos de Coleta	Valores do Índice do Estado Trófico				
	IET (Secchi)	IET (Fosforo)	IET (Fosfato)	IET (Clorofila)	IET (Médio)
Rio Tietê	50,77	61,15	73,95	61,19	106,85
Rio Piracicaba	83,99	72,38	83,92	58,48	145,35
Barra Bonita-Barragem	43,99	65,97	66,76	61,19	99,39
Bariri-Início	52,29	75,00	65,82	58,99	109,37
Bariri-Meio	40,77	59,22	66,37	58,48	93,36
Bariri-Barragem	41,51	57,98	63,96	56,58	92,51
Ibitinga-Início	49,39	54,83	54,19	62,99	98,54
Ibitinga-Meio	63,99	*	59,95	58,48	97,82
Ibitinga-Barragem	40,06	48,59	57,57	51,87	85,22
Promissão-Início	44,92	63,66	63,54	58,48	97,97
Promissão-Meio	40,77	50,32	43,56	59,78	84,67
Promissão-Barragem	38,44	56,77	52,09	57,19	85,89
N. Avandava-Início	34,92	50,68	39,47	56,99	76,96
N. Avandava-Meio	31,51	40,97	40,16	51,53	69,41
N. Avandava-Barragem	32,69	47,10	34,13	50,44	70,31
Três Irmãos-Início	32,69	46,87	54,50	51,53	76,38
Três Irmãos-Meio	30,77	*	58,18	*	47,39
Três Irmãos-Barragem	40,06	41,90	45,00	45,06	77,76
Jusante Três Irmãos	37,55	44,60	43,57	40,34	74,27
Jusante Ilha Solteira	60,77	45,83	50,31	39,23	99,44
Jupia	49,40	45,57	43,38	46,47	88,08

Classificação par o IET médio: Oligotrófico se IET < ou = 44; mesotrófico se 44 < IET < 54; eutrófico se IET > 54, (* valores não determinados),

Tabela 13, Valores do Índice de Estado Trófico, segundo o modelo proposto por Carlson (1977) e modificado por Toledo Jr, et al, (1983), nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tiete e no rio Paraná, em de maio de 2000.

Pontos de Coleta	Valores do Índice do Estado Trófico				
	IET (Secchi)	IET (Fosforo)	IET (Fosfato)	IET (Clorofila)	IET (Médio)
Rio Tietê	46,98	61,15	65,55	57,77	102,09
Rio Piracicaba	49,39	72,38	65,67	57,39	110,45
Barra Bonita-Barragem	34,21	65,97	66,76	63,94	90,41
Bariri-Início	53,40	75,00	65,82	51,66	108,39
Bariri-Meio	38,75	59,22	66,37	47,81	88,29
Bariri-Barragem	38,75	57,98	63,96	46,47	86,87
Ibitinga-Início	42,29	54,83	54,19	29,19	81,78
Ibitinga-Meio	43,99	*	59,95	43,49	73,54
Ibitinga-Barragem	33,32	48,59	57,57	60,46	80,93
Promissão-Início	34,92	63,65	63,54	49,63	85,44
Promissão-Meio	27,55	50,32	43,56	47,81	68,03
Promissão-Barragem	24,44	56,77	52,09	60,00	72,69
N. Avandava-Início	31,51	50,68	39,47	57,19	73,60
N. Avandava-Meio	24,21	40,97	40,16	46,75	60,75
N. Avandava-Barragem	26,98	47,10	34,13	49,63	64,37
Três Irmãos-Início	24,21	46,87	54,50	48,76	67,11
Três Irmãos-Meio	24,44	*	58,18	50,63	55,53
Três Irmãos-Barragem	28,75	41,90	45,00	47,03	67,01
Jusante Três Irmãos	26,98	44,60	43,57	44,23	64,81
Jusante Ilha Solteira	*	45,83	50,31	43,87	40,00
Jupia	*	45,57	43,38	47,81	39,08

Classificação par o IET médio: Oligotrófico se IET < ou = 44; mesotrófico se 44 < IET < 54; eutrófico se IET > 54, (* valores não determinados),

Tabela 14 - Valores do Índice de Estado Trófico, segundo o modelo proposto por Carlson (1977) e modificado por Toledo Jr, *et al*, (1983), nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tiete e no rio Paraná, em julho de 2000.

Pontos de Coleta	Valores do Índice do Estado Trófico				
	IET (Secchi)	IET (Fosforo)	IET (Fosfato)	IET (Clorofila)	IET (Médio)
Rio Tietê	46,98	61,15	78,77	67,67	104,92
Rio Piracicaba	*	72,38	52,46	51,87	59,48
Barra Bonita-Barragem	23,54	65,97	44,93	59,78	78,55
Bariri-Início	*	75,00	35,83	52,51	55,24
Bariri-Meio	31,13	59,22	46,62	56,37	83,12
Bariri-Barragem	22,90	57,98	37,22	45,87	70,85
Ibitinga-Início	*	54,83	38,28	61,77	48,80
Ibitinga-Meio	*	*	31,88	63,74	35,34
Ibitinga-Barragem	16,84	48,59	34,35	48,98	61,17
Promissão-Início	15,66	63,65	27,86	49,20	66,05
Promissão-Meio	15,28	50,32	23,33	55,13	57,86
Promissão-Barragem	15,28	56,77	21,08	55,71	62,30
Nova Avanhandava-Início	14,92	50,68	18,58	55,59	56,56
Nova Avanhandava-Meio	11,99	40,97	57,92	51,70	49,94
Nova Avanhandava-Barragem	15,28	47,10	50,79	52,03	53,35
Três Irmãos -Início	8,14	46,87	54,53	46,17	50,29
Três Irmãos-Meio	1,70	*	52,38	52,04	33,19
Três Irmãos-Barragem	2,74	41,89	51,85	43,07	39,88
Jusante Três Irmãos	4,39	44,60	50,53	43,88	42,11
Jusante Ilha Solteira	22,90	45,83	50,30	47,02	63,80
Jupia	11,99	45,57	43,38	41,81	49,35

Classificação par o IET médio: Oligotrófico se IET < ou = 44; mesotrófico se 44 < IET < 54; eutrófico se IET > 54, (* valores não determinados),

Tabela 15 - Valores do Índice de Estado Trofíco, segundo o modelo proposto por Carlson (1977) e modificado por Toledo Jr, *et al*, (1983), nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tiete e no rio Paraná, em outubro de 2000.

Pontos de Coleta	Valores do Índice do Estado Trofíco				
	IET (Secchi)	IET (Fosforo)	IET (Fosfato)	IET (Clorofila)	IET (Médio)
Rio Tietê	53,99	61,15	85,29	71,04	112,88
Rio Piracicaba	55,91	72,38	61,33	78,21	122,92
Barra Bonita-Barragem	53,99	65,97	80,56	77,36	114,01
Bariri-Início	53,99	75,00	81,73	78,80	116,73
Bariri-Meio	60,77	59,22	75,02	64,95	115,21
Bariri-Barragem	41,51	57,98	80,51	58,48	93,06
Ibitinga-Início	40,77	54,83	77,92	59,85	89,02
Ibitinga-Meio	46,98	*	57,54	69,63	84,00
Ibitinga-Barragem	50,77	48,59	58,31	76,54	102,97
Promissão-Início	40,77	63,66	59,39	61,58	94,70
Promissão-Meio	34,92	50,32	48,67	49,21	75,80
Promissão-Barragem	30,77	56,77	48,63	44,23	74,51
Nova Avanhandava-Início	30,77	50,68	48,75	44,92	69,36
Nova Avanhandava-Meio	42,29	40,97	49,30	54,76	81,11
Nova Avanhandava-Barragem	33,99	47,10	50,17	43,09	69,51
Três Irmãos-Início	27,55	46,87	44,64	39,80	67,88
Três Irmãos-Meio	28,44	*	65,23	44,23	57,70
Três Irmãos-Barragem	29,07	41,90	46,55	43,09	66,21
Jusante Três Irmãos	27,55	44,60	54,61	32,85	62,13
Jusante Ilha Solteira	40,77	45,83	50,30	43,87	80,77
Jupia	29,07	45,57	43,38	39,23	65,69

Classificação par o IET médio: Oligotrófico se IET < ou = 44; mesotrófico se 44 < IET < 54; eutrófico se IET > 54, (* valores não determinados),

CAPÍTULO 4

**“AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA
COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA NOS
RESERVATÓRIOS EM CASCATA DO MÉDIO E
BAIXO RIO TIETÊ”.**

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Distribuição da classe Cyanophyceae nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tiete e no rio Paraná, durante o período de estudo.	202
FIGURA 2	Distribuição da classe Chlorophyceae nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tiete e no rio Paraná, durante o período de estudo.	204
FIGURA 3	Distribuição da classe Bacillariophyceae nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tiete e no rio Paraná, durante o período de estudo.	206
FIGURA 4	Distribuição da classe Euglenophyceae nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tiete e no rio Paraná, durante o período de estudo.	208
FIGURA 5	Distribuição da classe Chryptophyceae nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tiete e no rio Paraná, durante o período de estudo.	210
FIGURA 6	Distribuição da classe Chrysophyceae nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tiete e no rio Paraná, durante o período de estudo.	211
FIGURA 7	Distribuição da classe Dinophyceae nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tiete e no rio Paraná, durante o período de estudo.	213
FIGURA 8	Distribuição da classe Zygnemaphyceae nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, durante o período de estudo.	214
FIGURA 9	Variação dos valores do índice de diversidade de Shannon-Weaner, no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, nos diferentes períodos de amostragem	216
FIGURA 10	Variação dos valores de uniformidade do fitoplâncton no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, nos diferentes períodos de amostragem	217
FIGURA 11	Concentrações de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) obtidas nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, durante períodos de estudo.	218

- FIGURA 12 Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton no rio Piracicaba, nos respectivos períodos amostrados. 219
- FIGURA 13 Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton no rio Tietê, nos respectivos períodos amostrados. 220
- FIGURA 14 Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Barra Bonita, nos respectivos períodos amostrados. 221
- FIGURA 15 Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Bariri-Início, nos respectivos períodos amostrados. 222
- FIGURA 16 Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Bariri-Meio, nos respectivos períodos amostrados. 223
- FIGURA 17 Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Bariri-Barragem, nos respectivos períodos amostrados. 224
- FIGURA 18 Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Ibitinga-Início, nos respectivos períodos amostrados. 225
- FIGURA 19 Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Ibitinga-Meio, nos respectivos períodos amostrados. 226
- FIGURA 20 Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Ibitinga-Barragem, nos respectivos períodos amostrados. 227
- FIGURA 21 Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Promissao-Início, nos respectivos períodos amostrados. 228

- FIGURA 22 Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Promissão-Meio, nos respectivos períodos amostrados. 229
- FIGURA 23 Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Promissão-Barragem, nos respectivos períodos amostrados. 230
- FIGURA 24 Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Nova Avanhandava-Início, nos respectivos períodos amostrados. 231
- FIGURA 25 Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Nova Avanhandava-Meio, nos respectivos períodos amostrados. 232
- FIGURA 26 Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Nova Avanhandava-Barragem, nos respectivos períodos amostrados. 233
- FIGURA 27 Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Três Irmãos-Início, nos respectivos períodos amostrados. 234
- FIGURA 28 Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Três Irmãos-Meio, nos respectivos períodos amostrados. 235
- FIGURA 29 Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Três Irmaos-Barragem, nos respectivos períodos amostrados. 236
- FIGURA 30 Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Três Irmãos Jusante, nos respectivos períodos amostrados. 237

- FIGURA 31 Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Ilha Solteira-Jusante, nos respectivos períodos amostrados. 238
- FIGURA 32 Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Jupia, nos respectivos períodos amostrados. 239
- FIGURA 33 Análise de agrupamento dos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tiete, referente a coleta de fevereiro de 2000. 244
- FIGURA 34 Análise de agrupamento dos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tiete, referente a coleta de maio de 2000. 245
- FIGURA 35 Análise de agrupamento dos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tiete, referente a coleta de julho de 2000. 246
- FIGURA 36 Análise de agrupamento dos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tiete, referente a coleta de outubro de 2000. 247

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Distribuição dos táxons do fitoplâncton ao longo de sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tiete e no rio Paraná, nos períodos amostrados.	279
TABELA 2	Densidade total (org./L) do fitoplâncton nos reservatórios do sistema em cascata do rio Tiete, durante o ano 2000.	290
TABELA 3	Densidade total (org./L) do fitoplâncton nos reservatórios do sistema em cascata do rio Piracicaba, durante o ano 2000.	290
TABELA 4	Densidade total (org./L) do fitoplâncton nos reservatórios do sistema em cascata do rio Tiete, durante o ano 2000.	291
TABELA 5	Densidade total (org./L) do fitoplâncton nos reservatórios do sistema em cascata do rio Tiete, durante o ano 2000.	291
TABELA 6	Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Bariri - Meio, no ano 2000.	292
TABELA 7	Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Bariri - Barragem, no ano 2000.	292
TABELA 8	Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Ibitinga - Início, no ano 2000.	293
TABELA 9	Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Ibitinga - Meio, no ano 2000	293
TABELA 10	Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Ibitinga - barragem, no ano 2000.	294

TABELA 11	Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Promissão - Início, no ano 2000.	294
TABELA 12	Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Promissão - Meio, no ano 2000.	295
TABELA 13	Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Promissão - Barragem, no ano 2000.	295
TABELA 14	Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Nova Avanhandava - início, no ano 2000.	296
TABELA 15	Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Nova Avanhandava - Meio, no ano 2000.	296
TABELA 16	Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Nova Avanhandava - Barragem, no ano 2000.	297
TABELA 17	Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Três Irmãos - início, no ano 2000.	297
TABELA 18	Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Três Irmãos - Meio, no ano 2000.	298
TABELA 19	Tabela 19 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Três Irmãos - Barragem, no ano 2000.	298
TABELA 20	Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Jupuíá - início, no ano 2000.	299
TABELA 21	Densidade total (org./L) do fitoplâncton a jusante do reservatório de Ilha Solteira, no ano 2000.	299
TABELA 22	Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Jupuíá, no ano 2000	300
TABELA 23	Percentagem total (%) das classes de fitoplâncton nos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, em Fevereiro de 2000.	301
TABELA 24	Percentagem total (%) das classes de fitoplâncton nos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, em Maio de 2000.	302
TABELA 25	Percentagem total (%) das classes de fitoplâncton nos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, em Julho de 2000.	303
TABELA 26	Percentagem total (%) das classes de fitoplâncton nos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, em Outubro de 2000.	304

TABELA 27	Valores dos Índices de Diversidade da Comunidade Fitoplanctônica ao longo do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e Paraná, nos períodos de coleta.	305
TABELA 28	Valores dos Índices de Uniformidade da Comunidade Fitoplanctônica ao longo do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e Paraná, nos períodos de coleta.	306
TABELA 29	Valores do Índice de Diversidade (bts./ind.) obtida nos reservatórios do sistema em Cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná.	307
TABELA 30	Valores do Índice de equitabilidade obtida nos reservatórios do sistema em Cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná.	308
TABELA 31	Índice de Similaridade da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê e no Rio Paraná, referentes ao período de fevereiro de 2000.	309
TABELA 32	Índice de Similaridade da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê e no Rio Paraná, referentes ao período de maio de 2000.	310
TABELA 33	Índice de Similaridade da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê e no Rio Paraná, referentes ao período de julho de 2000.	311
TABELA 34	Índice de Similaridade da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê e no Rio Paraná, referentes ao período de outubro/2000.	312

RESUMO

Os rios Tietê e Piracicaba, principais formadores do sistema de reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, percorrem importantes centros urbanos e áreas rurais do estado, recebendo, portanto, efluentes domésticos e industriais, além do aporte de materiais provenientes das atividades agrícolas e pastoris. Tal fato contribuiu, nas últimas décadas, para a eutrofização do sistema, promovendo alterações na qualidade da água e no sedimento, bem como na estruturação das comunidades aquáticas. Procurando-se reconhecer a situação atual, o presente capítulo tem por objetivo avaliar as distribuições espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica dos reservatórios de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos, além dos seus principais tributários (rios Tietê e Piracicaba) e também do rio Paraná (à jusante de Ilha Solteira e na represa de Jupia). Para tanto, as amostras foram analisadas qualitativamente e em termos de densidade numérica, abundância relativa, diversidade, uniformidade e a concentração de clorofila *a* nos meses de fevereiro, maio, julho e outubro de 2000. Os resultados obtidos demonstram os efeitos dos aportes de nutrientes ao sistema, principalmente nitrogênio e fósforo, contribuindo para elevadas densidades do fitoplâncton, notadamente em outubro e maio, com dominância de Cyanophyceae e Chlorophyceae. A maior densidade numérica foi observada nos primeiros reservatórios do sistema em cascata (Barra Bonita, Bariri e Ibitinga), com uma maior contribuição de Cyanophyceae, demonstrando uma nítida diferenciação espacial (entre os reservatórios) e sazonal (maior densidade no período de seca e menor no período chuvoso), refletindo os efeitos da localização e dos

mecanismos operacionais de cada reservatório, a capacidade de retenção de materiais no sistema em cascata, a disponibilidade de nutrientes e as respostas da comunidade biológica às variações climatológicas, como temperatura e precipitação (com efeitos diretos e indiretos).

Palavras-chave: fitoplâncton, reservatórios em cascata, rio Tietê, eutrofização

4.1 INTRODUÇÃO

Os ecossistemas aquáticos dependem da entrada de informações (como material em suspensão, nutrientes, etc), as quais influenciam na composição química da água (TUNDISI, 1990), como já mencionado em capítulos anteriores. Essas informações, portanto, interferem no processo de organização das comunidades planctônicas, bentônicas e de peixes, bem como na composição química do sedimento e da água (BICUDO et al., 1999).

Além dessas informações, Tundisi (op. cit.) ressalta que a frequência da turbulência, produzida pela ação do vento, também interfere diretamente na distribuição espacial, horizontal e vertical, do fitoplâncton das represas e, conseqüentemente, na variação temporal das comunidades planctônicas. Entretanto, Paerl (1995) descreve que o crescimento algal é diretamente controlado por fatores ambientais complexos, sendo que esses fatores (tamanho, volume, tempo de residência, vazão, transparência e nutrientes) irão influenciar na estrutura das comunidades nos ecossistemas aquáticos.

Segundo os autores Kimmel et al. (1990), a variação da biomassa da comunidade fitoplanctônica é determinada pelo balanço entre as taxas de produtividade e de perdas, sendo que os fatores abióticos (físicos e químicos) e bióticos (predação e parasitismo, entre outros) influenciam diretamente nessas taxas.

Neste sentido, o estudo do plâncton de reservatório, particularmente, oferece excelentes oportunidades para a avaliação das respostas biológicas, sejam elas da espécie ou da população, a variações ambientais cíclicas e distúrbios esporádicos, dada a grande diversidade e

a dinâmica das condições ambientais existentes nas represas, as quais são impostas por características particulares, como tempo de residência, regime de fluxo, vazão e controle de nível d'água (NOGUEIRA, 1996).

Destacando-se os aspectos da dinâmica das populações no ambiente, com vistas à característica dinâmica das comunidades e do ambiente, o estudo da estrutura temporal da comunidade fitoplanctônica é muito importante, principalmente pela resposta rápida desta comunidade, com contínua substituição de espécies sensíveis às perturbações geradas no entorno do reservatório e no âmbito da bacia.

Segundo Tundisi (1990), um fator importante a ser considerado na dinâmica da distribuição espacial do fitoplâncton e sua sucessão, é a operação do sistema, a qual produz um fluxo unidirecional e horizontal nos reservatórios. Hejlar e Straškraba (1989) também mencionam este fato e, segundo os autores, os padrões de circulação horizontal da água, em reservatórios, impõem características ambientais que promovem o aumento do fitoplâncton, implicando, em muitos casos, em florações concentradas em áreas para onde as correntes horizontais da superfície as transportam.

Lind (1984) ainda menciona que a heterogeneidade espacial dos reservatórios é promovida, principalmente, por uma taxa de fluxo intermediária, pois a comunidade fitoplanctônica está diretamente relacionada ao diferente estado trófico, que se forma pelo gradual decréscimo de nutrientes ao longo do reservatório (fases rio – transição-lago).

Muitos autores (KIMMEL et al., 1990; FORD, 1990; THORTON, 1990; TUNDISI, 1990a; TUNDISI et al., 1993) propõem modelos para descrever a heterogeneidade espacial, ou seja, a estrutura multicompartimental do sistema. Entretanto, a heterogeneidade temporal também contribui para a diferenciação das variáveis físicas, químicas e também dos organismos nos reservatórios. Assim, deve-se considerar nos estudos de reservatórios, a variabilidade produzida pelas mudanças climáticas periódicas e pelo sistema operacional na barragem, em função dos usos atribuídos ao sistema.

Segundo Wetzel (1993), alguns fatores importantes para a regulação do desenvolvimento e sucessão do fitoplâncton já são conhecidos, tais como: velocidade da correnteza, luz e temperatura (DEMERS, et al., 1982; KIMMEL et al., 1990); tempo de residência (MARGALEF, 1975; TUNDISI, 1988; TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 1990a); disponibilidade de nutrientes (KREBS, 1994; PORTER, 1977; TUNDISI, 1977; WATANABE, 1981; WETZEL, 1981; LEWIS, 1984; HENRY, 1986; INFANTE, 1988 e KIMMEL et al., 1990) e os fatores biológicos como a competição e a predação por outros organismos (GOLTERMAN, 1975; LAMPERT e SOMMER, 1997; MELACK, 1979; WETZEL, 1981; ODUM, 1983; KREBS, 1994). Cada espécie de alga possui uma ampla faixa de tolerância a estes fatores, iniciando o desenvolvimento populacional rapidamente, quando se verifica uma combinação ótima dos fatores interatuantes.

Quando se fala em sistemas ecológicos, deve-se mencionar ainda a estabilidade que, segundo Thomaz et al. (1997), é o estado de equilíbrio das características ecológicas, as quais são influenciadas pelo tempo de residência da água, promovendo alterações dos aspectos físicos, químicos e biológicos.

Desta forma, reconhece-se que o tempo de residência da água é um dos principais fatores na distribuição da heterogeneidade espacial e temporal em reservatórios (MARGALEF, 1983; HEJZLAR; STRAŠKRABA, 1989; TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 1990 e STRAŠKRABA, 1990). Segundo Tundisi (1990), as distribuições espacial e temporal da comunidade fitoplanctônica estão relacionadas aos processos de funcionamento dos reservatórios, juntamente com as variáveis ecológicas, o que resulta na compartimentalização dos mesmos.

Dentro deste contexto, a hipótese inicial, em Ecologia Teórica, de que o fluxo energético era unidirecional, no qual o caminho da energia iniciava-se com a assimilação dos nutrientes pelo fitoplâncton e terminava nos peixes-predadores, não é totalmente correta. Sabe-se que os peixes-predadores também exercem um impacto no sistema, regulando os níveis inferiores da cadeia, o que Macquen et. al. (1986)

denominaram de "hipótese do efeito em cascata", concluindo que a biomassa pode ser controlada de maneira ascendente ("*bottom up*"), de acordo com a disponibilidade de nutrientes, ou de maneira descendente ("*top down*"), quando a pressão é exercida no topo da cadeia, com a interação predador-presa. Estes efeitos ("*top-down*" e "*bottom-up*") também são mencionados por Carpenter (1988) e Carpenter e Kitchell (1993). Segundo essa teoria, a estrutura da comunidade zooplânctônica pode ser regulada tanto pela disponibilidade de alimento (fitoplâncton) - efeito "*bottom-up*" - quanto pela predação - efeito "*top-down*". Nesta abordagem, muito tem sido discutido a respeito da forma e do quanto esses efeitos interferem na estrutura da comunidade fitoplânctônica, uma vez que ocorrem interações entre os organismos e entre estes e os recursos abióticos.

Vale ressaltar que a maioria das modificações estruturais da comunidade biológica, em reservatórios, tem sido investigada principalmente em relação ao fitoplâncton e zooplâncton (MATSUMURA-TUNDISI; TUNDISI, 1976; CLARO, 1981; HENRY 1986; DE FELLIPO, 1987; ARANHA, 1990; FONSECA, 1990; SANDES, 1990; ESPÍNDOLA, 1994; RIETZLER, 1995; NOGUEIRA, 1996; SANDES, 1998; CALIJURI et al., 1999). Os estudos de Calijuri (1988) e Tundisi e Matsumura-Tundisi (1990), por exemplo, demonstraram claramente os efeitos da turbulência e da circulação vertical na produção do fitoplâncton.

O sucesso de uma espécie de alga na comunidade, portanto, resulta da interação de perturbações favorável e não favorável. Desta forma, torna-se difícil o entendimento da interação competitiva, a qual, segundo Odum (1983), envolve o espaço, o alimento ou nutrientes, a luz e outros tipos de interações mútuas. Para Harris (1986), na teoria de sistemas abertos, as interações competitivas são mínimas e a coexistência de várias espécies com estratégias distintas, juntamente com a alta diversidade, fundamenta a hipótese do distúrbio intermediário (CONNEL, 1978), a base do modelo, a qual registra que, nos ambientes naturais, a exclusão competitiva completa raramente ocorre (HUSTON, 1979). Esta hipótese do distúrbio foi criada para explicar os ambientes com alta diversidade, como recifes de corais e florestas tropicais, ou seja,

as perturbações de níveis intermediários não permitiriam a dominância de uma única espécie, o que impediria a exclusão competitiva (SOMMER et al., 1993).

Já para Wilson (1995) esta é uma explicação do não equilíbrio, para o paradoxo do plâncton postulado por Hutchinson (1961), o que ressalta a hipótese do distúrbio intermediário e recompõe as evidências de interações interespecíficas, determinando um estado de equilíbrio no qual uma ou relativamente poucas espécies dominam a comunidade, por meio da exclusão competitiva. Assim, segundo Reynolds (1993), a escala de distúrbio intermediário determinaria o estado da organização e da diversidade de espécies da comunidade.

Na dinâmica do fitoplâncton, o funcionamento da comunidade como um sistema fotossintético, segundo Tundisi et. al. (1997), é de grande interesse teórico e prático, uma vez que a disponibilidade da radiação e o suprimento de nutrientes são considerados como os fatores controladores mais importantes da produtividade primária. Desta forma, suas atividades por unidade de biomassa e respostas fotossintéticas são importantes para o conhecimento dos processos e mecanismos que controlam a transferência de energia e o ciclo de matéria orgânica em lagos e represas.

Contudo, as distintas formas de crescimento, sua manutenção e sua sobrevivência caracterizam a seleção *r* e a seleção *k*, como mencionado por Margalef (1983); Sommer (1981); Reynolds (1984, 1986 e 1987) e Odum (1985). As espécies *r*-estrategistas geralmente são representadas por diatomáceas e fitoflagelados como *Cryptomonas*, e as espécies *k*-estrategistas são representadas por clorófitas, cianófitas e dinoflagelados.

Hutchinson (1961) já descrevia que a coexistência de muitas espécies em um plâncton constitui um paradoxo, pois vai contra à teoria ecológica mais comum, segundo a qual a competição excluiria ou poderia segregar as espécies com necessidades coincidentes. Para Margalef (1983), a morfologia funcional do fitoplâncton oferece estratégias divergentes ou de sobrevivência em um meio rico de possibilidades. Reynolds (1986), no entanto, argumenta que o resultado

da interação entre diferentes circunstâncias e processos é, com frequência, o predomínio de determinadas espécies em determinadas camadas dos sistemas aquáticos.

Todavia os ambientes aquáticos são sistemas que recebem, de forma direta ou indireta, uma grande variedade e quantidade de poluentes (GHERARDI-GOLDSTEIN et al., 1990). Esta contaminação ambiental está relacionada com as atividades humanas, onde grande parte dos agentes age diretamente, enquanto outros agem por meio de efeitos sinérgicos. Os contaminantes, tanto o orgânico quanto o inorgânico, quando presentes nos sistemas aquáticos, podem assumir comportamentos distintos entre si, em função de apresentarem uma maior ou menor capacidade de persistência ou de acumulação nos diferentes compartimentos (água, sedimento ou nos próprios organismos).

Desse modo, os organismos também podem responder individualmente e expressam os efeitos através do comportamento, bioquímica ou fisiologicamente, sendo que a resposta conjunta desses organismos pode acarretar na modificação da população e da comunidade (NEUHOLD, 1985 IN: PRÓSPERI, 1993). Logo, as espécies que compõem as comunidades naturais funcionam como sensores muito precisos das propriedades do ambiente (MARGALEF, 1983).

Diante de todo o exposto, pode-se dizer que os seres vivos são produtos de um processo de adaptação (lento e progressivo) ao ambiente em que vivem. Uma vez que o ambiente é mutável, os seres vivos que o habitam são dotados de um potencial latente que lhes permite a sobrevivência. Essa capacidade de adaptação, no entanto, não é ilimitada e é tanto menor quanto menor for o lapso de tempo entre as perturbações no ambiente (STRASKRABA et al., 1993a). Dentro desta temática, as represas constituem-se, atualmente, em um dos principais impactos antropogênicos ao ciclo hidrológico, produzindo inúmeros efeitos diretos e indiretos nos sistemas aquáticos e atmosféricos com as quais interagem, além das mudanças econômicas e sociais no seu entorno.

Considerando-se a importância do desenvolvimento de estudos mais abrangentes nos sistemas artificiais, com vistas a uma compreensão mais ampla e a geração de novos dados que permitam propor um

programa de manejo, o presente estudo procurou avaliar o efeito da fragmentação seqüencial do rio Tietê (por meio da construção de reservatórios em série) e dos fatores acima mencionados sobre a qualidade da água, a composição, densidade e a variação espacial (reservatórios interligados) da comunidade fitoplanctônica nas represas do Médio e Baixo rio Tietê.

4.2 Objetivo

Avaliar a influência da fragmentação artificial do rio Tietê nas distribuições espacial (em cada reservatório - fases inicial, transição e lacustre e entre os diferentes reservatórios) e temporal (fevereiro, maio, julho e outubro de 2000) da comunidade fitoplanctônica (em termos de composição e densidade) no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, bem como os efeitos das variáveis físicas e químicas da água e sua relação com os usos e ocupação da bacia hidrográfica.

4.3 Materiais e métodos

As amostras do fitoplâncton foram coletadas nos meses de fevereiro, maio, julho e outubro de 2000, em 21 pontos de coleta distribuídos ao longo do sistema de reservatórios construídos em cascata no Médio e Baixo rio Tietê (Reservatórios de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos). Também foram coletadas amostras nos rios Tietê e Piracicaba, bem como a jusante da represa de Ilha Solteira e na entrada do reservatório de Jupia (sistemas do rio Paraná).

Para análise das variáveis climatológicas na região foram obtidos dados de precipitação e temperatura do ar junto ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) apud Pereira (2003).

4.3.1 Clorofila a + feofitina

Para análise da clorofila a, as amostras foram coletadas integrando-se a coluna d'água com auxílio de uma bomba de sucção, sendo filtradas, em réplicas, em filtros de fibra de vidro WHATTMAN do tipo GF/C, com porosidade de 45µm. Em seguida, os filtros foram colocados em envelopes de papel e acondicionados em frascos escuros, contendo sílica-gel e mantidos a baixa temperatura até o momento da extração. A extração foi realizada segundo o método descrito em Nusch (1980) e Marker et al. (1980), em sala escura, através de maceração mecânica em almofariz, além do choque térmico, utilizando-se como solvente o etanol 80%, aquecido a 75°C. Após a extração, as amostras continuaram no escuro por um período mínimo de 14 horas e em seguida foram feitas as leituras (absorbância) em espectrofotômetro (MICRONAL B280), nos comprimentos de ondas de 665nm e 750 nm.

A fórmula para os cálculos da clorofila a utilizada foi:

$$\text{Clorofila } \underline{a} \text{ } (\mu\text{g/l}) = 27,9 \left\{ (E_{663}^u - E_{750}^u) - (E_{663}^a - E_{750}^a) \right\} \frac{v}{V \cdot 1}$$

Sendo que:

E^u = amostra não acidificada

E^a = amostra acidificada

v = volume do extrato

V = volume da amostra filtrada

1 = comprimento de onda da cubeta

1,7 = razão de rendimento da clorofila não acidificada para a acidificada

27,9 = coeficiente de absorção da clorofila

4.3.2 Análises qualitativa e quantitativa do fitoplâncton

Para as análises qualitativa e quantitativa da comunidade fitoplanctônica, as amostras foram coletadas integrando-se toda a coluna d'água (da superfície ao fundo), com o auxílio de uma bomba de sucção, uma vez que o objetivo da pesquisa era o de avaliar as diferenças em escala espacial horizontal (entre as estações e reservatórios) e não a distribuição vertical. Após coleta, as amostras, consideradas como fitoplâncton total (não foram utilizadas redes de plâncton), foram fixadas e preservadas com formol 4%.

A identificação da comunidade de fitoplâncton foi realizada em microscópio binocular (Wild Leitz), sendo os organismos identificados até gênero e, quando possível, até espécie, de acordo com as seguintes bibliografias: Hustedt (1930); Bicudo e Bicudo (1970); Bourrelly (1970, 1972, 1981); Tiffany e Britton (1971); Compère (1976a, 1976b, 1977); Prescott et al. (1981); Silva e Torgan (1981); Ungaretti (1981a E 1981b); Parra et al. (1982a, 1982b, 1982c, 1983); Komárek e Fott (1983); Hino e Tundisi (1977); Anagnostides e Komárek (1985, 1988, 1990); Torgan (1985); Komárek e Agnostides (1986 e 1989); Lobo e Leighton (1986); Sant' Anna et al. (1989); Hegewald et al. (1990); Costa e Torgan (1991); Bicudo et al. (1995).

A análise quantitativa para o fitoplâncton total seguiu o método de sedimentação de Uthermohl (1958), utilizando-se microscópio invertido (Zeiss). O número de campos contados foi determinado em função da densidade de organismos, enumerando-se, pelo menos, 100 organismos para os gêneros mais abundantes. Quanto ao critério de contagem foram considerados como indivíduos:

- organismos unicelulares
- células de diatomáceas filamentosas
- colônias de clorofíceas
- colônias de cianofíceas com formas definidas
- células soltas de *Microcystis*
- filamentos de cianofíceas com 20 células.

O número de indivíduos por volume do fitoplâncton total foi calculado segundo Wetzel e Likens (1991):

$$N = n \cdot A / a \cdot v$$

onde:

N= número de indivíduos (Org./L)

n= número de indivíduos contados

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

a= área contada (mm²)

v=volume da câmara de sedimentação

A unidade fundamental da contagem foi o campo do microscópio, com superfície circular definida por:

$S = \pi \cdot r^2$, onde r é o raio do campo medido por uma lâmina micrometrada.

A área contada (a) variou em função da densidade apresentada em cada amostra, sendo:

$a = X \cdot S$, onde X é o número de campos contados e S é a área do campo do microscópio.

O valor da área da câmara (A) também foi dado em função de uma superfície circular definida por:

$$A = \pi \cdot r^2$$

A densidade numérica foi transformada em abundância relativa pela fórmula:

$$Ar = \frac{n \times 100}{Na}$$

Na

onde Ar é a abundância relativa; n é o número de indivíduos de cada espécie ou gênero; Na é o número total de organismos na amostra.

Na análise da porcentagem de contribuição de classes, utilizou-se a densidade de cada classe e a densidade total em cada amostra contada, aplicando-se a fórmula abaixo:

$$\text{PCC} = (\text{Dc}/\text{Dt}) \times 100$$

Onde:

PCC = Porcentagem de contribuição de classes

Dc = Densidade de cada classe

Dt = Densidade total

4.3.3 Coeficiente de similaridade

Com o objetivo de estabelecer comparações quanto ao grau de semelhança entre os pontos de coleta (rios e reservatórios), foi determinado o Coeficiente de Similaridade de Sorensen (1948), utilizando-se a equação:

$$S = \frac{2c}{a+b} * 100$$

onde:

c = número de espécies comuns às comunidades **a** e **b**

a = número de espécies presentes na primeira comunidade

b = número de espécies presentes na segunda comunidade

O coeficiente é igual a **100** quando duas comunidades são compostas pelas mesmas espécies e igual a **0 (zero)** quando duas comunidades apresentam espécies inteiramente diferentes.

4.3.4 Índices de diversidade de espécies

A partir das análises quantitativas, o índice de diversidade de (H') de SHANNON & WEAVER (1949) e a equitabilidade, proposta por PILEOU (1966). O índice de diversidade, expresso em bits/indivíduo, foi obtido por meio da equação:

$$H' = -\sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

onde:

$$p_i = \frac{n_i}{N}, \text{ representando a proporção entre o número total dos}$$

indivíduos (N) pertencentes a *i*ésima espécie (n_i);

s é o número total de espécies (riqueza).

A **equitabilidade (J')** foi calculada usando a equação abaixo, segundo PIELOU (1975):

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

onde:

$$H'_{\max} = \log_2 s, \text{ sendo } s = \text{riqueza}$$

4.3.5 Análise estatística

Para a análise estatística foram utilizados os resultados das variáveis físicas e químicas e aqueles provenientes da comunidade fitoplanctônica (densidade numérica, índice de diversidade e riqueza), os quais foram relacionados com os períodos amostrados e os pontos de coleta. Para tanto, utilizou-se a análise de MANOVA, determinando-se as diferenças significativas ao nível de 5%.

