Campus de São Carlos

**“Limnologia, análise da comunidade de macroinvertebrados
bentônicos e bioensaios de toxicidade para avaliação
ambiental dos reservatórios em cascata do Médio e Baixo
RioTietê (SP)”**

Maria Helena Stabalito Rodrigues

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

DEDALUS - Acervo - EESC

**“Limnologia, análise da comunidade de macroinvertebrados
bentônicos e bioensaios de toxicidade para avaliação
ambiental dos reservatórios em cascata do Médio e Baixo
Rio Tietê (SP)”**

Maria Helena Stabalito Rodrigues

Serviço de Pós-Graduação EESC/USP
EXEMPLAR REVISADO
Data de entrada no Serviço: 26 / 03 / 04
Ass.: <i>Leandro Cordeiro</i>

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

Orientador: Prof. Assoc. Evaldo Luiz
Gaeta Espíndola

São Carlos – SP

2003

Class.	TESE-EESC
Cott.	4930
Tombo	T102/04
Sysno	1369487

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento da
Informação do Serviço de Biblioteca - EESC/USP

R6961

Rodrigues, Maria Helena Stabalito
Limnologia, análise da comunidade de
macroinvertebrados bentônicos e bioensaios de
toxicidade para avaliação ambiental dos reservatórios
em cascata do Médio e Baixo Rio Tietê (SP) / Maria
Helena Stabalito Rodrigues. -- São Carlos, 2003.

Tese (Doutorado) -- Escola de Engenharia de São
Carlos-Universidade de São Paulo, 2003

Área : Ciências da Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Assoc. Evaldo Luiz Gaeta
Espíndola.

1. Reservatórios em cascata. 2. Médio e baixo rio
Tietê. 3. Macroinvertebrados bentônicos. 4. *Chironomus*
xanthus. 5. Toxicidade. 6. Eutrofização. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Licenciada **MARIA HELENA STABALITO RODRIGUES**

Tese defendida e julgada em 22-12-2003 perante a Comissão Julgadora:

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

Prof. Dr. **ROBERTO DA GAMA ALVES**
(Centro Universitário de Araraquara/UNIARA) Aprovada

Dra. **CLARICE MARIA RISPOLI BOTTA PASCHOAL**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) aprovada

Dra. **MÁRCIA NOÉLIA ELLER**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP) Aprovada

Dra. **MÁRIA JOSÉ DOS SANTOS WISNIEWSKI**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar) aprovada

Prof. Associado **EVALDO 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

Dedico:

À minha filha, Letícia

O grande amor da minha vida!

*...hoje não posso dar-te um forte abraço e
contar-te a alegria da minha conquista...*

*Más sei também, que as
pessoas não morrem
Elas ficam encantadas.....*

*"À minha mãe
(in memoriam)"*

Agradecimentos

Prof. Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola (orientador), pela oportunidade de trabalho e orientação

Prof. Dra. Odete Rocha, pela coordenação do projeto PROBIO/MMA e pelo apoio durante o desenvolvimento do trabalho

Prof. Dr. Valdir Schafch, pela sua atenção e apoio

Prof. Dra. Mercedes Marchese: Inali- Argentina, pela acolhida durante a minha estada no país

Prof. Dr. Antônio Carlos Pião, da Unesp-Rio Claro, pela Análise Estatística

Prof. Dr. Roberto Gama Alves, pelas sugestões e amizade

Prof. Dra. Susana Strixino, pelas sugestões

Prof. Dr. Vagner Avelar, pela identificação dos organismos

Agradecimento Especial à Dra Eduarda Regina Carvalho (Embrapa), pela amizade e pelo grande auxílio para que esta Tese fosse concretizada

À Leny (UFSCAR) pela contribuição e amizade

Ao Sidney Bill, do laboratório-solos (UFSCAR) pelo auxílio nas análises

Ao Júlio, Patrícia, Raul, Aloísio, do laboratório de analítica (UFSCAR)

Ao José Valdecir, Evandro, Airton, Luís, Maria Luiza e Kátia (DEBE)

À Edna (Secretária DEBE) e Claudete (CRHEA)

À Mara, Eleninha e Marielza (Bibliotecárias)

À Sá, secretária do curso Pós-Graduação do Depto de Hidráulica e Saneamento-USP/São Carlos

À Suzi, Carol, Maurício, Ricardo, Domingos, Janete, Fernanda e Renata amigos do CRHEA.

Aos amigos Marcelo, Lucy, Amandio, Miro, Sônia e Ivan

À minha família, embora distante, presente na minha memória.

À CAPES pelo apoio financeiro

*Aos Prof(s) Dr(s) José Eduardo dos Santos e Alaide Aparecida Fonseca Gessner
(UFSCAR)*

*Mire e veja,
O mais importante e bonito do mundo, é isto: que as pessoas não estão sempre
iguais, ainda não foram terminadas – mas que elas-
Mas que elas estão sempre mudando*

Guimarães Rosa

De certo modo, vocês iniciaram meu crescimento profissional.

SUMÁRIO

	Página
Lista de figuras.....	i
Lista de tabelas.....	v
Lista de abreviaturas.....	xi
Lista de símbolos.....	xii
Resumo	xiii
Abstract.....	xv
1 - Introdução.....	1
1.1 Reservatórios	1
1.2 - Sedimento	5
1.3 - Comunidade Bentônica	8
1.4 - Testes de Toxicidade	11
2 - Objetivos.....	15
3 - Materiais e Métodos	16
3.1 Caracterização da área de estudo.....	16
3.1.1 Reservatório de Barra Bonita	18
3.1.2 - Reservatório de Bariri	19
3.1.3 - Reservatório de Ibitinga	20
3.1.4 - Reservatório de Promissão	20
3.1.5 - Reservatório de Nova Avanhandava.....	21
3.1.6 - Reservatório de Três Irmãos	21

3.2 - Período de Amostragem	22
3.3 - Precipitação, temperatura do ar, vazão e tempo de residência da água	24
3.4 - Análises físicas, químicas e biológicas da água.....	25
3.5 - Análises físicas e químicas do sedimento	27
3.5.1 - Metais potencialmente biodisponíveis	27
3.5.2 - Determinação da concentração total de matéria orgânica	28
3.5.3 - Análise granulométrica	28
3.6 - Análise da comunidade bentônica.....	29
4 - Bioensaios de Toxicidade.....	29
4.1 Controle da qualidade dos organismos-teste, manutenção das culturas.....	30
4.2 - Organismo-teste: <i>Chironomus xanthus</i>	30
4.3 - Água de manutenção (reconstituída)	32
4.4 - Toxicidade aguda no sedimento total-Organismo teste: <i>Chironomus xanthus</i>	32
4.5 - Testes de sensibilidade ao KCl- Organismo teste: <i>Chironomus xanthus</i> -	33
5 - Análise dos dados	35
5.1 - Índice de Estado Trófico da água (IET)	35
5.2 - Índices Bióticos: Riqueza de taxa, Diversidade (H+), Dominância de taxa (D) e Equitabilidade (J')	37

5.3 - Índice de estado trófico (IET) e abundância de Oligochaeta	39
6 - Tratamento Estatístico.....	39
6.1 Análise multivariada dos componentes principais (PCA)	39
6.2 - Análise estatística do tipo fatorial (Teste Tukey)	42
6.3 - Abundância relativa	43
7 - Resultados.....	44
7.1 Precipitação e temperatura do ar	44
7.2 - Vazão e tempo de residência da água	45
7.3 - Variáveis físicas, químicas e biológicas (clorofila) da água	46
7.3.1 - Transparência da água.....	47
7.3.2 - Temperatura, Oxigênio Dissolvido, pH e Condutividade ..	47
7.3.3 - Formas nitrogenadas.....	50
7.3.4 - Formas fosfatadas.....	55
7.3.5 - Silicato.....	59
7.3.6 - Material em Suspensão (Total, Orgânico e Inorgânico) ...	60
7.3.7 - Clorofila -a Total	63
7.3.8 - Metais.....	64
7.3.9 - Índice do Estado Trófico (IET).....	71
7.3.10 - Análise Estatística	74
7.4 - Caracterização física e química do sedimento	77
7.4.1 - Análise Granulométrica	77
7.4.2 - Nitrogênio Orgânico Total e Fósforo Total.....	80
7.4.3 - Matéria Orgânica.....	82

7.4.4 - Metais potencialmente biodisponíveis no sedimento	83
7.5 - Estrutura da Fauna de Macroinvertebrados bentônicos	89
7.5.1 - Composição dos Taxa.....	89
7.5.2 - Análise da Comunidade de macroinvertebrados bentônicos	93
7.5.3 - Estimativa numérica	93
7.5.4 - Densidade numérica.....	94
7.5.5 - Abundância relativa.....	98
7.6 - Índices Bióticos	110
7.7 - Índice de estado trófico (IET) e abundância de Oligochaeta	117
7.8 - Bioensaios de Toxicidade	120
7.8.1 - Testes de sensibilidade.....	120
7.8.2 - Testes de toxicidade aguda com amostras de sedimento	122
7.8.3 - Análise Estatística	129
8 - Discussão	135
9 - Conclusões	162
10 - Perspectivas Futuras	164
11 - Anexos.....	165
12 - Bibliografia.....	190