A partir destes resultados, aplicou-se a Análise de Componentes Principais (PCA), com o objetivo de estabelecer as principais variáveis que interferem na distribuição dos dados, sendo apresentados em dois eixos de significância, no qual o primeiro eixo corresponde ao principal, explicando a maior variância dos resultados. Posteriormente, foi realizada a Análise de Agrupamento (*Cluster*), com o objetivo de agrupar e verificar as possíveis semelhanças e diferenças entre as estações de coleta.

Através dos escores gerados no PCA, realizou-se a análise de agrupamentos para cada período amostrado. O coeficiente de distância utilizado neste agrupamento foi a Distância Euclidiana Média e o método de ligação foi de agrupamento pela associação média não ponderada (UPGMA).

4.4 Resultados

4.4.1 Composição do fitoplâncton no sistema Tietê

Considerando-se os quatro meses de coleta e todos os pontos de amostragem nos rios e reservatórios que compõem o sistema Tietê e parte do rio Paraná, verificou-se a ocorrência de 362 táxons, conforme discriminado abaixo. Em relação à distribuição dos táxons nos rios e reservatórios, os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1 (Anexo).

Listagem dos táxons encontrados na análise qualitativa e quantitativa, no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná.

CLASSE CHLOROPHYCEAE

Actinastrum aciculare Playfair 1917

Actinastrum acuminatus

Actinastrum hantzschii Lagerh.

Actinastrum raphidioides

Actinastrum sp1

Ankistrodesmus bernardii

Ankistrodesmus bibraianus (Reinpch) Korsikov 1953

Ankistrodesmus densus

Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs 1848

Ankistrodesmus fusiformes (Corda)

Ankistrodesmus gracilis Corda sensu Koršikov 1953

Ankistrodesmus sp1

Ankistrodesmus sp2

Ankyra ancora

Ankyra judayi (G.M.Smith) Fott

Atteneya sp1

Botryococcus braunii Kützing 1849

Botryococcus sp1

Carteria sp1

Ceratium sp1

Chlamydomonas sp1

Chlorella sp1

Chlorella vulgaris Beij.

Closteriopsis sp1

Coelastrum astroideum De Notaris 1867

Coelastrum cambricum Archer 1868
Coelastrum indicum
Coelastrum microporum Nägeli 1855
Coelastrum pulchrum
Coelastrum reticulatum (Dangeard) Senn 1899
Coelastrum sp1
Coelastrum sp2
Coelastrum speciosum
Crucigenia quadrata Morren 1830
Crucigenia rectangularis (Nägeli) Komárek
Crucigenia sp1
Crucigenia tetrapedia (Kirchner) W & G.S. West 1902
Crucigeniella apiculata (Lemm.) Kom.
Crucigeniella sp1
Dictyosphaerium ehrenbergianum Nägeli 1849
Dictyosphaerium primarium
Dictyosphaerium pulchellum Wood 1874
Dictyosphaerium sp1
Dictyosphaerium sp2
Dictyosphaerium sp3
Eaustropsis sp1
Elakatothrix Americana (Wille)
Elakatothrix gelatinosa (Wille)
Eutetramorus fottii (Hindak) Komárk 1979
Eutetramorus sp
Franceia sp1
Gloeocystis sp1
Gloeocystis sp2
Golenkinia radiata (Chodat) Wille
Golenkinia sp1
Golenkiniopsis paulistina
Golenkiniopsis sp1

Gomphosphaeria sp1
Gomphosphaeria sp2
Gomphosphaeria sp3
Hyaloraphidium contortum
Hyaloraphidium sp1
Keratococcus sp1
Keratococcus suecicus Hindák
Kirchneriella aperta Teiling 1912
Kirchneriella contorta (Schmidle) Bohl.
Kirchneriella obesa (West & G.S.West) Schmidle 1893
Kirchneriella obtusa
Kirchneriella sp1
Kirchneriella sp2
Micractinium bornhemiense (Conr.) Kov.
Micractinium hantzschii
Micractinium pusillum Fresenius 1858
Micractinium quadrisetum
Micractinium sp1
Micractinium sp2
Monoraphidium armatum (Kors.) Hindák
Monoraphidium circinale (Nyg.) Nyg.
Monoraphidium contortum (Thur.) Komárek Legn.
Monoraphidium dybowskii (Wolofz.) Hindák & Komárek –Legn.
Monoraphidium fontinalle Hindák
Monoraphidium irregulare (G.M.Smith) Komárková –Legnenerová 1969
Monoraphidium minutum (Nägeli) Komárek –Legn.
Monoraphidium nanum (Ettl.) Hindák 1980
Monoraphidium pusillum
Monoraphidium saxatile
Monoraphidium sp1
Monoraphidium sp2
Nephocytium limneticum (Gim.Smith). G. M.Smith

Nephocythium obesum W. West. Jr.
Nephocythium sp1
Oocystis apiculata
Oocystis borgei Snow. 1903
Oocystis crassa Wittrock
Oocystis elíptica W. West
Oocystis gigas
Oocystis lacustris Chodat 1897
Oocystis limineticus
Oocystis natans (Lemmermann) Lemmermann
Oocystis solitaria Wittr. In Wittr. Et Nordpt
Oocystis sp1
Oocystis sp2
Oocystis sp3
Ophiocythium sp1
Paradoxia multiseta Sun.
Paradoxia sp1
Pediastrum duplex Meyen 1829
Pediastrum duplex v. *duplex*
Pediastrum simplex Meyen 1829
Pediastrum sp
Pediastrum tetras (Ehr.) Ralfs 1844
Pseudoquadricula sp1
Quadricula closterioides
Quadricula quatemata
Quadrigula sp1
Radiococcus planktonicus Lund
Radiococcus sp1
Scenedesmus acuminatus (Laerheim) Chodat 1902
Scenedesmus acutus Meyer 1829
Scenedesmus armatus
Scenedesmus bernardii (G.M. Smith) Dedusenko

Scenedesmus bicaudatus Dedussenko 1925
Scenedesmus falcatus
Scenedesmus pictinatus
Scenedesmus quadricauda (Turpin) Brébisson 1835
Scenedesmus sp1
Scenedesmus sp2
Scenedesmus sp3
Scenedesmus spinosus Chodat 1913
Schroederia setigera (Schmd.) Lemm.
Schroederia sp1
Selenastrum gracile Reinseh
Selenastrum sp
Sphaerobotrys sp1
Sphaerocystis planctonica (Korsikov) Bourrelly
Sphaerocystis schroeteri (Chodat) 1897
Sphaerocystis sp1
Sphaerocystis sp2
Tetraëdron caudatum (Corda) Hansgirg 1888
Tetraëdron gracile (Reinsch) Hansgirg.
Tetraëdron minimum (A Braun) Hansgirg. 1888.
Tetraëdron sp1
Tetraëdron trigonum (Nägeli) Hansgirg
Tetraëdron victoriae
Tetrallantos lagerheimii Teiling 1916
Tetrallantos sp1
Tetranephris brasiliensis Leite & C. Bic.
Tetraspora sp1
Tetrastrum elegans Playfair
Tetrastrum heteracanthum (Nordstedt) Chodat 1895
Tetrastrum komarekii Hindák 1977
Tetrastrum sp1
Tetrastrum sp2

Tetrédron limneticum
Treubaria sp1
Treubaria triappendiculata Bernard 1908
Trigonum sp1
Volvox sp1
Willea irregularis (Wille) Schimidle
 Chlorophyceae ñ ident.

CLASSE CYANOPHYCEAE

Anabaena planctônica G.M.Smith
Anabaena sp1
Anabaena sp2
Anabaena spiroides Klebamm
Anacystis sp1
Aphanocapsa conferta
Aphanocapsa delicatissima West & G.S. West 1912
Aphanocapsa elachista West & G.S. West 1894
Aphanocapsa microscopica
Aphanocapsa sp1
Aphanocapsa sp2
Aphanothece clathrata
Aphanothece minuta
Aphanothece smithii
Aphanothece sp1
Chroococcus aphanocapsoides
Chroococcus dispersus
Chroococcus ellipticus
Chroococcus limneticus Lemmermann
Chroococcus microscopica
Chroococcus minor (Kützing). Nägeli

Chroococcus minutus (Kützing) Nägeli
Chroococcus palidus
Chroococcus sp1
Chroococcus sp2
Chroococcus turgidus
Coelosphaerium sp1
Coelosphaerium sp2
Coelosphaerium sp3
Cyanodictyon sp1
Cylindrospermopsis raciborskii
Gloeocapsa sp1
Gloeocapsa sp2
Gloeothece palea
Gloeothece sp1
Gloeothece sp2
Gloeotrichia paucispina W & G.S.West
Gloeotrichia sp1
Lyngbya sp1
Merimospedia glauca (Ehrenberg) Kützing 1845
Merimospedia minuta
Merimospedia tenuissima Limmermann 1898
Merismopedia convoluta Brébisson
Merismopedia sp1
Merismospedia sp2
Microcystis aeruginosa Kützing.
Microcystis flos-aquae
Microcystis novacekii
Microcystis pseudofilamentosa
Microcystis smithii
Microcystis sp1
Microcystis sp2
Oscillatoria simplicissima Gom.

Oscillatoria sp1
Oscillatoria sp2
Oscillatoria sp3
Planktothrix sp1
Pseudanabaena mucicola (Huber-Pestalozzi & Naumann) Bourrelly
Pseudanabaena sp1
Snowella lacustris (Chodat) Komárek et Hindák
Snowella septentrionalis
Snowella sp1
Snowella sp2
Spirulina sp
Synechocystis sp1
 Cyanophyceae filam. ñ ident.
 Cyanophyceae ñ identificada

CLASSE BACILLARIOPHYCEAE

Achnanthes inflata
Achnanthes sp1
Asterionella formosa
Aulacoseira alpigena
Aulacoseira ambigua
Aulacoseira granulata (Ehr.) Ralfs. v. *angustissima* O Müller
Aulacoseira granulata v. *granulata*
Aulacoseira herzogii (Limmermann) Simonsen 1979
Aulacoseira italica (Ehrenberg) Simonsen 1979
Aulacoseira muzzanensis (Meister) Krammer 1991
Aulacoseira sp1
Aulacoseira sp2
Aulacoseira. granulata v. *curvata*
Cocconeis palidus

Cocconeis sp1
Coscinodiscus sp
Coscinodiscus sp1
Cyclotella meneghiniana Kützing 1844
Cyclotella sp1
Cyclotella sp2
Cyclotella sp3
Cyclotella stelligera Cleve et Grunow (in Van Heurck)
Cymbella affinis
Cymbella sp1
Cymbella tumida
Diatoma sp1
Diatoma sp2
Diatoma sp3
Eunotia faba Ehrenberg 1838
Eunotia formica
Eunotia pictinalis Rabenhorst 1864
Eunotia sp1
Eunotia sp2
Eunotia sp3
Eunotia sp4
Eunotia sp5
Eunotia sudetica O F. Muller 1898
Fragilaria sp1
Fragilaria sp2
Frustulia rhomdoides
Frustulia sp1
Gomphonema acuminatum
Gomphonema angur
Gomphonema constrictum
Gomphonema gracille
Gomphonema olivaceum

Gomphonema sp1
Gomphonema sp2
Hantzschia sp1
Navicula cuspidata
Navicula exigua
Navicula sp1
Navicula sp2
Navicula sp3
Navicula sp4
Nitzschia aciculare
Nitzschia linearis
Nitzschia palea (kützing) N.
Nitzschia sp1
Nitzschia sp2
Pinnularia sp1
Rhizosolenia longiseta Zacharias
Rhizosolenia sp1
Rhizosolenia sp2
Stauroneis acuta
Stauroneis sp1
Stephanodiscus sp1
Surirella linearis
Synedra acus Kützing 1844
Synedra affinis
Synedra sp1
Synedra sp2
Synedra ulna Ehrenberg
Tabelaria sp1
Diatomacea ñ ident.

CLASSE EUGLENOPHYCEAE

Euglena acus Ehrenberg.

Euglena longicauda

Euglena oxyuris

Euglena sp1

Euglena sp2

Euglena sp3

Euglena sp4

Lepocinclis sp1

Lepocinclis sp2

Phacus curvicauda Swirenko

Phacus orbicularis Hübner

Phacus sp1

Phacus sp2

Phacus suecicus Lemmermann 1913

Phacus tortus (Lemmermann) Skvortzov

Strombomonas ensifera (Daday) Defl.

Strombomonas sp1

Strombomonas sp2

Strombomonas verrucosa (Daday) Deflondre

Trachelomonas sp1

Trachelomonas sp2

Trachenomonas sp3

Trachelomonas superba

Trachenomonas armata (Ehr.) Stein.

Trachenomonas raciborskii Wolosz.

Trachenomonas similis Stockes

Trachenomonas volvocina Ehrenberg.

Euglenophyceae ñ ident.

CLASSE ZYGNEMAPHYCEAE

Closterium acutum
Closterium diana
Closterium gracile Brébisson ex Ralfs 1848
Closterium incurvum
Closterium sp1
Closterium sp2
Closterium vênus
Cosmarium retangulare
Cosmarium sp1
Cosmarium sp2
Cosmarium sp3
Eaustum sp1
Eaustum sp2
Staurastrum gracile Ralfs
Staurastrum leptocladum Nordst.
Staurastrum rotula
Staurastrum sp1
Staurastrum sp2
Staurastrum volans West & G.S. West 1895
Staurodesmus sp1

CLASSE CRYPTOPHYCEAE

Cryptomonas sp1
Cryptomonas sp2
Cryptomonas sp3
Cryptomonas tetrapyrnoidosa Skuja 1948
Cryptomonas pseudopyrenoidosa

CLASSE CHRYSOPHYCEAE

Dinobryon sp1

Dinobryon sp2

Mallomonas sp1

Mallomonas sp2

Mallomonas sp3

CLASSE DINOPHYCEAE

Peridinium sp1

Peridinium sp2

Em fevereiro de 2000, ocorreu um total de 29 táxons para o rio Tietê; 34 táxons para o rio Piracicaba; 32 táxons para o reservatório de Barra Bonita; 82 táxons para o reservatório de Bariri; 85 táxons para o reservatório de Ibitinga; 86 táxons para o reservatório de Promissão; 56 táxons para o reservatório de Nova Avanhandava; 91 táxons para o reservatório de Três Irmãos; 33 táxons a Jusante de Três Irmãos e 20 táxons a Jusante de Ilha Solteira. A amostra de Jupia foi perdida. Todos

os táxons encontrados nos diferentes ambientes estão distribuídos entre as classes Chlorophyceae, Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Euglenophyceae, Criptophyceae, Chrysophyceae, Zygnemaphyceae e Dinophyceae.

Em maio de 2000, a análise qualitativa demonstrou os seguintes resultados: 60 táxons para o rio Tietê; 52 táxons para o rio Piracicaba; 21 táxons para o reservatório de Barra Bonita; 36 táxons para o reservatório de Bariri; 49 táxons para o reservatório de Ibitinga; 62 táxons para o reservatório de Promissão; 57 táxons para o reservatório de Nova Avanhandava; 62 táxons para o reservatório de três Irmãos; 22 táxons a Jusante de Três Irmãos; 17 táxons a Jusante de Ilha Solteira e 13 táxons para o reservatório de Jupιά. Todas as espécies e gêneros estão distribuídos nas classes Chlorophyceae, Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Euglenophyceae, Cryptophyceae, Chrysophyceae e Zygnemaphyceae.

No mês de julho de 2000, a comunidade fitoplanctônica ao longo do sistema em cascata e parte do rio Paraná, foi representada por 69 táxons para o rio Tietê; 32 táxons para o rio Piracicaba; 60 táxons para o reservatório de Barra Bonita; 74 táxons para o reservatório de Bariri; 78 táxons para o reservatório de Ibitinga; 90 táxons para o reservatório de Promissão; 51 táxons para o reservatório de Nova Avanhandava; 68 táxons para o reservatório de Três Irmãos; 34 táxons a Jusante de Três Irmãos; 36 táxons a Jusante de Ilha Solteira e 32 táxons para o reservatório de Jupιά. Todos os táxons encontrados nos diferentes ambientes estão distribuídos nas classes Chlorophyceae, Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Euglenophyceae, Criptophyceae, Chrysophyceae, Zygnemaphyceae e Dinophyceae.

Na coleta de outubro de 2000, verificou-se a ocorrência de 85 táxons para o rio Tietê; 56 táxons para o rio Piracicaba; 88 táxons para o reservatório de Barra Bonita; 126 táxons para o reservatório de Bariri; 103 táxons para o reservatório de Ibitinga; 108 táxons para o reservatório de Promissão; 87 táxons para o reservatório de Nova Avanhandava; 83 táxons para o reservatório de Três Irmãos; 34 táxons a Jusante de Três Irmãos e 39 táxons a Jusante de Ilha Solteira. A amostra de Jupιά foi

perdida. Todos os táxons encontrados nos diferentes ambientes estão distribuídos nas classes Chlorophyceae, Cyanophyceae, Bacillariophyceae, Euglenophyceae, Criptophyceae, Chrysophyceae, Zignemaphyceae e Dinophyceae.

4.4.2 Variação temporal na densidade numérica do fitoplâncton

Nas Tabelas 2 a 22 (Anexos) estão apresentadas as variações na densidade numérica do fitoplâncton, nos diferentes meses de coleta e reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê.

Os resultados demonstram que os maiores valores de densidade numérica ocorreram em outubro, nos rios Tietê e Piracicaba e nos reservatórios de Barra Bonita e Bariri. Contudo, o maior valor de densidade (2.561.664org./L) ocorreu no reservatório de Bariri-Início, sendo que a maior contribuição foi da classe Cyanophyceae, com 1.843.909org./L, em outubro de 2000. Do reservatório de Ibitinga até o último reservatório do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, as maiores densidades foram registradas no período de fevereiro.

No rio Tietê, a maior densidade numérica ocorreu em outubro, 1.134.229org./L, sendo a classe Chlorophyceae a mais representativa, com 715.221org./L. A menor densidade numérica foi registrada em fevereiro, 234.178org./L, com a classe Chlorophyceae sendo a mais representativa (Tabela 2). No rio Tietê, a classe Chrysophyceae foi a que apresentou a menor densidade numérica, 350org./L.

Para o rio Piracicaba, a maior densidade numérica ocorreu em outubro, 987.109org./L, ocorrendo maior contribuição da classe Cyanophyceae, com 467.941org./L (Tabela 3). A menor densidade numérica foi registrada em fevereiro, 48.513org./L, com a maior contribuição da classe Bacillariophyceae, 18.840org./L e a menor, da Chrysophyceae, 471org./L.

No reservatório de Barra Bonita-Barragem, a maior densidade numérica registrada ocorreu em outubro, 1.488.613org./L (Tabela 4),

sendo que a classe Chlorophyceae foi a mais representativa neste mês de coleta, com 646.261org./L. Em julho foi registrada a menor densidade total, que foi de 122.514org./L, sendo que a menor densidade foi da classe Zygnemaphyceae, com 666 org./L, em maio.

No reservatório de Bariri (Tabela 5), a maior densidade numérica foi registrada na fase de rio (início), com 2.561.664org./L, em outubro. O menor valor de densidade ocorreu em Bariri-Meio, onde ocorre a entrada do rio Bauru, com 90.146org./L, em maio (Tabela 6). O maior valor registrado para as classes ocorreu em Bariri-Barragem, com 655.217org./L, correspondendo a classe Chlorophyceae (Tabela 7).

Para o reservatório de Ibitinga, a maior densidade numérica ocorreu em Ibitinga-Barragem (Tabela 10), com 689.700org./L, e a menor densidade ocorreu em maio, 8.738org./L, no mesmo ponto de coleta. Em termos de diferenças entre as classes, a maior densidade ocorreu em outubro (Barragem) para a classe Cyanophyceae 648.945org./L e o menor valor foi para a classe Zygnemaphyceae, com 31org./L, em maio para Bariri Barragem.

Em Ibitinga-Ínício (Tabela 8), o maior valor de densidade total foi registrado em maio, 566.832org./L. Em Ibitinga-Meio, a maior densidade ocorreu em maio, 711.282org./L, como apresentado na Tabela 9.

Para o reservatório de Promissão, a maior densidade numérica ocorreu em Promissão-Início (fase rio), em outubro, com 572.900org./L (Tabela 11) e a menor densidade ocorreu em maio, em Promissão-Meio, com 8.659org./L (Tabela 12). Quanto às diferenças entres as classes, a maior densidade ocorreu em outubro, com 499.800org./L para a classe Cyanophyceae; e a menor densidade ocorreu em maio, 102org./L, para a classe Euglenophyceae. Em Promissão-Barragem, a maior densidade ocorreu em fevereiro, 274.572org./L e a menor em outubro, com 179.375org./L (Tabela 13).

No reservatório de Nova Avanhandava, a maior densidade numérica foi obtida em maio, com 1.960.863org./L, em Nova Avanhandava-Meio, (Tabela 15) e o menor valor encontrado foi de 2.865org./L, em Nova Avanhandava-Barragem, em fevereiro (Tabela 16), com 2.865org./L. Em Nova Avanhandava-Início (Tabela 14), os valores de

densidades variaram entre 489.294org./L em maio e 109.450org./L em julho. Com relação às classes, o maior valor de densidade foi registrado em maio, 1.836.417org./L, para a classe Cyanophyceae, em Nova Avanhadava-Barragem (Tabela 16) e o menor ocorreu em fevereiro, para a classe Cryptophyceae, com 191org./L.

No reservatório de Três Irmãos, a maior densidade numérica ocorreu em maio, com 1.962.315org./L, em Três Irmãos Início (Tabela 17) e o menor valor, 88.450org./L ocorreu em julho, em Três Irmãos-Barragem (Tabela 19) e Três Irmãos-Meio, com valores de densidade entre 589.206org./L em fevereiro e 95.175org./L em julho, conforme apresentado na Tabela 18. Quanto às classes, o maior valor foi registrado para a classe Cyanophyceae, com 1.890.562org./L, em Três Irmãos Início e na coleta de maio, e o menor valor foi para a classe Euglenophyceae, com 648org./L, na coleta de maio, em Três Irmão- Barragem.

Em Três Irmãos-Jusante (Tabela 20), a maior densidade ocorreu em maio, 956.675org./L e a menor em julho, 130.200org./L. Em relação às classes do fitoplâncton, a classe Cyanophyceae foi a que apresentou a maior densidade em maio, 939.675org./L e a classe Euglenophyceae a menor densidade, no mesmo mês, 425org./L.

Em Ilha Solteira, a jusante (Tabela 21), a maior densidade ocorreu em maio, 662.064org./L e a menor em outubro, 78.775org./L. Cyanophyceae foi a classe mais abundante 640.219org./L, e a menor densidade numérica no período, 891 org./L foi das classes Zygnemaphyceae e Chrysophyceae.

No ponto de coleta da represa de Jupuíá, a maior densidade foi de 261.225org./L, em julho, e a menor foi 6.177org./L (Tabela 22). Quanto às classes, a mais representativa foi Chlorophyceae, com 133.650org./L, e a menor foi a classe Euglenophyceae, com 216org./L. Vale ressaltar que, neste reservatório, foram coletadas amostras de fitoplâncton somente para os meses de maio e julho de 2000.

4.4.3 Abundância relativa da comunidade fitoplanctônica

A contribuição das classes da comunidade fitoplanctônica, entre os períodos e pontos de coleta, ao longo do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, estão apresentados nas Tabelas, 23, 24, 25 e 26 (Anexos).

Em fevereiro de 2000, Cyanophyceae foi a classe que apresentou a maior abundância relativa (Tabela 23), com 72,44%, no reservatório de Três Irmãos-Meio. A classe Chrysophyceae foi a que apresentou a menor abundância relativa, 0,12% no reservatório de Ibitinga-Início.

Em maio de 2000 (Tabela 24), a maior abundância relativa foi encontrada no reservatório de Três Irmãos-Barragem (Cyanophyceae, com 97,33%). A menor abundância relativa (0,04%) foi da classe Euglenophyceae, no mesmo reservatório, sendo que a jusante de Três Irmãos a classe Cyanophyceae contribuiu com 98,22%. No sistema Paraná, a jusante de Ilha Solteira, a classe Cyanophyceae contribuiu com 96,69%.

No mês de julho de 2000 (Tabela 25), a maior abundância relativa ocorreu no reservatório de Ibitinga-Meio, 64,58%, para a classe Cyanophyceae. A menor abundância relativa, 0,26% foi da classe Chrysophyceae, em Promissão-Início, e da classe Zygnemaphyceae, no reservatório de Ibitinga-Meio.

Em outubro de 2000 (Tabela 26), a abundância relativa para o fitoplâncton variou entre 94,1% para Cyanophyceae, no reservatório de Ibitinga-Barragem e, 0,12% para Dinophyceae, no reservatório de Bariri-Meio.

Outra forma de avaliação adotada no presente estudo foi em relação à distribuição das classes do fitoplâncton considerando-se a seqüência de reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, ou seja, a variação entre os reservatórios (espacial), nos diferentes períodos (temporal).

As classes mais abundantes da comunidade fitoplanctônica para o sistema em cascata do rio Tietê, foram Cyanophyceae, Chlorophyceae e

Bacillariophyceae; exceto em fevereiro, quando a classe Euglenophyceae, contribuiu com 58,14% em Ibitinga-Meio.

A classe Cyanophyceae foi a mais representativa em maio, 1,01% em Bariri-Início e 98,22%, à Jusante de Três Irmãos, e também em outubro, variando entre 11,36% em Ibitinga-Início e 94,10% em Ibitinga-Barragem. Chlorophyceae foi mais abundante em maio, com abundância relativa entre 0,84% à Jusante de Três Irmãos, e 82,68% em Barra Bonita-Barragem, e outubro, com abundância relativa de 1,54% em Ibitinga-Barragem a 72,74% em Nova Avanhandava-Meio. A classe Bacillariophyceae foi mais abundante em maio, com 41,80%, no Rio Piracicaba e em julho com 41,21%, no reservatório de Nova Avanhandava-Início.

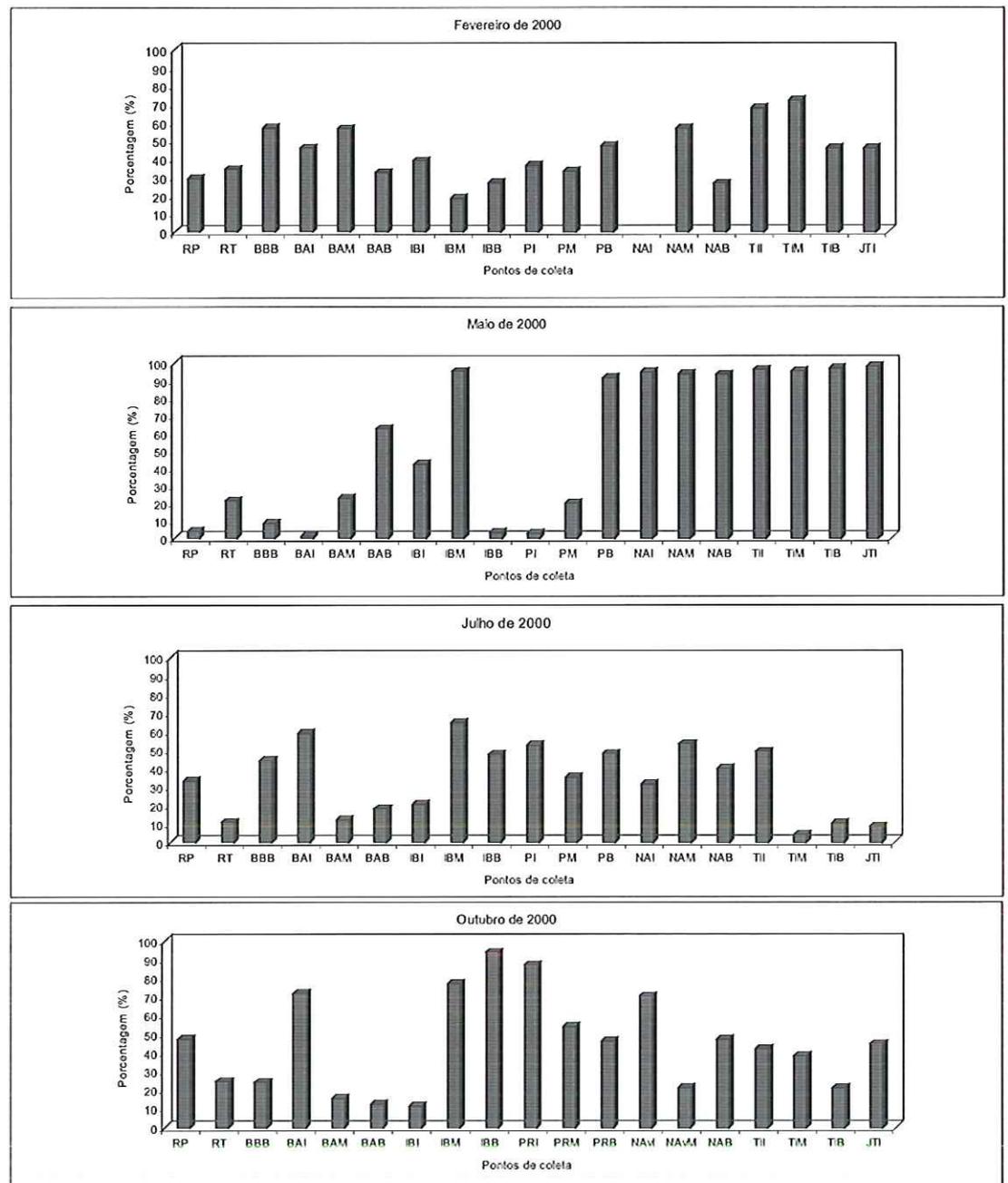
Considerando-se os períodos amostrados, a maior abundância relativa ocorreu em outubro, principalmente para as classes Cyanophyceae. Vale ressaltar que houve uma relação inversa entre as classes Cyanophyceae e Chlorophyceae, ou seja, quando o sistema apresentava uma maior contribuição relativa da classe Cyanophyceae, reduzidos valores eram registrados para a classe Chlorophyceae. Um maior detalhamento das informações relacionadas à distribuição do fitoplâncton nas escalas espacial (entre os reservatórios) e temporal (meses de coleta) é apresentado a seguir:

Cyanophyceae

Em fevereiro de 2000, a classe Cyanophyceae apresentou maior variação em relação aos pontos de coleta amostrados no presente estudo. Nos pontos de coleta intermediários (Meio) dos reservatórios Bariri, Nova Avanhandava e Três Irmãos a contribuição percentual foi de 56,77%, 56,92% e 72,44%, respectivamente e em Barra Bonita-Barragem a abundância relativa foi de 56,98% (Figura 1). Pode-se observar que nos reservatórios intermediários (Meio) do sistema em cascata, foram sempre registrados reduzidos valores de abundância relativa. No mês de maio de 2000, a maior abundância relativa ocorreu no reservatório de Promissão-



Barragem, 91,67% e Três Irmãos-Barragem, 97,33%. Em outubro de 2000, os maiores valores ocorreram nos reservatórios intermediários do sistema, entre Ibitinga-Meio e Nova Avanhandava-Meio, sendo que as menores contribuições da classe Cyanophyceae ocorreram em julho de 2000, com maior contribuição da classe em Ibitinga-Meio, 64,58%.



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupiá).

Figura 1. Distribuição da Classe Cyanophyceae nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e do rio Paraná, durante o período de estudo.

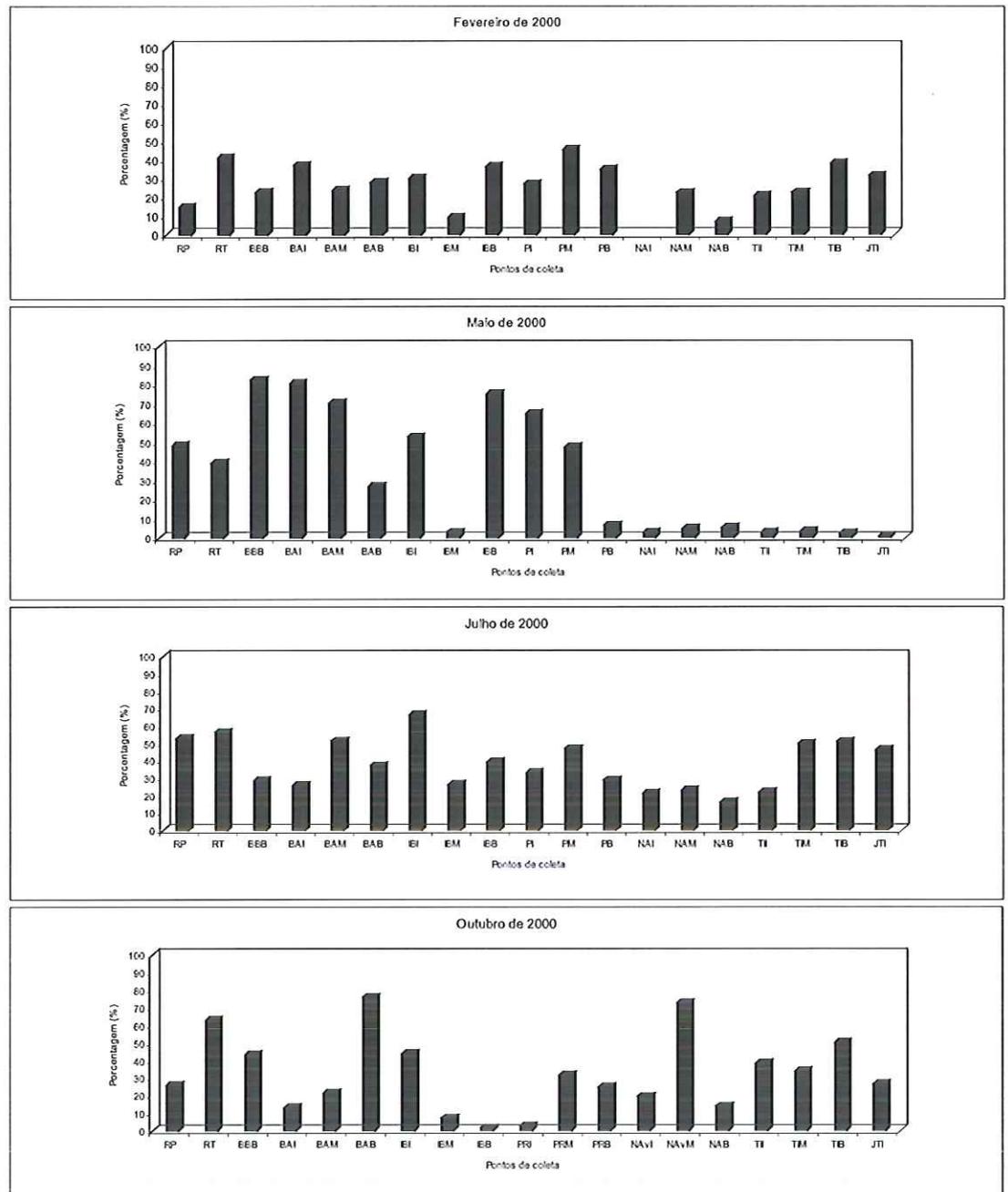
Chlorophyceae

Para a classe Chlorophyceae, a maior abundância relativa ocorreu em maio (82,68%), no reservatório de Barra Bonita-Barragem, e a menor, (0,84%) ocorreu à jusante de Três Irmãos (Figura 2). No mês de fevereiro, a maior abundância relativa foi obtida no reservatório de Promissão-Meio (45,28%) do total. Em relação ao sistema em cascata, observa-se que a classe Chlorophyceae foi encontrada em todos os pontos de coleta (a amostra do reservatório de Nova Avanhandava-Início foi extraviada). Os menores valores percentuais foram registrados no rio Piracicaba e nos reservatórios de Ibitinga-Meio, Nova Avanhandava-Barragem, com os valores de 14,56%, 8,81% e 6,70%, respectivamente.

Em maio de 2000, a maior contribuição da classe Chlorophyceae ocorreu nos primeiros reservatórios, sendo que após o reservatório de Promissão-Barragem, foram encontrados reduzidos valores, variando entre 2,71% e 6,63%. No reservatório de Ibitinga-Meio, a classe Chlorophyceae também apresentou reduzida contribuição, 2,96% do total.

Em julho, as algas Clorofíceas foram encontradas em todos os pontos de coleta, sendo que a maior abundância relativa ocorreu no reservatório de Ibitinga-Início, 66,48% e a menor, 16,17% no reservatório de Nova Avanhandava-Barragem.

Na coleta do mês de outubro de 2000, a ocorrência das algas Clorofíceas, em termos de abundância relativa, foi mais representativa, sendo que o valor máximo obtido foi de 76,1%, no reservatório de Bariri-Barragem. Os menores valores percentuais ocorreram nos pontos Ibitinga-Barragem, com 1,54%; Promissão-Início, com 2,67% e Ibitinga-Meio, com 7,2%.



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupiá).

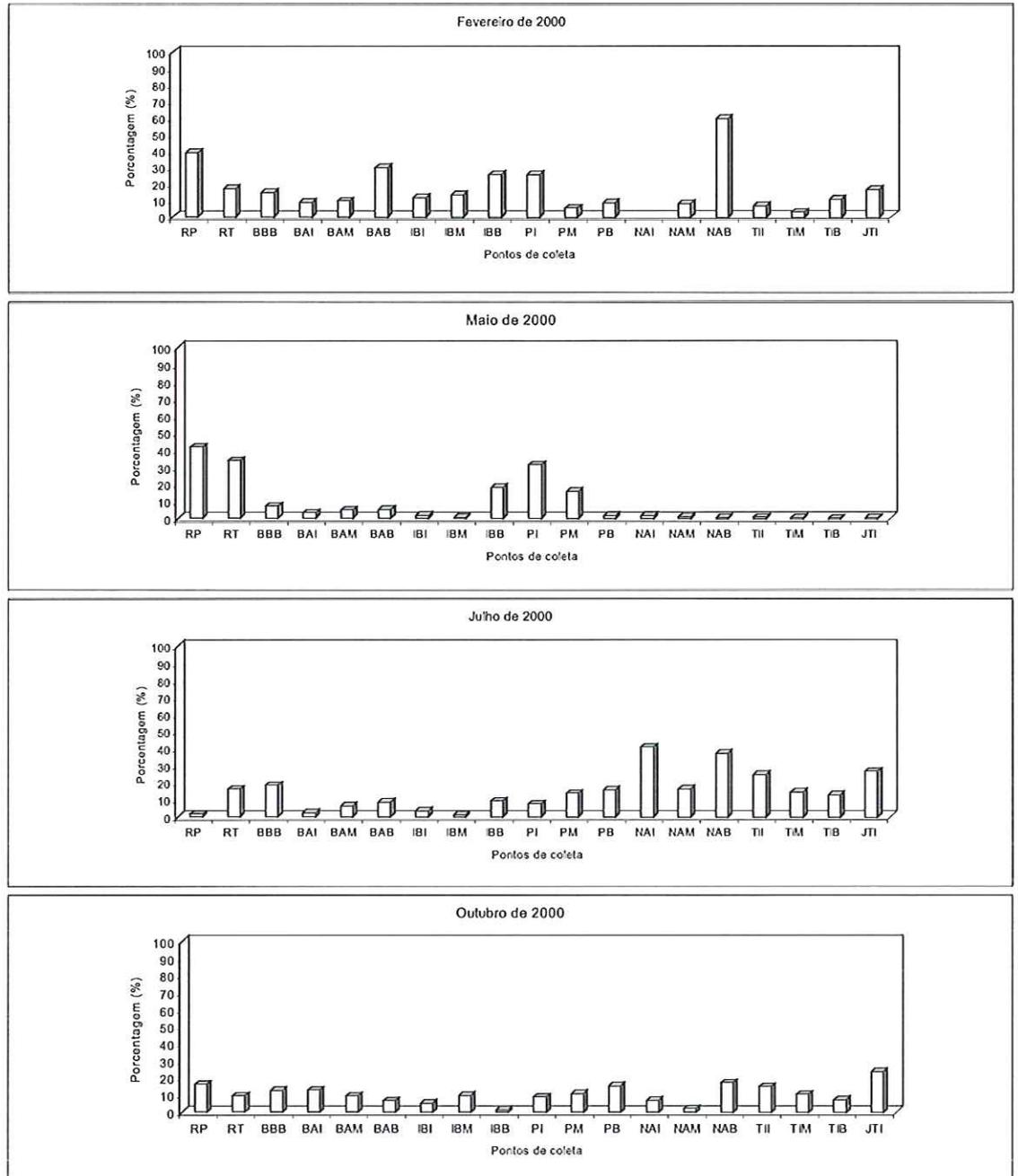
Figura 2. Distribuição da Classe Chlorophyceae nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, durante o período de estudo.

Bacillariophyceae

O período mais representativo para a classe Bacillariophyceae foi em fevereiro de 2000, quando a porcentagem de contribuição esteve entre 5,66%, em Promissão-Meio e 60%, em Nova Avanhandava-Barragem. Em maio, foi registrada a maior abundância relativa, no rio Piracicaba, com 41,80% do total; em seguida ficou o rio Tietê, com 33,86%. No reservatório de Ibitinga-Barragem a contribuição percentual foi de 18,11% e em Promissão (Início e Meio), foi de 31,58% e 16,03%, respectivamente. Vale ressaltar que no rio Paraná, mais precisamente no reservatório de Jupia, foi registrado o valor mais elevado para a classe Bacillariophyceae, com 76,32% (Figura 3).

Em julho de 2000 a classe Bacillariophyceae ocorreu em todos os pontos de coleta, mas as maiores abundâncias relativas ocorreram nos últimos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê. No reservatório de Nova Avanhandava foram registrados valores de 41,21%, 16,37% e 37,45 %, correspondendo ao Início, Meio e Barragem, respectivamente. Já no reservatório de Três irmãos, a contribuição esteve entre 13,11%, Barragem e 25,06%, Início. O valor mais elevado, neste período, ocorreu à jusante de Ilha Solteira, 42,56%.

Em outubro, a abundância relativa da classe Bacillariophyceae foi reduzida em quase todos os reservatórios, sendo que o valor mais elevado ocorreu no rio Piracicaba, com 26,03%. Nos demais pontos de coleta, os valores variaram de 1,18% em Ibitinga-Barragem, a 23,98% à jusante de Três Irmãos, conforme demonstrado na Figura 3.



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupiá).

Figura 3. Distribuição da Classe Bacillariophyceae nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, durante o período de estudo.

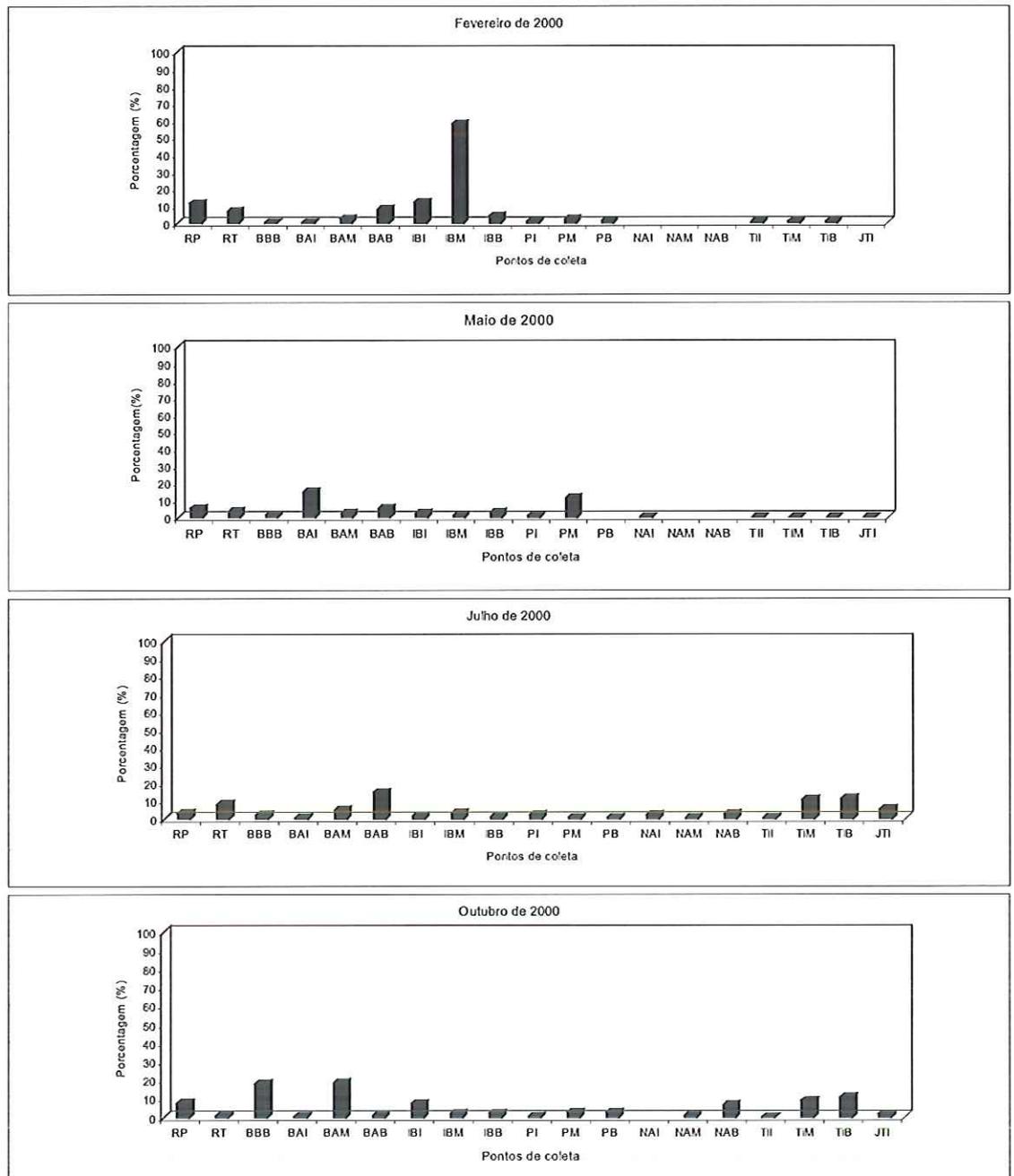
Euglenophyceae

Esta classe ocorreu em quase todos os períodos amostrados, porém com reduzida abundância relativa, exceto em fevereiro de 2000, no reservatório de Ibitinga-Meio, cuja contribuição foi de 58,14%. Nos demais pontos de coleta a abundância relativa desta classe foi reduzida, variando entre 0,42% (Barra Bonita-Barragem) e 12,2% (Ibitinga-Início).

Em maio, os maiores valores percentuais foram registrados em Bariri-Início, com 14,78%, e em Promissão-Meio, com 11,45%, conforme se observa na Figura 4.

Em julho, os valores mais elevados ocorreram em Bariri-Barragem, com 14,98%, e no reservatório de Três Irmãos-Meio e Barragem, com 10,64% e 11,48%, respectivamente. Nos demais pontos, os valores oscilaram entre 0,36% (Nova Avanhandava-Meio) e 5,38% (à jusante de Três Irmãos).

Na coleta de outubro de 2000, os valores mais elevados foram obtidos em Barra Bonita-Barragem, com 18,30%, e em Bariri-Meio, com 18,75%. A menor abundância relativa (0,27%) foi obtida no reservatório de Três Irmãos-Início, sendo que em Nova Avanhandava-Início não foi registrada a ocorrência desta classe.



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupia).

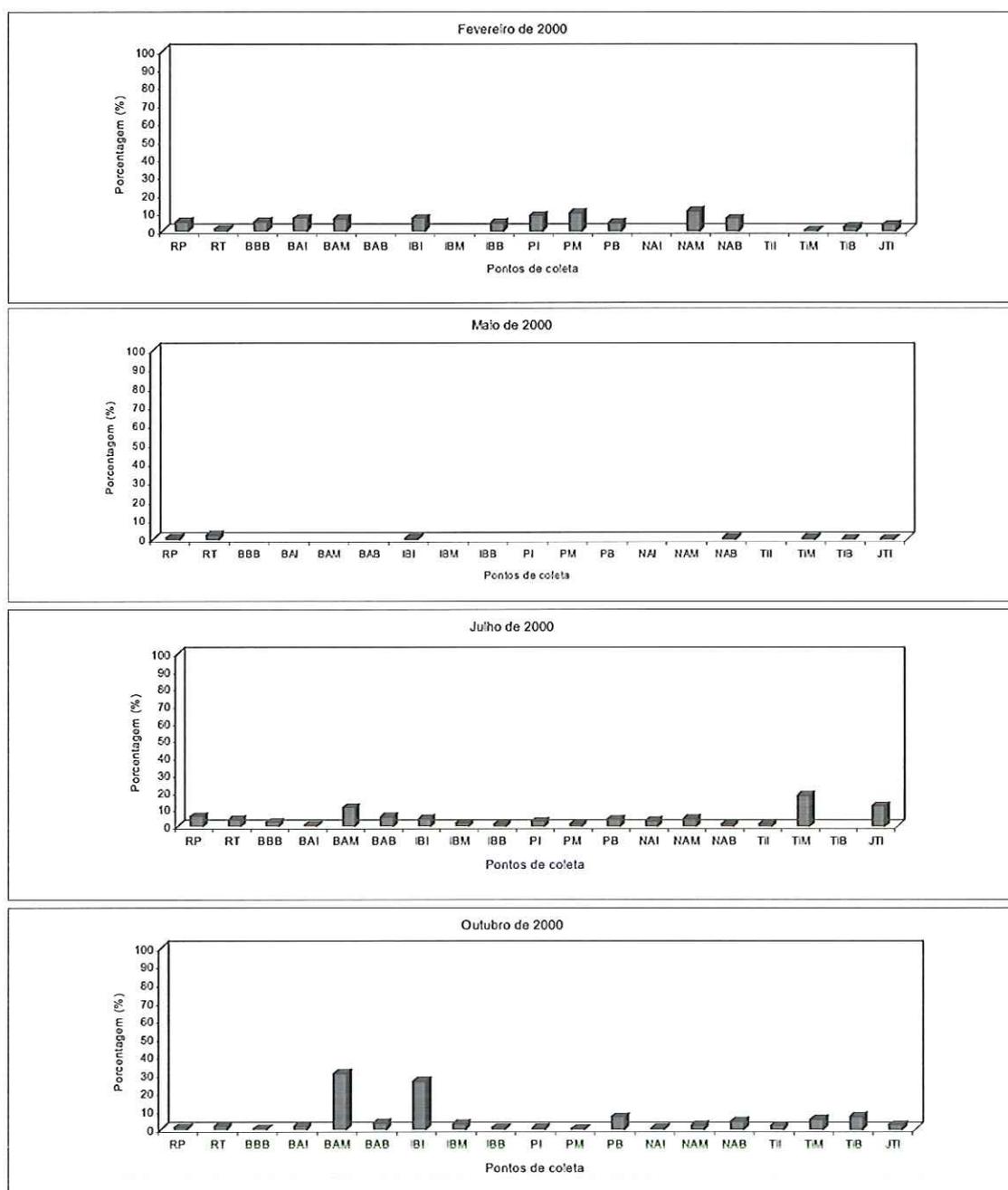
Figura 4. Distribuição da Classe Euglenophyceae nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, durante o período de estudo.

Chryptophyceae

Os valores mais elevados para a classe Chryptophyceae foram encontrados em outubro de 2000, com 30,5% em Bariri-Meio, e 26,23% em Ibitinga-início (Figura 5). Nos demais períodos e pontos de coletas amostrados, foi registrada a presença das algas pertencentes à classe Chryptophyceae, porém com reduzida contribuição, especialmente em maio de 2000, quando algas pertencentes a esta classe foram observadas nos rios Piracicaba e Tietê, em Ibitinga-Início, em Nova Avanhandava-Barragem, em Três Irmãos-Meio e Barragem e à jusante de três irmãos, com valores variando de 0,08% a 0,13%.

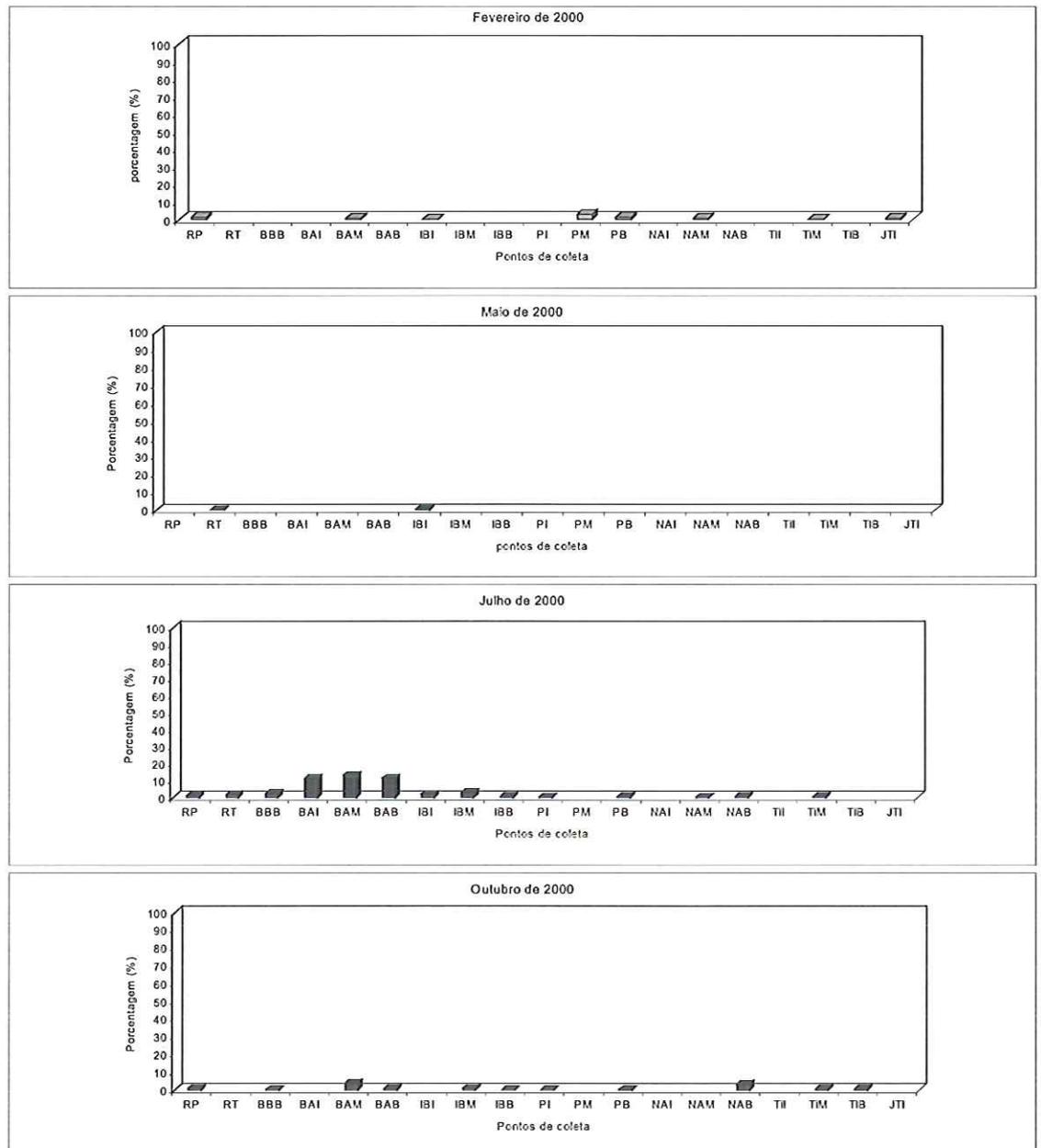
Chrysophyceae

Para esta classe do fitoplâncton, os valores de abundância relativa no sistema de reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê foram reduzidos. Em fevereiro de 2000 a abundância relativa esteve entre 0,12% em Ibitinga-Início e 2,83% em Promissão-Meio. Em maio de 2000, os valores ficaram entre 0,12% no rio Tietê e 0,51% em Ibitinga-Início. Em julho de 2000, a abundância relativa foi de 0,26%, em Promissão-Início, e 13,06%, em Bariri-Meio. Na coleta de outubro de 2000, a abundância relativa esteve entre 0,09% em Ibitinga-Barragem e 3,62% em Bariri-Meio, conforme mostrado na Figura 6.



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupiá).

Figura 5. Distribuição da Classe Chryptophyceae nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, e no rio Paraná, durante o período de estudo.



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupia).

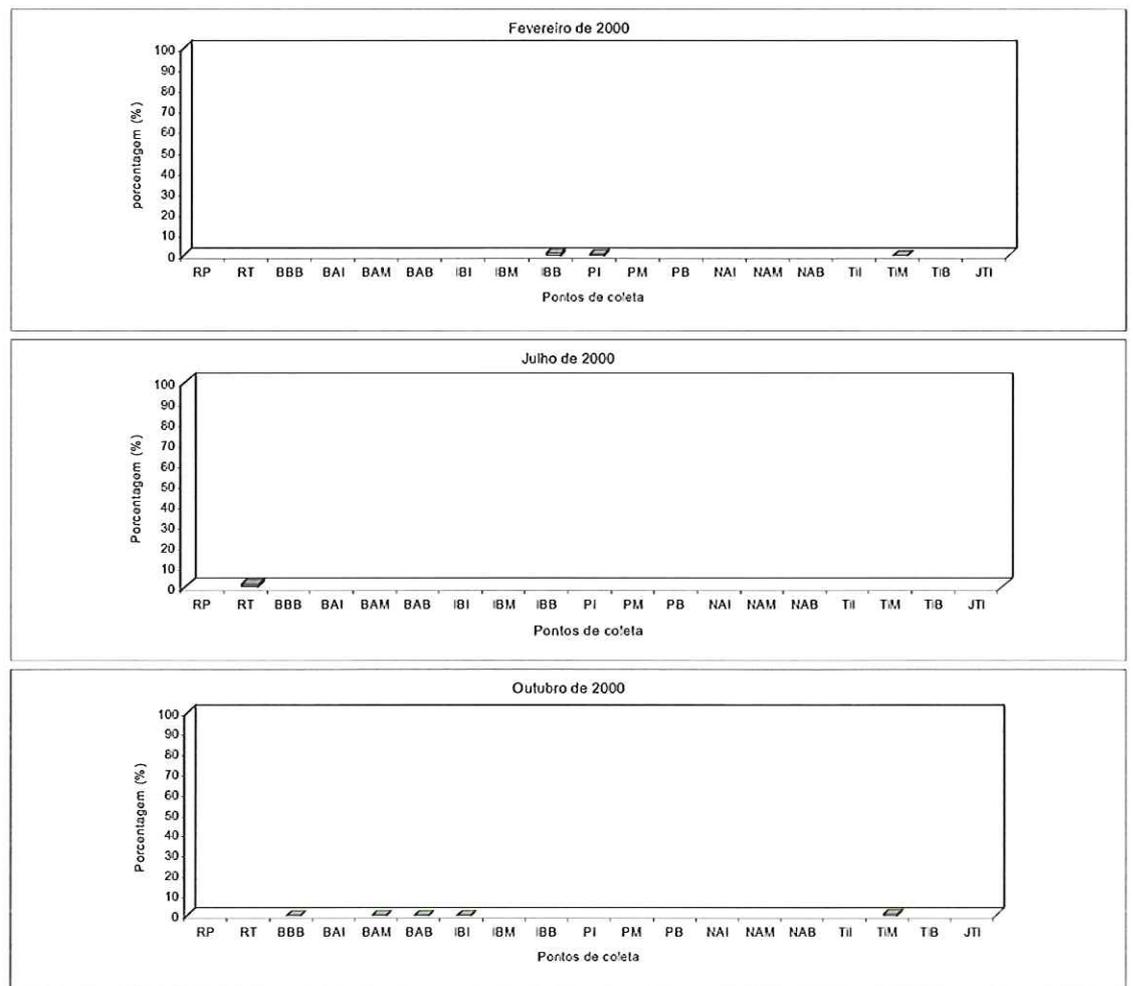
Figura 6. Distribuição da Classe Chrysophyceae nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, durante o período de estudo.

Dinophyceae

A classe Dinophyceae, em fevereiro de 2000, somente foi encontrada em Três Irmãos-Meio, com 0,12%; Promissão-Início, com 0,54% e em Ibitinga-Barragem, com 1,01%, conforme apresentado na Figura 7. No mês de maio de 2000, não foi observada a presença desta classe. Em julho de 2000, as algas pertencentes à classe Dinophyceae somente foram observadas no rio Tietê (1,44%). Em outubro de 2000 verificou-se a presença das algas dinofíceas em Barra Bonita-Barragem com 0,10%, em Bariri-Meio com 0,12% e Bariri-Barragem com 0,08%. No reservatório de Ibitinga-Início, esta classe contribuiu com 0,14% e no reservatório de Três Irmãos-Meio a abundância relativa foi de 0,43%.

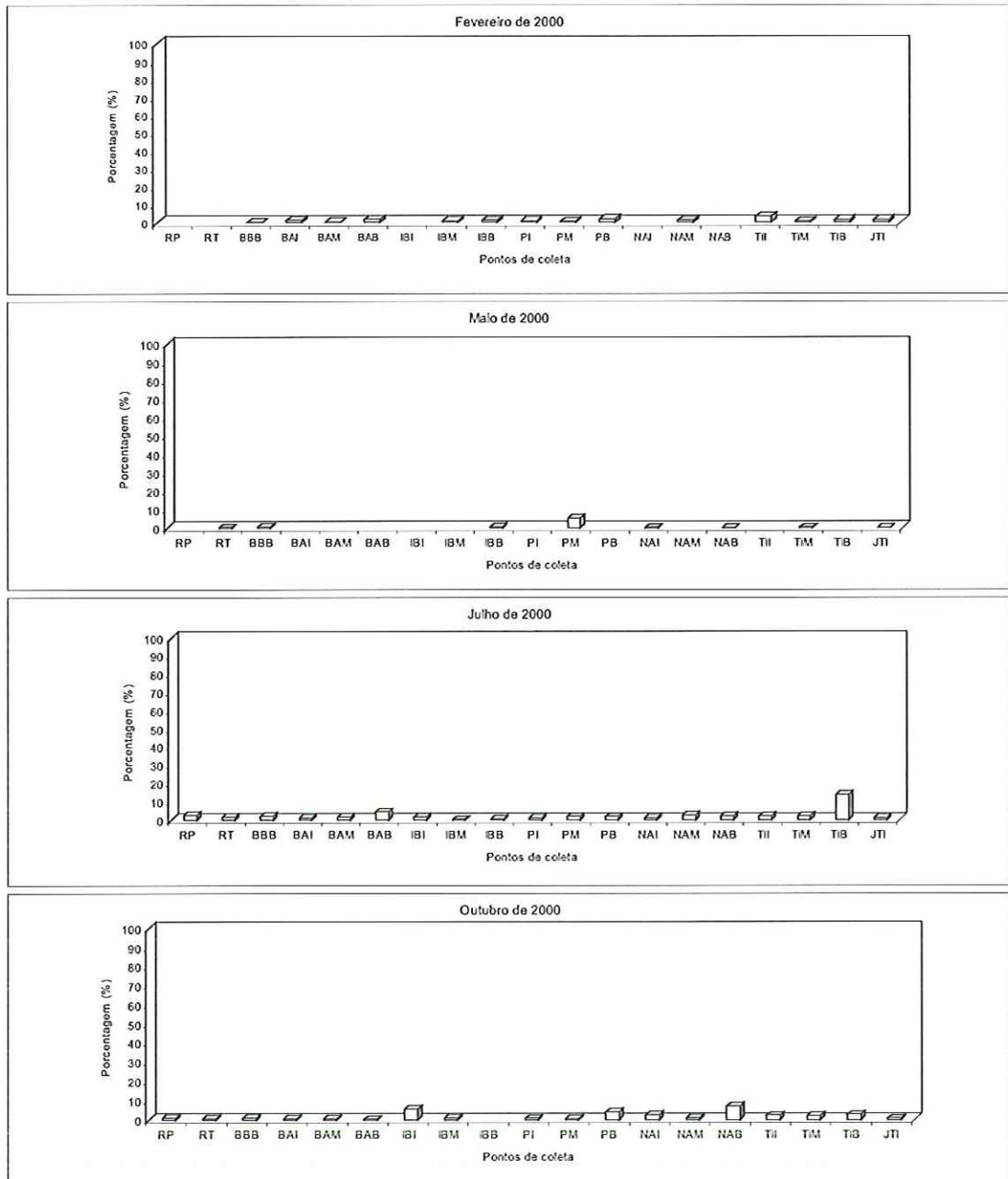
Zygnemaphyceae

Conforme apresentado na Figura 8, em fevereiro de 2000 a classe Zygnemaphyceae ocorreu em todos os reservatórios do sistema em cascata, porém com reduzida abundância relativa, variando de 0,47%, em Promissão-Meio, a 3,45%, em Três Irmãos-Início. Em maio de 2000, esta classe ocorreu em poucos reservatórios da cascata, com valor mais elevado, 5,34% em Promissão-Meio. A menor abundância relativa ocorreu à Jusante de Três Irmãos, 0,09%. Os períodos em que esta classe foi registrada em praticamente todo o sistema em cascata do Médio e Baixo Rio Tietê correspondeu aos meses de julho e outubro de 2000, com os valores de abundância entre 0,26 em Ibitinga-Meio e 2,49% em Nova Avanhandava-Meio em julho e de 0,15% em Bariri-Barragem a 7,12% em Nova Avanhandava-Barragem, para o mês de outubro de 2000.



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupiá).

Figura 7. Distribuição da Classe Dinophyceae nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, durante o período de estudo.



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupia).

Figura 8. Distribuição da Classe Zygnemaphyceae nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, durante o período de estudo.

4.4.4 Índice de diversidade de espécies

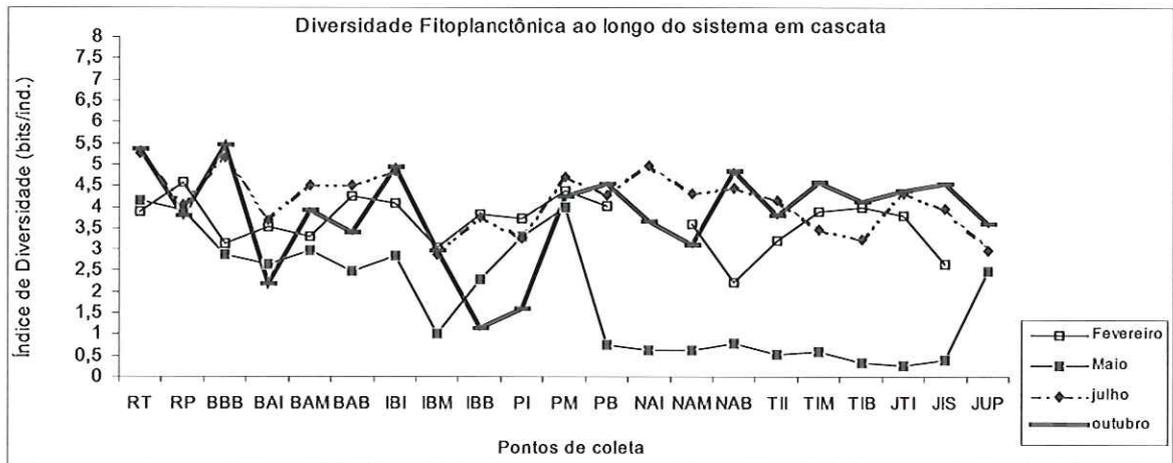
Neste estudo, os valores resultantes da aplicação do índice de diversidade de Shannon-Weaver, para a comunidade fitoplanctônica do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, nos diferentes períodos de amostragem, são apresentados na Tabela 27 (Anexo) e Figura 9.

Os índices variaram de 2,23bits./ind, em Nova Avanhandava – Barragem a 4,56bits./ind, no rio Piracicaba, para o mês de fevereiro, sendo que os valores mais elevados foram observados também no reservatório de Bariri-Barragem (4,25 bits./ind); no reservatório de Ibitinga – Início (4,09 bits./ind.); no reservatório de Promissão – Meio (4,38 bits./ind.) e em Promissão-Barragem (4,01 bits./ind.).

Na coleta realizada durante o mês de maio, a amplitude de variação do índice de diversidade foi de 0,27 a 4,16bits./ind, sendo que o maior valor registrado ocorreu no rio Tietê, conforme se observa na Tabela 27. Deve-se ressaltar que neste período foram registrados os menores valores de índice de diversidade para o sistema em cascata.

De acordo com os valores de índice de diversidade obtidos para o mês de julho, observa-se que os mesmos variaram entre 2,86 e 5,27bits./ind., sendo que o menor valor foi registrado no reservatório de Ibitinga-Meio e o maior valor no rio Tietê.

Os maiores valores do índice de diversidade foram registrados no mês de outubro de 2000, com o maior valor sendo registrado em Barra Bonita-Barragem (5,45 bits./ind.) e o menor valor no reservatório de Ibitinga-Barragem (1,15bits./ind.)



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupiá).

Figura 9. Variação dos valores do índice de diversidade de Shannon-Weaver, no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, nos diferentes períodos de amostragem, durante o período de estudo.

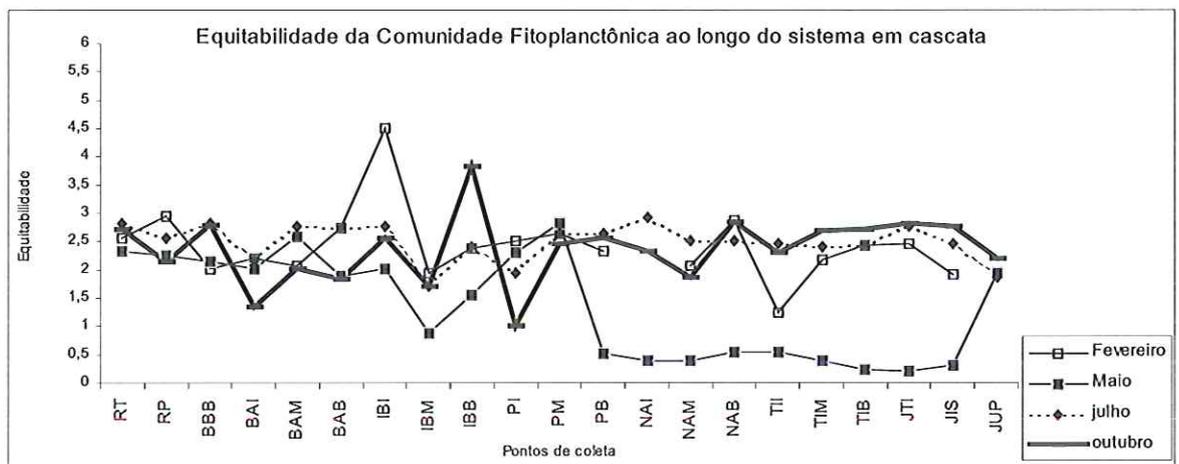
Analisando-se a Figura 9, verifica-se que nos meses de fevereiro e de julho de 2000, ocorreu uma baixa amplitude de variação do índice de diversidade ao longo do sistema em cascata, porém, nos demais períodos, os valores apresentaram maiores variações em relação ao eixo longitudinal dos reservatórios (sistema em cascata).

4.4.5 Equitabilidade

Em relação à equitabilidade da comunidade fitoplancônica no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê (Tabela 28-Anexos), os valores registrados demonstraram que houve uma pequena variação no padrão em relação aos períodos amostrados, conforme se observa na Figura 10. No entanto, observa-se praticamente o mesmo padrão de variação obtido no

índice de diversidade, sendo que no mês de maio de 2000 ocorreram os menores valores de equitabilidade.

Para o mês de fevereiro de 2000, os valores do índice de equitabilidade variaram entre 1,24 e 4,49, correspondendo a Três Irmãos-Início e Ibitinga-Início, respectivamente. Em maio de 2000, os valores oscilaram entre 0,20 (a jusante de Três Irmãos) e 2,83 (em Promissão-Meio). No mês de julho de 2000, os valores registrados para a equitabilidade foram de 1,70 (no reservatório de Ibitinga-Meio) e 2,83 (em Barra Bonita-Barragem), sendo que em outubro de 2000, os valores de equitabilidade estiveram compreendidos entre 1,00 (em Promissão-Início) e 3,84 (em Ibitinga-Barragem).



Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupia).

Figura 10. Variação dos valores de equitabilidade do fitoplâncton no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, nos diferentes períodos de amostragem.

4.4.6 Concentração de Clorofila a + feofitina

Pelos resultados obtidos (Figura 11), verifica-se que os maiores valores de clorofila a ocorreram nos primeiros reservatórios, observando-se, ao longo do eixo longitudinal da cascata, uma tendência à redução nas concentrações de clorofila a (Tabela 29-Anexos). As maiores concentrações de clorofila a foram obtidas em outubro, coincidindo com o aumento nos valores de densidade numérica para a comunidade fitoplanctônica. Em fevereiro de 2000, as concentrações de clorofila a foram de 2,37 $\mu\text{g/L}$, a jusante de Ilha Solteira e 25,36 $\mu\text{g/L}$ em Ibitinga-Início; em maio esteve entre 0,87 $\mu\text{g/L}$, em Ibitinga-Início e 27,9 $\mu\text{g/L}$ em Barra Bonita-Barragem; em julho foram de 3,48 $\mu\text{g/L}$ em Três Irmãos-Barragem, a 40,45 $\mu\text{g/L}$ no rio Tietê e em outubro de 2000, entre 1,25 $\mu\text{g/L}$ a jusante de Três Irmãos e 122,76 $\mu\text{g/L}$ em Bariri-Início.