Índice de Figuras

Figura 1- Localização do Rio Tietê no Estado de São Paulo e distribuição dos reservatórios construídos em cascata.	17
Figura 2- Distribuição dos pontos de coleta nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo Rio Tietê e nos Rios Tietê, Piracicaba e Bauru.	23
Figura 3- Distribuição dos pontos de coleta nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo Rio Tietê e nos Rios Tietê, Piracicaba e Bauru.	24
Figura 4- Desova de larvas de <i>Chironomus xanthus</i> .	31
Figura 5- Larva de <i>Chironomus xanthus</i> entre 3º e 4º estádios.	34
Figura 6- Variação da temperatura média (máxima e mínima) em três pontos isolados do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, referente ao ano de 2000.	45
Figura 7- Valores de nitrogênio orgânico total nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, durante o período de estudo.	51
Figura 8- Valores do íon amônio nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, durante o período de estudo.	53
Figura 9- Valores do íon nitrato nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, durante o período de estudo.	54
Figura 10- Valores de nítrito nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, durante o período de estudo.	55
Figura 11- Valores de fósforo total nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, durante o período de estudo.	56

Figura 12- Valores de fosfato total nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, durante o período de estudo.	57
Figura 13- Valores de fosfato inorgânico total nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, durante o período de estudo.	59
Figura 14- Valores de silicato obtidos nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, durante o período de estudo.	60
Figura 15- Valores de material em suspensão orgânico e inorgânico obtidos nos reservatórios em cascata do Sistema Médio e Baixo Tietê e dos Rios Tietê, Piracicaba e Bauru, durante o período de estudo.	62
Figura 16- Valores de clorofila-a total obtidos nos reservatórios em cascata do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê e dos Rios Tietê, Piracicaba e Bauru, durante o período de estudo.	64
Figura 17- Concentrações de metais obtidas nos rios e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê durante o período de estudo.	69
Figura 18- Concentrações de metais obtidas nos rios e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê durante o período de estudo.	70
Figura 19- Valores do Índice de Estado Trófico de Carlson (1977) modificado por Toledo Jr et al., (1983) para os pontos de coleta	72
Figura 20- Resultados de análise estatística referente ao mês de outubro/99.	75
Figura 21- Resultados de análise estatística referente ao mês de fevereiro/00.	76
Figura 22- Resultados de análise estatística referente ao mês de maio/00.	76
Figura 23- Resultados de análise estatística referente ao mês de julho/00.	77
Figura 24- Composição granulométrica do sedimento dos rios e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Tietê durante o período de estudo.	79
Figura 25- Contribuição percentual de nitrogênio e concentração de fósforo total nos rios e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê durante o período de estudo.	81

Figura 26- Contribuição percentual de matéria orgânica nas amostras de sedimento, coletadas nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e os reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê durante o período de estudo.	83
Figura 27- Concentração de metais potencialmente biodisponíveis nas amostras de sedimento dos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e os reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê durante o período de estudo.	84
Figura 28- Alguns representantes de macroinvertebrados bentônicos (<i>Corbicula fluminea</i> , <i>Biomphalaria sp</i> e <i>Haylacostoma sp</i>).	91
Figura 29- Alguns representantes de macroinvertebrados bentônicos (<i>Biomphalaria sp</i> e <i>Haylacostoma sp</i>).	92
Figura 30- Abundância relativa dos grupos da fauna bentônica presentes nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e Reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê (SP), no período referente à outubro de 1999.	100
Figura 31- Abundância relativa dos grupos da fauna bentônica presentes nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e Reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê (SP), no período referente à fevereiro de 2000.	101
Figura 32- Abundância relativa dos grupos da fauna bentônica presentes nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e Reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê (SP), no período referente à maio de 2000.	102
Figura 33- Abundância relativa dos grupos da fauna bentônica presentes nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e Reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê (SP), no período referente à julho de 2000.	103
Figura 34- Abundância relativa das Famílias da fauna bentônica presentes nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e Reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê (SP), no período referente à outubro de 1999.	105
Figura 35- Abundância relativa das Famílias da fauna bentônica presentes nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e Reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê (SP), no período referente à fevereiro de 2000.	106

Figura 36- Abundância relativa das Famílias da fauna bentônica presentes nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e Reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê (SP), no período referente à maio de 2000.	107
Figura 37- Abundância relativa das Famílias da fauna bentônica presentes nos Rios e Reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê (SP), no período referente à maio de 2000.	108
Figura 38- Correlação entre IET (Carlson) e IET (Oligochaeta), referente aos meses de fevereiro/00, maio/00 e julho/00, no período de estudo.	119
Figura 39- Percentagem de letalidade de larvas de <i>Chironomus xanthus</i> expostas ao sedimento dos diferentes reservatórios, referente a coleta de abril/2000, sendo V= vivos, SL= efeito sub-letal e L = efeito letal.	123
Figura 40- Percentagem de letalidade de larvas de <i>Chironomus xanthus</i> expostas ao sedimento dos diferentes reservatórios, referente a coleta de maio/2000, sendo V= vivos, SL= efeito sub-letal e L = efeito letal.	123
Figura 41- Percentagem de letalidade de larvas de <i>Chironomus xanthus</i> expostas ao sedimento dos diferentes reservatórios, referente a coleta de julho/2000, sendo V= vivos, SL= efeito sub-letal e L = efeito letal.	124
Figura 42- Percentagem de letalidade de larvas de <i>Chironomus xanthus</i> expostas ao sedimento dos diferentes reservatórios, referente a coleta de outubro/2000, sendo V= vivos, SL= efeito sub-letal e L = efeito letal.	124

Índice de Tabelas

Tabela 1- Coordenadas geográficas referentes aos pontos de coleta.	18
Tabela 2- Metodologias de análises das principais variáveis consideradas no presente estudo.	26
Tabela 3- Medidas da largura da cápsula cefálica para determinação dos estádios de desenvolvimento larval de <i>Chironomus xanthus</i> , segundo THORNTON; WILHM, 1974.	34
Tabela 4- Valores para os fatores 1 e 2, obtidos para o mês de outubro/1999.	40
Tabela 5- Valores para os fatores 1 e 2, obtidos para o mês de fevereiro/2000.	41
Tabela 6- Valores para os fatores 1 e 2, obtidos para o mês de maio/2000.	41
Tabela 7- Valores para os fatores 1 e 2, obtidos para o mês de julho/2000.	42
Tabela 8- Valores médios mensais (mm) de volume de chuva nas estações climatológicas localizadas nos municípios de Jaú, Araçatuba, e Aurifloma, pertencentes à Bacia Hidrográfica do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, relativos ao ano de 2000.	44
Tabela 9- Valores médios da vazão (m ³ /s) obtidos nos reservatórios do rio Tietê durante o período de estudo, em 2000 (Fonte: Centro de Tratamento de Dados Hidráulicos).	46
Tabela 10- Valores médios do tempo de residência da água (dias) obtidos nos reservatórios do rio Tietê durante o período de estudo, em 2000 (Fonte: Centro de Tratamento de Dados Hidráulicos).	46
Tabela 11- Valores máximos e mínimos de pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura da água e visibilidade do disco de Secchi obtidos nos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em outubro de 1999.	166
Tabela 12- Valores máximos e mínimos de pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura da água e visibilidade do disco de Secchi obtidos nos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em fevereiro de 2000.	167

Tabela 13-	Valores máximos e mínimos de pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura da água e visibilidade do disco de Secchi obtidos nos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em maio de 2000.	168
Tabela 14-	Valores máximos e mínimos de pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura da água e visibilidade do disco de Secchi obtidos nos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em julho de 2000.	169
Tabela 15-	Valores de pH, condutividade, dureza, oxigênio dissolvido, temperatura, concentração de metais totais, nutrientes, material em suspensão e clorofila-a, das amostras de água nos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em outubro de 1999.	170
Tabela 16-	Valores de pH, condutividade, dureza, oxigênio dissolvido, temperatura, concentração de metais totais, nutrientes, material em suspensão e clorofila-a, das amostras de água nos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em fevereiro de 2000.	171
Tabela 17-	Valores de pH, condutividade, dureza, oxigênio dissolvido, temperatura, concentração de metais totais, nutrientes, material em suspensão e clorofila-a, das amostras de água nos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em maio de 2000.	172
Tabela 18-	Valores de pH, condutividade, dureza, oxigênio dissolvido, temperatura, concentração de metais totais, nutrientes, material em suspensão e clorofila-a, das amostras de água nos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em julho de 2000.	173
Tabela 19-	Valores de pH, condutividade, dureza, oxigênio dissolvido, temperatura, concentração de metais totais, nutrientes, material em suspensão e clorofila-a das amostras de água dos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), nos meses de outubro e fevereiro, referentes aos pontos do meio.	174
Tabela 20-	Valores de pH, condutividade, dureza, oxigênio dissolvido, temperatura, concentração de metais totais, nutrientes, material em suspensão e clorofila-a das amostras de água dos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), nos meses de maio e julho, referentes aos pontos do Meio.	175