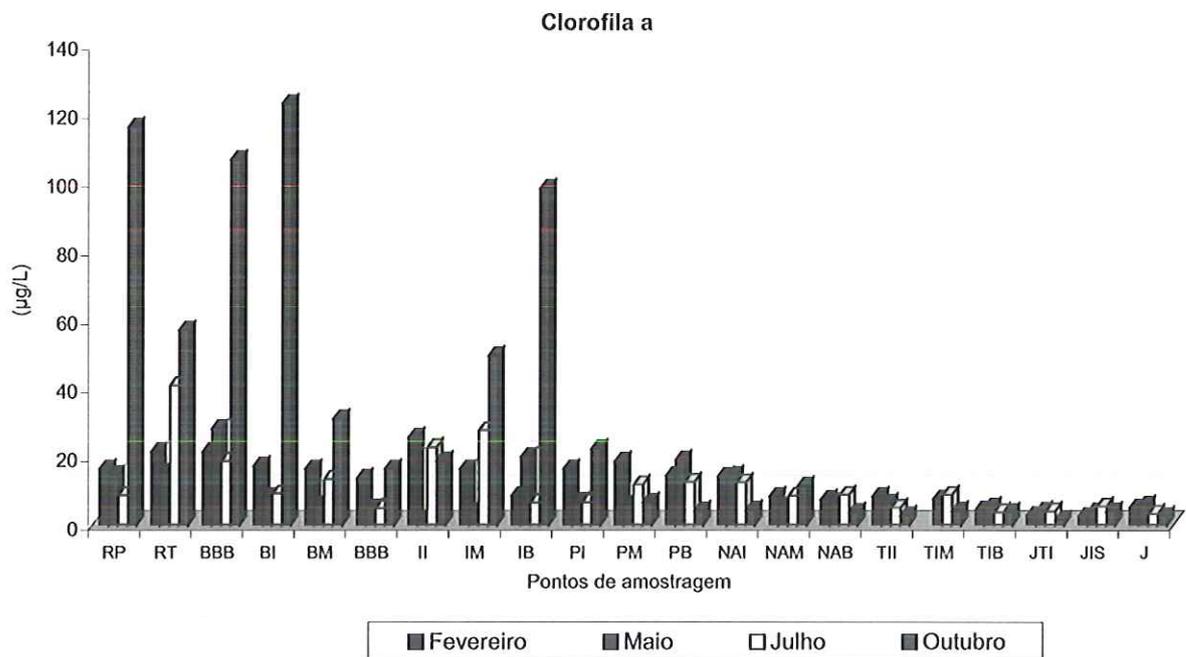


Figura 11. Concentrações de clorofila a obtidas nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, durante o período de estudo.

Analisando comparativamente os valores obtidos para clorofila *a* e a densidade total de fitoplâncton nos diferentes períodos de coleta e estações de amostragem, verifica-se que, em geral, ocorreu a mesma tendência de variação entre ambas, ou seja, as concentrações mais elevadas de clorofila *a* corresponderam aos elevados valores de densidade numérica do fitoplâncton. No rio Piracicaba foram obtidos os maiores valores de clorofila *a*, bem como de densidade numérica do fitoplâncton, no mês de outubro (Figura 12). Neste ponto de amostragem verificou-se ainda a maior concentração de nutrientes, sendo que Cyanophyceae foi a classe de fitoplâncton mais abundante, com 47,40% (Tabela 26).

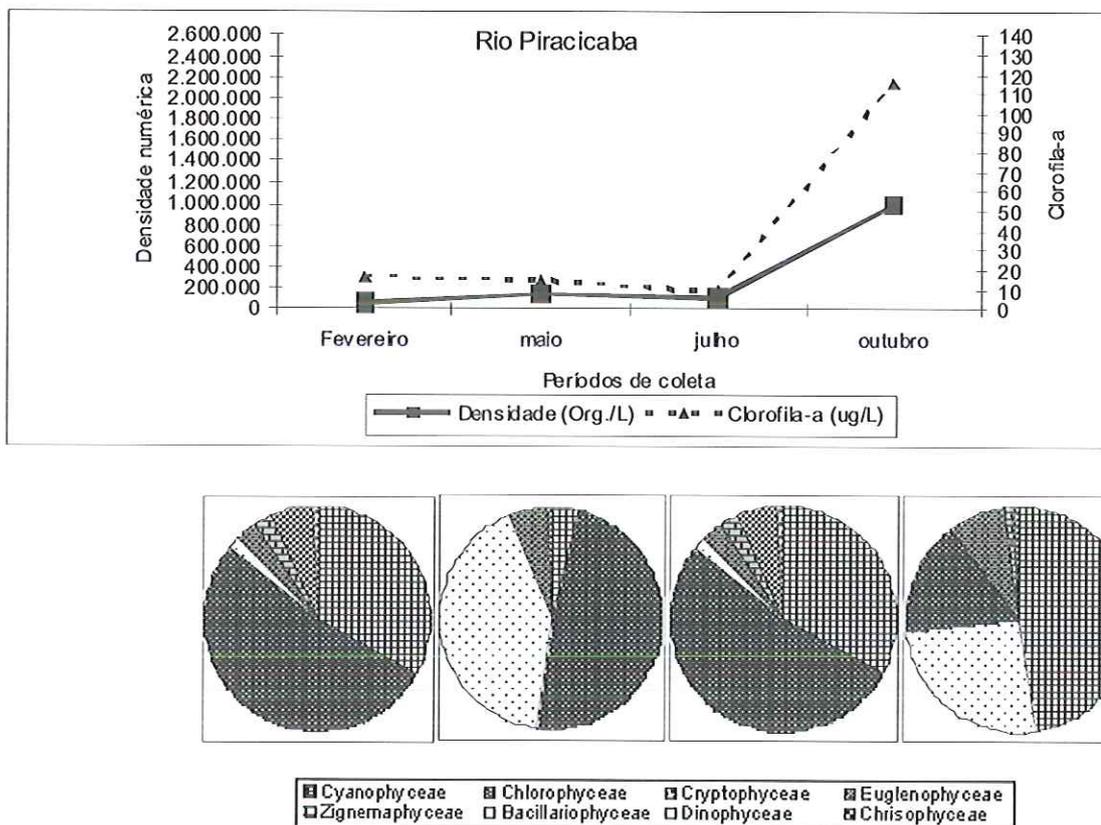


Figura 12. Relação entre os valores de clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton no rio Piracicaba, nos respectivos períodos amostrados.

Os maiores valores de clorofila *a* para o rio Tietê ocorreram em outubro e, de acordo com a Figura 13, verifica-se o mesmo padrão de variação obtido para a densidade numérica, sendo que a maior contribuição, em termos de

densidade, ocorreu para a classe Chlorophyceae, com 63,06% (Tabela 26-Anexos).

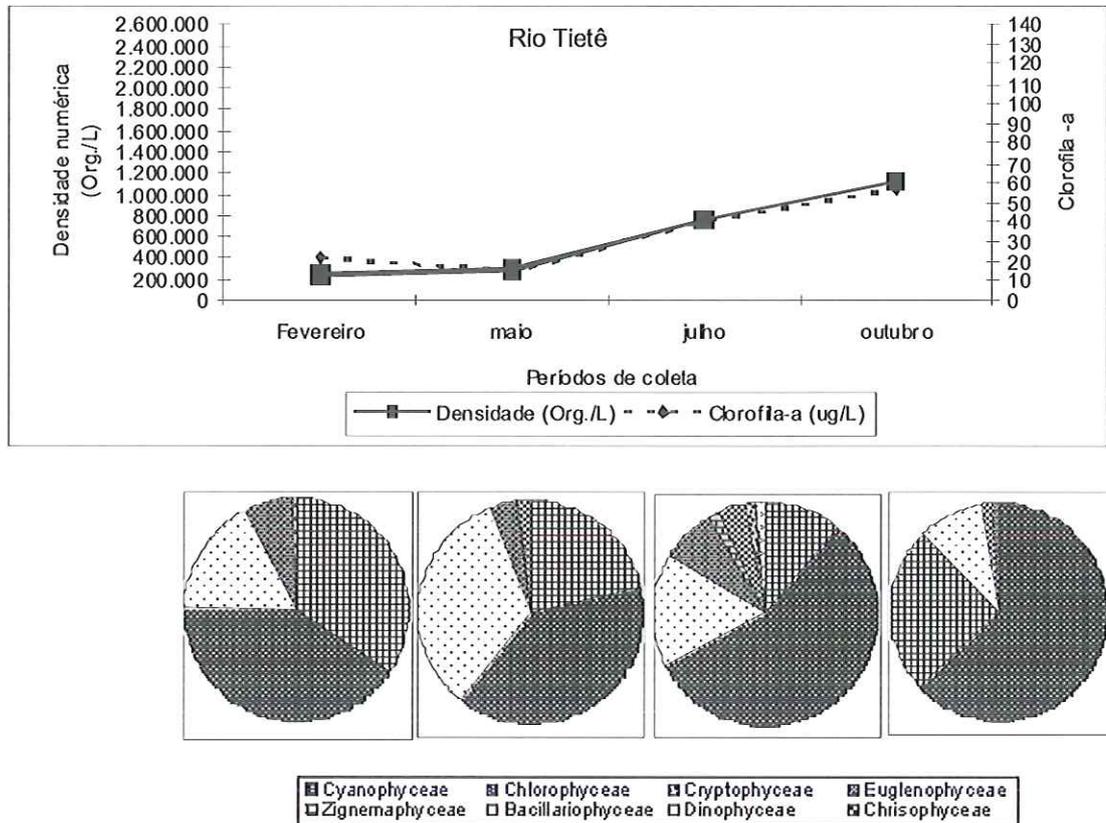


Figura 13. Relação entre os valores de clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton no rio Tietê, nos respectivos períodos amostrados.

No reservatório de Barra Bonita-Barragem (Figura 14), os maiores valores de clorofila *a* e de densidade numérica ocorreram em outubro de 2000, sendo que a classe mais representativa foi Chlorophyceae, com 43,41% do total (Tabela 26-Anexos).

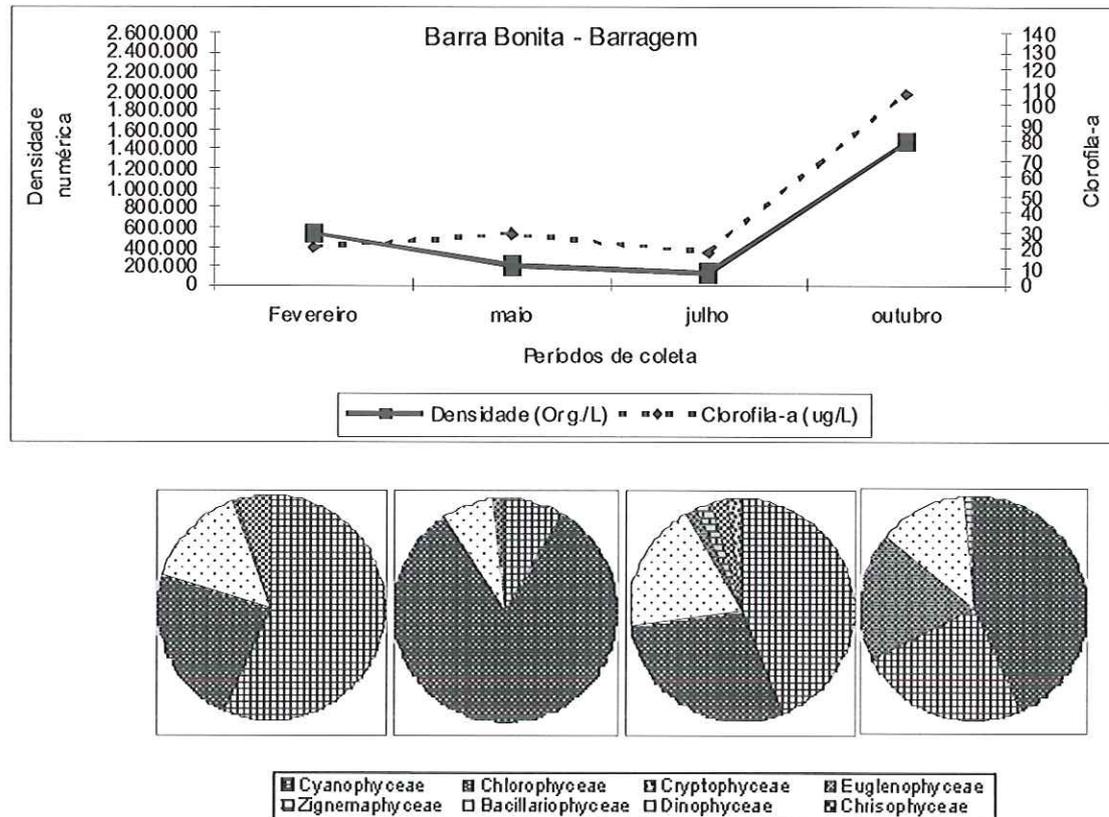


Figura 14. Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Barra Bonita-Barragem, nos respectivos períodos amostrados.

A Figura 15 demonstra que no reservatório de Bariri-Início, a maior concentração de clorofila a e a maior densidade numérica também ocorreram na coleta de outubro de 2000. No entanto, a classe Cyanophyceae foi a que apresentou maior abundância relativa, contribuindo com 71,98% da densidade total (Tabela 26-Anexos).

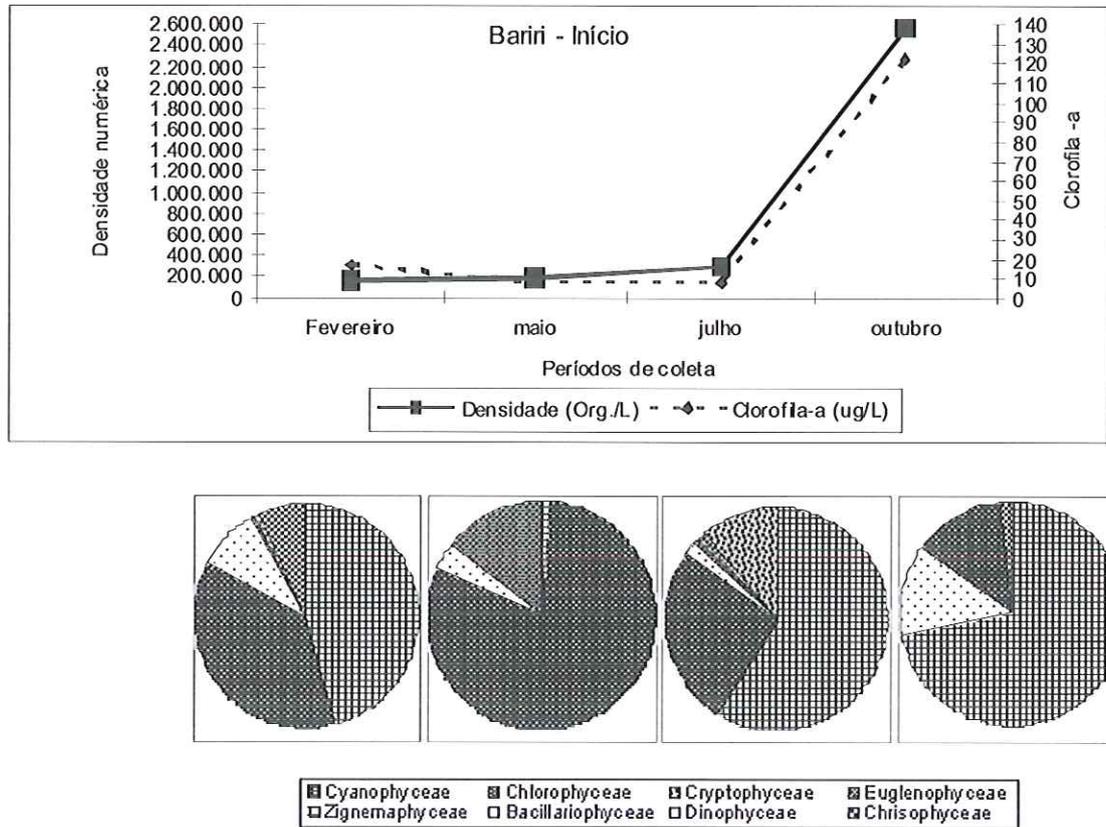


Figura 15. Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Bariri-Início, nos respectivos períodos amostrados.

Em Bariri-Meio, os maiores valores de clorofila também ocorreram no mês de outubro de 2000, com $49,17\mu\text{g/L}$, correspondendo a uma densidade total de 704.792 org./L (Figura 16). Neste período, a classe Chryptophyceae foi a mais representativa, contribuindo com $30,5\%$ da densidade total do fitoplâncton (Tabela 26-Anexos).

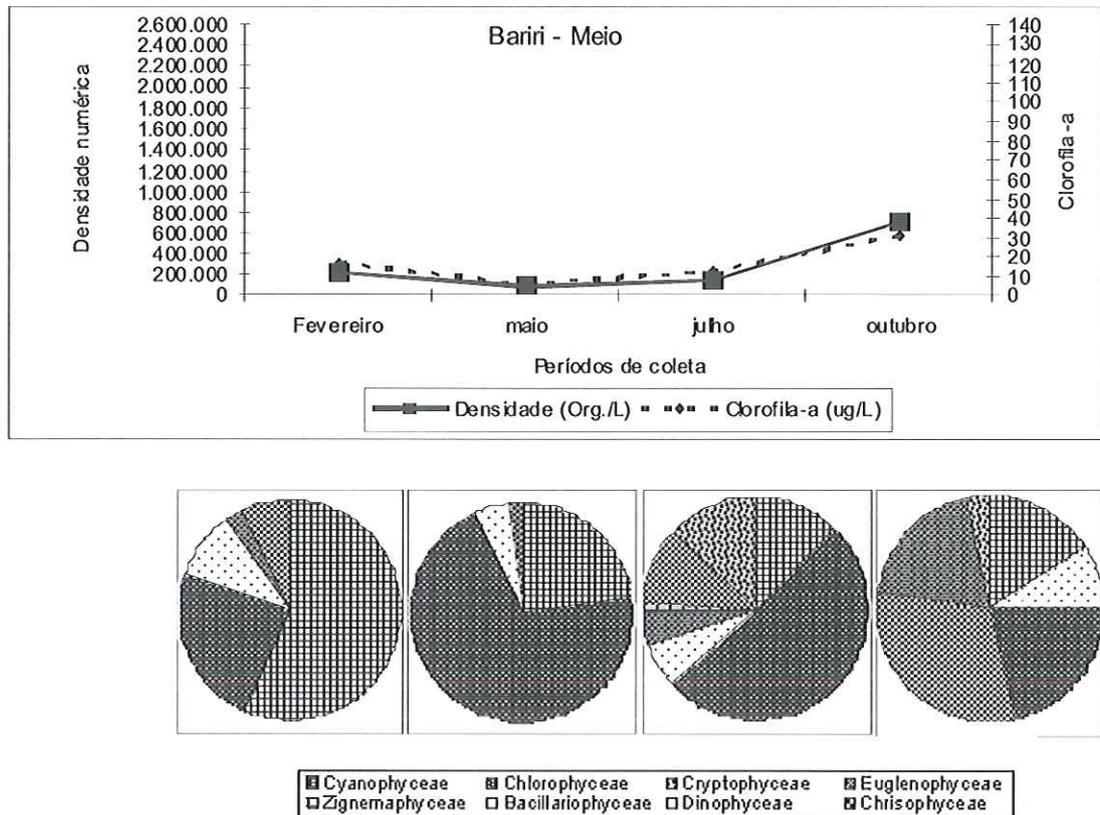


Figura 16. Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Bariri-Meio, nos respectivos períodos amostrados.

No reservatório de Bariri-Barragem, a maior concentração de clorofila também foi encontrada em outubro de 2000, $16,18\mu\text{g/L}$ e o menor valor foi de $4,60\mu\text{g/L}$, ocorrendo em julho de 2000 (Figura 17). O valor correspondente de densidade numérica foi maior em outubro de 2000, com um total de 860.977 org./L, porém a classe de maior contribuição foi Chlorophyceae, com $76,10\%$ (Tabela 26-Anexos).

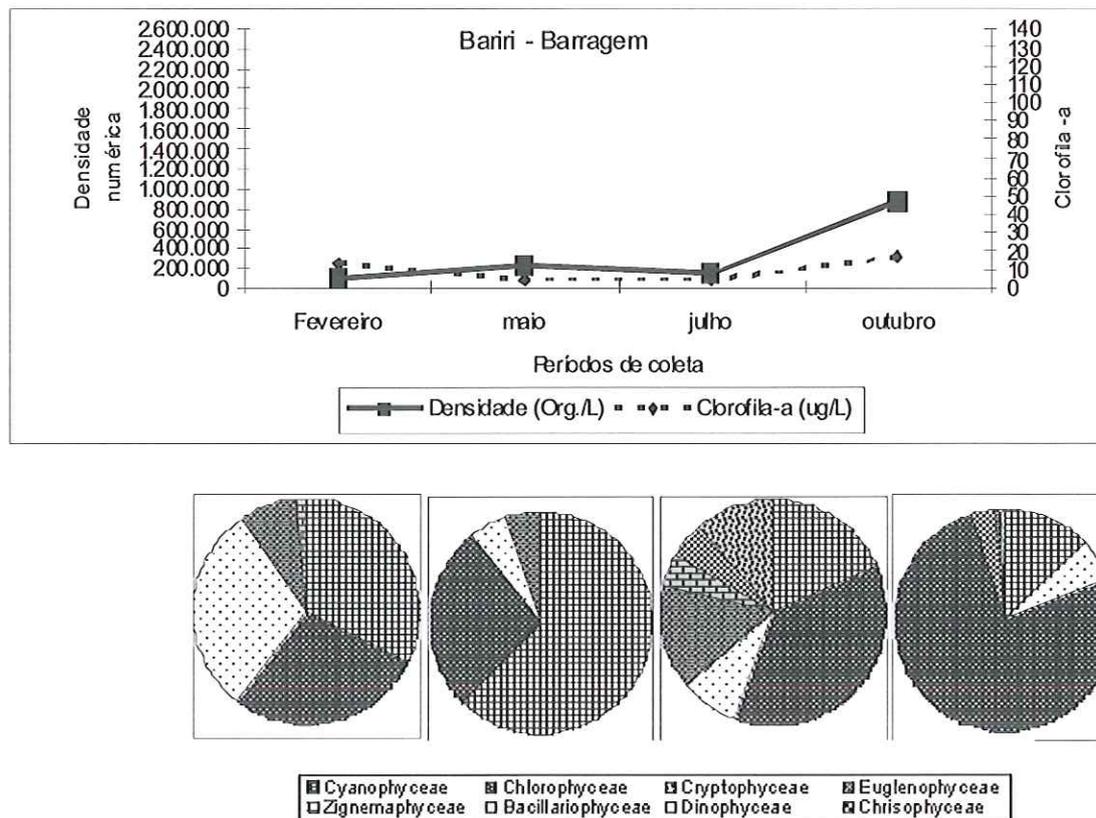


FIGURA 17. Relação entre os valores de clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton Bariri-Barragem, nos respectivos períodos amostrados.

No reservatório de Ibatinga, verificou-se que ocorreu um comportamento inverso entre os valores de clorofila *a* e a densidade numérica em maio e julho. Conforme apresentado na Figura 18, o maior valor de clorofila *a* para o ponto de coleta (Início) ocorreu em fevereiro, com $25,36\mu\text{g/L}$ e a densidade foi de 544.863 org./L. Neste ponto, o menor valor de clorofila *a* foi encontrado em maio, $0,87\mu\text{g/L}$, porém correspondeu ao maior valor de densidade numérica 566.832 org./L, com maior abundância de Chlorophyceae, com $52,81\%$ (Tabela 24-Anexos).

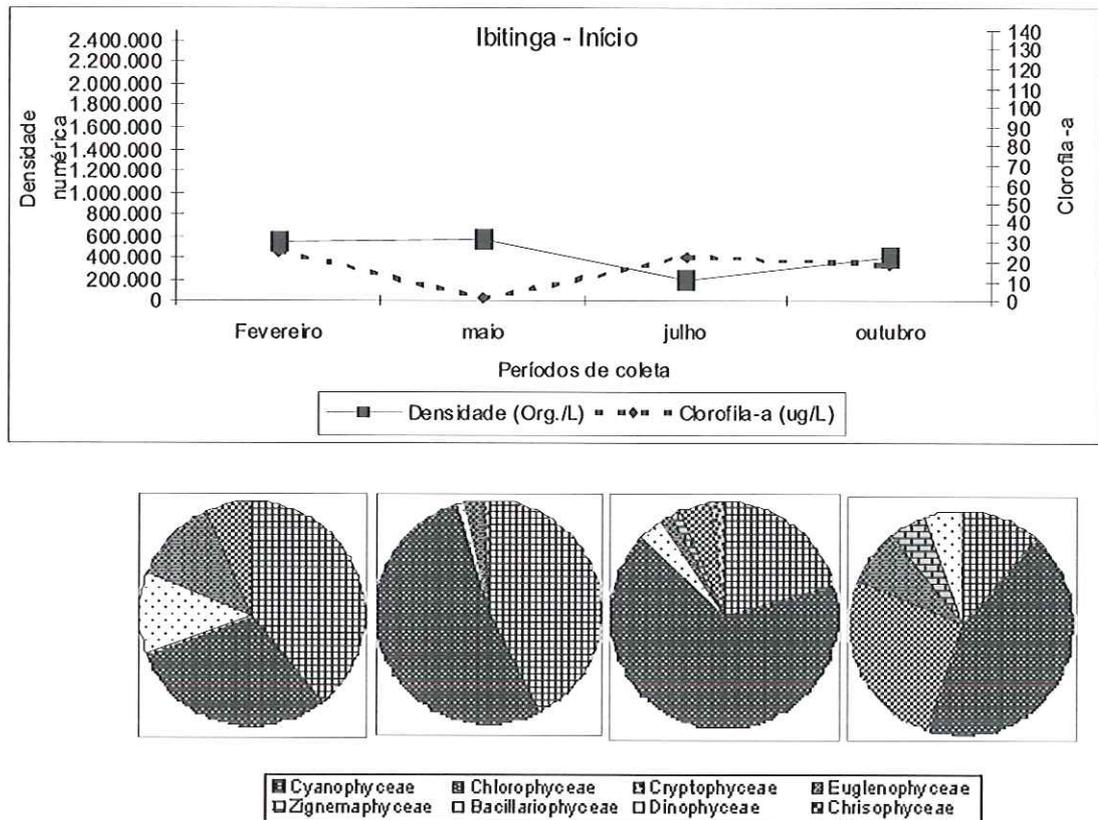


Figura 18. Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton no reservatório de Ibitinga - Início, nos respectivos períodos amostrados.

Em Ibitinga-Meio, o valor mais elevado de clorofila a ocorreu no mês de outubro de 2000, com $49,17\mu\text{g/L}$ (Figura 19), sendo que neste ponto de coleta a maior densidade ocorreu em maio de 2000 (711.282 org./L). Em relação à predominância das classes, a que apresentou maior abundância relativa foi a classe Cyanophyceae, com $95,33\%$ (Tabela 24-Anexos).

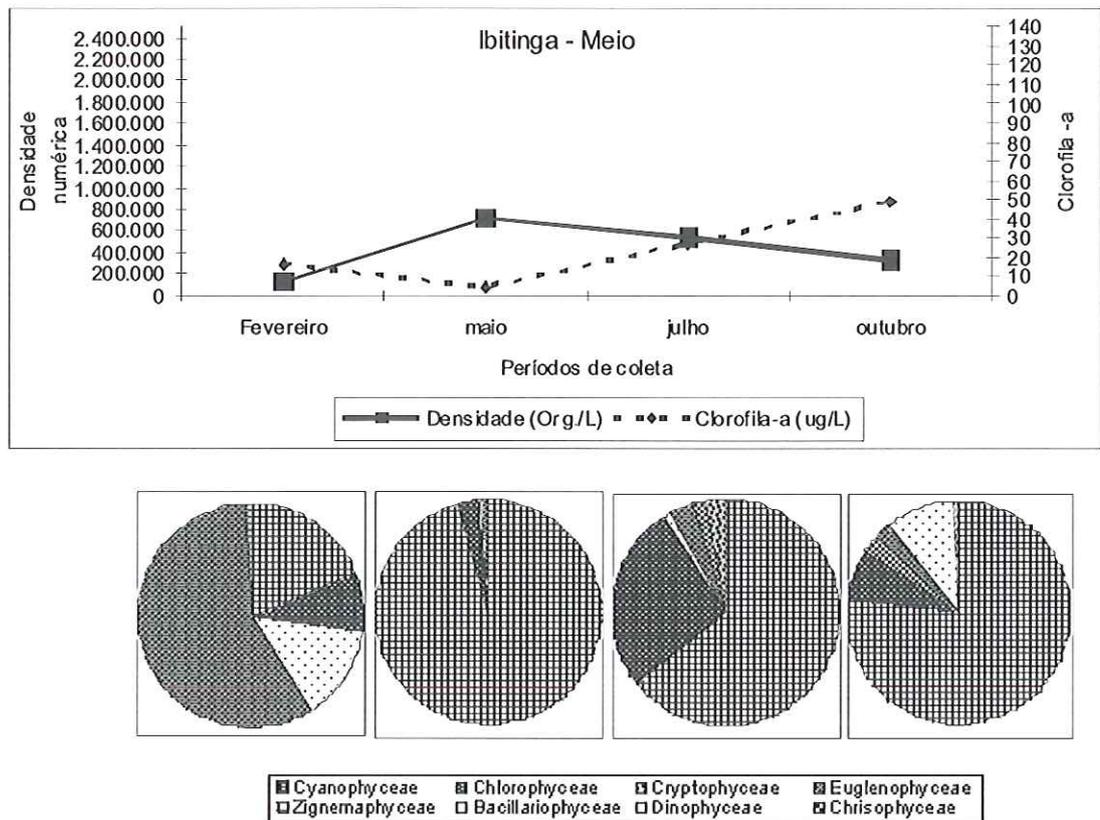


Figura 19. Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Ibitinga - Meio, nos respectivos períodos amostrados.

A Figura 20 demonstra os valores de clorofila obtidos em Ibitinga-Barragem. Observa-se que, neste ponto, a maior concentração ocorreu no mês de outubro de 2000, com $97,99 \mu\text{g/L}$, correspondendo também ao maior valor de densidade numérica do fitoplâncton total, com 689.700 org./L e, neste caso, Cyanophyceae apresentou a maior abundância relativa, com $94,10\%$ (Tabela 26-Anexos).

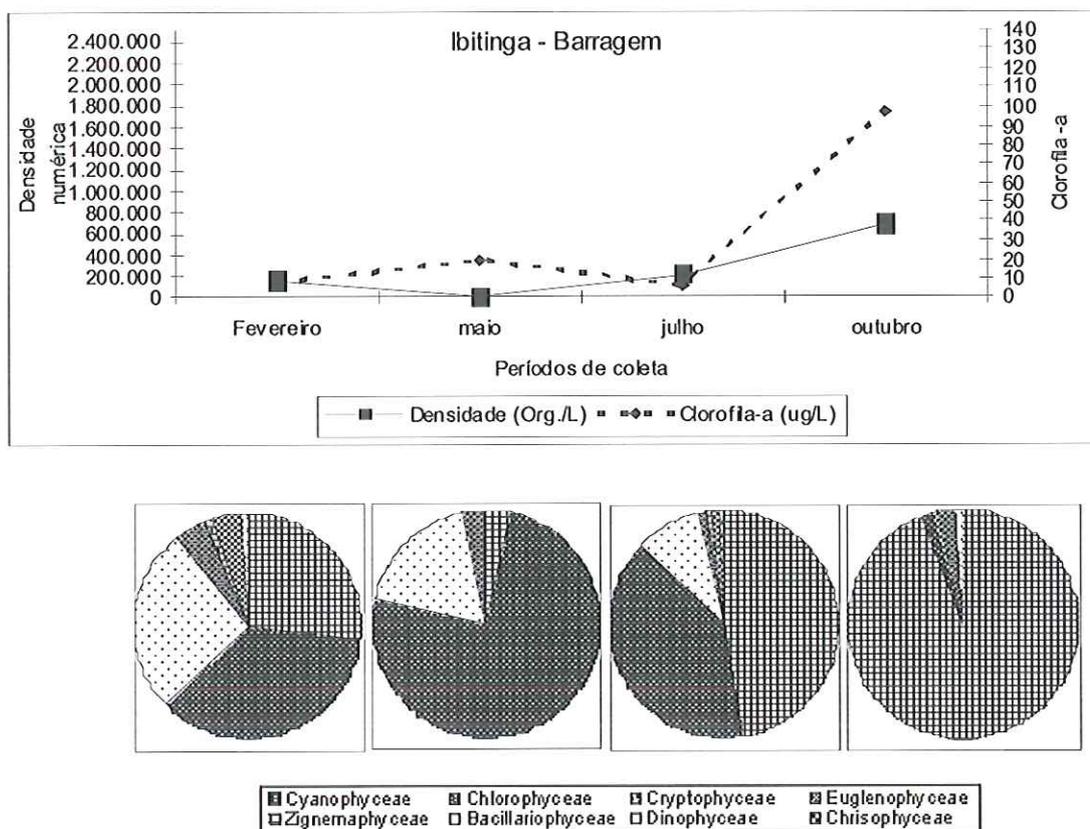


FIGURA 20. Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Ibitinga - Barragem, nos respectivos períodos amostrados.

No reservatório de Promissão (Figura 21), os valores mais elevados de clorofila a ($22,04\mu\text{g/L}$) ocorreram na fase de rio (Início), em outubro de 2000 e a densidade numérica foi de 572.900 org./L, sendo que a classe Cyanophyceae apresentou a maior abundância relativa, com 87,24% (Tabela 26-Anexos).

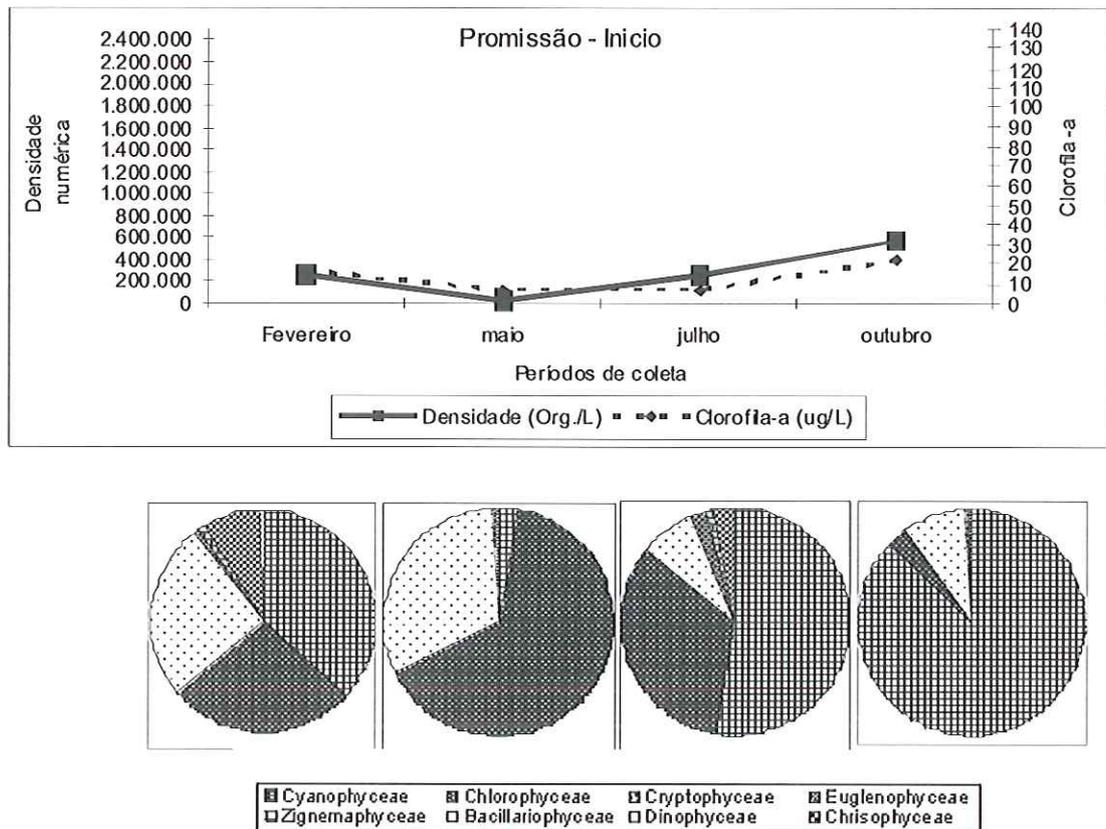


Figura 21. Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Promissão-Início, nos respectivos períodos amostrados.

A Figura 22 mostra que, em Promissão (Meio), o maior valor de clorofila a foi obtido em fevereiro de 2000, com $18,41\mu\text{g/L}$. Porém, os maiores valores de densidade numérica ocorreram em outubro de 2000, com 246.250org./L . A classe Cyanophyceae foi a que apresentou maior abundância relativa, com $54,06\%$ (Tabela 26-Anexos).

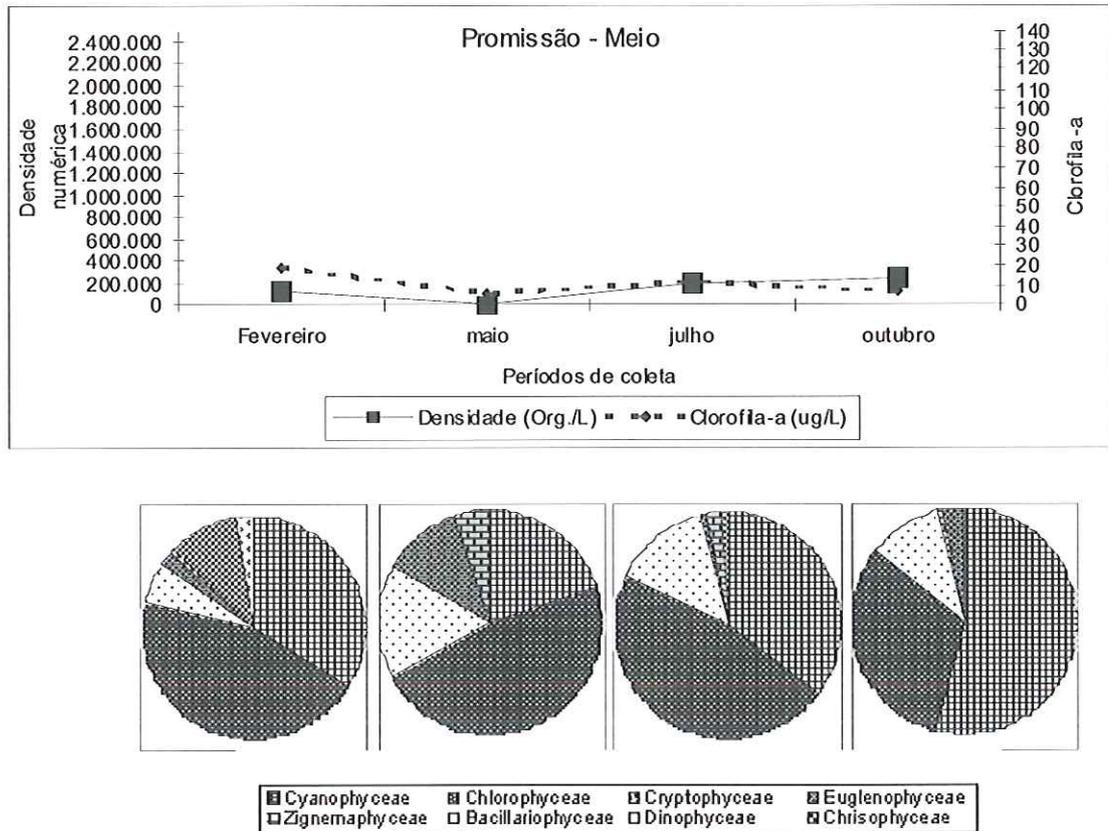


Figura 22. Relação entre os valores de clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Promissão - Meio, nos respectivos períodos amostrados.

Em Promissão-Barragem (Figura 23), os valores de clorofila mantiveram-se próximos, porém o maior valor foi de $18,83\mu\text{g/L}$, em maio de 2000. As densidades totais do fitoplâncton (274.572 org./L) apresentaram o mesmo padrão encontrado para a clorofila *a*, sendo que a classe Cyanophyceae apresentou a maior abundância relativa, com 91,67% (Tabela 24-Anexos).

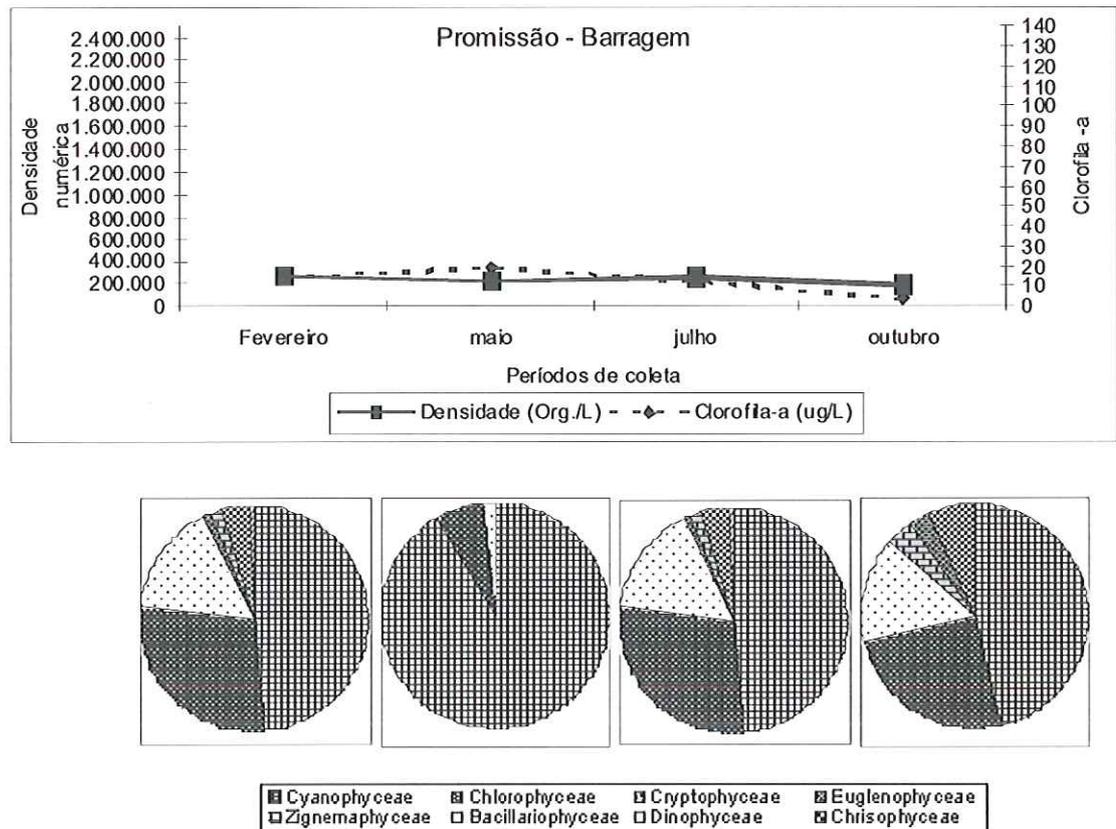


Figura 23. Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Promissão - Barragem, nos respectivos períodos amostrados.

Em Nova Avanhandava-Início (Figura 24), o maior valor de clorofila a , ocorreu em maio de 2000 ($14,22\mu\text{g/L}$), correspondendo à maior densidade numérica do fitoplâncton, com 489.294 org./L. A maior abundância relativa foi da classe Cyanophyceae, com $95,17\%$ (Tabela 23). O menor valor de clorofila a foi registrado em outubro de 2000, com $4,18\mu\text{g/L}$.

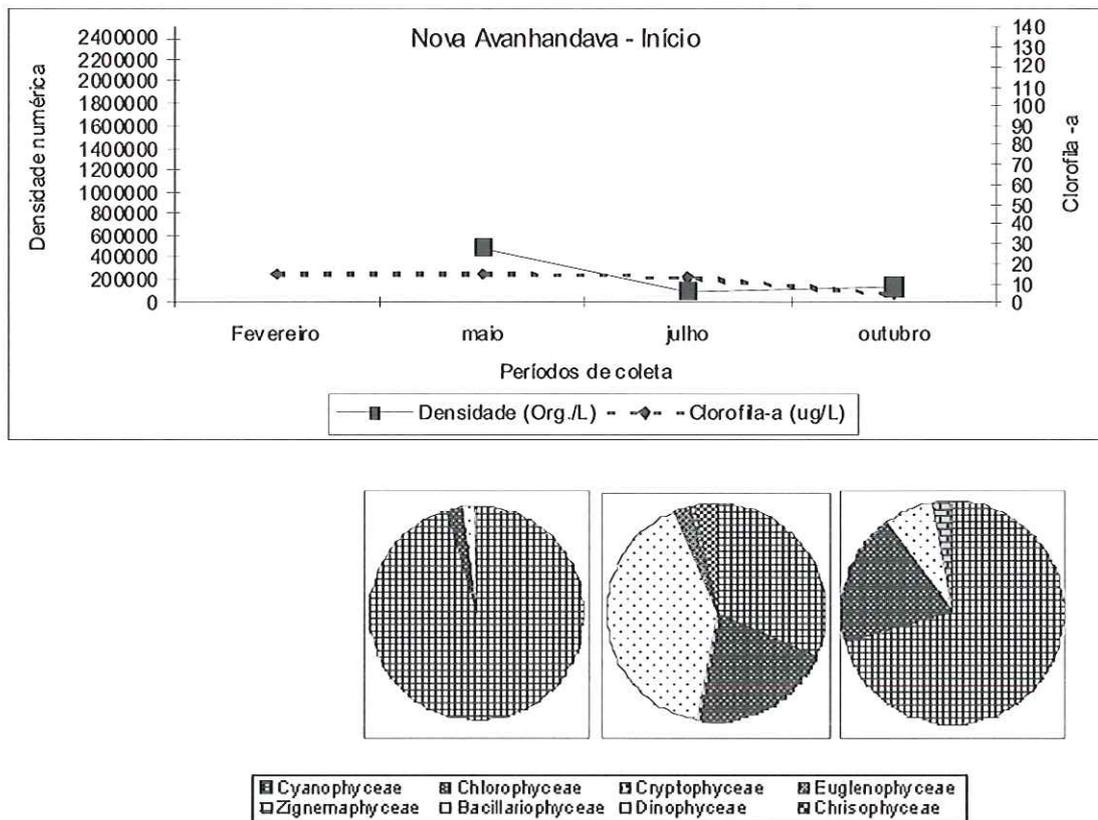


Figura 24. Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Nova Avanhandava - Início, nos respectivos períodos amostrados.

A Figura 25 demonstra que em Nova Avanhandava (Meio) ocorreram os valores mais elevados de densidade numérica do fitoplâncton, entretanto, com reduzidos valores de clorofila a , variando entre $5,02\mu\text{g/L}$ (maio) e $11,16\mu\text{g/L}$ (outubro). A maior densidade numérica ocorreu em outubro ($1.002.650$ org./L), com a maior contribuição da classe Chlorophyceae, com $72,74\%$ (Tabela 26-Anexos).

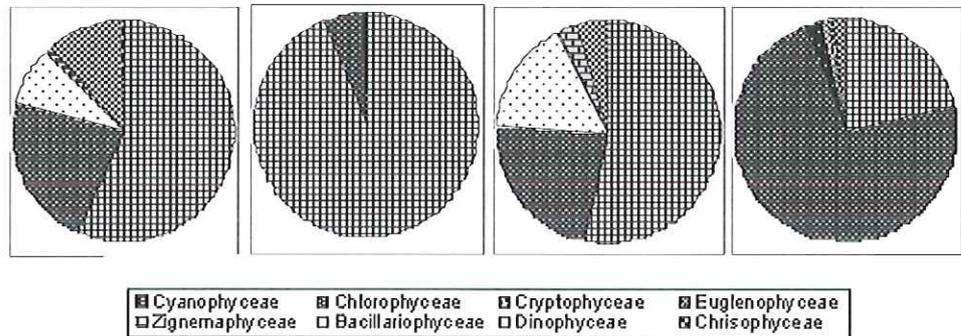
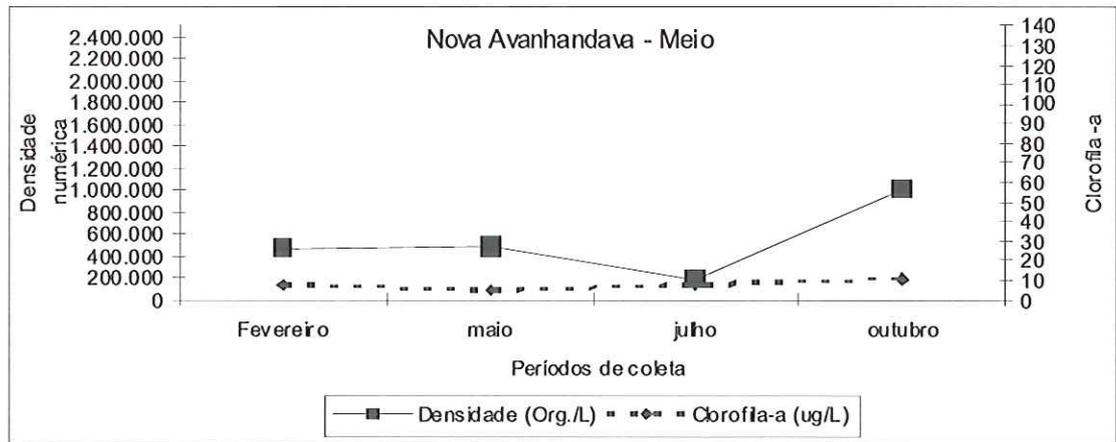


Figura 25. Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Nova Avanhandava - Meio, nos respectivos períodos amostrados.

Conforme apresentado na Figura 26, verifica-se que no reservatório de Nova Avanhandava-Barragem ocorreram os mais baixos valores de clorofila a, não ultrapassando a concentração de $8,5\mu\text{g/L}$, na coleta de julho. Entretanto, observou-se um aumento na densidade numérica no mês de maio ($1.960.863$ org./L) e uma contribuição percentual elevada da classe Cyanophyceae, com $93,62\%$ do total (Tabela 24-Anexos).

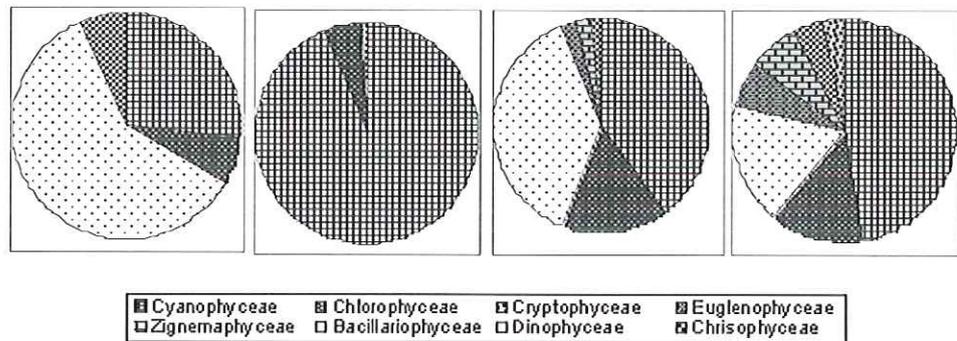
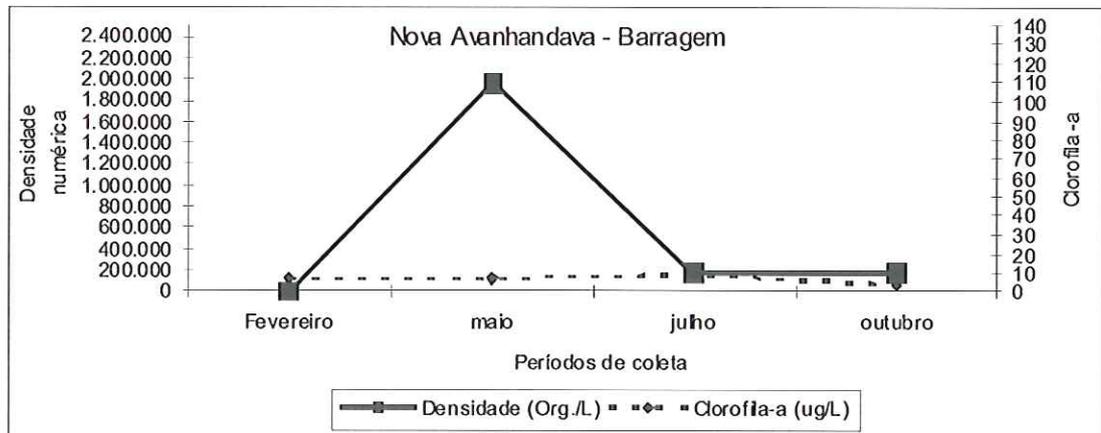


Figura 26. Relação entre os valores de clorofila *a* ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Nova Avanhandava - Barragem, nos respectivos períodos amostrados.

Os menores valores de clorofila *a* registrados neste estudo para os reservatórios em cascata do Médio e Baixo Rio Tietê ocorreram em Três Irmãos. A Figura 27 apresenta os valores de clorofila em Três Irmãos-Início, os quais foram de $9,09\mu\text{g/L}$ (fevereiro), $6,13\mu\text{g/L}$ (maio), $4,74\mu\text{g/L}$ (julho) e $2,51\mu\text{g/L}$ (outubro). Observa-se, ainda, que também ocorreu um aumento significativo da classe Cyanophyceae (96,31%) no mês de maio (Tabela 24), porém, nos outros períodos de amostragem, verificou-se reduzida densidade numérica do fitoplâncton.

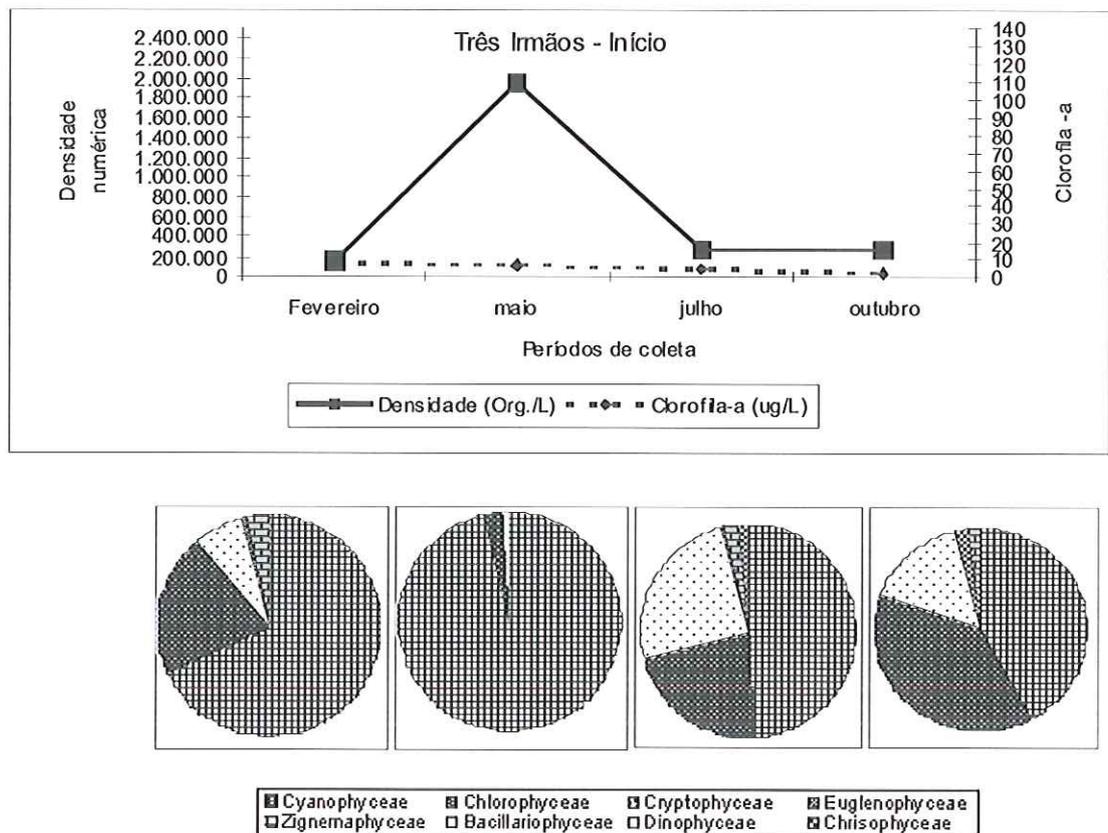


Figura 27. Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Três Irmãos - Início, nos respectivos períodos amostrados.

Na Figura 28 (Três Irmãos-Meio), verifica-se que ocorreu o mesmo padrão de variação entre as variáveis clorofila a e densidade numérica. Os valores de clorofila ficaram entre $3,90 \mu\text{g/L}$ (em outubro), $8,5 \mu\text{g/L}$ (em julho) e $7,39 \mu\text{g/L}$ (em maio). Deve-se ressaltar que em julho ocorreu o menor valor de densidade numérica (95.175 org./L) e que a classe Chlorophyceae foi a mais representativa, contribuindo com $49,64\%$ do total (Tabela 25-Anexos).

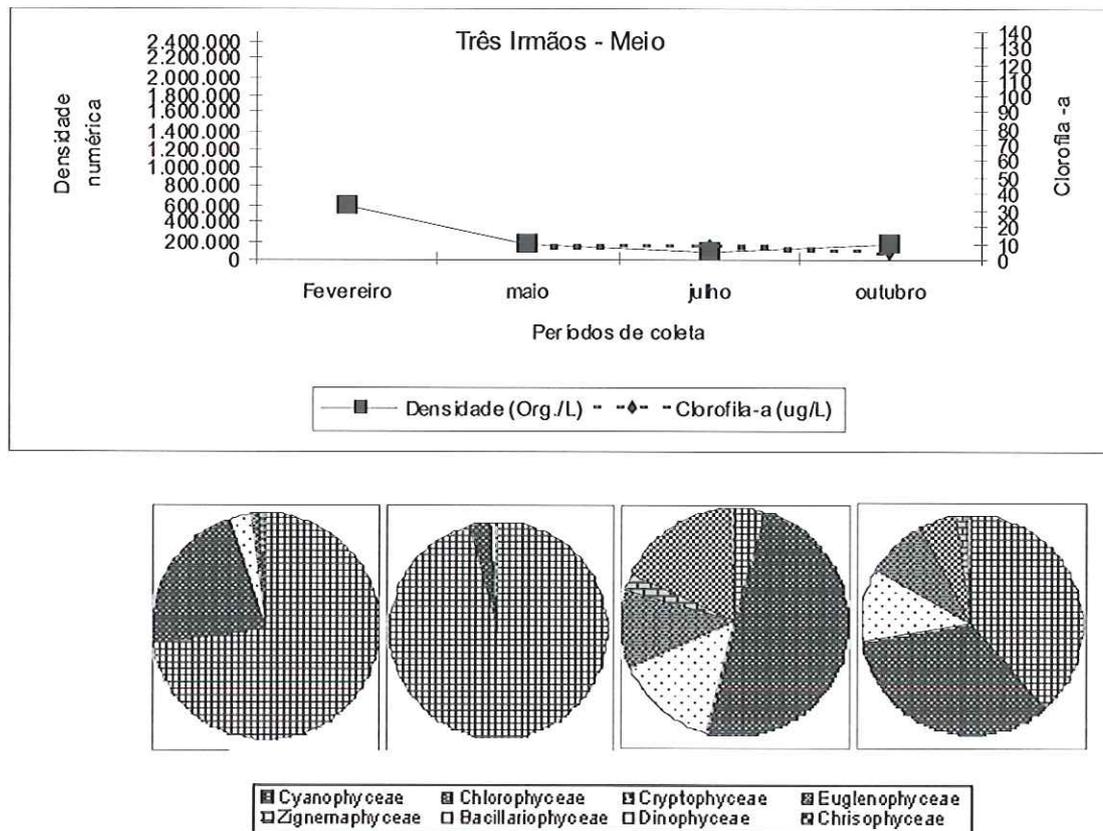


Figura 28. Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Três Irmãos - Meio, nos respectivos períodos amostrados.

Em Três Irmãos-Barragem (Figura 29) ocorreu o mesmo padrão de variação encontrado em Três Irmãos (Início), sendo que os valores de clorofila a foram de $3,48\mu\text{g/L}$ (julho e outubro), $4,24\mu\text{g/L}$ (fevereiro) e $5,15\mu\text{g/L}$ (maio). Em maio ocorreu o valor mais elevado de densidade numérica ($1.604.535$ Org./L), sendo que a classe Cyanophyceae foi a mais abundante, contribuindo com $97,33\%$ do total (Tabela 24-Anexos).

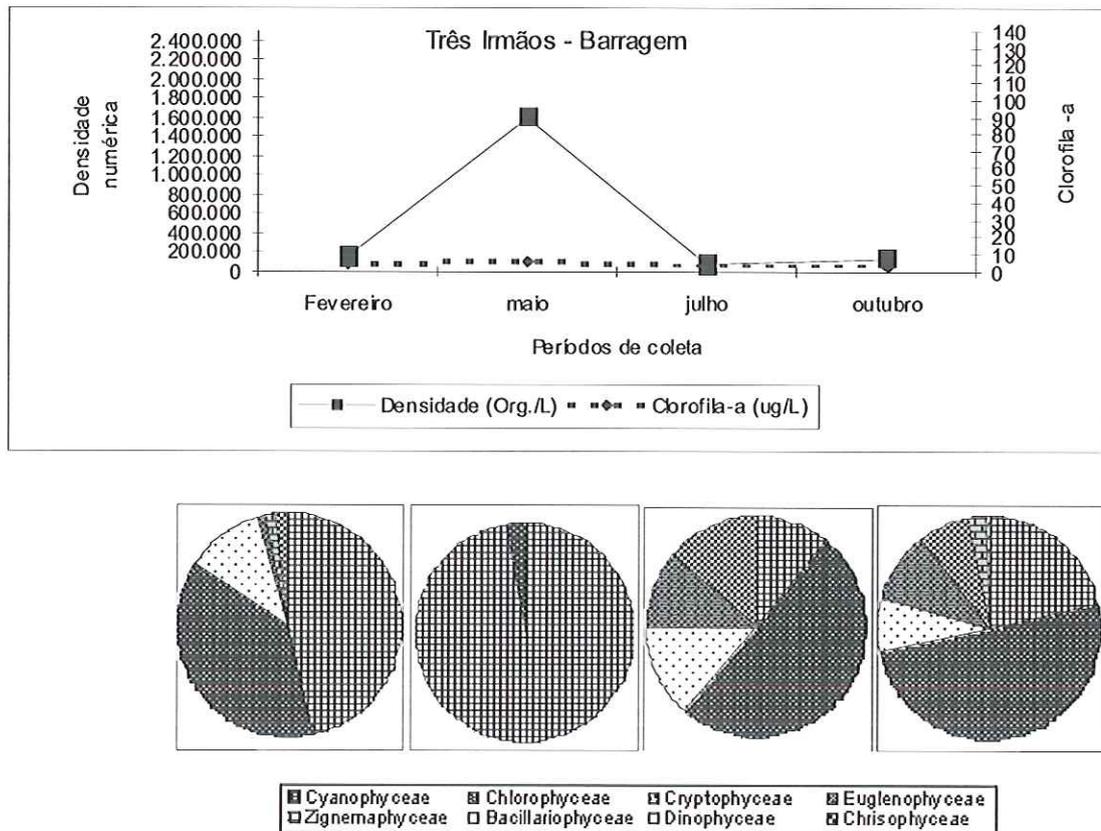


FIGURA 29. Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Três Irmãos - Barragem, nos respectivos períodos amostrados.

Em geral, os valores de clorofila a à jusante de Três Irmãos foram muitos baixos (Figura 30), obtendo-se concentrações de $2,65\mu\text{g/L}$ (fevereiro), $3,90\mu\text{g/L}$ (maio), $3,77\mu\text{g/L}$ (julho) e de $1,25\mu\text{g/L}$ (outubro). A maior densidade numérica ocorreu em maio (662.064 Org./L), sendo que a classe mais representativa foi Cyanophyceae, contribuindo com $98,22\%$ do fitoplâncton total (Tabela 24-Anexos).

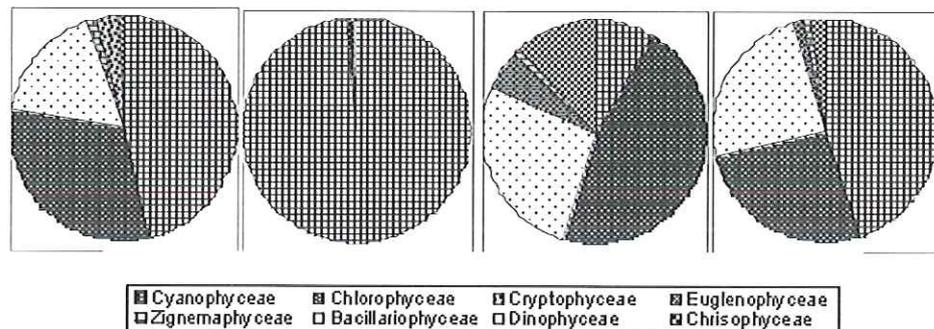
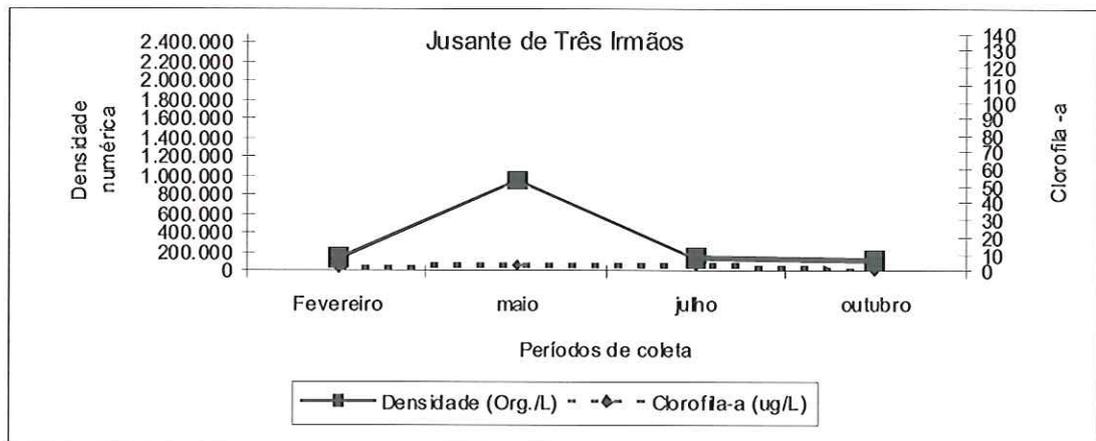


Figura 30. Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Três Irmãos - Jusante, nos respectivos períodos amostrados.

No ponto de coleta à jusante de Ilha Solteira, observa-se, como apresentado na Figura 31, que em maio de 2000 ocorreu um aumento nos valores de densidade numérica, sendo que a classe Cyanophyceae a que apresentou a maior abundância relativa, contribuindo com 98,22% do fitoplâncton total (Tabela 24-Anexos).

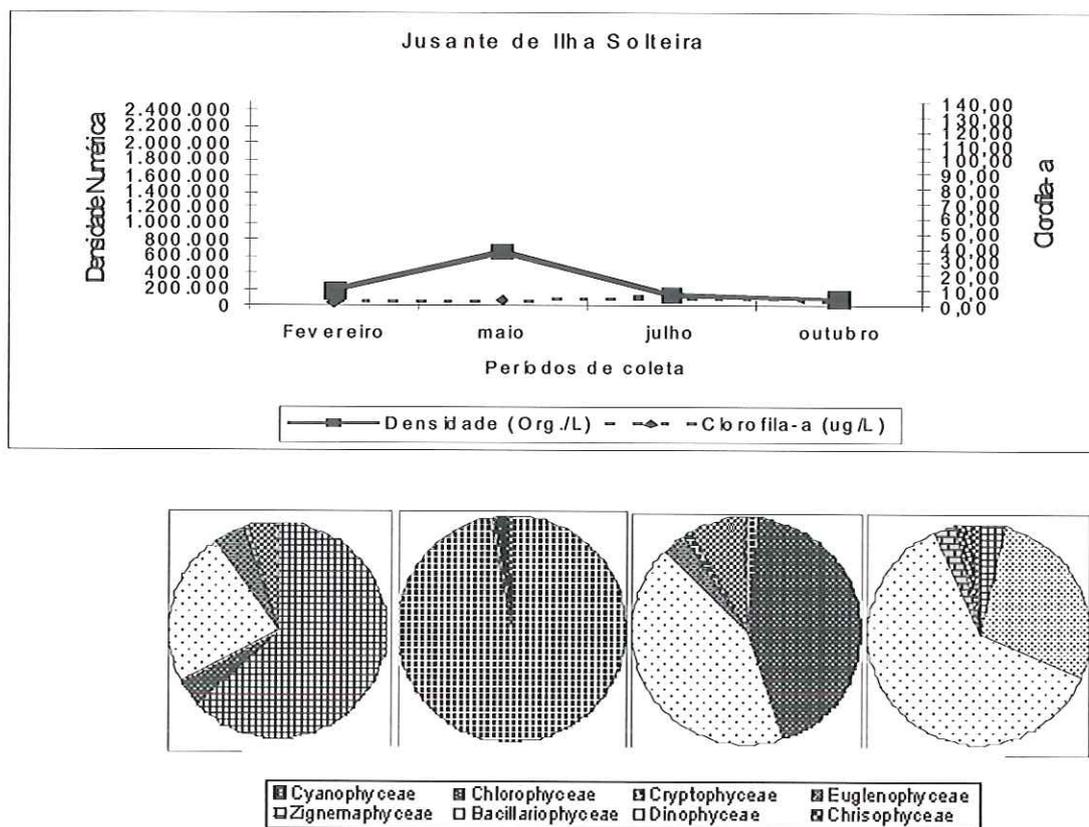


Figura 31. Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Ilha Solteira - jusante, nos respectivos períodos amostrados.

No reservatório de Jupiá (Figura 32), os valores de clorofila a variaram de $2,3\mu\text{g/L}$ (outubro) a $5,58\mu\text{g/L}$ (maio). A maior densidade numérica ocorreu em julho de 2000 (261.225 Org./L), com uma porcentagem de contribuição maior para a classe Chlorophyceae, com $51,16\%$ do total (Tabela 25-Anexos).

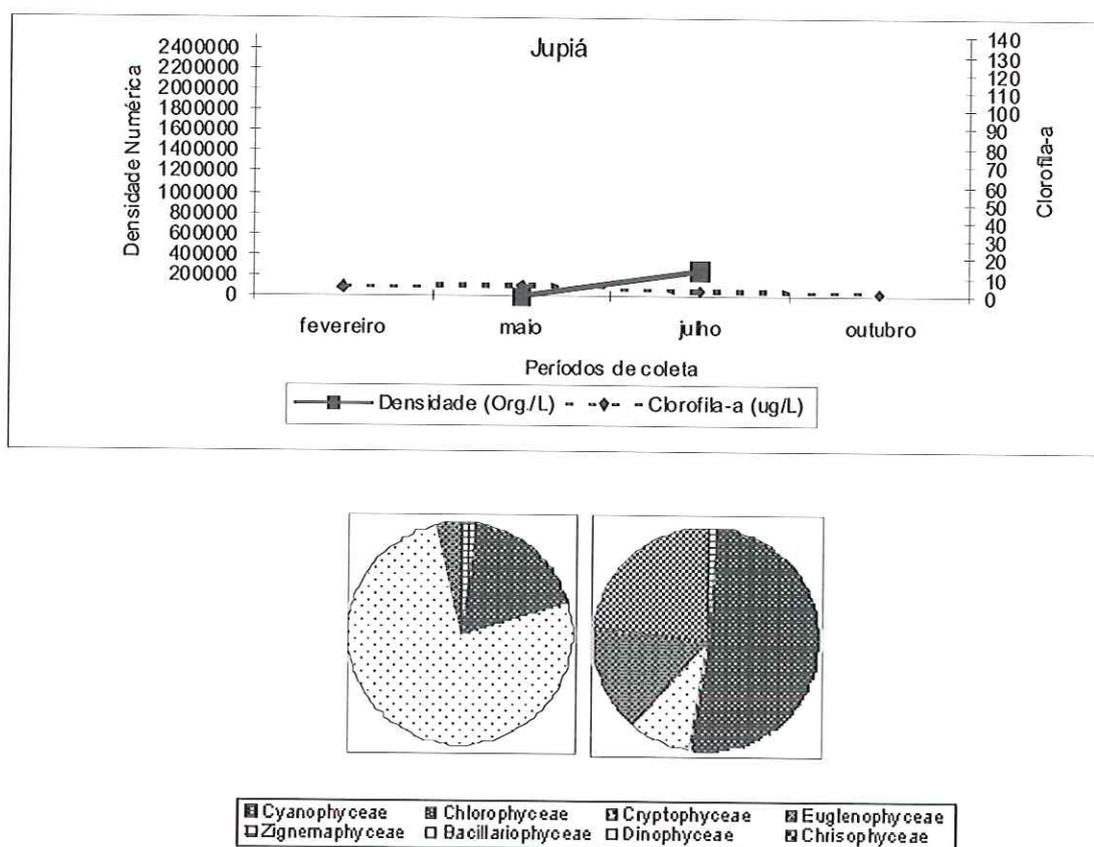


Figura 32. Relação entre os valores de clorofila a ($\mu\text{g/L}$) e as densidades numéricas (org./L) do fitoplâncton em Jupiá, nos respectivos períodos amostrados.

4.4.7 Análise numérica dos dados

Similaridade

Os resultados da análise de similaridade encontram-se nas Tabelas 30 a 33 (Anexos). A matriz de similaridade demonstra valores de aproximação entre os reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, na ordem de 62% (maior similaridade) para a coleta de outubro de 2000, e uma menor similaridade (11%) para a coleta de maio de 2000. Porém, os menores valores observados ocorreram entre os reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê e o sistema de reservatórios do rio Paraná (Jupiá, variando de 3 a 8%), principalmente quando se compara com os primeiros reservatórios da cascata do rio Tietê.

Para a coleta de fevereiro de 2000, a maior similaridade ocorreu nos últimos reservatórios da cascata, variando de 46 a 51%, entre as amostras coletadas em Promissão e Nova Avanhandava (51%); Promissão e Três Irmãos (50%) e com 46% para os reservatórios de Bariri e Ibitinga; Bariri e Três Irmãos e Nova Avanhandava e Três Irmãos (Tabela 30). Os menores valores, considerando-se aqueles iguais ou abaixo de 18%, ficaram entre o rio Piracicaba e Jusante de Três Irmãos (18%); rio Piracicaba e Barra Bonita-Barragem (12%) e rio Piracicaba e Nova Avanhandava (13%).

Na coleta de maio de 2000, os valores de similaridade estiveram entre 11% (entre rio Piracicaba e Jusante de Três Irmãos) e 55% (entre Nova Avanhandava e Três Irmãos). Além destes, os reservatórios que apresentaram maior semelhança, quanto à composição do fitoplâncton, foram Barra Bonita e Bariri (53%); Promissão e Nova Avanhandava (47%) e Promissão e Três irmãos (47%). Os menos valores de similaridade encontrados para este período ocorreram entre Jusante de Ilha Solteira e Jupia (13%) e Rio Piracicaba e Jusante de Três Irmãos (11%). Observa-se na Tabela 31 que o reservatório de Jupia (Paraná) apresentou os mais baixos valores similaridade em relação aos primeiros reservatórios da cascata do Médio e Baixo rio Tietê.