Tabela 21- Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em outubro/99, calculado com amostras de água de coluna integrada.	72
Tabela 22- Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em fevereiro/00, calculado com amostras de água de coluna integrada.	73
Tabela 23- Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em maio/00, calculado com amostras de água de coluna integrada.	73
Tabela 24- Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), em maio/00, calculado com amostras de água de coluna integrada.	74
Tabela 25- Valores relativos aos teores de matéria orgânica e matéria inorgânica, caracterização granulométrica, concentração de metais biodisponíveis e de nutrientes nas amostras de sedimento dos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em outubro de 1999.	175
Tabela 26- Valores relativos aos teores de matéria orgânica e matéria inorgânica, caracterização granulométrica, concentração de metais biodisponíveis e de nutrientes nas amostras de sedimento dos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em fevereiro de 2000	176
Tabela 27- Valores relativos aos teores de matéria orgânica e matéria inorgânica, caracterização granulométrica, concentração de metais biodisponíveis e de nutrientes nas amostras de sedimento dos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em maio de 2000.	177
Tabela 28- Valores relativos aos teores de matéria orgânica e matéria inorgânica, caracterização granulométrica, concentração de metais biodisponíveis e de nutrientes nas amostras de sedimento dos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em maio de 2000.	178
Tabela 29- Composição taxonômica da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, presentes nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e nos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê.	90
Tabela 30- Número total de indivíduos pertencentes à macrofauna bentônica, nos rios e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê.	179

Tabela 31- Valores relativos à densidade de espécies, referentes ao mês de outubro/99 para o grupo Oligochaeta.	180
Tabela 32- Valores relativos à densidade de espécies, referentes ao mês de outubro/99 para o grupo Mollusca.	181
Tabela 33- Valores relativos à densidade de espécies, referentes ao mês de fevereiro/00 para o grupo Oligochaeta.	182
Tabela 34- Valores relativos à densidade de espécies, referentes ao mês de fevereiro/00 para o grupo Mollusca.	183
Tabela 35- Valores relativos à densidade de espécies, referentes ao mês de maio/00 para o grupo Oligochaeta.	184
Tabela 36- Valores relativos à densidade de espécies, referentes ao mês de fevereiro/00 para o grupo Mollusca.	185
Tabela 37- Valores relativos à densidade de espécies, referentes ao mês de julho/00 para o grupo Oligochaeta.	186
Tabela 38- Valores relativos à densidade de espécies, referentes ao mês de julho/00 para o grupo Mollusca.	187
Tabela 39- Densidade total da fauna de macroinvertebrados bentônicos referente aos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e Reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê, durante o período de estudo.	188
Tabela 40- Abundância total de Organismos (%) nos locais de coleta.	189
Tabela 41 - Índice de riqueza de espécies (R), relativo à fauna de macroinvertebrados bentônicos nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e Reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê, no período de estudo.	111
Tabela 42 - Índice de diversidade de Shannon (H+) relativo à fauna de macroinvertebrados bentônicos obtidos nos pontos de coleta, durante o período de estudo.	113
Tabela 43 - Índice de diversidade de Simpson (D) relativo à fauna de macroinvertebrados bentônicos nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e Reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê.	115
Tabela 44 - Índice de Equitabilidade (J') referente à fauna de macroinvertebrados bentônicos nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e Reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê.	116
Tabela 45 - IET de Oligochaeta obtido para os diferentes meses de coleta.	118

Tabela 46- Valores de CL50, 96H em g/L de KCl para <i>Chironomus xanthus</i> , obtidos nos testes de sensibilidade.	121
Tabela 47- Tratamento estatístico referente aos testes de sensibilidade realizado com <i>Chironomus xanthus</i> em março de 2000.	121
Tabela 48- Tratamento estatístico referente aos testes de sensibilidade realizados com <i>Chironomus xanthus</i> em abril de 2000.	122
Tabela 49- Tratamento estatístico referente aos testes de sensibilidade realizado com <i>Chironomus xanthus</i> em maio de 2000.	122
Tabela 50- Valores referentes à letalidade (%), das larvas de <i>Chironomus xanthus</i> expostas ao sedimento dos diferentes reservatórios, relativos a coleta de abril/2000, sendo V = vivos, SL = efeito sub-letal e L = efeito letal.	126
Tabela 51- Valores referentes à letalidade (%), das larvas de <i>Chironomus xanthus</i> expostas ao sedimento dos diferentes reservatórios, referente à coleta de maio/2000, sendo V = vivos, SL = efeito sub-letal e L = efeito letal.	127
Tabela 52- Valores referentes à letalidade (%), das larvas de <i>Chironomus xanthus</i> expostas ao sedimento dos diferentes reservatórios, referente a coleta de julho/2000, sendo V = vivos, SL = efeito sub-letal e L = efeito letal.	128
Tabela 53- Valores referentes à letalidade (%), das larvas de <i>Chironomus xanthus</i> expostas ao sedimento dos diferentes reservatórios, relativos à coleta de outubro/2000, sendo V = vivos, SL = efeito sub-letal e L = efeito letal.	129
Tabela 54- Análise da variância fatorial realizada através do programa SAS.	130
Tabela 55- Dados obtidos relativos à aplicação do Teste de Tukey.	130
Tabela 56- Análise da variância fatorial realizada através do programa SAS.	131
Tabela 57- Dados obtidos relativos à aplicação do Teste de Tukey.	131
Tabela 58- Análise da variância fatorial realizada através do programa SAS.	132
Tabela 59- Dados obtidos relativos à aplicação do Teste de Tukey.	132
Tabela 60- Análise da variância fatorial (pH), realizada através do programa SAS.	133
Tabela 61- Dados obtidos relativos à aplicação do Teste de Tukey.	133

Tabela 62- Análise da variância fatorial (Dureza), realizada através do programa SAS.	
.....	134
Tabela 63- Dados relativos à aplicação do Teste de Tukey.	
.....	134
Tabela 64 – Contribuição de fósforo natural nos tipos de rochas.	
.....	143

Lista de abreviaturas

IAC	Instituto Agronômico de Campinas
IET	Índice de Estado Trófico
ET	Estado Trófico
PCA	Análise dos Componentes Principais
ND	Não Detectado
MST	Material em Suspensão Total
MSO	Material em Suspensão Orgânico
MSI	Material em Suspensão Inorgânico
BBM	Barra Bonita (Montante)
BB (meio)	Barra Bonita (meio)
BBJ	Barra Bonita (Montante)
RP	Rio Piracicaba
RT	Rio Tietê
RB	Rio Bauru
B(M)	Bariri (montante)
B(meio)	Bariri(meio)
B(J)	Bariri(jusante)
I(M)	Ibitinga(montante)
I(meio)	Ibitinga(meio)
I(J)	Ibitinga(jusante)
P(M)	Promissão(montante)
P(meio)	Promissão(meio)
P(J)	Promissão(jusante)
N.Ava(M)	Nova Avanhandada(montante)
N.Ava(meio)	Nova Avanhandada(meio)
N.Ava(J)	Nova Avanhandada(jusante)
TI(M)	Três Irmãos(montante)
TI(meio)	Três Irmãos(meio)
TI(J)	Três Irmãos(jusante)

Lista de símbolos

H^+	índice de Shannon
D	índice de Simpson
J	equitabilidade
S	índice de similaridade
N_2	nitrogênio
NH_4	amônio
SiO_4	silicato
PO_4	fosfato Total

RODRIGUES, M.H.S. (2003) **Limnologia, análise da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e bioensaios de toxicidade para avaliação ambiental dos reservatórios em cascata do Médio e Baixo rio Tietê (SP)**. São Carlos, 205p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Este trabalho foi desenvolvido nos reservatórios, em cascata, que fazem parte do Médio e Baixo Rio Tietê, incluindo os tributários, os Rios Tietê, Piracicaba e Bauru. Foram considerados os pontos de coleta, localizados à montante, jusante, bem como os pontos intermediários dos reservatórios estudados. Considerando-se os períodos referentes a outubro de 1999, fevereiro, maio e julho de 2000, as pesquisas nestes locais abordaram a qualidade ambiental dos reservatórios, com características limnológicas (água, sedimento), a fauna de macroinvertebrados bentônicos, além de testes ecotoxicológicos (*Chironomus xanthus*). As análises dos sedimentos permitiram evidenciar as frações de silte e argila, o elevado teor de matéria orgânica nos reservatórios situados no início da cascata, além do nitrogênio e fósforo e metais potencialmente biodisponíveis. Elevadas concentrações de nutrientes nitrogenados e fosfatados, material em suspensão (orgânico e inorgânico) e clorofila-a, foram observadas nas amostras de água, o que permitiu classificar os reservatórios como eutróficos, mesotróficos e oligotróficos, de acordo com sua posição no sistema bem como do período amostrado.

As concentrações de alguns dos metais encontrados na água estiveram acima do permitido pela Resolução CONAMA (20/96), considerando-se os períodos em estudo.

Quanto às relações bióticas, foram obtidas através do índice de Diversidade (H'), da equitabilidade, a qual foi evidenciada pela distribuição agregada dos organismos e a presença de indivíduos pertencentes à mesma espécie, evidenciou a baixa riqueza de taxa.

Através do IET/Densidade de Oligochaeta constatou-se para os reservatórios em cascata e os principais tributários características de eutrofizados.

A fauna bentônica dos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e dos reservatórios dos locais de estudo caracterizou-se pela presença de Tubificidae (Oligochaeta) além de Chironomidae (Díptera), e do grupo Mollusca. Entre os Tubificidae, a espécie *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Branchiura sowerbyi* e *Limnodrilus udekemianus* ocorreram em considerável dominância numérica no período de estudo. A Família Chironomidae, foi representada pelos gêneros *Goeldichiromus* e *Coelotanypus* e o grupo Mollusca pelo gênero, *Haylacostoma* e espécie *Melanoides tuberculatus* (Thiaridae), *Corbicula fluminea* (Corbiculidae), o gênero Biomphalaria (Planorbidae) e o gênero Lymnaea collumela, (Lymnæidae).

Quanto à Família Naididae foi representada pelas espécies (*Pristina americana*, *Dero nívea*, *Dero digitata* e *Allonais chelata*), pela família Alluroididae (*Brinkhurstia americana*) e pela Família Opistocystidae (*Opistocysta funiculus*).

Os testes de toxicidade com *Chironomus xanthus* confirmaram os resultados obtidos através das análises físicas e químicas, conferindo

características de impactados aos reservatórios situados no início da cascata (Barra Bonita, Bariri e Ibitinga) e aos tributários (Tietê, Piracicaba e Bauru) moderadamente poluídos aos reservatórios intermediários (reservatório de Nova Avanhandava e Promissão) e, com ausência de poluição, o Reservatório de Três Irmãos, situado no final da cascata.

Os resultados decorrem dos usos e ocupação do solo, atividades antropogênicas na Bacia Hidrográfica, do aporte de materiais para o sistema na qual se inserem os rios e os reservatórios estudados.

Palavra-chave: reservatórios, cascata, eutrofização, macroinvertebrados bentônicos, Bacia Hidrográfica Médio e Baixo Rio Tietê, bioensaios, toxicidade Chironomus xanthus.

RODRIGUES, M.H.S. (2003). **Limnology, benthic macroinvertebrate community analysis and toxicity biotests for the environmental evaluation of the reservoirs located at the Medium and Low Tiete River (SP) waterfalls.** São Carlos, 205p. Thesis (Doctorate) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

This work was developed in the reservoirs, at waterfalls, which are part of the Medium and Low Tiete River, including its tributaries, the Tiete, the Piracicaba river and the Bauru river. The collecting sites considered were upstream, downstream and those intermediary sites of the reservoirs. Taking into account the different periods of October 1999 and February, May and July of 2000, the researches in those sites were about the environmental quality of the reservoirs with limnologic characteristics (water, sediment), the benthic macroinvertebrate fauna besides ecotoxicologic tests (*Chironomus xanthus*). The sediment analysis allowed to evidence the silt and clay fractions, the high organic matter content in the reservoirs located at the waterfall head in addition to nitrogen, phosphur and potentially bio-available metals. High nitrogened and phosphated nutrients, suspended matter (organic and inorganic) and chlorophyll-a were observed in the water samples, which allowed to classify the reservoirs as eutrophic, mesotrophic and oligotrophic according to their location in the system and the sampling period. The concentration of some metals found the water was above the level permitted by CONAMA Resolution (20/96) taking into account the periods of study. As to the biotic relations, they were obtained by means of the Diversity index (H') of the equitability, which was evidenced by the aggregated distribution of the organisms and the presence of individuals belonging to the same species evidenced the low taxa richness. Through the IET/ Oligochaeta abundance, the reservoirs and the tributaries were found to be eutrophitized. The Tiete, Piracicaba and Bauru rivers and the reservoirs studied sites benthic fauna was characterized by the presence of Tubificidae (Oligochaeta) besides Chironomidae (Diptera) and the Mollusca group. Among the Tubificidae, the *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Branchiura sowerbyi* e *Limnodrilus udekemianus* species occurred in considerable numerical dominance in the period of study. The Chironomidae family was represented by the genus *Goeldichiromus* and *Coelotanypus* and the Mollusca group by the genus *Haylacostoma* and *Melamoides tuberculatus* (Thiaridae) species, *Corbicula fluminea* (Corbiculidae), the genus *Bionphalaria* (Planorbidae) and the genus *Lymnaea collumela* (Lymnaidae). The Naididae family was represented by the species (*Pristina americana*, *Dero nivea*, *Dero digitata* and *Allonais chelata*), by the family Alluroididae (*Brinkhurstia americanus*) and the family Opistocystidae (*Opistocysta funiculus*). The toxicity tests with *Chironomus xanthus* confirmed the results obtained through physical and chemical analyses granting characteristics of impacted to the reservoirs located at the waterfall head (Barra Bonita, Bariri and Ibitinga) and the tributaries (Tiete, Piracicaba and Bauru) moderately polluted to the intermediate reservoirs (Nova Avanhandava and Promissão reservoirs) and, absence of pollution, the Tres Irmãos Reservoir located at the end of the waterfall. The results arise from the uses and occupation of the

solis, anthropogenic activities in the hydrographic basis, disclosure of materials into the system in which are the rivers the reservoirs under study are located.

Key words: reservoirs, waterfall, eutrophization, bentonic macroinvertebrates, Low and Medium Tiete River Hydrographic basin, biotests, *Chironomus xanthus* toxicity.

1. Introdução

1.1 Reservatórios

A expansão populacional, associada às atividades socioeconômicas, tem contribuído para a grande demanda de energia elétrica no país, e a construção de barragens atua como forma de suprir as necessidades do consumo energético. Entretanto, tais empreendimentos geram formas variadas de impactos, com caráter social, econômico e ambiental, os quais muitas vezes irreversíveis.

Com o objetivo de avaliar alguns desses impactos impostos aos ecossistemas terrestres e aquáticos, além de tentativas em minimiza-los os estudos em reservatórios têm sido conduzidos no sentido de gerar informações quanto às alterações que possam ocorrer nos ecossistemas. Neste contexto, contribuições significativas podem ser encontradas nos estudos realizados por STRASKRABA *et al.*, (1993), TUNDISI; STRASKRABA (1999) e HENRY (1999), os quais abordaram aspectos relacionados à limnologia e manejo, além de fornecer informações sobre os diversos reservatórios do Brasil bem como de outros países. O livro sob o título de Recursos Hidroenergéticos: Usos, Impactos e Planejamento Energético são resultados de pesquisas realizadas por ESPÍNDOLA *et al.*, (2002) e de diversos pesquisadores, o qual resulta em importante contribuição relacionada aos estudos dos reservatórios do Brasil.

Embora haja reconhecimento prévio quanto às dimensões dos impactos gerados após a construção dos reservatórios, verificam-se grande número desses empreendimentos, notadamente nas regiões norte, nordeste e sudeste, atendendo aos problemas do elevado consumo energético, embora os considerem como de usos múltiplos (ESPÍNDOLA, 2001).

Ente alguns dos inúmeros efeitos gerados pelos impactos como consequência da construção de barragens, o processo de eutrofização, vincula-se aos usos da Bacia Hidrográfica. Porém, diferentes formas de construção dos lagos artificiais têm sido constantes no país, (no rio Tietê, rio São Francisco, rio Paranapanema, rio Paraná, entre outros), caracterizando um sistema em cascata cujo primeiro reservatório retém grande parte do material alóctone ou autóctone contribuindo para a melhoria na qualidade da água dos reservatórios subseqüentes (BARBOSA *et al.*, 1999). De forma semelhante, as maiores barragens ocasionam alterações significativas na estrutura básica e na função dos ecossistemas locais, particularmente nos reservatórios construídos em série, além de sua interferência na dinâmica dos corpos de água, ocasionada pela fragmentação dos rios (SEDELL, 1990; REEVES *et al.*, 1990). Tais agentes modificadores identificam-se atualmente, como um dos mais agressivos e amplos impactos intencionais humanos no ambiente natural.

No Estado de São Paulo, inúmeras represas construídas, nas últimas décadas, vêm atender à demanda para o consumo de energia na região, além de outras, como as PCFs (Pequenas Centrais Hidroelétricas), cujo objetivo

relaciona-se à produção de energia após o conflito energético, ocorrido no período referente à 2000/2001.

Muitos desses sistemas isolados ou em série, localizam-se em áreas urbanas (Reservatórios de Guarapiranga, Billings, Salto Grande), onde a elevada densidade populacional, têm gerado diversos problemas, dentre os quais, dificuldades na manutenção da qualidade da água utilizada para o abastecimento público. Outros, embora localizados em áreas com menor densidade populacional recebem o *input* de materiais provenientes de extensas culturas canavieiras, como ocorre com o reservatório de Barra Bonita, formado pelos Rios Tietê e Piracicaba, considerados poluídos, pelo fato de atravessarem grandes cidades.