Para a coleta de julho de 2000, a similaridade variou de 17 a 61% entre o rio Piracicaba e o reservatório de Nova Avanhandava e entre Bariri e Ibitinga, respectivamente. Neste período ocorreu maior similaridade entre os ambientes, quando comparado aos meses de fevereiro e maio de 2000, de acordo com as Tabelas 30 e 31. Pode-se destacar a similaridade entre os reservatórios de Ibitinga e Promissão (57%); Bariri e Promissão (55%) e Barra Bonita-Barragem e Ibitinga (55%); Promissão e Três Irmãos (54%); Barra Bonita-Barragem e Bariri (52%); Barra Bonita-Barragem e Promissão (51%) e Promissão e Nova Avanhandava (50%).

Na coleta de outubro de 2000, os valores do Índice de similaridade apresentados foram os mais elevados, variando de 20 a 62%, conforme demonstra a Tabela 33. Os maiores valores de similaridade ocorreram entre o reservatório de Nova Avanhandava e Três Irmãos (62%); Promissão e Nova Avanhandava (61%); rio Tietê e o reservatório de Barra Bonita-Barragem (57%); Bariri e Ibitinga (55%); Barra Bonita-Barragem e Bariri (51%) e entre o rio Piracicaba e o reservatório de Barra Bonita-Barragem (50%). O menor valor

encontrado para este período ocorreu entre o reservatório de Bariri e a Jusante de Três Irmãos (20%).

Análise de componentes principais

O objetivo da análise de componentes principais foi reconhecer as variáveis mais importantes na determinação dos padrões espaciais, referentes aos meses de fevereiro, maio, julho e outubro de 2000. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 34 (Anexos). Os percentuais de explicação (variância acumulada) das variáveis analisadas foram de 88,80% (fevereiro/2000); 85,25% (maio/2000); 88,65% (julho/2000) e 91,03% (outubro/2000).

Na análise de fevereiro, as variáveis que explicaram o primeiro componente, com 58,51%, foram compostas pela Densidade numérica (0,18), Riqueza de espécies (0,25), Nitrogênio Orgânico Total (0,95), Material em Suspensão Inorgânico (0,93), Fosfato inorgânico (0,90) e Índice de Estado Trófico (0,95), sendo que neste eixo não se destacou a densidade numérica e a riqueza de espécies. O segundo componente apresentou um percentual de explicação de 30,29%, correspondendo ao Índice de Estado Trófico, o Nitrogênio Orgânico Total e o Material em Suspensão, representados por cargas negativas de -0,063; -0,202 e -0,191, respectivamente, com ênfase para a densidade numérica e para a riqueza de espécies, com valores acima de 0,90.

Para a coleta de maio, a explicação foi de 85,25%, e as principais variáveis foram: Fosfato Total Dissolvido, Material em Suspensão Total, Índice de Diversidade, Fosfato Inorgânico, com carga acima de 0,73. A exceção ficou para a variável Zona Eufótica, a qual apresentou um valor negativo, com -0,93. No segundo componente, os valores registrados foram de 0,46 para o Material em Suspensão Inorgânico; 0,34 para o Material em Suspensão Total e 0,036 para Zona Eufótica. Os demais valores foram negativos, variando de -0,168 a -0,357, para Fosfato Inorgânico e Fosfato Total Dissolvido.

No mês de julho de 2000, o primeiro componente explicou 71,36% da variância dos dados e foi composto de Fosfato Total Dissolvido, Zona Eufótica (carga negativa), Fosfato Inorgânico, Material em Suspensão Inorgânico, Material em Suspensão Orgânico, Oxigênio Dissolvido (carga negativa) e

Fósforo Total, sendo que a variável mais explicativa foi o Fósforo total (0,94). Já no segundo componente (eixo 2), a explicação foi de 17,29%, e as variáveis que apresentaram cargas positivas foram Fosfato Total Dissolvido (0,85); Zona Eufótica (0,44); Fosfato Inorgânico (0,36) e Fósforo Total (0,006).

Para a coleta de outubro de 2000, o primeiro componente, com 79,01% de explicação, foi composto pelo Índice de Diversidade, Nitrito, Material em Suspensão, Clorofila a, Zona Eufótica, Densidade Numérica, Índice de Estado Trófico e Material em Suspensão Orgânico. Todos estes componentes apresentaram valores acima de 0,93, com exceção do índice de Diversidade e da Zona Eufótica, que apresentaram carga negativa, com -0,31 e -0,95, respectivamente. No segundo componente, a explicação foi de 12,01%, porém o maior valor de explicação foi para o Índice de Diversidade (0,94), e as cargas negativas foram de -0,07; -0,07 e -0,05, correspondendo aos valores obtidos para Clorofila a, Zona Eufótica e Densidade Numérica, respectivamente.

Análise de Agrupamento

Segundo Legendre (1983), os valores de correlação cofenética inferiores a 0,80 demonstram distorções significativas no dendrograma. Neste sentido, foi feita uma eliminação das variáveis que poderiam distorcer os resultados desta análise.

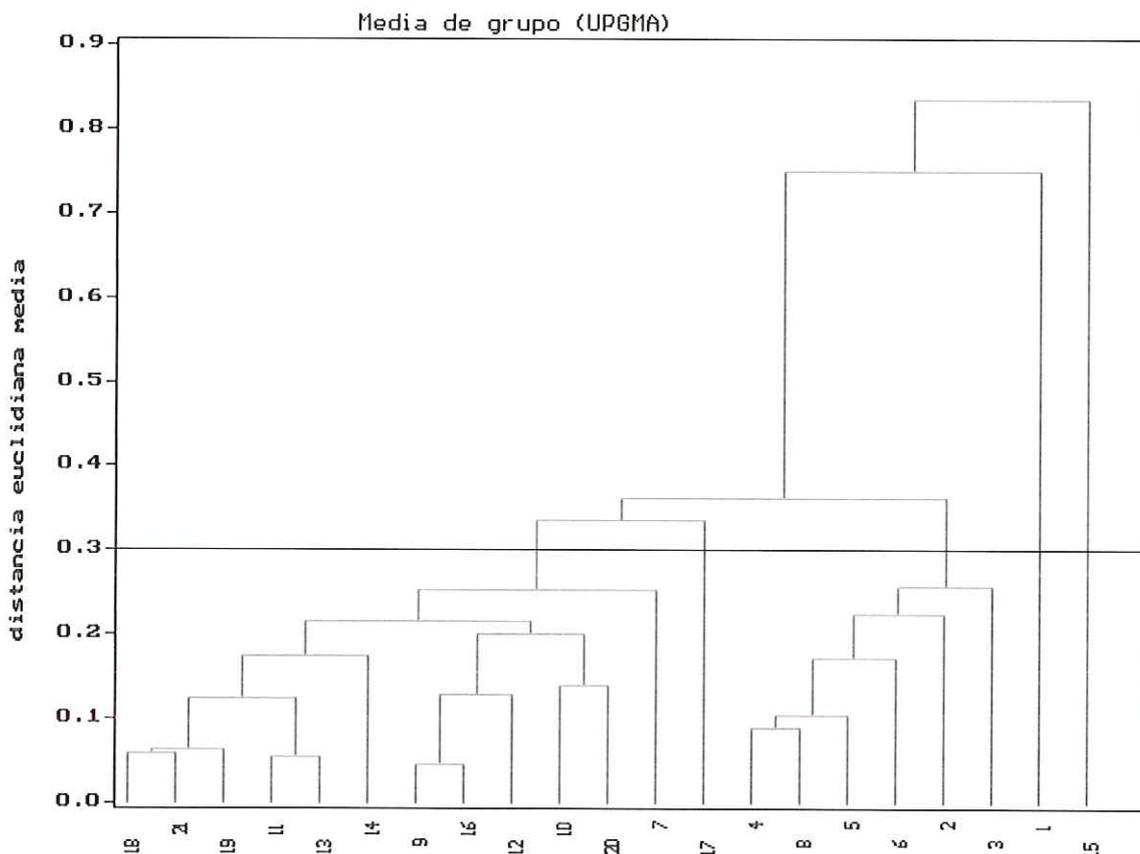
Para a coleta de fevereiro, no nível de corte de 0,30, os coeficientes de correlação cofenética obtidos foram de 0,8790. Na análise do dendrograma (Figura 33), verifica-se a formação de cinco grupos, sendo que o primeiro possui 2 subgrupos, o primeiro sendo formado por Três Irmãos - Barragem, Jusante de Três Irmãos e Jupιά; e o segundo subgrupo foi formado por Promissão - Meio e Nova Avanhandava- Início, com isolamento do ponto de coleta em Nova Avanhandava. O segundo grupo foi formado por Ibitinga (Barragem) e Três Irmãos (Início), estando bem próximos ao reservatório de Promissão. Os outros reservatórios deste grupo são formados por Promissão (Início) e Jusante de Ilha Solteira. Neste segundo grupo, os reservatórios de Ibitinga (Início) e Três Irmãos (Meio) ficaram isolados. O terceiro grupo foi formado pelos demais, com exceção do rio Piracicaba e Nova Avanhandava (Barragem), que se mantiveram isolados dos demais.

Em maio de 2000, foi possível observar ao todo cinco agrupamentos, caracterizando quatro grupos com poucos pontos de coletas correlacionados (Figura 34). O primeiro grupo foi formado por pequenos subgrupos, sendo composto pelos últimos reservatórios (Nova Avanhandava-Meio; Três Irmãos-Início; Nova Avanhandava- Barragem, este estando separado dos demais; Três Irmãos (Barragem) e Jusante de Três Irmãos, bem próximos; Nova Avanhandava (Início) e Promissão (Meio) mantiveram-se isolados do primeiro grupo. O segundo agrupamento foi formado por Ibitinga (Barragem); Promissão (Início) e Jusante de Ilha Solteira. O terceiro agrupamento foi formado por Barra Bonita (Barragem); Bariri (Barragem); Bariri (Meio) e por Jupιά (isolada). O quarto grupo foi formado pelo rio Piracicaba; Bariri (Início) e rio Tietê. O quinto grupo foi formado por Ibitinga (Início e Meio).

Em julho de 2000, a análise de agrupamento (*Cluster*) apresentou-se com o coeficiente cofenético de 0,9059, sendo o melhor coeficiente encontrado para o sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e rio Paraná. De acordo com a Figura 35 observa-se a formação de seis agrupamentos pequenos, sendo que os rios Piracicaba e Tietê mostraram-se isolados dos demais reservatórios. O primeiro grupo foi formado por Bariri (Início e Meio); o segundo grupo foi formado por Barra Bonita (Barragem) e Bariri (Barragem). O terceiro grupo foi formado por Ibitinga (Início e Meio). O quarto grupo foi formado por 2 subgrupos, Ibitinga (Barragem) e Promissão (Início); Promissão (Barragem), Nova Avanhandava (Início); e Promissão (Meio) manteve-se isolado. O quinto grupo foi formado por 2 subgrupos: Jusante de Ilha Solteira e Jupιά e Três Irmãos (Barragem) e Jusante de Três Irmãos. O sexto grupo foi composto por Nova Avanhandava (Barragem) e Três Irmãos (Início); sendo que Três Irmãos (Meio) e Nova Avanhandava (Meio) mantiveram-se isolados.

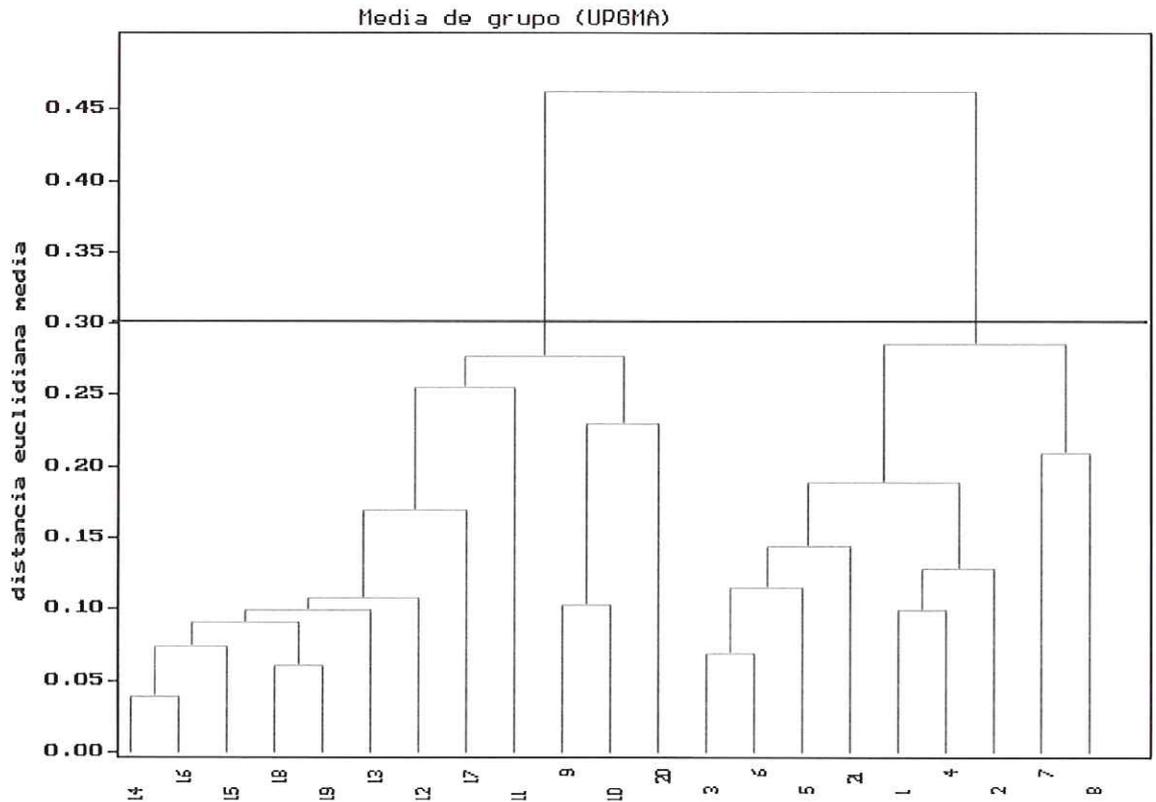
A análise de agrupamento para outubro de 2000, também no nível de corte de 0,30, configurou a formação de três grupos, com o coeficiente de correlação cofenética de 0,8699. O primeiro grupo foi formado pelos últimos reservatórios do sistema em cascata, porém manteve-se, de certa forma, independente, com exceção do reservatório de Promissão (Barragem) e Nova Avanhandava (Barragem); Três Irmãos (Barragem) e Jupιά, conforme pode ser observado na Figura 36. Os demais pontos de coleta foram Três Irmãos (Meio); Nova Avanhandava (Início); Três Irmãos (Início); Jusante de Três Irmãos;

Jusante de Ilha Solteira; Promissão (Meio); Nova Avanhandava (Meio). O segundo grupo foi formado pelos rios Piracicaba e Tietê; Barra Bonita (Barragem) e Bariri (Início e Meio). O terceiro agrupamento foi formado por dois grupos: Bariri (Barragem), Ibitinga (Início) e Ibitinga (Meio e Barragem). Promissão (Início) manteve-se mais próxima do primeiro subgrupo.



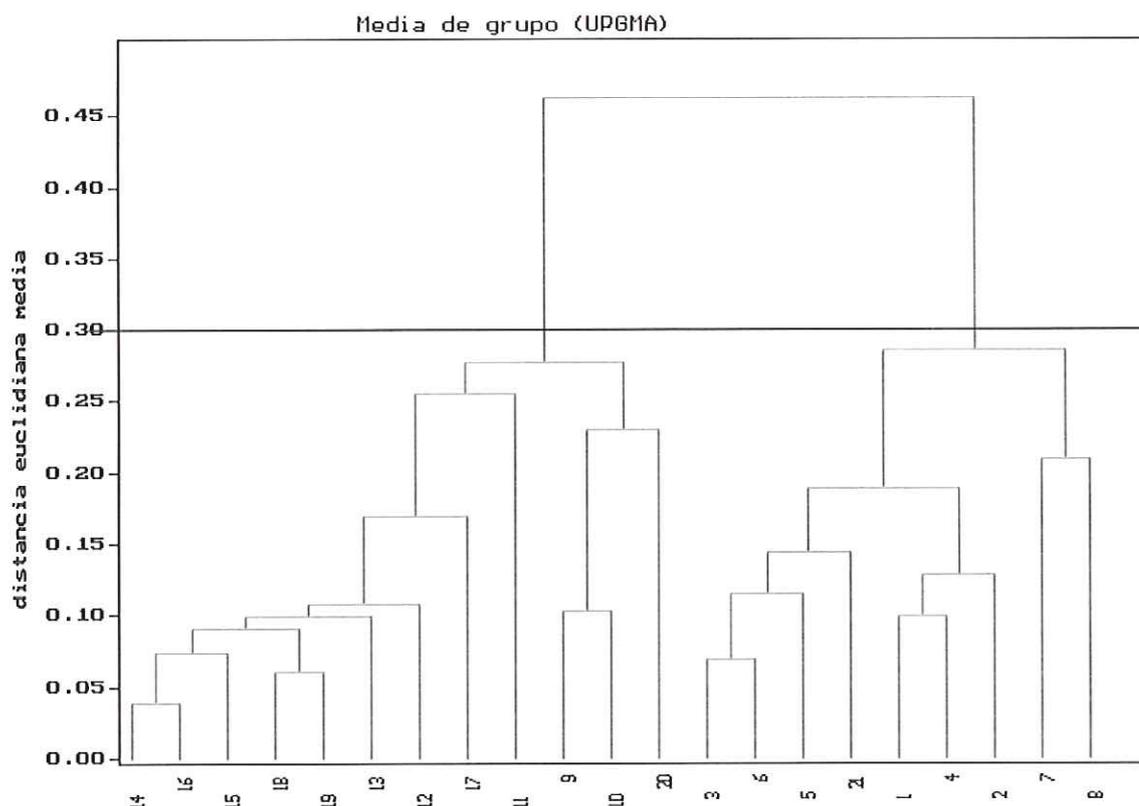
Legenda: 1 (Rio Tietê); 2 (Rio Piracicaba); 3 (Barra Bonita Barragem); 4 (Bariri Início); 5 (Bariri Meio); 6 (Bariri Barragem); 7 (Ibitinga Início); 8 (Ibitinga Meio); 9 (Ibitinga Barragem); 10 (Promissão Início); 11 (Promissão Meio); 12 (Promissão Barragem); 13 (Nova Avanhandava Início); 14 (Nova Avanhandava Meio); 15 (Nova Avanhandava Barragem); 16 (Três Irmãos Início); 17 (Três Irmãos Meio); 18 (Três Irmãos Barragem); 19 (Jusante de Três Irmãos); 20 (Jusante de Ilha Solteira); 21 (Jupiá).

Figura 33. Análise de agrupamento dos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, referente a coleta de fevereiro/2000 (Correlação Cofenética \square 0.8790)



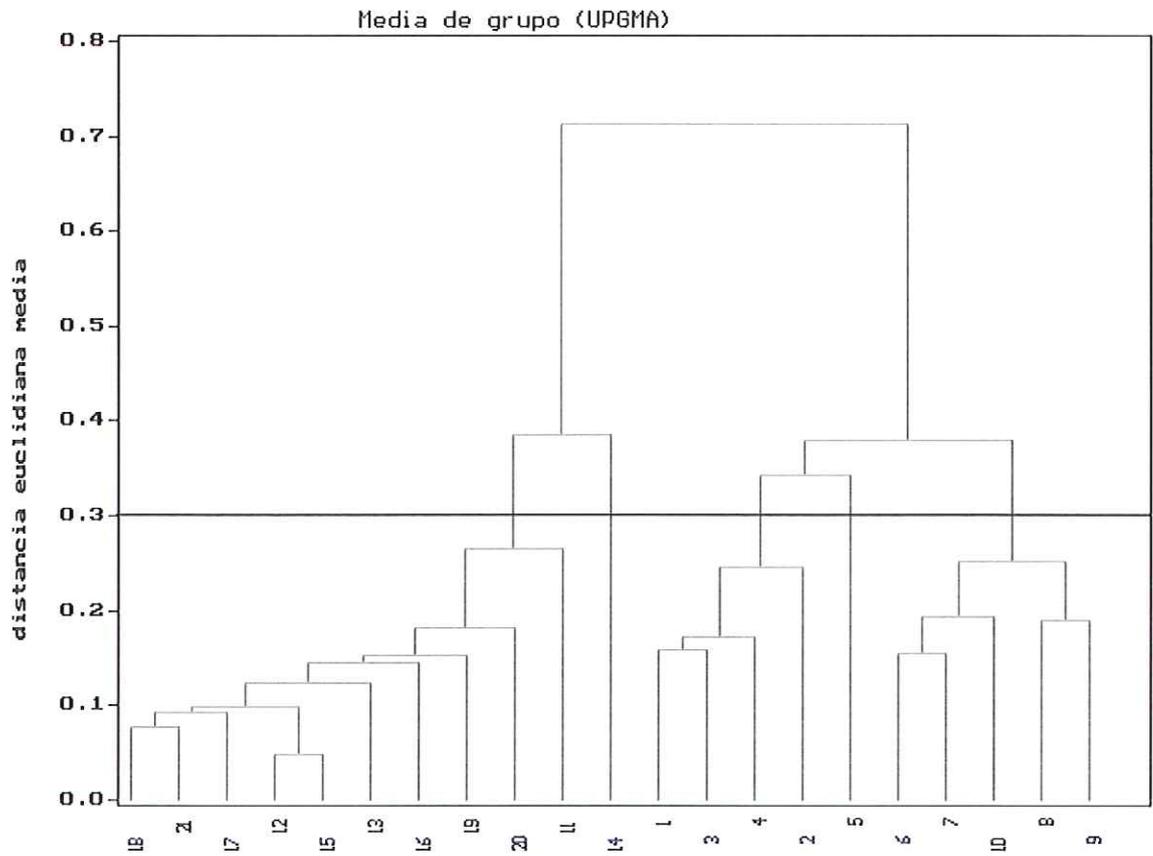
Legenda: 1 (Rio Tietê); 2 (Rio Piracicaba); 3 (Barra Bonita Barragem); 4 (Bariri Início); 5 (Bariri Meio); 6 (Bariri Barragem); 7 (Ibitinga Início); 8 (Ibitinga Meio); 9 (Ibitinga Barragem); 10 (Promissão Início); 11 (Promissão Meio); 12 (Promissão Barragem); 13 (Nova Avanhandava Início); 14 (Nova Avanhandava Meio); 15 (Nova Avanhandava Barragem); 16 (Três Irmãos Início); 17 (Três Irmãos Meio); 18 (Três Irmãos Barragem); 19 (Jusante de Três Irmãos); 20 (Jusante de Ilha Solteira); 21 (Jupiá).

Figura 34. Análise de agrupamento dos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, referente a coleta de maio/2000 (Correlação Cofenética=0,8155).



Legenda: 1 (Rio Tietê); 2 (Rio Piracicaba); 3 (Barra Bonita Barragem); 4 (Bariri Início); 5 (Bariri Meio); 6 (Bariri Barragem); 7 (Ibitinga Início); 8 (Ibitinga Meio); 9 (Ibitinga Barragem); 10 (Promissão Início); 11 (Promissão Meio); 12 (Promissão Barragem); 13 (Nova Avanhandava Início); 14 (Nova Avanhandava Meio); 15 (Nova Avanhandava Barragem); 16 (Três Irmãos Início); 17 (Três Irmãos Meio); 18 (Três Irmãos Barragem); 19 (Jusante de Três Irmãos); 20 (Jusante de Ilha Solteira); 21 (Jupiá).

Figura 35. Análise de agrupamento dos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, referente a coleta de julho/2000 (Correlação Cofenética= 0,9059)



Legenda: 1 (Rio Tietê); 2 (Rio Piracicaba); 3 (Barra Bonita Barragem); 4 (Bariri Início); 5 (Bariri Meio); 6 (Bariri Barragem); 7 (Ibitinga Início); 8 (Ibitinga Meio); 9 (Ibitinga Barragem); 10 (Promissão Início); 11 (Promissão Meio); 12 (Promissão Barragem); 13 (Nova Avanhandava Início); 14 (Nova Avanhandava Meio); 15 (Nova Avanhandava Barragem); 16 (Três Irmãos Início); 17 (Três Irmãos Meio); 18 (Três Irmãos Barragem); 19 (Jusante de Três Irmãos); 20 (Jusante de Ilha Solteira); 21 (Jupiá).

Figura 36. Análise de agrupamento dos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, referente a coleta de outubro/2000 (Correlação Cofenética= 0,8699)

4.5 Discussão

A ecologia da comunidade fitoplanctônica tem sido uma das áreas mais estudadas dentro da Limnologia nos últimos anos, tendo-se promovido muitos avanços na compreensão dos fatores que influenciam a composição e densidade das algas, como luz, temperatura e nutrientes, e também sobre a competição, a produtividade e efeitos da predação e do parasitismo sobre estes organismos do plâncton (WETZEL, 1993). No entanto, ainda se fazem necessários muitos estudos, principalmente sobre as interações alga-bactéria, alga-alga e alga-herbívoro.

Vale ressaltar que todas as inter-relações dos organismos com o meio ambiente vêm se alterando a cada ano que passa e, com isso, torna-se mais difícil compreender a dinâmica destas relações, pois as alterações na qualidade do meio ambiente aquático vêm ocorrendo de forma acelerada, promovendo efeitos diretos e indiretos na estrutura da comunidade fitoplanctônica e, conseqüentemente, na estrutura trófica dos ecossistemas aquáticos.

As condições ambientais do meio devem possibilitar às diversas populações a realização de seus nichos ecológicos; entretanto, as diferentes espécies adaptadas ao meio ambiente têm sua densidade populacional limitada pelos fatores responsáveis por seu equilíbrio, como espaço, disponibilidade alimentar, competição intra e interespecífica, predação e parasitismo, fatores que condicionam as taxas de natalidade, mortalidade e dispersão de seus indivíduos.

Ao iniciar o estudo de uma população, a densidade será, sem dúvida e com maior freqüência, o primeiro atributo a ser avaliado. De fato, o efeito que uma população exerce na comunidade e no ecossistema depende não apenas do tipo do organismo envolvido, mas também do respectivo número, em outras palavras, da densidade populacional (ODUM, 2001).

Os resultados obtidos nos estudos populacionais têm demonstrado a elevada variabilidade na distribuição e densidade do fitoplâncton. Contudo, não é de nenhum modo infinitamente variável, pois existem limites superiores e inferiores definidos para as dimensões das populações de espécies que são observadas na natureza ou que podem existir, teoricamente, durante qualquer período de tempo (ODUM, op. cit.).

Reynolds (1986), no entanto, menciona que a densidade numérica não é uma variável eficiente para avaliar as alterações da comunidade, uma vez que cada espécie possui uma dimensão e, por isso, contribuem diferentemente para a comunidade como um todo.

Ainda segundo descrições encontradas em Margalef (1983), as comunidades aquáticas são formadas, às vezes, por um número relativamente pequeno de espécies, porém representadas por um grande número de indivíduos ou, dependendo do ambiente, por uma só espécie que domina junto a um grande número de espécies com menor representação quantitativa.

Segundo Lewis (1979) apud Nogueira (1996), o estudo das comunidades ecológicas deveria ser sempre uma composição de propriedades sistêmicas (estrutura e energética da comunidade) e de propriedades populacionais (padrões de ciclos biológicos e estratégias adaptativas), baseados em um "completo" entendimento do ambiente físico-químico.

Uma alteração da estrutura organizacional das populações pode ocorrer no caso das represas por um efeito climatológico muito rápido (vento ou precipitação), o qual produz excessiva turbulência e altera a matriz hidrodinâmica vertical e horizontal da represa (TUNDISI, 1999).

As amostras analisadas dos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê revelam uma nítida diferença entre os períodos amostrados, em relação à densidade numérica dos organismos fitoplanctônicos. O mês de outubro de 2000 foi o que apresentou os valores mais elevados de densidade numérica, contrastando com o mês de fevereiro, no qual foi registrado o menor valor de densidade para a comunidade fitoplanctônica. A elevada densidade numérica da comunidade fitoplanctônica observada em outubro de 2000, nos primeiros

reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, está associada à alta concentração de nutrientes nitrogenados e fosfatados, conforme mencionado no Capítulo 3

Neste sentido, verifica-se que cada ambiente possui um conjunto de organismos constituintes do plâncton, cuja variedade, abundância e distribuição são dependentes da adaptação dos mesmos às características abióticas, tais como temperatura, luz, oxigênio dissolvido, concentração de nutrientes, entre outros; e bióticos, como predação, parasitismo e competição. Logo, o desenvolvimento da comunidade planctônica dependerá das combinações de fatores físicos, químicos e biológicos dentro de cada sistema, os quais, por sua vez, são influenciados por fatores característicos da bacia hidrográfica (SIPAÚBA-TAVARES e ROCHA, 2003), tais como a geomorfologia e as características dos ecossistemas terrestres adjacentes, as atividades antrópicas e os usos do solo. Infante (1988) também menciona os efeitos acima, reforçando que os fatores físicos e químicos são responsáveis pelo desenvolvimento e estabelecimento das comunidades.

Segundo Tundisi (1990), os pulsos no ambiente aquático, como aqueles relativos à entrada do afluente, o qual traz consigo uma carga de material em suspensão, interferem na carga de nutrientes, na penetração da radiação e, conseqüentemente, na composição específica do fitoplâncton. Conforme mencionado por Reynolds (1984) e Sommer et al. (1993), o fitoplâncton responde aos ciclos sazonais e anuais do meio ambiente. Segundo os autores Montesanto e Tryfon (1999); Reynolds e Descy (1996); Garmier et al (1999); apud Abreu (2001), a interpretação dos resultados obtidos em estudos sobre a estrutura da comunidade fitoplanctônica em rios são mais difíceis de se explicar.

De acordo com os estudos de Ward e Stanford (1995), a construção de barragens ao longo de um sistema fluvial promove rupturas (descontinuidade) deste sistema, o que poderia resultar em mudanças nos padrões e nos processos bióticos e abióticos do meio, resultando em uma série alternada de ambientes lóticos e lênticos (WARD; STANFORD, 1983). Neste sentido, as barragens, com a formação de reservatórios, constituem uma rede interativa complexa entre espécies, populações,

comunidades e o seu ambiente. Então, a estrutura organizacional desse sistema pode sofrer uma quebra, promovida pela instabilidade do meio (TUNDISI, 1999). Estes pesquisadores descrevem que, em uma seqüência de reservatórios, pode ocorrer um trecho com alta velocidade de correnteza (entrada do rio) e com isso um maior deslocamento das partículas, alternando-se com trecho com velocidade da água mais lenta (barragem).

Margalef (1975, 1983) e Straskraba (1990, 1994) mencionam ainda que, em uma cascata de reservatórios, em um mesmo rio, onde as entradas em um reservatório são, em parte, reguladas pelas saídas do reservatório à montante, espera-se que ocorra um efeito crescente de controle. Matsumura-Tundisi et al. (1981), verificaram tal fato no rio Tietê, registrando um decréscimo no grau de trofia na seqüência: Barra Bonita ⇒ Bariri ⇒ Ibitinga ⇒ Promissão ⇒ Nova Avanhandava.

De forma geral, os padrões das variações climatológicas, durante o período de estudo, caracterizam duas fases bem distintas: a fase de cheia e de seca, as quais influenciaram no comportamento térmico do sistema em cascata e, indiretamente, na comunidade fitoplanctônica, uma vez que a mesma apresentou mudanças nos aspectos qualitativos e quantitativos.

Essas variações climatológicas, no entanto, resultaram também num padrão diferenciado com relação ao tempo de residência da água, sendo que o aumento do tempo de residência dos reservatórios ocorreu nos períodos de outubro e maio, resultando, assim, em uma alta densidade numérica da classe Cyanophyceae, as quais dominaram o sistema com a presença de algumas espécies mais representativas (*Pseudanabaena mucicola*, *Anabaena spiroides*).

O maior tempo de residência, associado aos elevados valores de nutrientes, juntamente com as altas temperaturas, promoveu um aumento na biomassa de fitoplâncton. O maior tempo de residência das águas, em conjunto com a menor profundidade máxima, também promoveu uma maior reciclagem de nutrientes, sendo estes os principais fatores responsáveis pela ocorrência de uma maior densidade de organismos fitoplanctônicos. Deve-se mencionar, ainda, a presença de anoxia na interface sedimento-água, como ocorreu em alguns pontos de coleta, o

que promove a liberação de nutrientes para a coluna d'água, proporcionando o enriquecimento do meio aquático e contribuindo para a ocorrência de processos de eutrofização.

Margalef (1983) relata que, quando quantitativamente uma população consegue se manter em um determinado ambiente, pode-se dizer que esta possui todas as características necessárias para ocupar esse meio e, paralelamente, que o ambiente oferece condições para aquela população existir. Esteves (1988) descreve que o declínio de uma população num determinado ambiente ocorrerá quando as condições ambientais tornarem-se desfavoráveis, proporcionando o aumento quantitativo de uma outra espécie.

Em maio de 2000, as Chlorophyceae apresentaram altos valores de densidade numérica nos primeiros reservatórios do sistema em cascata, em relação as Cyanophyceae. De acordo com a descrição encontrada em Margalef (1983), as Chlorophyceae mostram-se favorecidas na época de mistura da água, devido à maior disponibilidade de nutrientes na coluna d'água. Neste estudo, para o período em questão, os perfis térmicos demonstraram homogeneidade na coluna da água e os valores de pH mantiveram-se entre 6 e 7.

Em relação ao reservatório de Ibitinga-Meio, no mês de maio de 2000, as densidades das Chlorophyceae foram mais reduzidas, enquanto elevadas densidades de Cyanophyceae foram obtidas. Tal fato pode estar associado a uma pequena diferença na temperatura e também no aumento dos valores de pH (8-6). De certo modo, as espécies pertencentes à classe Cyanophyceae preferem ambientes com valores de pH mais elevado e com temperaturas mais elevadas. Com relação às clorofíceas, a preferência é de pH mais baixo e temperaturas mais frias Margalef (1983). As diferenças encontradas neste ponto de coleta referem-se à entrada de massa de água diferenciada do rio Jacaré-Guaçu, o que também indica o aporte de nutrientes.

Inúmeras pesquisas relacionadas com a densidade das classes fitoplanctônicas têm mostrado que ambientes eutrofizados apresentam uma predominância da classe Cyanophyceae sobre as demais. Tal fato pode ser explicado pela ocorrência de muitas espécies de algas,

especialmente as cianofíceas, absorvem nutrientes ativamente, mesmo quando a concentração interna é maior do que a externa. Este fenômeno ocorre no início do período de estratificação, quando ainda há concentrações significativas de nutrientes no meio, sendo que este mecanismo possibilita que populações de algas continuem a crescer e se reproduzir, mesmo após o esgotamento de nutrientes do meio ambiente (ESTEVEES, 1988).

Outros fatores como os fluxos de água vertida e turbinada e as correntes de advecção produzidas pela saída da água em diferentes alturas, representam mecanismos adicionais que interferem na distribuição espacial (horizontal e vertical) e sazonal do fitoplâncton de reservatórios (TUNDISI, 1990). Neste sentido, verificou-se uma maior influência do fluxo de água em direção aos vertedouros dos reservatórios do sistema em cascata, o que, provavelmente, representa uma função de força importante para alterar as densidades do fitoplâncton (MARGALEF, 1983; TUNDISI, 1988).

Com relação à densidade numérica dos diferentes grupos em relação aos períodos estudados, observa-se a existência de heterogeneidade espacial, sendo que os grupos mais representativos foram as classes Cyanophyceae e Chlorophyceae, em ambos os períodos. As algas cianofíceas são geralmente dominantes em ambientes ricos em nutrientes, sem grande instabilidade.

No mês de maio de 2000, a classe Chlorophyceae apresentou um aumento na densidade numérica, porém sem ocorrer dominância, sendo que as variações na abundância relativa foram de 2,27% (Três Irmãos-Barragem) a 82,68% (Barra Bonita-Barragem). Nestes locais, o ambiente estava praticamente homogêneo, com temperaturas acima de 24°C.

Neste estudo, não se deve inferir sobre uma sucessão entre as diferentes classes de algas, uma vez que o espaço de tempo entre uma e outra amostragem foi grande. No entanto, verificaram-se mudanças quantitativa e qualitativa entre os pontos de coleta no sistema em cascata, pois estes apresentaram uma diferença entre a fase de rio, fase intermediária e fase lacustre. Nos ambientes fluviais (fase rio) do sistema Médio e Baixo rio Tietê, por exemplo, verificou-se uma maior abundância

da classe Cyanophyceae, superando os 90% do total da comunidade fitoplanctônica, em outubro de 2000.

Segundo Jørgensen e Vollenweider (1989), o aporte de nutrientes, o tempo de residência e profundidade média dos sistemas são fatores que influenciam na sucessão da comunidade fitoplanctônica em reservatórios. Estes fatores podem estar influenciando no padrão diferenciado da estrutura do fitoplâncton nos reservatórios em cascata, uma vez que os mesmos possuem diferenças em termos de tempo de formação, morfometria, hidrodinâmica, profundidade máxima, entre outros aspectos (TUNDISI, 1989).