Os reservatórios pertencentes ao Estado de São Paulo, foram objeto de estudos intensivos durante o período referente à 1979/1980, como parte do Projeto de pesquisa intitulado "Tipologia dos Reservatórios do Estado de São Paulo", financiado pela FAPESP (MATSUMURA-TUNDISI *et al.*, 1981), através do qual, avaliaram-se 52 represas com características limnológicas. Através de resultados obtidos decorrentes desta pesquisa, constataram-se como eutrofizados, vários dos reservatórios estudados além do reservatório de Barra Bonita, pertencente à Bacia do Médio Rio Tietê. Esse reservatório, caracterizado como eutrofizado desde a década de 70/80 sofre aporte contínuo de resíduos domésticos, industriais e atividades agropastoris, acentuado pela ausência de um sistema eficiente de gerenciamento e manejo.

Durante este período, ESTEVES (1981) diagnosticou uma situação a qual correspondeu ao enriquecimento nutritivo da água, como resultante do acentuado processo de eutrofização, observado em seis reservatórios pertencentes ao Sistema Tietê, no Estado de São Paulo, além da contaminação dos sedimentos pela presença de metais potencialmente tóxicos.

A partir de 1998, resultados de novas pesquisas foram para os reservatórios do Sistema Tietê (BARBOSA *et al.*, 1999), constatando-se que, aqueles situados à jusante de Barra Bonita, caracterizavam-se como eutrofizados, cuja concentração de nutrientes apresentaram-se elevadas bem como, foi evidenciada elevada biomassa fitoplanctônica. Entretanto, a presença de alguns metais, em concentrações acima das permitidas pela legislação CONAMA 20/86, para águas de Classe 2, confirma processo de contaminação, toxicidade da água e sedimento, desses reservatórios (FRACÁCIO, 2001; RODGHER, 2001).

O processo de eutrofização artificial em reservatórios, mencionado por TUNDISI (1986, 1993), constitui um filtro ecológico seletivo relacionado à diversidade e sucessão de espécies, aumento da biomassa, baixa diversidade de espécies, redução do oxigênio dissolvido, elevadas concentrações de íons e nutrientes na água e sedimentos, bem como outros usos para o sistema, entre os quais incluem a possibilidade de geração de energia, recreação, abastecimento, irrigação, produção pesqueira e navegação.

No Brasil, o represamento faz parte de uma tecnologia freqüente, considerando-se que o território brasileiro comporta uma vasta rede hidrográfica

e vocação natural à exploração energética. Segundo STRASKRABA; TUNDISI (1999), tais agentes modificadores dos ecossistemas naturais induzem à um rápido processo de eutrofização, o qual reflete a inundação de grandes áreas vegetadas. Segundo TUNDISI (2000), na região Nordeste, foram construídos há muitas décadas, pequenos reservatórios para atender às necessidades de energia hidrelétrica além de atender ao consumo humano. No Estado de São Paulo, na região Sudeste, a distribuição de represas em cascata forma um modelo de construção seguido de deflorestamento intensivo, com atividades agropecuárias, industriais, urbanas e torna-se um indicador-chave da forma como são utilizados esses mananciais. Destacam-se no Estado de São Paulo os reservatórios que fazem parte da cascata do Médio e Baixo Rio Tietê (Reservatórios de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos), os quais são objetivos do presente estudo. Um estudo comparativo entre esses reservatórios, bem como a influência que exercem na cascata são considerados importantes fatores geradores de informações e utilizados como ferramentas para subsidiar estudos limnológicos, como o controle no processo de eutrofização que possa estar ocorrendo nesses locais.

1.2. Sedimento

Os sedimentos dos ambientes aquáticos desempenham papel fundamental no metabolismo dos ecossistemas límnicos associados aos componentes as partículas orgânicas, inorgânicas, além das minerais e são reconhecidos como responsáveis pela adsorção de poluentes e considerados

depósitos para uma variedade de substâncias químicas provenientes de áreas adjacentes à Bacia Hidrográfica (WETZEL & Mc INTOSH, 1977).

Há inúmeros trabalhos em limnologia direcionados para pesquisas com sedimentos, ressaltando-se esse compartimento como local onde ocorre o fluxo de energia, predominantemente pela cadeia de detritos, além da ciclagem de materiais característicos de ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1988; FURTADO *et al.*, 1996).

Pesquisadores, tais como RUTTNER & HUMMEL *apud* ESTEVES (1988) destacaram-se como os pioneiros quanto à importância a qual conferiram aos sedimentos, na ciclagem de nutrientes em lagos tropicais, através de pesquisas em lagos Indonésios. Posteriormente, VINER *apud* ESTEVES (1988), confirmou o papel dos sedimentos na ciclagem do Carbono e Nitrogênio.

Os sedimentos integram vários processos, incluindo a fixação do nitrogênio, denitrificação, nitrificação e mobilização de nutrientes, além de conter alimento para organismos pertencentes à comunidade bentônica (ESTEVES, 1988). Elevadas concentrações de elementos-traço, como se denominam os metais pesados, são encontradas nos sedimentos, ocasionando sérios comprometimentos à saúde humana. Segundo BURTON & MAC PHERSON (1995), resultados obtidos através de estudos realizados com metais pesados, têm revelado elevadas concentrações nos sedimentos dos rios e reservatórios, provenientes de fertilizantes químicos além indústrias processadoras de alimentos (BERTOLETTI, 1990), fato o qual tem ocasionado contaminação de extensas redes hídricas. Entretanto, a urbanização associada

aos processos industriais também podem ser consideradas fatores responsáveis pelas elevadas concentrações de metais nos sedimentos dos ambientes aquáticos (CHAPMAN & POWER, 1987).

Vários estudos com abordagem referente à qualidade dos sedimentos, há algum tempo vêm sendo priorizados, cujo objetivo consta em definir com maior precisão as complexas interações que ocorrem entre os processos físicos, químicos, biológicos e toxicológicos nesses locais. Os resultados que evidenciam os diversos efeitos relacionados à contaminação nos sedimentos dos ecossistemas aquáticos refletem no desaparecimento de comunidades bentônicas sensíveis, as quais interferem de maneira relevante no metabolismo e processo de decomposição que ocorrem nos sedimentos (BURTON & MAC PHERSON, 1995). HYNES (1960) apud CHUTTER (1969), considerou que uma variedade significativa de organismos relacionados à comunidade de macroinvertebrados bentônicos utiliza-se dos sedimentos como habitat portanto, o processo de contaminação neste compartimento interfere na composição e distribuição das comunidades bem como na densidade numérica e abundância de espécies sensíveis (CHUTTER, 1969). Considera-se tal fato, relevante além de excelente motivo para considerar os organismos bentônicos bons indicadores do grau de trofia e de contaminação nos sedimentos de ecossistemas aquáticos (TRAUNSPURGER, 1996) portanto, tais informações convergem para a ampliação de estudos limnológicos envolvendo a qualidade dos sedimentos.

1.3. Comunidade Bentônica

As comunidades de macroinvertebrados bentônicos há muito, têm despertado interesse considerando-se as vantagens as quais oferecem aos programas relacionados à monitoramento ambiental além de caracterizarem-se como indicadoras da qualidade de água e dos sedimentos.

A comunidade bentônica é representada por grupos de organismos peculiares cujo habitat característico são os sedimentos de fundo, em algumas fases de seu ciclo de vida. A facilidade para coleta além do número abundante de organismos que compõem a comunidade de macroinvertebrados, torna-os imprescindíveis como organismos-teste bem como sua utilização como indicadores de locais eutrofizados. A composição e a distribuição desses organismos participantes da comunidade bentônica vinculam-se a fatores tais como tipos de substratos, disponibilidade de alimento, concentração de oxigênio disponível e interações biológicas (SHIMIZU, 1981; ESTEVES, 1988).

A caracterização das comunidades de macroinvertebrados bentônicos, segundo CUMMINS (1977, *apud* WHITTON 1975), representa um aspecto importante. Essas compõem-se por organismos que distinguem-se pelo tamanho de 3,0 a 5,0 mm quando adultos, ou mantêm-se retidos em redes com abertura de malha de 250µm nos primeiros estádios de desenvolvimento larval. Há pesquisadores que determinam a identificação de macroinvertebrados bentônicos considerando-se a abertura da malha utilizada (MARGALEF, 1983). No presente estudo, o critério utilizado para caracterizar os macroinvertebrados

bentônicos baseou-se nos organismos que ficaram retidos em peneiras com abertura de malha de 210 μm . Para tal critério foram medidos o diâmetro da cápsula cefálica larval, considerado fator crítico, determinante para a retenção das larvas de Chironomidae através da abertura da malha utilizada. Com essa técnica, torna-se possível detectar as larvas, nos estádios iniciais de desenvolvimento, incluindo-se o 1º estágio larval (JÓNASSON, 1955; 1958) apud CRISP *et al.*, (1970).

Eles desempenham papel substancial na ciclagem de nutrientes, através do biorrevolvimento, fluxo de energia e mineralização da matéria orgânica presente nos sedimentos (NOVICK & NIXON, 1985). Os organismos bentônicos alteram, desse modo, as condições físicas e químicas dos sedimentos e da água além de atuarem como elos importantes na cadeia trófica dos ecossistemas aquáticos.