Segundo Araújo et al. (2000), a sucessão fitoplanctônica também varia com o impacto antropogênico devido ao fluxo de nutrientes alóctones. Estes autores descrevem que as algas podem utilizar nitrato, nitrito ou amônia com fonte de nitrogênio. O nitrito não é abundante em águas naturais, podendo até ser tóxico se, por algum motivo, estiver presente em altas concentrações. A amônia é, geralmente, preferida pelas algas, de modo que na presença de concentrações elevadas, este nutriente é assimilado ao invés do nitrato.

Segundo Köhler (1994), em um sistema de rio-lago nos cursos do Médio e Baixo Rio Spree (Alemanha), a biomassa das cianobactérias aumentou nos lagos e decresceu ao longo do curso do rio, verificando-se, ainda, o aumento das algas diatomáceas no rio. Para Reynolds (1994), ambientes com altas concentrações de materiais em suspensão causam efeito sobre a atenuação da radiação subaquática, possibilitando o desenvolvimento de espécies mais adaptadas.

No presente estudo, a heterogeneidade dos ambientes foi marcante, visto que as respostas da comunidade fitoplanctônica não foram semelhantes para todos os reservatórios. Em uma análise do eixo longitudinal da cascata, observou-se uma forte relação entre as concentrações de nutrientes e a densidade da comunidade fitoplanctônica. Portanto, as condições nutritivas de cada ambiente dependem de vários fatores que envolvem a localização, a altitude e as diferentes épocas do ano, proporcionando respostas distintas a respeito do fator limitante.

De fato, como discutido anteriormente, as altas concentrações de nutrientes detectadas neste estudo vêm confirmar o efeito das atividades humanas no enriquecimento artificial dos reservatórios, notadamente nos primeiros reservatórios do sistema em cascata. Os resultados obtidos neste trabalho indicaram que a poluição da água foi, provavelmente, o fator ambiental mais importante na determinação da composição e densidade da comunidade de algas, as quais responderam às influências desses fatores através da substituição de espécies e de alterações na abundância das mesmas. No entanto, é possível ainda que o sucesso de determinadas espécies em um ambiente esteja relacionado com o aspecto hidrodinâmico, tais como o movimento e a velocidade da água, além da dispersão de inóculos de um reservatório para outro.

De acordo com Huszar e Silva (1999) e Huszar et al. (2000), as cianofíceas são organismos que apresentam alta dominância (tanto em biomassa como em densidade) em ambientes naturais e artificiais. Devido aos avanços recentes dos estudos deste grupo de algas, sabe-se, hoje, que algumas espécies possuem alto potencial tóxico (AZEVEDO et al., 1994; JOCHIMSEN et al., 1998). Segundo muitos estudos, espécies de cianofíceas são encontradas em vários ambientes de água doce (TALAMONI, 1995; NOGUEIRA, 1996; NOGUEIRA, 1997; SANT'ANA; AZEVEDO, 2000).

Em relação à composição da comunidade fitoplanctônica do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e de parte do rio Paraná, pode-se perceber que houve uma mudança qualitativa nos períodos de julho e de outubro, e que as classes mais representativas em relação ao número de táxons presentes foram, em ordem decrescente: Chlorophyceae ⇒ Bacillariophyceae ⇒ Euglenophyceae ⇒ Cyanophyceae ⇒ Zygnemaphyceae ⇒ Cryptophyceae ⇒ Chrisophyceae ⇒ Dinophyceae.

A predominância de espécies Chlorophyceae é também similar aos resultados encontrados em um grande número de estudos realizados em lagos tropicais e subtropicais (KALFF; WATSON, 1986; DE FELIPPO,

1987; SANDES, 1990; HUSZAR, 1994; NOGUEIRA, 1996; DOS SANTOS, 1996).

Apesar dos resultados mostrarem maior riqueza das algas pertencentes à classe Chlorophyceae, a dominância numérica foi da classe Cyanophyceae (principalmente dos *Microcystis*, *Aphanothece*, *Chroococcus*, *Lyngbya*, *Oscillatoria* e *Anabaena*), o que indica um grau crescente de eutrofização. Barbosa et al (1999) mencionam, através de uma comparação dos seus dados com aqueles obtidos por Tundisi et al (1991), que o sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê apresenta diferenças marcantes na qualidade da água, sugerindo, dessa forma, um acelerado processo de eutrofização nos últimos 10 anos.

Na classe Bacillariophyceae, o maior número de táxons foi observado entre Centrales, representadas pelas espécies *Aulacoseira granulata* v. *granulata*; *Aulacoseira granulata* v. *angustissima*; *Aulacoseira granulata* v. *curvata*; *Aulacoseira ambígua*; *Aulacoseira alpigena*; *Aulacoseira herzogii*, *Aulacoseira itálica* e *Aulacoseira muzanensis*, porém com baixa densidade numérica. Em geral, classe Bacillariophyceae preferem águas abertas, com bastante movimento. É possível que o processo de circulação diurna, as condições de altas temperaturas e as condições químicas da coluna d'água tenham favorecido o aparecimento deste grupo.

De acordo com Esteves (1988), nos reservatórios brasileiros, quando ocorre estratificação térmica, há uma redução na disponibilidade de sílica, fato este que reduz o crescimento populacional das diatomáceas. No entanto, o período de mistura, além de promover um maior aumento de sílica na água, também contribui para a ressuspensão das algas (TUNDISI, 1990).

Segundo Sommer (1988), apesar das diatomáceas serem dependentes da sílica para o seu desenvolvimento, elas também competem por outros nutrientes, principalmente o fósforo, embora a limitação deste nutriente não impeça o desenvolvimento das algas. Reynolds (1984b), no entanto, argumenta que o crescimento das algas pertencentes à classe Bacillariophyceae está relacionado principalmente à relação entre sílica e fósforo e à disponibilidade de luz.

A classe Euglenophyceae, no sistema em cascata, foi representada principalmente pelos gêneros *Phacus* sp, *Euglena* sp e *Trachelomonas* sp, o que sugere que os ambientes em questão possuem características ecológicas que permitem o crescimento dessas algas. O acúmulo de matéria orgânica, sem dúvida, foi o fator mais importante para que isso ocorresse, pois embora as euglenofíceas possuam clorofila e realizem fotossíntese, podem realizar a nutrição heterotrófica como um complemento de suas necessidades nutricionais. Em Ibitinga-Meio (em fevereiro/2000), por exemplo, as algas pertencentes à classe Euglenophyceae apresentaram um aumento na densidade numérica, contribuindo com 58,14% da densidade total do fitoplâncton, o que deve estar relacionado ao aporte de carga orgânica lixiviada pelas águas das chuvas.

Quanto aos valores obtidos para os índices de diversidade, verificou-se que, em geral, ocorreu uma pequena variação ao longo do sistema em cascata, para os períodos amostrados, representando, desta forma, uma heterogeneidade na distribuição dos mesmos. Os índices mais elevados foram obtidos nos meses de julho e outubro de 2000. Estes valores estão relacionados com o aumento na riqueza de espécies, propiciado pela maior variabilidade nas condições físicas, químicas e hidrodinâmicas dos reservatórios.

Em maio de 2000, no entanto, nos últimos reservatórios do sistema em cascata, os valores de diversidade estiveram abaixo de 0,70bits./Ind, sendo que, neste período, ocorreu uma dominância da classe Cyanophyceae (acima dos 90%), com a maior contribuição das espécies *Pseudanabaena mucicola* e *Pseudanabaena* sp. Portanto, a ocorrência de um número elevado de indivíduos de uma mesma espécie resulta em uma diversidade reduzida.

Os resultados da similaridade entre os reservatórios demonstram uma maior similaridade em outubro de 2000 (50%). No entanto, em geral, os ambientes mais similares foram aqueles que estavam mais próximos entre si. Desta forma, a menor similaridade foi obtida para os rios Tietê e Piracicaba em relação ao sistema Paraná, o que justificável, principalmente quando se avalia a característica peculiar de cada sistema.

Neste sentido, as diferenças, em menor ou maior grau, refletem as peculiaridades de cada fragmento formado a partir do barramento do rio, bem como os usos de cada região (ou área de entorno) ou reservatório, o que, conseqüentemente, implica em modificações na estruturação das comunidades. Vale ressaltar que as algas respondem de formas distintas às variações das condições ambientais de cada reservatório, sem esquecer, contudo, da dinamicidade das populações e do próprio ambiente, quer seja em respostas a funções de força naturais, quer seja às forças antropogênicas.

Neste sentido, torna-se premente a ação de uma política direcionada para a conservação e restauração das condições ambientais não somente dos reservatórios, mas também das diversas regiões que compõem a bacia hidrográfica do sistema Tietê. Como relata Tundisi (2000), as atividades humanas e o acúmulo de usos múltiplos produzem diferentes ameaças e problemas para a disponibilidade de água de boa qualidade, podendo desencadear inúmeros processos negativos, com repercussões econômicas, ecológicas e sociais em escalas local, regional e global.

4.6 Conclusões

1. Os “pulsos” de materiais (orgânicos e inorgânicos) advindos através do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica promovem o enriquecimento do sistema em cascata, contribuindo, dessa forma, para as mudanças na composição e densidade numérica do fitoplâncton;
2. As classes Cyanophyceae e Chlorophyceae foram as mais representativas durante o período de estudo, ocorrendo diferenças quanto às distribuições sazonal (meses de coleta) e espacial (entre os pontos de amostragem);
3. Existem mudanças significativas na densidade numérica das classes da comunidade fitoplantônica entre os períodos estudados, contudo os valores mais elevados ocorreram em outubro de 2000, nos primeiros reservatórios da cascata (Barra Bonita, Bariri e Ibitinga), o que está relacionado à maior estabilidade física no período, bem como às elevadas concentrações de nitrogênio e fósforo;
4. Em maio de 2000, a partir do reservatório de Nova Avanhandava, foram registrados os valores mais elevados de densidade numérica do fitoplâncton, o que está relacionado ao aporte de nutrientes pelos seus tributários, os quais são considerados mais eutróficos;
5. Com relação aos períodos amostrados, as menores densidades numéricas da comunidade fitoplanctônica ocorreram na porção mediana dos reservatórios do sistema em cascata, correspondendo às regiões classificadas como oligotrófica e mesotrófica;

6. As características particulares de cada reservatório do sistema em cascata, como vazão e tempo de residência da água, foram também fatores determinantes no estabelecimento da comunidade de fitoplâncton, provendo alterações na densidade das espécies.
7. Os altos valores de densidade e de biomassa fitoplanctônica, bem como a dominância da classe Cyanophyceae nos primeiros reservatórios do sistema em cascata, indicam o estágio de eutrofização do rio Tietê, Piracicaba e de seus tributários, os quais contribuem para o aporte de nutrientes ao sistema.
8. A comunidade fitoplanctônica do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê, e parte do rio Paraná foi mais representada, em termos qualitativos, pela classe Chlorophyceae, seguida por Bacillariophyceae ⇒ Euglenophyceae ⇒ Cyanophyceae ⇒ Zygnemaphyceae ⇒ Cryptophyceae ⇒ Chrysophyceae ⇒ Dinophyceae, com diferenças na composição de espécies entre os períodos amostrados e com maior riqueza de espécies na estação seca (julho e outubro de 2000).

4.7 Referências Bibliográficas

ABREU, C.T. (2001). Estudo do fitoplâncton ao longo de um sistema de córrego e represas nas estações de chuva e de seca, Rio Descoberto, DF. Dissertação (Mestrado), 54p; Brasília/DF. Universidade de Brasília.

ANAGNOSTIDIS, K., KOMÁREK, J. (1988). Modern approach to the classification systems of cyanophytes. III Oscillatoriales. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* n.71, v.1-4, p.327-472.

ANAGNOSTIDIS, K., KOMÁREK, J. (1990). Modern approach to the classification systems of cyanophytes. 5 Stigonematales. *Algological Studies.* n.59, p.1-73.

ANAGNOSTIDIS, K., KOMÁREK, J. (1985). Modern approach to the classification systems of cyanophytes. III Oscillatoriales. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* n.80, v.2, p. 291-302.

ARANHA, F.J. (1990). *Influência de fatores hidráulicos e hidrológicos na composição e biomassa do fitoplâncton em curto período de tempo, na represa de Barra Bonita, Médio Tietê, São Paulo.* São Carlos. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo., 150p.

ARAÚJO, M.F.F.; COSTA, I.A .S & CHELLARPPA, N.T. (2000). Comunidade fitoplanctônica e variáveis ambientais na Lagoa de Extremoz, Natal-RN, Brasil. *Acta Limnol. Bras.*, 12: p. 127-140.

AZEVEDO, S.M.F.O.; EVANS, W.R.; CARMICHAEL, W.W. & NAMIKOSHI, M. (1994). First Report of Microcystins form a Brazilian Isolate of the Cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. *J. Appl. Phycol., Bergium*, 6: 261-265pp.

BARBOSA, F.A .R.; PADISÁK,J.;ESPÍNDOLA,E.G.L.;BORICS, G., ROCHA,O. (1999). The Cascading Reservoir Continuum Concept (CRCC) and Its Application to the River Tietê – Basin, São Paulo State, Brazil. In: *TUNDISI, J.G. & STRASKRABA, M.* (eds). Theoretical Reservoir Ecology and its Applications. Brazilian Academy of Sciences and Backhuys Publishers., p.425-437.

BICUDO, C. E. M., BICUDO, R. M. T. (1970). *Algas de Águas Continentais Brasileiras: Chave ilustrada para identificação de gêneros*. São Paulo: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento de Ciências, 228 p.

BICUDO, D. de C., DE-LAMONICA-FREIRE, E., FIGUEIREDO, D., LIMA, D. (1995). Ficoflórula do pantanal de Poconé, Estado de Mato Grosso, Brasil: Centrales e Eunotiaceae (Bacillariophyceae). *Hoenea*. v. 22 (1/2), p.165-182.

BICUDO, D.C.; TUCCI-MOURA, ^aN.; RAMÍREZ, J.J.R.; CARMO, C.F.; NOGUEIRA, N.M.C. & BICUDO, C.E.M. (1999). Escala de amostragem e variabilidade de fatores limnológicos em reservatório eutrofizado (Lago das Garças, São Paulo). In: *R. Henry (ed.) Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. p. 409-448.

BOURRELLY, P. (1972). *Les Algues d'eau Douce: initiation a la systématique*, Tome I: Les algues vertes. Paris Editions N. Boubée & Cie., 572p .

BOURRELLY, P. (1970). *Les Algues d'eau Douce: initiation a la systématique*, Tome III: Les algues Blueues et Rouges. Paris Editions N. Boubée & Cie., 570 p.

BOURRELLY, P. (1981). *Les Algues d'eau Douce: initiation a la systématique*, Les algues jaune et brunes. Paris Editions N. Boubée & Cie., 517 p.

CALIJURI, M.C. (1988). *Respostas fisioecológicas da comunidade fitoplanctônica e fatores ecológicos em ecossistemas com diferentes estágios de eutrofização*. São Carlos. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

CALIJURI, M.C.; DEBERDT, G.L.B.; MINOTI, R.T. (1999). A produtividade primária pelo fitoplâncton na Represa de Salto Grande. IN; HENRY, R. (1999). *Ecologia de Reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu/SP., p. 109-148.

CARPENTER, S. R. (1988). *Complex interations in lake communities*. New York, Springer-Ver-log., 283p.

CARPENTER, S.R.; KITCHELL, J.F. (1993). *The trophic cascade in lakes*. Cambridge, University Press Cambridge., 385p.

CLARO, S.M. (1981). *Aspectos limnológicos da Represa de Jacaré-Pepira (Brotas-SP) com ênfase na comunidade zooplantônica*. São Carlos: UFScar., 205p. Dissertação (Mestrado). UFScar. São Carlos,SP.

COMPÉRE, P. (1976a). *Agues de la region du Lac Tchad*. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol., v.x, n.2.,p.77-118.

COMPÉRE, P. (1976b). *Agues de la region du Lac Tchad*. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol., v.x, n.3.,p.135-164.

COMPÉRE, P. (1977). *Agues de la region du Lac Tchad*. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol., v.xi, n.2.,p.77-177.

CONNEL, J.H. (1978). Diversity in tropical rain forest and coral reefs. *Science.*, 199:p.1302-1310.

COSTA, J. C. F. da & TORGAN, L. C. (1991). Análise taxonômica de diatomáceas (BACILLAROPHYCEAE) do lago da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. *Iheringia*, v. 41, p.47-81.

DE FELLIPO, R. (1987). *Ciclo sazonal do fitoplâncton, fatores climatológicos e hidrológicos na represa de Barra Bonita*. São Carlos. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos., 90p.

DEMERS, S.; LEGENDRE, L. & THERRIAULT, J.C. (1982). *Tidal mixer and phytoplankton dynamics Quebec*: Departament de Biologie Université (manuscrito) 61p.

DOS SANTOS, A.C.A. (1996). *Biomassa e estrutura da comunidade fitoplanctônica em curtos períodos de tempo no Reservatório de Barra Bonita, SP*. Dissertação (Mestrado)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 169p.

ESPÍNDOLA, E.L.G. (1994). *Dinâmica da associação congênica das espécies de Notodiaptomus spp na represa de Barra Bonita, São Paulo*. São Carlos: 363p. Tese (Doutorado). USP/EESC/SP.

ESPÍNDOLA, E.L.G.; RODGHER, S.; FRACÁCIO, R.; COSTA, J.B.; ROCHA, O. (2002). A abordagem ecotoxicológica: Um estudo de caso nos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê, São Paulo, Brasil. In:

MATSUI, S. *Diretrizes para o gerenciamento de lagos: Gerenciamento de Substâncias Tóxicas em Lagos e Reservatórios. Trad. Dino Vannucci.* 177-199P.

ESTEVES, F.A (1988). *Fundamentos da limnologia.*Rio de Janeiro. Interciências. FINEP.

FONSECA, C.P. (1990). *Estudo de flutuações de curta duração na comunidade zooplanctônica, Barra Bonita-Médio Tietê, SP.* Dissertação (Mestrado). USP.EESC, São Carlos, SP.

FORD, D.E. (1990). Reservoir transport processes. In: THORTON, K.W.; KIMMEL, B.L.; PAYNE, F.E. (eds). *Reservoir Limnology: Ecological perspectives.* New York. John Wiley & Sons., Inc. Cap. 2,p.15-41.

GHERARDI-GOLDSTEIN, E. et al., (1990). *Procedimentos para utilização de testes de toxicidade no controle de efluentes líquidos.* CETESB 17p/Série Manuais.

GOLTERMAN, H.L. (1975). *Physiological Limnology.* Amsterdam? Elsevier. 489 p.

HARRIS, G.P. (1986). *Phytoplankton Ecology: Structure, Function and Fluctiation.* Chapman and Hall, New York. 384p.

HEGEWALD, E., HINDÁK, F., SCHNEPF, E., (1990). *Studies on the genus Scenedemus MEYEN (Chlorophyceae, Chlorococcales) from South India, with special reference to the cell wall ultrastruture.* Stuttgart: Cramer. 75 p.

HEJZLAR, J.; STRÁŠKRABA, M. (1989). On the horizontal distribution of limnological variables in Rimov and Others Stratified Czechoslovak reservoirs. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, v.33., p.41-55.

HENRY, R. (1986). O crescimento potencial do fitoplâncton da represa de Barra Bonita (rio Tietê, SP): uma comparação sazonal dos efeitos de enriquecimento artificial em amostras de seus tributários. *Ciência e Cultura.*, v.38., n.9., p.1553-1564.

HINO, K. ; TUNDISI, J. G. (1977). *Atlas de algas da Represa do Broa*. São Carlos: Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal de São Carlos,. (Série Atlas, v. 2). 143p.

HUSTED, T. (1930). Bacillariophyta. In: PASCER, A. , FISHER, J. G. (eds). *Die Suisswas flora*. Mitteleuropas.

HUSTON, M. (1979). A general hypotesis in species diversity. *Am. Nat.*, 113:p.81-101.

HUSZAR, V.L.M. (1994). *Fitoplâncton de um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita (Lago Batata, Para, Brasil): Estrutura da comunidade, flutuações espaciais e temporais*. Tese de Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos, SP. 219p.

HUSZAR, V.L.M. & SILVA, L.H.S (1999). Estrutura da Comunidade Fitoplanctônica no Brasil: Cinco Décadas de Estudos . *Limnotemas*. 2: 22p.

HUSZAR, V.L.M.; SILVA, L.H.S; MARINHO, M.M.; DOMINGOS, P. & SAN'ANNA, C.L. (2000). Cyanoprokariote assemblages in eight productive tropical Brazilian waters. *Hydrobiologia* 424: p. 67-77.

HUTCHINSON, G.E. (1961). The paradox of plankton. *Am. Nat.*, 95:p.137-145.

INFANTE, A .G. (1988). *El plancton de los aguas continentales*. Washington? Ed. EVAV. Chesveau, depto. De asuntos cientif. E tecnol. De la senetaria geral de la OEA. 130p.

JØRGENSEN, S.E. & VOLLENWEIDER, R.A. (1989). (eds.) Guidelines of lake management. vol. 1. principles of lake manegement. ILEC-UNEP. Otsu.p.155-169.

KALF, J.; WATSONS, S. (1986). Phytoplankton and its dynamics in two tropical lakes: a tropical and temperate zone comparison. *Hydrobiologia* 138: p. 161-176.

KIMMEL, B.L.; LIND, O.T.; PAULSON, L.J. (1990). Reservoir primary production. IN: THORTON, K.W.; KIMMEL, B.L.; PAYNE, F.E. (eds). *Reservoir Limnology: Ecological perspectives*. New York. John Wiley & Sons., Inc. Cap. 6, p.133-192.

KÖHLER, J. (1994). Origin and succession of phytoplankton in a river-lake system (Spree, Germany). *Hydrobiologia*. 289: 73-93p.

KOMÁRAK, J, AGNOSTIDES, K. (1986). Modern aproach to the classification systems of cyanophites. II Chroococcales. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* n.73, v.2, p.157-226.

KOMÁRAK, J, AGNOSTIDES, K. (1989). Modern aproach to the classification systems of cyanophites. 4 Nostocales. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* n.82, v.3, p.247-345.

KOMÁRAK, J., FOTT, B. (1983). *Die Binnengewasser band XVI. Einzeldartellungen aus der Limnologie und ihren Nachbargebienten. Chlorophyceae (Grünalgen). Ordnung: Chlorococcales*. Stugart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 1044p.

KREBS, C. (1994). *Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance*. 4^a Ed., New York: Harper Collins College Publishers. 1994, 801p.

LAMPERT, W & SOMMER, V. (1997). *Limnoecology. The Ecology of Lakes and Streams*. Oxford University Press, New York. 382p.

LEWIS JR, W.M. (1984). Phytoplankton Succession in Lake Valencia, Venezuela. *Limnol. Oceanogr.*, 28: p.273-286.

LIND, O T. (1984). Patterns of phytoplankton populations and their relationships to trophic state in a longate reservoir. *Ver. Internat. Limnol.*, 22: p.1465-1469.

LOBO, E., LEIGHTON, G. (1986). Estructura comunitaria de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de ríos e esteros de la zona central de Chile, *Rev. Biol. Mar.*, v.22, n.1, p.1-29.

MacQUEEN, D.J.; POST, J.R.; MILLS, E.L. (1986). Trophic relationships in freshwater pelagic ecosystems. *Can. J. Fish. Aquatic Sci.*, v. 43., p.1571-1581.

MARGALEF, R. (1975). Typology of reservoirs. *Ver. Internat. Limnol.*, 19: p.1841-1848.

MARGALEF, R. (1983). *Limnologia*. Barcelona: Ediciones Omega, S.A., 1010 p.

MARKER, F.H.; NUSCH, E. A.; RAI, H. (1980). The measurement of photosynthetic pigments in freshwater and standardization of methods: conclusions and recommendations. *Arch. Fur Hydrobiol.*, V. 14, P-91-106.

MATSUMURA-TUNDISI, T.; HINO, K. & CLARO, S.M. (1981). Limnological studies at 23 reservoirs in southern part of Brazil. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, v. 21: p. 1046-1053.

MATSUMURA-TUNDISI, T. & TUNDISI, J.G. (1976). Plankton studies in a lacustrine environment. I preliminary data on zooplankton ecology of Broa Reservoir. *Oecologia*.25: p.265-270.

MELACK, J.M. (1979). Temporal variability of phytoplankton in tropical lakes. *Oecologia*, V.44., p.1-7.

MONTESANTO, B.; TRYFON, E. (1999). Phytoplankton community structure in the drainage network of a Mediterranean River system (Aliakmon, Greece). *Internat. Rev. Hydrobiologia* 84: 451-468pp.

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 (Doutorado). USP/EESC, São Carlos, SP. 439p.

NOGUEIRA, N.M.C. (1997). Dinâmica populacional de *Microcystis aeruginosa* Kützing (Cyanophyceae/Cyanobacteria) ao Longo de um Ano no Lago das Garças, São Paulo, SP., Brasil. Dissertação (Mestrado)., Rio Claro, UNESP., 109p.

NUSH, E. A. (1980). Comparasion of different methods for chorophyll and phaeopigments determination. *Arch. Fur. Hydrobiol.*, v.14., p.14-36.

ODUM, E. P. (1985). *Ecologia*. Interamericana, 434p.

ODUM, E.P. (1983). *Ecologia*. Ed. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 434p.

ODUM, E.P. (2001). Fundamentos de Ecologia. Fundação Calouste Gulbenkian, 6ª Ed. 927p.

PAERL, H.W. (1995). Ecology of blue-green algae in aquaculture ponds. *J. of. The W. Aquac. Soc.*, 26 (2) :p.109-131.

PARRA, O., GONZALES, M. DELLAROSSA, V. , RIVERA, P., ORLLOMA M. (1982c). *Manual taxonomico del fitoplancton de aguas continentales: Cyanophyceae*. Concepción: Editorial Universidade de Concepcion. 69p.

PARRA, O., GONZALES, M. DELLAROSSA, V. , RIVERA, P., ORLLOMA M. (1982a). *Manual taxonomico del fitoplancton de aguas continentales: Chrysophyceae-Xantophyceae*. Concepción: Editorial Universidade de Concepcion.. 82p.

PARRA, O., GONZALES, M. DELLAROSSA, V. , RIVERA, P., ORLLOMA M. (1982b). *Manual taxonomico del fitoplancton de aguas continentales: Cryptophyceae-Dinophyceae-Euglenophyceae*. Concepción: Editorial Universidade de Concepcion. 99p.

PARRA, O., GONZALES, M. DELLAROSSA, V. , RIVERA, P., ORLLOMA M. (1983). *Manual taxonomico del fitoplancton de aguas continentales: Chlorophyceae*. Concepción: Editorial Universidade de Concepcion. 363p.

PEREIRA, R.H.G. (2003). *Análise da distribuição, densidade e diversidade de Copepoda Calanoida e Cyclopoida nos reservatórios e tributários do Médio e Baixo rio Tietê e sua relação com as características limnológicas do sistema*. Tese (doutorado). São Carlos/SP. Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 436p.

PILEOU, E.C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collection. *J. Theoret Biol.*, v.13, p.131-134.

PORTER, K. G. (1977). Plant-Animal interface in fresh-water ecosystems. *American Scientist* 65: p.159-170.

PRESCOTT, G. W.; BICUDO, C. de M.; VINYARD, W. C. (1981). *A Synopsis of North American Desmids. Part. II. Desmidiaceae: Placodermae*. Section 4, Lincoln/ London: Univ. of Nebraska Press., 413p.,

PRÓSPERI, V.A . (1993). Aplicação de testes de toxicidade com organismos marinhos para a análise de efluentes industriais lançados em áreas estuarinas. USP, São Carlos. Dissertação (Mestrado). 83p.

REYNOLDS, C.S. (1993). Scales of disturbance and their roles in plankton ecology. *Hidrobiologia*, 249:p.151-171.

REYNOLDS, C.S. (1994). The long, the short and the stalled: on the attributes of phytoplankton selected by physical mixing in lakes and rivers. *Hydrobiologia*. 289: 0-21p.

REYNOLDS, C.S. (1984). *The ecology of freshwater phytoplankton*. London: Cambridge: Cambridge University. Press. , 394p.

REYNOLDS, C.S. (1984b). Phytoplankton periodicity: the interactions of form, function and environmental variability. *Freshwater Biology*, 14: p.111-142.

REYNOLDS, C.S. (1986). Experimental manipulations of phytoplankton periodicity in large limnetic enclosures in Billham Tarn. English Lake District. *Hydrobiologia*, v. 138, p.43-64.

REYNOLDS, C.S. (1987). The concept of ecological succession applied to seasonal periodicity of freshwater phytoplankton. *Internat. Verein fur theor ind. Na. Limnologie*.

REYNOLDS, C.S.; DERCY, J.P. (1996). The production, biomass and structure of phytoplankton in large rivers. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 113: Large Rivers, 11: 164-187.

RIETZLER, A.C. (1995). *Alimentação, ciclo de vida e análise da coexistência de espécie de Cyclopoida na represa de Barra Bonita, São Paulo*. São Carlos, 385p. Tese (Doutorado) – EESC-USP.

SANDES, M.A .L. (1990). *Flutuações e Fatores Ecológicos, Composição e Biomassa do Fitoplâncton em Curto Período de Tempo no reservatório de Álvaro de Souza Lima (Bariri, SP)*. São Carlos. 111p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Paulo.

SANT'ANNA, C.L.; AZEVEDO, M.T. de P. (2000). Contribution to the knowledge of potentially toxic Cyanobacteria from Brazil. *Nova Hedwigia* 71: 359-385pp.

SANTA'ANNA, C.L.; MARTINS, D.V. (1982). Chlorococcales (Chlorophyceae) dos lagos Cristalino e São Sebastião, Amazonas, Brasil: taxonomia e aspectos limnológicos. *Revta Brasil. Bot.* v.5:p. 67-82.

SANT'ANNA, C . L., AZEVEDO, M. T. de P., SORMUS, L. (1989). Fitoplâncton do Lago das Garças, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil: Estudo taxonômico e aspectos ecológicos. *Hoehnea*, v. 16, p. 89-131. 221 fig., 1 tab.

SHANNON, C.E.WEANER, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. University Illinois Press, Urbana. 170p.

SILVA, S. M. A. da, TORGAN, L. (1981). Nota sobre Euglenofíceas (Euglenaceae) de um açude no Morro Santana, Porto Alegre, RS, Brasil. *Iheringia*, v. 28, p. 95-106,

SIPAÚBA-TAVARES, L. H; ROCHA, O. (2003). *Produção de Plâncton (Fitoplâncton e Zooplâncton) para Alimentos de Organismos Aquáticos*. São Carlos, RiMa, 106p.

SOMMER, U. (1988) Does nutrient competition among phytoplankton occur in situ. *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 23: p.707-712.

SOMMER, U.; PADISÁK, J.; REYNOLDS, C.S.; JUHÁSZ-NAGY, P. (1993). Hutchinson, S. Heritage: the diversity disturbance relationship in phytoplankton. In: PADISÁK, J.; REYNOLDS, C.S.; SOMMER, U.. (eds). *Intermediate Disturbance Hypothesis in Phytoplankton Ecology*. Developments in Hydrobiology. 81. Kluwer academic Publish., Dordrecht: p. 1-7.

SOMMER, V. (1981). The sole of r and k selection in the succession of phytoplankton in lake Constance. *Acta Oecologia*. V. 2, n. 4, p.327-342.

SOMMER, V.; PADISÁK, J.; REYNOLDS, C.S.; JUHASZ-NAGY, P. (1993). Hutchinson's heritage: the diversity-disturbance relationship in phytoplankton. *Hidrobiol.*, V. 249, P. 1-7.

SORENSEN, T. (1948). A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of vegetation on Danish commons. *Biol. Skr.* 5: p.1-34.

STRASKRABA, M. (1990). Limnological particularities of multiple reservoir series. *Arch. Hydrobiol. Beih Ergebn. Limnol.*, 33: p.677-678.

STRASKRABA, M. (1994). Vltava cascade as teaching grounds for reservoir limnology. *Wat. Sci. Tech.*, v. 30, n. 10., p.289-297.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G.; DUNCAN, H. (1993a). Introduction IN. STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G; DUNCAN, H. , (eds). *Comparative*

reservoir limnology and water quality management. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. p.8-9.

TALAMONI, J.L.B. (1995). Estudo comparativo das comunidades planctônicas de lagos de diferentes graus de trofia e uma análise do efeito *Mycrocystis aeruginosa* (Cyanophyceae) sobre algumas espécies de microcrustáceos. Tese (Doutorado). São Carlos, PPG-ERN/UFSCar, 305p.

THOMAZ, S.M.; BINI, 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. (1990). Perspectives on reservoir limnology. IN: THORNTON, K.W.; KIMMEL, B.L.; PAYNE, F.E. (eds). *Reservoir limnology: ecological perspectives*. New York. Jonh Wiley & Sons, Inc. cap. 1,p.1-13.

TIFFANY, L. H., BRITTON, M. E. (1971). *The Algae of Illinois*. New York: Hafner Publihing Company. 323 p.

TORGAN, L. (1985). Estudo taxonômico de diatomáceas (BACILLARIOPHYCEA) da represa de Águas Belas, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia*, v. 33, p.17-104.

TUNDISI, J. G. (1989). *Management of reservoir in Brazil*. IN: JORGENSEN, S.E. & VOLLENWEIDER, R.A. (eds.) *Guidelines of lake management*. vol. 1. principles of lake manegement. ILEC-UNEP. Otsu.p.155-169.

TUNDISI, J. G. MATSUMURA-TUNDISI, T. (1990a). Limnology and eutrophication of Barra Bonita Reservoir, São Paulo State, Southern Brazil. *Arch. Hydrobiol.* 33:p.661-676.

TUNDISI, J.G. (1988). Impactos ecológicos da construção de represas: aspectos específicos e problemas de manejo. In: TUNDISI, J.G. (ed.) *Limnologia e manejo de represas..* São Carlos. USP/ EESC/CRHEA. V.I (tomol): p.1-76. Monografias em Limnologia.

TUNDISI, J.G. (1990). Distribuição espacial, seqüência temporal e ciclo sazonal do fitoplâncton em represas: fatores limitantes e controladores. *Ver. Brasil. Biol.,* 50(4):p. 937-955.

TUNDISI, J.G. & MATSUMURA-TUNDISI, T. (1990). Limnology and eutrofication of Barra Bonita Reservoir. São Paulo State. Southern Brazil. *Arch. Hydrobiol. Beith. Ergbn. Limnol.* v. 33: 661-676pp.

TUNDISI, J.G. (1977). *Produção primaria "standing-stock", fracionamento do fitoplancton e fatores ecologicos em ecossistema lacustre artificial. (Represa do Broa, São Carlos).* Ribeirão Preto, FFCLRP. Tese (livre-docência) 409p.

TUNDISI, J.G. (1999). Reservatórios como Sistemas Complexos: Teoria, Aplicações e Perpectivas para Usos Múltiplos. IN: HENRY, R. (1999) *Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais.* Botucatu. FAPESP, 800p.

TUNDISI, J.G. (2000). Limnologia e Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos. *Ciência & Ambiente.* n. 2: p. 9-21.

TUNDISI, J.G. MATSUMURA-TUNDISI, T., CALIJURI, M.C. (1993). Limnology and managemente of reservoirs in Brazil. IN: STRASKRABA, M., TUNDISI, J.G., DUNCAN, A . (eds) *Comparative Reservoir Limnology*

and Water Quality Management. Kluwer Academic Publishers, Netherlands: p.25-55.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T; CALIJURI, M.C.;NOVO, E.M.L. (1991). Comparative limnology of five reservoirs in the middle Tiete River. Sao Paulo State. *Verh. Internat. Verein. Limn.* V. 24: p. 1489-1496.

UNGARETTI, I. (1981a). Desmídias (Zygnemaphyceae, Chlorophyta) do Arroio do Dilúvio, rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia*, v. 26, p.9-35.

UNGARETTI, I. (1981b). Desmídias (Zygnemaphyceae) de um açude no Morro de Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia*, v. 27, p.3-26.

UTHERMÖHL, H. (1958). Zur Vervollkomnung der quantitativen phytoplankton: methodik. *Mitteilungen internationale Vereinigung fuer Theoretische und Angewandte Limnologie*, Stuttgart, v.9,p.1-38.

WARD, J.V. & STANFORD, J.A. (1995). The serial discontinuity concept: extending the model to floodplain rivers. *Research & Management*. 11:1-10.

WARD, J.V. & STANFORD, J.A. (1983). The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. IN: FONTAINE, T.D. & S.M.BARTELL (Eds.), *Dynamics of lotic exosystems*. Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, MI, 29-42.

WATANABE, T. (1981). *Flutuação sazonal e distribuição espacial do nano e microfitoplâncton na Represa do Lobo (Broa), São Carlos-SP*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 160p.

WETZEL, R. G. (1993). *Limnologia.*, Lisboa, Ed. Fundação Calouste Gulbenkian. 919p.

WETZEL, R.G. & LIKENS, G.E. (1991). *Limnological Analysis*. 2^a Ed. Springer-Verlog. 391p.

WETZEL, R.G. (1981). *Limnologia*. Ediciones Omega, Barcelona. 677p.

WILSON, J.B. (1995). The " Intermediate Disturbance Hypothesis" of species coexistence is based on patch dynamics. *New Zealand. J. Ecol.*, 18:p.176-181.