Entre os grupos pertencentes às comunidades de macroinvertebrados, os organismos da Família Chironomidae (Diptera), Tubificidae (Oligochaeta) e do grupo Mollusca, tornaram-se importantes na caracterização dos ambientes aquáticos, considerando-se a imensa variedade de espécies, cujo papel fundamental relaciona-se às alterações e composição dos sedimentos. É importante ressaltar, o papel dos tubificídeos e chironomídeos no transporte de aceptores de elétrons, nos sedimentos (O_2 , NO_3 , SO_4) (BURTON, 1991). Más, segundo MARGALEF (1983) a comunidade bentônica, depende principalmente do material orgânico disponível e do processo de sedimentação.

Quanto às larvas de organismos pertencentes à Família Chironomidae (Díptera), estas têm sido amplamente utilizadas no monitoramento da poluição orgânica além de serem consideradas indicadoras do processo de eutrofização, nos ecossistemas aquáticos (LINDEGAARD, 1995).

Más segundo PINDER (1980), a natureza dos substratos exerce influência decisiva sobre os padrões de distribuição de Chironomidae bem como na estrutura das comunidades de macroinvertebrados bentônicos, embora um elevado número de espécies pertencentes à esta Família utilize ampla variedade de habitats. Entretanto, BURTON (1991) enfatizou quanto à capacidade de espécies de Chironomidae resistir às elevadas concentrações de toxicantes em áreas poluídas acima daquelas toleradas por outras espécies.

O grupo Oligochaeta, representado por uma diversidade elevada de organismos, resulta de sua capacidade em estabelecer-se nos habitats variados. Porém, a qualidade da matéria orgânica presente nos substratos, representa um dos fatores considerados determinantes como garantia de sua presença. Considera-se entretanto, que os representantes deste grupo tornam-se abundantes em locais com elevados teores de matéria orgânica, e segundo LANG (1978), são considerados indicadores das condições de trofia. Entretanto, os indivíduos pertencentes ao Grupo Oligochaeta, apresentam evidências de baixa tolerância à substratos potencialmente tóxicos, decorrentes da presença de metais.

Em relação ao Mollusca (Gastropoda) são amplamente encontrados na maioria dos ecossistemas aquáticos e compõem-se de Famílias cujas espécies

apresentam-se seletivas em relação à substratos destacando-se pedras, detritos e matéria orgânica alóctone. A maioria das espécies é considerada herbívora embora algumas sejam omnívoras (BURTON 1991).

O Mollusca (Bivalves), comuns em grandes rios apresentam organismos com tamanho que varia entre 2,0 a 250mm de comprimento, possuem como habitat preferido o sedimento, embora permaneçam abaixo deste ao redor de 25cm, durante seu ciclo de vida. Os bivalves destacam-se pela sua elevada capacidade de filtração além de utilizados com sucesso em testes de toxicidade laboratoriais, como a espécie *Corbicula fluminea*.

Alguns índices ambientais podem ser utilizados para caracterizar o grau de trofia de ambientes aquáticos, com ênfase na ecologia das espécies de rios e reservatórios, os quais consideram o fator abundância relativa de espécies, como elemento importante na caracterização da tipologia de lagos (HOWMILLER; SCOTH, 1977).

1.4. Testes de Toxicidade

Os ambientes aquáticos estão sujeitos às diversas modalidades de impactos e a utilização dos recursos hídricos ocorre na maior parte das vezes com ausência de um modelo adequado de gerenciamento.

As fontes consideradas "poluidoras" requerem um reconhecimento prévio para aplicação de medidas necessárias de controle. Observa-se com frequência, estudos direcionados para as análises físicas e químicas as quais

visam minimizar tais impactos, entretanto, os recursos biológicos vêm se tornando imprescindíveis embora não substituam as variáveis físicas e químicas mas ambas convergem e completam-se.

No Brasil, as dificuldades quanto à implantação de programas de monitoramento são inúmeras e têm-se tornado rotineiro o uso de organismos pertencentes à comunidade bentônica como indicadores ambientais além de monitores naturais como medida de controle, e em bioensaios de toxicidade.

A contaminação dos sedimentos de ambientes aquáticos, por metais ou substâncias potencialmente tóxicas, tem sido detectada tanto nos sistemas dulcícolas quanto nos marinhos. Segundo REYNOLDSOM & ZARULL (1989), parte desses contaminantes resultam de processos naturais porém sua maioria decorre de atividades antropogênicas.

Entre os organismos pertencentes à comunidade de macroinvertebrados bentônicos, as larvas de Chironomidae (Diptera) são consideradas como excelentes indicadoras da qualidade dos sedimentos (ROSENBERG, 1993; CRANSTON, 1995). Algumas espécies de Chironomidae têm como habitat áreas acentuadamente poluídas e caracterizam-se pela resistência à variados toxicantes, daí sua ampla utilização em bioensaios ecotoxicológicos com amostras de sedimento e água intersticial (BURTON, 1991).

Os testes ecotoxicológicos, segundo BOHRER (1995) têm-se revelado como ferramenta de extrema eficiência e que apresentam excelentes resultados quanto ao diagnóstico de elementos potencialmente tóxicos no ambiente. Neste contexto, os bioensaios podem ser considerados como um dos componentes

cujo requisito é atuar ecologicamente na qualidade de sedimentos para o qual incluem-se as espécies bentônicas.

A maioria dos bioensaios de toxicidade é conduzida utilizando-se organismos-teste, como indicadores com resultados relevantes quanto a determinação da saúde dos ecossistemas e se realizados "*in situ*" ou em laboratório, os organismos fornecem respostas rápidas quando em contato com elementos potencialmente tóxicos e desta forma, revelam-se como suporte na qualificação dos efeitos biológicos (BOHRER, 1995).

Os bioensaios visam constatar os efeitos agudos de contaminantes em organismos aquáticos, tais como letalidade ou imobilidade além de efeitos crônicos ou sub-letais, diagnosticados através de alterações no comportamento, crescimento, reprodução e fisiologia (*op cit*). Entre as várias espécies consideradas indicadoras, utilizadas em testes de toxicidade com sedimentos, as larvas de Chironomidae pertencentes aos gênero Chironomus, têm se destacado como organismos-teste (HOFFMAN *et al.*, 1994).

Concomitantemente às análises físicas e químicas, a caracterização biológica dos organismos observados nos locais de estudo, a auto-ecologia e a taxonomia das espécies além dos testes de toxicidade, fornecem elementos necessários para a interpretação dos resultados obtidos, relativos à qualidade da água e dos sedimentos.

Considerando-se a importância dos reservatórios no país e a crescente degradação da qualidade dos recursos hídricos frente à expansão das atividades antropogênicas além da necessidade contínua da geração de

informações relativas aos vários sistemas aquáticos, procurou-se no presente estudo, avaliar-se a qualidade da água e sedimentos dos reservatórios construídos em cascata, situados no Médio e Baixo Rio Tietê, através de análises limnológicas (físicas e químicas da água e sedimento), composição e estrutura da população de macroinvertebrados bentônicos e bioensaios de toxicidade com *Chironomus xanthus*. Deve-se mencionar ainda que tal pesquisa é parte de um amplo estudo financiado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), no Programa PROBIO, e pelo CNPq, no Programa PRONEX, ambos conduzidos em parceria pelas seguintes universidades: Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo (EESC/USP), Universidade Estadual Paulista (UNESP, Campus de Botucatu e Rio Claro) e Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), sob a coordenação geral da Dra Odete Rocha, da UFSCar.

2. Objetivos

Os objetivos propostos no presente projeto de pesquisa foram:

- 2.1. Avaliar a qualidade da água e dos sedimentos, dos tributários, os Rios Tietê, Piracicaba e Bauru, além dos reservatórios em cascata, pertencentes ao Médio e Baixo Rio Tietê, através de análises físicas e químicas, bioensaios de toxicidade, utilizando o organismo teste, *Chironomus xanthus*.
- 2.2. Avaliar qualitativa e quantitativamente, a fauna de macroinvertebrados bentônicos nesses locais.
- 2.3. Avaliar a composição da fauna bentônica associada às características ambientais dos reservatórios situados na cascata bem como dos Rios Tietê, Piracicaba e Bauru.

3. Materiais e métodos

3.1. Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraná encontra-se geograficamente situada nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil, na qual o Rio Tietê é um importante tributário. Esta bacia é considerada a segunda maior Bacia Hidrográfica do Brasil e o Rio Tietê é o seu integrante mais extenso além de um tradicional curso d'água do Estado de São Paulo. Atravessa o território Paulista, desde a Serra do Mar até o Rio Paraná, extremo oeste do Estado, na cota de 1120 m acima do nível do mar e considerando uma linha reta, menos de 22 Km de distância do oceano. Suas águas percorrem mais de 3,7 mil Km antes de serem lançadas no estuário do Prata, através do Rio Paraná.

As águas de cabeceira são desviadas diretamente para o mar, devido às obras de reversão, gerando grande quantidade de energia nas Usinas de Cubatão. Desemboca no Alto Paraná, à jusante do Salto de Urubupungá, "afogado" pela barragem de Jupia, que represa também as águas do Rio Tietê, à 220 m, no final do seu percurso.