Tabela 1 - Distribuição dos taxons ao longo do sistema de cascata do médio e do baixo rio Tietê e no rio Paraná, nos períodos amostrados

TAXONS	RT				RP				BB				BA				IB				PR				NA				TI				JTI				JIL				JUP							
	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O				
<i>Aulacoseira granulata v. angustissima</i>																																																
<i>Aulacoseira granulata v. curvata</i>																																																
<i>Achnanthes sp1</i>																																																
<i>Achnanthes inflata</i>																																																
<i>Actinastrum aciculare</i>																																																
<i>Actinastrum acuminatus</i>																																																
<i>Actinastrum hantzschii</i>																																																
<i>Actinastrum raphidioides</i>																																																
<i>Actinastrum sp1</i>																																																
<i>Anabaena planctonica</i>																																																
<i>Anabaena sp2</i>																																																
<i>Anabaena sp1</i>																																																
<i>Anabaena spiroides</i>																																																
<i>Anacystis sp 1</i>																																																
<i>Ankistrodesmus bernardii</i>																																																
<i>Ankistrodesmus bibraianus</i>																																																
<i>Ankistrodesmus densus</i>																																																
<i>Ankistrodesmus falcatus</i>																																																
<i>Ankistrodesmus fusiformes</i>																																																
<i>Ankistrodesmus gracilis</i>																																																
<i>Ankistrodesmus bernardii</i>																																																
<i>Ankistrodesmus sp1</i>																																																
<i>Ankistrodesmus sp2</i>																																																
<i>Ankyra judavi</i>																																																
<i>Ankyra ancora</i>																																																
<i>Aphanocapsa conferta</i>																																																
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>																																																
<i>Aphanocapsa microscopica</i>																																																
<i>Aphanocapsa elachista</i>																																																
<i>Aphanocapsa sp1</i>																																																

Tabela 1 - Distribuição dos taxons ao longo do sistema de cascata do médio e do baixo rio Tietê e no rio Paraná, nos períodos amostrados

TAXONS	RT				RP				BB				BA				IB				PR				NA				TI				JTI				JIL				JUP			
	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O
<i>Chroococcus sp2</i>																																												
<i>Chroococcus turgidus</i>																																												
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>																																												
Clorofíceas ñ ident.																																												
<i>Closteriopsis sp 1</i>																																												
<i>Closterium acutum</i>																																												
<i>Closterium diana</i>																																												
<i>Closterium gracile</i>																																												
<i>Closterium sp1</i>																																												
<i>Closterium sp2</i>																																												
<i>Cocconeis palidus</i>																																												
<i>Cocconeis sp 1</i>																																												
<i>Coelastrum astroideum</i>																																												
<i>Coelastrum cambricum</i>																																												
<i>Coelastrum indicum</i>																																												
<i>Coelastrum microporum</i>																																												
<i>Coelastrum pulchrum</i>																																												
<i>Coelastrum reticulatum</i>																																												
<i>Coelastrum sp 1</i>																																												
<i>Coelastrum sp 2</i>																																												
<i>Coelastrum speciosum</i>																																												
<i>Coelosphaerium sp1</i>																																												
<i>Coccinodiscus sp</i>																																												
<i>Coccinodiscus sp1</i>																																												
<i>Cosmarium retangulare</i>																																												
<i>Cosmarium sp1</i>																																												
<i>Cosmarium sp2</i>																																												
<i>Crucigenia quadrata</i>																																												
<i>Crucigenia rectangularis</i>																																												

Tabela 1 - Distribuição dos taxons ao longo do sistema de cascata do médio e do baixo rio Tietê e no rio Paraná, nos períodos amostrados

TAXONS	RT				RP				BB				BA				IB				PR				NA				TI				JTI				JIL				JUP			
	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O
<i>Crucigenia sp1</i>																																												
<i>Crucigenia tetrapedia</i>																																												
<i>Crucigeniella apiculata</i>																																												
<i>Crucigeniella sp1</i>																																												
<i>Cryptomonas sp1</i>																																												
<i>Cryptomonas sp2</i>																																												
<i>Cryptomonas tetrapyrnoidosa</i>																																												
<i>Cryptomonas pseudopyrenoidosa</i>																																												
<i>Cyanodictyon sp</i>																																												
Cyanophyceae filam.ñ ident.																																												
Cyanophyceae ñ identificada																																												
<i>Cyclotella meneghiniana</i>																																												
<i>Cyclotella sp1</i>																																												
<i>Cyclotella sp2</i>																																												
<i>Cyclotella stelligera</i>																																												
<i>Cymbella affinis</i>																																												
<i>Cymbella sp</i>																																												
<i>Cymbella tumida</i>																																												
<i>Diatoma sp1</i>																																												
<i>Diatoma sp2</i>																																												
Diatomacea ñ ident.																																												
<i>Dictyosphaerium ehrenbergianum</i>																																												
<i>Dictyosphaerium primarium</i>																																												
<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>																																												
<i>Dictyosphaerium sp1</i>																																												
<i>Dictyosphaerium sp2</i>																																												
<i>Dinobryon sp1</i>																																												
<i>Eaustropsis sp 1</i>																																												
<i>Eaustrium sp1</i>																																												

Tabela 1 - Distribuição dos taxons ao longo do sistema de cascata do médio e do baixo rio Tietê e no rio Paraná, nos períodos amostrados

TAXONS	RT				RP				BB				BA				IB				PR				NA				TI				JTI				JIL				JUP			
	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O	F	M	J	O
<i>Gloeotrichia sp1</i>																																												
<i>Golenkinia radiata</i>																																												
<i>Golenkinia sp1</i>																																												
<i>Golenkiniopsis sp</i>																																												
<i>Golenkiniopsis paulistina</i>																																												
<i>Gomphonema angur</i>																																												
<i>Gomphonema constrictum</i>																																												
<i>Gomphonema gracille</i>																																												
<i>Gomphonema olivaceum</i>																																												
<i>Gomphonema sp1</i>																																												
<i>Gomphonema sp2</i>																																												
<i>Gomphosphaeria sp1</i>																																												
<i>Gomphosphaeria sp2</i>																																												
<i>Gomphnonema acuminatum</i>																																												
<i>Hantzschia sp1</i>																																												
<i>Hyaloraphidium contortum</i>																																												
<i>Hyaloraphidium sp1</i>																																												
<i>Keratococcus suecicus</i>																																												
<i>Kirchneriella aperta</i>																																												
<i>Kirchneriella contorta</i>																																												
<i>Kirchneriella obesa</i>																																												
<i>Kirchneriella obtusa</i>																																												
<i>Kirchneriella sp1</i>																																												
<i>Kirchneriella sp2</i>																																												
<i>Lepocinclis sp</i>																																												
<i>Lepocinclis sp1</i>																																												
<i>Lyngbya sp1</i>																																												
<i>Mallomonas sp1</i>																																												

Tabela 2 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton nos reservatórios do sistema em cascata do rio Tietê, durante o ano 2000.

Classes/Meses de coleta	fevereiro	maio	julho	outubro
Cyanophyceae	80.134	61.250	80.220	280.277
Chlorophyceae	96.472	112.350	420.200	715.221
Bacillariophyceae	39.678	97.300	119.948	107.799
Euglenophyceae	16.338	9.800	61.120	13.123
Zygnemaphyceae	–	700	10.696	3.749
Cryptophyceae	1.556	5.600	27.504	14.060
Chrysophyceae	–	350	12.224	–
Dinophyceae	–	–	10.696	–
Densidade Total (org./L)	234.178	287.350	742.608	1.134.229

Tabela 3 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton no rio Piracicaba, no ano 2000.

Classes/Meses de coleta	fevereiro	maio	julho	outubro
Cyanophyceae	14.130	5.950	38.367	467.941
Chlorophyceae	7.065	73.150	60.900	162.097
Bacillariophyceae	18.840	63.350	1.827	256.909
Euglenophyceae	5.652	8.050	3.654	77.225
Zygnemaphyceae	–	–	3.045	9.175
Cryptophyceae	2.355	1.050	6.699	6.881
Chrysophyceae	471	–	1.218	6.881
Densidade Total (org./L)	48.513	151.550	115.710	987.109

Tabela 4 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Barra Bonita - Barragem, no ano 2000.

Classes	fevereiro	maio	julho	outubro
Cyanophyceae	298.556	15.984	9.028	360.899
Chlorophyceae	118.979	160.506	58.328	646.261
Bacillariophyceae	77.595	13.986	37.406	187.698
Euglenophyceae	2.217	2.997	4.438	272.391
Zygnemaphyceae	739	666	4.438	13.734
Cryptophyceae	25.865	–	4.438	3.052
Chrysophyceae	–	–	4.438	3.052
Dinophyceae	–	–	–	1.526
Densidade Total (org./L)	523.951	194.139	122.514	1.488.613

Tabela 5 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Bariri - Início, no ano 2000.

Classes	fevereiro	maio	julho	outubro
Cyanophyceae	73.428	1.900	166.742	1.843.909
Chlorophyceae	59.160	152.000	72.910	332.727
Bacillariophyceae	13.920	6.080	6.340	333.840
Euglenophyceae	696	27.740	1.268	7.789
Zygnemaphyceae	1.740	–	2.536	8.902
Cryptophyceae	10.788	–	1.902	34.497
Chrysophyceae	–	–	31.066	–
Densidade Total (org./L)	159.732	187.720	282.764	2.561.664

Tabela 6 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Bariri - Meio, no ano 2000.

Classes	fevereiro	maio	julho	outubro
Cyanophyceae	126.236	20.398	17.344	110.280
Chlorophyceae	52.250	63.497	74.796	151.745
Bacillariophyceae	21.736	4.277	9.214	67.050
Euglenophyceae	5.852	1.974	7.046	132.336
Zygnemaphyceae	836	–	2.168	2.647
Cryptophyceae	14.212	–	15.718	215.267
Chrysophyceae	1.254	–	18.970	25.585
Dinophyceae	–	–	–	882
Densidade Total (org./L)	222.376	90.146	145.256	705.792

Tabela 7 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Bariri - Barragem, no ano 2000.

Classes	fevereiro	maio	julho	outubro
Cyanophyceae	36.600	142.132	24.705	107.381
Chlorophyceae	31.200	61.380	50.508	655.217
Bacillariophyceae	33.600	11.997	11.529	55.941
Euglenophyceae	9.000	11.718	20.313	7.073
Zygnemaphyceae	1.800	–	6.039	1.286
Cryptophyceae	–	–	7.137	27.649
Chrysophyceae	–	–	15.372	5.787
Dinophyceae	–	–	–	643
Densidade Total (org./L)	112.200	227.227	135.603	860.977

Tabela 8 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Ibitinga - Início, no ano 2000.

Classes	fevereiro	maio	julho	outubro
Chlorophyceae	164.274	299.322	126.440	174.341
Cyanophyceae	213.180	240.036	39.240	45.117
Bacillariophyceae	63.954	9.158	6.540	21.166
Euglenophyceae	66.462	12.532	3.270	30.078
Zygnemaphyceae	–	–	2.725	21.723
Cryptophyceae	36.366	2.892	8.175	104.159
Chrysophyceae	627	2.892	3.815	–
Dinophyceae	–	–	–	557
Densidade Total (org./L)	544.863	566.832	190.205	397.141

Tabela 9 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Ibitinga - Meio, no ano 2000.

Classes	fevereiro	maio	julho	outubro
Cyanophyceae	23.730	678.249	351.480	252.884
Chlorophyceae	11.300	21.021	143.376	23.684
Bacillariophyceae	17.515	3.861	6.264	32.088
Euglenophyceae	74.580	8.151	16.704	6.876
Zygnemaphyceae	1.130	–	1.392	2.292
Cryptophyceae	–	–	9.048	8.404
Chrysophyceae	–	–	16.008	2.292
Densidade Total (org./L)	128.255	711.282	544.272	328.520

Tabela 10 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Ibitinga - barragem, no ano 2000.

Classes	fevereiro	maio	julho	outubro
Cyanophyceae	45.200	285	104.000	648.945
Chlorophyceae	60.455	6.584	85.800	10.659
Bacillariophyceae	43.505	1.585	20.800	8.151
Euglenophyceae	7.345	253	2.600	16.302
Zygnemaphyceae	1.695	31	1.300	–
Cryptophyceae	7.345	–	2.600	5.016
Chrysophyceae	–	–	1.300	627
Dinophyceae	1.695	–	–	–
Densidade Total (org./L)	167.240	8738	218.400	689.700

Tabela 11 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Promissão - Início, no ano 2000.

Classes	fevereiro	maio	julho	outubro
Cyanophyceae	95.489	306	134.525	499.800
Chlorophyceae	70.397	7.242	84.375	15.300
Bacillariophyceae	66.912	3.672	19.575	50.150
Euglenophyceae	2.091	102	5.400	1.700
Zygnemaphyceae	2.091	–	2.700	3.400
Cryptophyceae	21.607	–	7.425	1.700
Chrysophyceae	–	–	675	850
Dinophyceae	1.394	–	–	–
Densidade Total (org./L)	259.981	11.322	254.675	572.900

Tabela 12 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Promissão - Meio, no ano 2000.

Classes	fevereiro	maio	julho	outubro
Cyanophyceae	42.600	1.719	69.376	133.125
Chlorophyceae	57.600	4.098	92.140	77.500
Bacillariophyceae	7.200	1.388	27.642	26.875
Euglenophyceae	3.000	991	1.626	6.875
Zygnemaphyceae	600	463	3.794	1.250
Cryptophyceae	12.600	–	2.168	625
Chrysophyceae	3.600	–	–	–
Densidade Total (org./L)	127.200	8.659	196.746	246.250

Tabela 13 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Promissão - Barragem, no ano 2000.

Classes	fevereiro	maio	julho	outubro
Cyanophyceae	129.922	209.000	126.094	83.125
Chlorophyceae	95.732	15.125	75.280	44.375
Bacillariophyceae	24.722	3.875	41.404	27.500
Euglenophyceae	3.682	–	1.882	5.000
Zygnemaphyceae	5.260	–	4.705	6.875
Cryptophyceae	12.098	–	10.351	11.875
Chrysophyceae	3.156	–	1.882	625
Densidade Total (org./L)	274.572	228.000	261.598	179.375

Tabela 14 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Nova Avanhandava - início, no ano 2000.

Classes	fevereiro	maio	julho	outubro
Cyanophyceae	*	465.678	34.650	94.050
Chlorophyceae	*	13.284	23.100	25.850
Bacillariophyceae	*	8.118	45.100	9.350
Euglenophyceae	*	1.476	2.200	–
Zygnemaphyceae	*	738	1.100	3.300
Cryptophyceae	*	–	3.300	550
Densidade Total (org./L)	*	489.294	109.450	133.100

(*) Amostra Perdida

Tabela 15 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Nova Avanhandava - Meio, no ano 2000.

Classes	fevereiro	maio	julho	outubro
Cyanophyceae	265.556	465.678	105.000	215.600
Chlorophyceae	104.016	13.284	44.800	729.300
Bacillariophyceae	38.612	8.118	32.200	20.350
Euglenophyceae	–	1.476	700	9.350
Zygnemaphyceae	5.516	738	4.900	7.700
Cryptophyceae	49.644	–	8.400	20.350
Chrysophyceae	3.152	–	700	–
Densidade Total (org./L)	466.496	489.294	196.700	1.002.650

Tabela 16 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Nova Avanhandava - Barragem, no ano 2000.

Classes	fevereiro	maio	julho	outubro
Cyanophyceae	764	1.836.417	70.500	86.450
Chlorophyceae	191	101.401	28.500	25.350
Bacillariophyceae	1.719	9.218	66.000	31.850
Euglenophyceae	–	–	4.500	12.350
Zygnemaphyceae	–	2.634	3.750	13.000
Cryptophyceae	191	11.193	2.250	7.800
Chrysophyceae	–	–	750	5.850
Densidade Total (org./L)	2.865	1.960.863	176.250	182.650

Tabela 17 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Três Irmãos - início, no ano 2000.

Classes	fevereiro	maio	julho	outubro
Cyanophyceae	100.464	1.890.562	132.600	118.500
Chlorophyceae	30.212	52.572	58.500	107.250
Bacillariophyceae	10.556	17.050	67.600	42.750
Euglenophyceae	1.092	2.131	1.300	750
Zygnemaphyceae	5.096	–	5.850	6.000
Cryptophyceae	–	–	3.900	5.250
Densidade Total (org./L)	147.420	1.962.315	269.750	280.500

Tabela 18 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Três Irmãos - Meio, no ano 2000.

Classes	fevereiro	maio	julho	outubro
Cyanophyceae	426.810	46.622	4.050	65.250
Chlorophyceae	131.166	80.989	47.250	57.275
Bacillariophyceae	18.738	14.998	14.175	18.125
Euglenophyceae	5.552	3.000	10.125	15.225
Zygnemaphyceae	4.164	4.499	2.025	2.900
Cryptophyceae	1.388	10.499	16.875	8.700
Chrysophyceae	694	–	675	725
Dinophyceae	694	–	–	725
Densidade Total (org./L)	589.206	160.607	95.175	168.925

Tabela 19 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Três Irmãos - Barragem, no ano 2000.

Classes	fevereiro	maio	julho	outubro
Cyanophyceae	74.385	1.561.732	9.425	31.000
Chlorophyceae	61.074	36.319	44.950	72.075
Bacillariophyceae	18.009	4.539	11.600	10.850
Euglenophyceae	1.566	648	10.150	15.500
Zygnemaphyceae	2.349	–	–	3.875
Cryptophyceae	–	–	–	10.075
Chrysophyceae	–	–	–	775
Densidade Total (org./L)	160.515	1.604.535	88.450	144.150

Tabela 20 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Jupia - início, no ano 2000.

Classes	fevereiro	maio	julho	outubro
Cyanophyceae	69.160	939.675	11.200	51.975
Chlorophyceae	46.592	8.075	60.200	30.375
Bacillariophyceae	25.480	6.375	35.000	27.675
Euglenophyceae	–	425	7.000	2.025
Zygnemaphyceae	2.184	850	1.400	675
Cryptophyceae	5.096	1.275	15.400	2.700
Chrysophyceae	728	–	–	–
Densidade Total (org./L)	149.240	956.675	130.200	115.425

Tabela 21 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton a jusante do reservatório de Ilha Solteira, no ano 2000.

Classes	fevereiro	maio	julho	outubro
Cyanophyceae	114.939	640.219	1.575	2.875
Chlorophyceae	8.019	2.849	53.550	21.850
Bacillariophyceae	41.877	13.298	52.500	48.875
Euglenophyceae	8.910	–	4.200	–
Zygnemaphyceae	891	949	1.575	2.300
Cryptophyceae	7.128	4.749	8.925	1.150
Chrysophyceae	891	–	1.050	1.725
Densidade Total (org./L)	182.655	662.064	123.375	78.775

Tabela 22 – Densidade total (org./L) do fitoplâncton em Jupia, no ano 2000.

Classes	maio	julho
Cyanophyceae	162	3.375
Chlorophyceae	1.084	133.650
Bacillariophyceae	4.715	22.950
Euglenophyceae	216	40.500
Cryptophyceae	–	60.075
Dinophyceae	–	675
Densidade Total (org./L)	6.177	261.225

Tabela 23– Percentagem total (%) das classes de fitoplâncton nos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná em Fevereiro de 2000.

CLASSES	RT	RP	BBB	BAI	BAM	BAB	IBI	IBM	IBB	PI	PM	PB	NAM	NAB	TII	TIM	TIB	JTI	JIS
Chlorophyceae	41,2	14,6	22,7	37,0	23,5	27,8	30,1	8,8	36,1	27,0	45,2	34,9	22,3	6,7	20,5	22,3	38,0	31,2	4,4
Cyanophyceae	34,2	29,1	57,0	46,0	56,8	32,6	39,1	18,5	27,0	36,7	33,5	47,3	56,9	26,6	68,1	72,4	46,3	46,3	62,9
Bacillariophyceae	16,9	38,8	14,8	8,7	9,8	29,9	11,7	13,7	26,0	25,7	5,7	9,0	8,3	60,0	7,1	3,2	11,2	17,0	22,9
Euglenophyceae	6,9	11,6	0,4	0,4	2,6	8,0	12,2	58,1	4,4	0,8	2,4	1,3	–	–	0,7	0,9	1,0	–	4,9
Cryptophyceae	0,7	4,8	4,9	6,7	6,4	–	6,7	–	4,4	8,3	9,9	4,4	10,6	6,7	–	0,2	1,9	3,4	3,9
Chrysophyceae	–	1,0	–	–	0,6	–	0,1	–	–	–	2,8	1,1	0,7	–	–	0,1	–	0,5	0,5
Zygnemaphyceae	–	–	0,1	1,1	–	1,6	–	0,8	1,0	0,8	0,5	1,9	1,2	–	3,4	0,7	1,5	1,5	0,5
Dinophyceae	–	–	–	–	–	–	–	–	1,0	0,5	–	–	–	–	–	0,1	–	–	–

Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início-dados perdidos); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupiá-dados perdidos).

Tabela 24 – Percentagem total (%) das classes de fitoplâncton nos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, em Maio de 2000.

CLASSES	RT	RP	BBB	BAI	BAM	BAB	IBI	IBM	IBB	PI	PM	PB	NAI	NAM	NAB	TII	TIM	TIB	JTI	JIS	JUP
Chlorophyceae	39,1	48,3	82,7	80,9	70,4	27,1	52,8	2,9	75,3	64,9	47,3	6,6	2,7	4,8	5,2	2,7	3,1	2,3	0,8	0,4	17,5
Cyanophyceae	21,3	3,9	8,2	1,0	22,6	62,5	42,3	95,3	3,3	2,6	19,9	91,7	95,1	94,0	93,6	96,3	95,6	97,3	98,2	96,7	2,6
Bacillariophyceae	33,9	41,8	7,2	3,2	4,7	5,3	1,6	0,5	18,1	31,6	16,0	1,7	1,7	1,2	0,5	0,9	0,6	0,3	0,7	2,0	76,3
Euglenophyceae	3,4	5,3	1,5	14,8	2,2	5,2	2,2	1,1	2,9	0,9	11,4	–	0,3	–	0,6	0,1	0,1	0,0	0,1	–	3,5
Cryptophyceae	1,9	0,7	–	–	–	–	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,4	0,1	0,1	0,7	–
Chrisophyceae	0,1	–	–	–	–	–	0,5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,1	–	–	–	–
Zignemaphyceae	0,2	–	0,3	–	–	–	–	–	0,4	–	5,3	–	0,1	–	0,1	–	–	–	0,1	0,1	–
Dinophyceae	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupia).

Tabela 25 – Percentagem total (%) das classes de fitoplâncton nos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo Rio Tietê e no rio Paraná, em Julho de 2000.

CLASSES	RT	RP	BBB	BAI	BAM	BAB	IBI	IBM	IBB	PI	PM	PB	NAI	NAM	NAB	TII	TIM	TIB	JTI	JIS	JUP
Chlorophyceae	56,5	52,6	28,7	25,8	51,5	37,2	66,5	26,3	39,3	33,2	46,8	28,8	21,1	22,8	16,2	21,7	49,6	50,8	46,2	43,4	51,2
Cyanophyceae	10,8	33,2	44,2	59,0	11,9	18,2	20,6	64,6	47,7	52,8	35,3	48,2	31,7	53,4	40,0	49,1	4,2	10,7	8,6	1,3	1,3
Bacillariophyceae	16,1	1,6	18,4	2,2	6,3	8,5	3,4	1,1	9,5	7,7	14,0	15,8	41,2	16,4	37,4	25,1	14,9	13,1	26,9	42,6	8,8
Euglenophyceae	8,2	3,2	2,2	0,4	4,8	14,9	1,7	3,1	1,2	2,1	0,8	0,7	2,0	0,4	2,5	0,5	10,6	11,5	5,4	3,4	15,5
Cryptophyceae	3,7	5,8	2,2	0,7	10,8	5,3	4,3	1,7	1,2	2,9	1,1	3,9	3,0	4,3	1,3	1,4	17,7	13,9	11,8	7,2	23,0
Chrysophyceae	1,6	1,0	2,2	10,9	13,1	11,3	2,0	2,9	0,6	0,3	–	0,7	–	0,4	0,4	–	0,7	–	–	0,8	–
Zygnemaphyceae	1,4	–	2,2	0,9	1,5	4,4	1,4	0,3	0,6	1,1	1,9	1,8	1,0	2,5	2,1	2,2	2,1	–	1,1	1,3	–
Dinophyceae	1,4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,3

Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupia).

Tabela 26 – Percentagem total (%) das classes de fitoplâncton nos reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo Rio Tietê, em Outubro de 2000.

CLASSES	RT	RP	BBB	BAI	BAM	BAB	IBI	IBM	IBB	PI	PM	PB	NAI	NAM	NAB	TII	TIM	TIB	JTI
Chlorophyceae	63,1	16,0	43,4	12,9	21,5	76,1	43,9	7,2	1,5	2,7	31,5	24,7	19,4	72,7	13,9	38,2	33,9	50,0	26,3
Cyanophyceae	24,7	47,4	24,2	71,9	15,6	12,5	11,4	76,9	94,1	87,2	54,1	46,3	70,7	21,5	47,3	42,2	38,6	21,5	45,0
Bacillariophyceae	9,5	26,0	12,6	13,0	9,5	6,5	5,3	9,8	1,2	8,7	10,9	15,3	7,0	2,0	17,4	15,2	10,7	7,5	23,9
Euglenophyceae	1,2	7,8	18,3	0,3	18,7	0,8	7,6	2,1	2,4	0,3	2,8	2,8	–	0,9	6,8	0,3	9,0	10,7	1,7
Cryptophyceae	1,2	0,7	0,2	1,3	30,5	3,2	26,2	2,6	0,7	0,3	0,2	6,6	0,4	2,0	4,3	1,9	5,1	6,9	2,3
Chrisophyceae	–	0,7	0,2	–	3,6	0,7	–	0,7	0,1	0,1	–	0,3	–	–	3,2	–	0,4	0,5	–
Zignemaphyceae	0,3	0,9	0,9	0,3	0,4	0,1	5,5	0,7	–	0,6	0,5	3,8	2,5	0,8	7,1	2,1	1,7	2,7	0,6
Dinophyceae	–	–	0,1	–	0,1	0,1	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,4	–	–

Legenda: RT (rio Tietê); RP (rio Piracicaba); BBB (Barra Bonita Barragem); BAI (Bariri Início); BAM (Bariri Meio); BAB (Bariri Barragem); IBI (Ibitinga Início); IBM (Ibitinga Meio); IBB (Ibitinga Barragem); PI (Promissão Início); PM (Promissão Meio); PB (Promissão Barragem); NAI (Nova Avanhandava Início); NAM (Nova Avanhandava Meio); NAB (Nova Avanhandava Barragem); TII (Três Irmãos Início); TIM (Três Irmãos Meio); TIB (Três Irmãos Barragem); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIS (Jusante de Ilha Solteira-dados perdidos); JUP (Jupiá-dados perdidos).

Tabela 27 - Valores dos Índices de Diversidade (bits./ind.) da Comunidade Fitoplanctônica ao longo do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e Paraná, nos períodos de coleta.

Pontos de coleta	Fevereiro	Mai	julho	outubro
rio Tietê	3.89	4.16	5.27	5.35
rio Piracicaba	4.56	3.93	4.06	3.80
Barra Bonita-Barragem	3.13	2.88	5.17	5.45
Bariri - Início	3.53	2.63	3.69	2.18
Bariri- Meio	3.29	2.97	4.52	3.91
Bariri -Barragem	4.25	2.47	4.50	3.40
Ibitinga-início	4.09	2.84	4.83	4.94
Ibitinga - Meio	3.03	1.00	2.86	2.96
Ibitinga-Barragem	3.82	2.29	3.75	1.15
Promissão -Início	3.73	3.31	3.25	1.59
Promissão -Meio-	4.38	3.97	4.70	4.23
Promissão -Barragem	4.01	0.76	4.27	4.55
N. Avanhandava -Início		0.61	4.97	3.65
N. Avanhandava -Meio	3.58	0.61	4.31	3.10
N. Avanhandava -Barragem	2.23	0.78	4.45	4.83
Três Irmãos-Início	3.19	0.52	4.15	3.80
Três Irmãos - Meio	3.87	0.59	3.47	4.58
Três Irmãos-Barragem	3.97	0.34	3.22	4.12
Três Irmãos -Jusante	3.79	0.27	4.32	4.38
Ilha Solteira-Jusante	2.64	0.39	3.95	4.53
Jupia		2.49	2.96	3.60

Tabela 28 - Valores dos Índices de Uniformidade da Comunidade Fitoplanctônica ao longo do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e Paraná, nos períodos de coleta.

Pontos de coleta	Fevereiro	Mai	Julho	Outubro
rio Tietê	2.56	2.32	2.81	2.72
Rio Piracicaba	2.95	2.25	2.57	2.15
Barra Bonita-Barragem	2,03	2.14	2.83	2.79
Bariri - Início	2.19	2.02	2.18	1.34
Bariri- Meio	2.08	2.59	2.76	2.03
Bariri -Barragem	2.73	1.90	2.74	1.84
Ibitinga-início	4.49	2.03	2.77	2.56
Ibitinga - Meio	1.95	0.87	1.70	1.70
Ibitinga-Barragem	2.37	1.56	2.41	3.84
Promissão -Início	2.50	2.29	1.95	1.00
Promissão -Meio-	2.65	2.83	2.64	2.45
Promissão -Barragem	2.33	0.52	2.65	2.57
N. Avanhandava -Início	-	0.40	2.91	2.32
N. Avanhandava -Meio	2.07	0.39	2.51	1.85
N. Avanhandava -Barragem	2.87	0.54	2.50	2.84
Três Irmãos-Início	1.24	0.54	2.46	2.30
Três Irmãos - Meio	2.16	0.39	2.40	2.68
Três Irmãos-Barragem	2.43	0.24	2.43	2.71
Três Irmãos -Jusante	2.46	0.20	2.77	2.83
Ilha Solteira-Jusante	1.91	0.31	2.46	2.77
Jupia	-	1.95	1.87	2.21

Tabela 29, Concentrações de **Clorofila a**, em $\mu\text{g/L}$, no sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê/SP, nos períodos de coletas em 2000.

Pontos de Coletas	Fevereiro	Mai	Julho	Outubro
Rio Piracicaba	16,18	14,54	8,37	115,78
Rio Tietê	21,20	15,06	40,45	56,63
Barra Bonita Barragem	21,20	27,90	18,41	106,36
Bariri-Inicio	17,01	8,19	8,92	122,76
Bariri-Meio	16,18	5,58	13,11	30,83
Bariri-Barragem	13,39	4,88	4,60	16,18
Ibitinga-Inicio	25,36	0,87	22,45	18,55
Ibitinga-Meio	16,18	3,62	27,34	49,17
Ibitinga-Barragem	8,37	19,74	6,27	97,99
Promissão-Inicio	16,18	6,69	6,41	22,04
Promissão-Meio	18,41	5,58	11,57	6,41
Promissão-Barragem	14,22	18,83	12,27	3,90
Nova Avanhandava-Inicio	13,95	14,22	12,13	4,18
Nova Avanhandava-Meio	8,09	5,02	8,23	11,16
Nova Avanhandava-Barragem	7,25	6,69	8,50	3,48
Três Irmãos-Inicio	8,09	6,13	4,74	2,51
Três Irmãos-Meio	-	7,39	8,51	3,90
Três Irmãos-Barragem	4,24	5,16	3,48	3,48
Jusante Três-Irmãos	2,65	3,90	3,77	1,25

Tabela 30- Índice de Similaridade da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, referentes ao período de fevereiro de 2000.

RESERVATÓRIOS	RP	RT	BBB	BA	IB	PR	NA	TI	JTI	JIL	JUP
RIO PIRACICABA	1										
RIO TIETÊ	22	1									
BARRA BONITA-BARRAGEM	12	36	1								
BARIRI	21	36	44	1							
IBITINGA	22	32	24	46	1						
PROMISSÃO	22	35	31	44	46	1					
NOVA AVANHANDAVA	13	24	27	35	33	51	1				
TRÊS IRMÃOS	21	27	21	46	38	50	46	1			
JUSANTE DE TRÊS IRMÃOS	18	26	31	28	19	27	27	39	1		
JUSANTE DE ILHA SOLTEIRA	26	20	27	29	21	26	26	23	30	1	
JUPIÁ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Legenda: RP (rio Piracicaba); RT (rio Tietê); BBB (Barra Bonita Barragem); BA (Bariri); IB (Ibitinga); PR (Promissão); NA (Nova Avanhandava); TI (Três Irmãos); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIL (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupiá).

Tabela 31- Índice de Similaridade da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, referentes ao período de maio de 2000.

RESERVATÓRIOS	RP	RT	BBB	BA	IB	PR	NA	TI	JTI	JIL	JUP
RIO PIRACICABA	1										
RIO TIETÊ	34	1									
BARRA BONITA-BARRAGEM	22	17	1								
BARIRI	23	27	53	1							
IBITINGA	22	24	34	45	1						
PROMISSÃO	28	28	27	39	40	1					
NOVA AVANHANDAVA	26	31	31	41	42	47	1				
TRÊS IRMÃOS	25	33	19	16	38	47	55	1			
JUSANTE DE TRÊS IRMÃOS	11	27	28	21	25	19	38	36	1		
JUSANTE DE ILHA SOLTEIRA	17	18	21	19	30	23	32	35	41	1	
JUPIÁ	3	8	6	4	23	16	20	16	17	13	1

Legenda: RP (rio Piracicaba); RT (rio Tietê); BBB (Barra Bonita Barragem); BA (Bariri); IB (Ibitinga); PR (Promissão); NA (Nova Avanhandava); TI (Três Irmãos); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIL (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupia).

Tabela 32 - Índice de Similaridade da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, referentes ao período de julho de 2000.

RESERVATÓRIOS	RP	RT	BBB	BA	IB	PR	NA	TI	JTI	JIL	JUP
RIO PIRACICABA	1										
RIO TIETÊ	36	1									
BARRA BONITA-BARRAGEM	37	43	1								
BARIRI	32	60	52	1							
IBITINGA	40	50	55	61	1						
PROMISSÃO	26	36	51	55	57	1					
NOVA AVANHANDAVA	17	25	31	35	37	50	1				
TRÊS IRMÃOS	34	31	36	31	38	54	42	1			
JUSANTE DE TRÊS IRMÃOS	21	27	32	28	29	37	24	39	1		
JUSANTE DE ILHA SOLTEIRA	24	30	40	33	40	37	25	38	29	1	
JUPIÁ	28	22	35	34	31	33	19	42	30	44	1

Legenda: RP (rio Piracicaba); RT (rio Tietê); BBB (Barra Bonita Barragem); BA (Bariri); IB (Ibitinga); PR (Promissão); NA (Nova Avanhandava); TI (Três Irmãos); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIL (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupiá).

Tabela 33 - Índice de Similaridade da comunidade fitoplanctônica nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e no rio Paraná, referentes ao período de outubro/2000.

RESERVATÓRIOS	RP	RT	BBB	BA	IB	PR	NA	TI	JTI	JIL	JUP
RIO PIRACICABA	1										
RIO TIETÊ	44	1									
BARRA BONITA-BARRAGEM	50	57	1								
BARIRI	45	49	51	1							
IBITINGA	42	47	55	55	1						
PROMISSÃO	35	36	46	51	50	1					
NOVA AVANHANDAVA	32	34	41	47	49	61	1				
TRÊS IRMÃOS	36	32	41	41	47	45	62	1			
JUSANTE DE TRÊS IRMÃOS	24	20	26	20	25	31	33	38	1		
JUSANTE DE ILHA SOLTEIRA	21	31	30	25	28	27	37	31	33	1	
JUPIÁ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Legenda: RP (rio Piracicaba); RT (rio Tietê); BBB (Barra Bonita Barragem); BA (Bariri); IB (Ibitinga); PR (Promissão); NA (Nova Avanhandava); TI (Três Irmãos); JTI (Jusante de Três Irmãos); JIL (Jusante de Ilha Solteira); JUP (Jupiá).

Tabela 34- Resultados do PCA para os reservatórios do sistema em cascata do Médio e Baixo rio Tietê e rio Paraná, nos períodos de fevereiro, maio, julho e outubro de 2000.

Fevereiro/2000			Maio/2000			Julho/2000			Outubro/2000		
	Score 1	Score 2		Score 1	Score 2		Score 1	Score 2		Score 1	Score 2
Dens.	0,181	0,945	Diver.	0,732	-0,313	PO4	0,476	0,853	Divers.	-0,319	0,945
Riqueza	0,258	0,919	MSI	0,865	0,468	Zeus	-0,842	0,446	Dens,	0,907	-0,059
N ₂	0,906	-0,202	PO ₄	0,867	-0,357	POI	0,889	0,367	MST	0,967	0,079
MSI	0,934	-0,191	POI	0,909	0,348	MSI	0,894	-0,274	CHLA	0,955	-0,076
POI	0,902	0,014	Zeus	-0,928	0,036	MSO	0,818	-0,257	Zeus	-0,958	-0,074
IET	0,951	-0,063	MST	0,909	0,348	OD	-0,954	-0,097	NO2	0,910	0,206
						PT	0,944	0,006	IET	0,972	0,055
									MSO	0,926	0,043
Explicação (%)	58,508	30,294	Explicação (%)	75,333	9,924	Explicação (%)	71,361	17,292	Explicação (%)		