O Rio Tietê, cujo comprimento total é de 1,15 mil Km, atravessa a região metropolitana de São Paulo e recebe uma grande parte dos seus afluentes "*in natura*" (CESP, 1998). É represado em vários pontos do seu percurso e parte desse rio, à jusante de São Paulo é derivado por meio de recalque, para a represa Billings, lago eutrofizado do Estado de São Paulo (ROCHA, 1986) e outra parte, segue seu curso natural, correndo para o interior em direção aos reservatórios do complexo sistema energético do rio Tietê. Ao final do seu percurso, suas águas são lançadas no Rio Paraná após percorrerem 4,2 mil quilômetros (CESP, 1998).

Figura 1- Localização do Rio Tietê no Estado de São Paulo e distribuição dos reservatórios construídos em cascata.

O Rio Tietê é considerado relativamente novo, algo em torno de 12 milhões de anos, embora os terrenos por onde corre tenham uma idade estimada de 350 milhões de anos. Sua formação geológica é um fator de grande importância econômica, com rocha dura, formada por embasamento cristalino sob forma de placa de revestimento considerado um importante material utilizado na construção civil. A Bacia Hidrográfica tem composição em basalto, exposto ao intemperismo, resultando em terra roxa, famosa pelo cultivo de café (CESP, 1998).

As represas pesquisadas do sistema Tietê (Barra Bonita), Álvaro de Souza Lima (Bariri), Ibitinga, Mario Lopes Leão (Promissão), Nova Avanhandava e Três Irmãos constituem corpos d'água da Bacia Hidrográfica localizada nos trechos, Médio, Superior e Inferior do rio Tietê, construídas a

partir da década de 70. A Tabela 1, mostra as coordenadas referentes aos pontos de coleta.

Tabela 1 - Coordenadas geográficas referentes aos pontos de coleta.

Local	Montante	Meio	Jusante
Barra Bonita	S= 22° 31'44.5"	S= 22°33'39.3"	S= 22° 37'0.43"
	W= 48°31'11.1"	W= 48°25'17.9"	W= 48°20'49.8"
Bariri	S= 22° 09'50.7"	S= 22° 13'37.8"	S= 22° 20'08.1"
	W= 48°44'22.8"	W= 48°46'18.0"	W= 48°43'13.0"
Ibitinga	S= 21° 45'30.1"	S= 21° 52'01.4"	S= 22° 01'18.2"
	W= 48°58'25.0"	W= 48°58'52.7"	W= 48°52'19.4"
Promissão	S= 21° 19'08.9"	S= 21° 25'09.1"	S= 21° 46'24.6"
	W= 49°44'47.5"	W= 49°33'17.4"	W= 49°02'01.8"
Nova Avanhandava	S= 21° 06'36.3"	S= 21° 13'55.5"	S= 21° 15'12.4"
	W= 50°10'30.6"	W= 49°56'44.7"	W= 49°52'44.7"
Três Irmãos	S= 24° 41'27.7"	S= 20° 45'25.0"	S= 21° 06'27.2"
	W= 51°16'41.4"	W= 50°54'23.1"	W= 50°15'53.3"

3.1.1. Reservatório de Barra Bonita

Localizado na bacia do Médio Tietê-Superior, o reservatório de Barra Bonita situa-se a uma altitude de 430 metros (22°29'S e 48°34'W), com uma extensão de aproximadamente 60 km, profundidade média de 10,2 metros e um tempo de residência que varia de 30 dias a 6 meses (CALIJURI; SANTOS, 1996; CESP, 1998).

A área de drenagem ocupada pela Bacia Hidrográfica é de 32.330 km² e uma extensão de 367 km. O reservatório de Barra Bonita é o primeiro de uma série de seis, construídos a partir da década de 60 para geração de energia elétrica, embora seja utilizada para irrigação, pesca e recreação. Ela é limitada por uma parte do vale do Tietê, que compreende uma secção entre os reservatórios de Pirapora e Barra Bonita (CALIJURI; SANTOS, 1996).

A região onde se insere a Bacia Hidrográfica é considerada muito desenvolvida e populosa, com crescente atividade agro-industrial e predominância da cana-de-açúcar, na zona rural, além do café, hortaliças e frutas (CALIJURI, 1988). Possui uma área ocupada por pastagens cultivadas ao lado de pastagens naturais. A água da bacia é utilizada para o abastecimento urbano, industrial, além de receptor dos efluentes domésticos, industriais e agrícolas.

O reservatório de Barra Bonita é considerado o maior reservatório de usina hidrelétrica do Estado de São Paulo, comportando os Rios Tietê e Piracicaba como seus principais tributários. É um sistema eutrófico e, segundo HENRY *et al.*, (1985), a entrada de nutrientes torna-se acentuada durante a estação chuvosa.

O clima regional pode ser caracterizado como de transição, entre o tropical e o subtropical, com estações do ano bem definidas. A rocha predominante na região é o basalto e na bacia de drenagem de Barra Bonita predomina o latossolo roxo (terra roxa).

3.1.2. Reservatório de Bariri (Álvaro de Souza Lima)

Localizado na Bacia Hidrográfica do Médio Rio Tietê Inferior, o reservatório de Bariri, destinado à produção de energia elétrica, está situado a uma altitude de 420 metros (22°06'S e 48°45'W), à jusante da represa de Barra Bonita, sendo concluído em 1965.

A área da Bacia Hidrográfica abrange 35.430 km² e um volume total de 544 x 10⁶m³. A área do lago é de 5.546 ha, com profundidade efetiva (volume total/área) de 9 metros. A extensão da represa é de cerca de 20km ao longo do rio Tietê (CETESB, 1975 – 1976). O tempo de residência é de aproximadamente 14,2 dias (CETESB, 1998). A represa abrange os municípios de Bariri, Barra Bonita, Boracéia, Igarapé-do-Tietê, Itapuí, Jaú, Mocatuba e Pedemeiras.

A represa de Bariri recebe influência dos municípios adjacentes, além das usinas de açúcar e álcool existentes na bacia, bem como da represa de Barra Bonita, à montante. Os principais tributários são os rios Jaú e Bauru, que despejam no reservatório efluentes domésticos e industriais.

3.1.3. Reservatório de Ibitinga

Localizado na Bacia Hidrográfica do Médio Rio Tietê Inferior, o reservatório de Ibitinga situa-se a uma altitude de 460 metros ($21^{\circ}45'S$ e $48^{\circ}50'W$). Sua Bacia Hidrográfica abrange uma área de 43.500 km² e o volume total de $981 \times 10^6 m^3$. A área do lago é de 12.216 ha, com profundidade efetiva (volume total/área) de 9 metros. O tempo de residência é de aproximadamente 21,6 dias.

A represa de Ibitinga foi construída em 1969 com a finalidade de gerar energia elétrica, além do uso para irrigação e navegação. Encontra-se à jusante da represa de Bariri e à montante de Promissão e abrange os municípios de Ibitinga, Iacanga, Itaju, Bariri, Pederneiras e Boracéia. No reservatório de Ibitinga ocorre o lançamento de esgotos provenientes de cidades vizinhas, além das várias usinas situadas às margens e nos braços dos rios Jacaré-Pepira e Tietê.

3.1.4. Reservatório de Promissão

Localizado na Bacia Hidrográfica do Médio Rio Tietê Inferior, o reservatório de Promissão situa-se a 27 km da cidade que leva o seu nome, à jusante da represa de Ibitinga ($21^{\circ}45'S$ e $49^{\circ}47'W$). Sua Bacia Hidrográfica estende-se por uma área de 57.610 km² e o volume total é de $7.418 \times 10^6 m^3$, com vazão média anual de 640 m³/s. A área do lago é de 58.548 ha, com profundidade efetiva (volume total/área) de 12 metros. Foi concluída em 1974 (ROCHA, 1976; CETESB, 1975 – 1976).

O reservatório abrange os municípios de Promissão, Guaiçara, Sabino, Ibitinga, Borborema, Novo Horizonte, Sales Adolfo e José Bonifácio, todos

pertencentes ao Estado de São Paulo. O lago recebe impactos poluidores decorrentes do lançamento de esgotos domésticos e industriais provenientes dos municípios (CETESB, 1975 – 1976).

3.1.5. Reservatório de Nova Avanhandava

Localizado na Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Tietê, o reservatório de Nova Avanhandava possui uma área de inundação de 21.750 ha (21°07'S e 50°17'W), à jusante da usina hidroelétrica de Promissão.

Com um tempo de residência de 45,7 dias, a operação da barragem teve início em 1982. O reservatório recebe importantes tributários, como o Rio dos Patos, Ribeirão dos Ferreiros, Ribeirão Bonito e Ribeirão Lageado (CESP, 1998 apud GUNTZEL, 2000).

3.1.6. Reservatório de Três Irmãos

Localizado na Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Tietê, o reservatório de Três Irmãos pode ser considerado como a maior Hidrelétrica construída, com uma área alagada de 81.700 ha (21°45'S e 49°47'W) e com um tempo de residência de 217,9 dias. Sua área de drenagem é de 70.600 km². Foi concluído em 1990 e a primeira unidade geradora entrou em operação em 1993. Encontra-se localizado entre os municípios de Andradina e Pereira Barreto, distante 28 km da confluência com o rio Paraná.

O canal de Pereira Barreto, com 9600 metros de comprimento, interliga os reservatórios de Ilha Solteira e Três Irmãos, propicia uma operação energética integrada e possibilita a navegação na hidrovia Tietê-Paraná (CESP, 1998), incrementando o transporte fluvial de 345 km para 1.700 Km (VILELLA, 1992).

3.2. Períodos de Amostragem

Para a elaboração deste projeto, foram considerados quatro períodos de amostragens pelos quais permitiu-se conduzir de forma adequada a pesquisa proposta, destacando-se à comunidade de macroinvertebrados.

A) Fase 1

No período correspondente à outubro de 1999, foi realizada a primeira coleta para definir os pontos de amostragens, que melhor se adequassem ao trabalho proposto, além de considerar as melhores condições de acesso (ESPÍNDOLA *et al.*, 1999).

Os pontos escolhidos foram correspondentes ao início, meio e próximos às barragens de cada reservatório, de forma que o ponto considerado jusante de um reservatório, representasse o início do reservatório subsequente, sucessivamente, até o final da cascata, além das amostragens relativas aos principais tributários os Rios, Tietê, Piracicaba e Bauru.

B) Fase 2

Após a escolha dos 19 pontos de coleta incluindo-se os rios Tietê, Piracicaba e Bauru e os locais à jusante e montante dos reservatórios de Barra Bonita, Bariri, Ibitinga, Promissão, Nova Avanhandava e Três Irmãos, foram realizadas coletas durante os meses de fevereiro, maio e julho de 2000, considerando-se as variações sazonais (período chuvoso-quente, seco-frio e intermediário) cujo objetivo foi obter resultados comparativos e relativos aos diferentes períodos de estudo. A distribuição desses pontos encontra-se na Figura 2. Quanto aos ensaios de toxicidade foram efetuados em fevereiro, maio, julho e outubro de 2000, considerando-se as variações sazonais, características de cada período.

Figura 2 - Distribuição dos pontos de coleta nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo Rio Tietê e Rios Tietê, Piracicaba e Bauru.

Figura 3 - Distribuição dos pontos de coleta nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo Rio Tietê e Rios Tietê, Piracicaba e Bauru.

3.3. Precipitação, temperatura do ar, vazão e tempo de residência da água

Os dados relativos aos índices pluviométricos e temperatura do ar foram fornecidos pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Os dados de vazão de cada reservatório foram obtidos junto ao Centro de Tratamento de Dados Hidráulicos (CTH), o qual realiza um monitoramento diário da vazão dos reservatórios e, com esses dados, foi calculado o tempo de residência da água, utilizando a seguinte equação:

$$Tr = \frac{V}{86400} \times Q \quad \text{eq. 1}$$

onde:

Tr = tempo de residência (dias);

V = volume do reservatório;

Q = Vazão média defluente para cada período considerado (m³/s);

86400 = Fator de conversão de segundos para dias.

3.4. Análises físicas, químicas e biológicas da água

Para que se procedessem às análises das variáveis físicas e químicas da água foram coletadas as amostras com o auxílio de uma bomba de sucção, amostrando-se da superfície ao fundo (próximo ao sedimento), as quais foram acondicionadas em garrafas de plástico e congeladas para posterior análise em laboratório, determinando-se as concentrações de nutrientes totais e dissolvidos, material em suspensão, clorofila e metais totais.

Os dados referentes às medidas de temperatura, pH, e oxigênio dissolvido foram obtidos em campo (*in situ*), utilizando-se um aparelho multisensor de qualidade da água, marca Horiba – modelo U-10. A metodologia e as análises laboratoriais utilizadas nas análises físicas e químicas das amostras estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2- Metodologias de análises das principais variáveis consideradas no presente estudo.

Variáveis	Símbolo	Unidade	Material/Método	Autor
Temperatura da água	T	°C	U-10 Horiba	-
Transparência da água	D.S.	m	Disco de Secchi	-
Oxigênio dissolvido	O.D.	mg/L	U-10 Horiba	-
Material em Suspensão	M.S.T.	mg/L	Técnica Gravimétrica	TUNDISI (1969); TEIXEIRA <i>et al.</i> , (1978) e WETZEL & LIENKS (1991)
pH	pH	-	U-10 Horiba	-
Condutividade	Cond.	$\mu\text{S/cm}$	U-10 Horiba	-
Nitrito	$\text{NO}_2\text{-N}$	$\mu\text{g/L}$	Espectrofotometricamente	GOLTERMAN <i>et al.</i> , (1978)
Nitrato	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\mu\text{g/L}$	Espectrofotometricamente	MACKERETH <i>et al.</i> , (1978)
Amônio	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\mu\text{g/L}$	Espectrofotometricamente	KOROLEFF (1976)
Nitrogênio orgânico total	N.T.	mg/L	Espectrofotometricamente	GOLTERMAN <i>et al.</i> , (1978)
Fosfato total dissolvido	P.T.D.	$\mu\text{g/L}$	Espectrofotometricamente	GOLTERMAN <i>et al.</i> , (1978)
Fosfato inorgânico dissolvido	P.I.D.	$\mu\text{g/L}$	Espectrofotometricamente	GOLTERMAN <i>et al.</i> , (1978)
Silicato reativo	SiO_2	mg/L	Espectrofotometricamente	GOLTERMAN <i>et al.</i> , (1978)
Fósforo total	P.T.	$\mu\text{g/L}$	Espectrofotometricamente	APHA/WWW (1995)
Clorofila	Chl	$\mu\text{g/L}$	Espectrofotometricamente	NUSCH (1980)

Para as análises de metais, as amostras de água foram fixadas em ácido nítrico concentrado (1,5 ml/1000 ml de amostra) e conservadas sob refrigeração para posterior análise. As amostras foram colocadas em Becker, sobre placa aquecedora, para manutenção do volume de leitura, evitando-se portanto a fervura e secagem completa, para que se mantivessem o volume suficiente para leitura. Em seguida, adicionou-se às amostras 5 ml de ácido nítrico concentrado (STANDART METHODS). Após a redução do volume para uma

quantidade inferior a 25 ml, as amostras frias, foram transferidas para balões volumétricos com capacidade para 100 ml. Completou-se esse volume com água destilada e o conteúdo obtido foi transferido para frascos de vidro e cuidadosamente tampados.

Os resultados foram obtidos através de espectrofotometria de absorção atômica. Para o cálculo dos resultados as concentrações foram convertidas ao volume original e expressas em $\mu\text{g/L}$.

3.5. Análises físicas e químicas do sedimento

As amostras de sedimentos para análises de metais, matéria orgânica, granulometria, teores de fósforo total e de nitrogênio orgânico foram coletadas utilizando-se a draga de Ekman-Birge, com área de 225 cm^2 . Posteriormente foram acondicionadas em potes de plástico e mantidas sob refrigeração em caixas de isopor com gelo, até sua utilização em laboratório. Antes de se efetuarem as análises das amostras, o sedimento foi seco à temperatura ambiente.

3.5.1. Metal potencialmente biodisponível

A análise para detecção da fração de metais, potencialmente biodisponíveis, nos sedimentos foi feita segundo metodologia descrita por TESSIER & CAMPBELL (1987).

Para a realização da análise adicionou-se 3 gramas de sedimento pulverizado em 75 ml de HCl (0,1 mol), em um erlenmeyer hermeticamente fechado, mantendo-se uma proporção de 1 grama de sedimento para 25 ml de HCl (0,1 mol). As amostras foram colocadas em mesa agitadora por 2 horas, em seguida, filtradas utilizando-se papel de filtro comum, e transferidas para frascos de vidro previamente lavados e cuidadosamente tampados.

Os resultados referentes às frações de metais biodisponíveis nas amostras de sedimentos foram obtidos através de espectrofotometria de absorção atômica e expressos em mg/kg de sedimento seco.

3.5.2. Determinação da concentração total de matéria orgânica

Para a análise do teor de matéria orgânica nas amostras de sedimentos dos locais de coleta utilizou-se a metodologia descrita em FONSECA (1997).

Uma quantidade de amostra de sedimento seco, equivalente a 10 gramas, foi colocada em cadinhos de porcelana previamente aferidos e levados à estufa em temperatura de 100°C durante 24 horas. Após esse período as amostras foram levadas ao incinerador à uma temperatura de 600°C durante 2 horas. A diferença obtida entre o peso seco das amostras de sedimentos mantidas em estufa e o peso obtido das amostras de sedimentos incineradas, correspondem à quantidade em percentagem de matéria orgânica e inorgânica, encontrada nas amostras analisadas.

3.5.3. Análise granulométrica

A análise granulométrica para caracterização das amostras de sedimentos foi realizada junto ao Laboratório de Mecânica de Solo, no Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos.

Para a análise, foi separada uma alíquota de cada amostra de sedimento, segundo o procedimento preconizado pela norma técnica NBR 7181/1982 (ABNT, 1982). Para tal procedimento utilizou-se peneiras (n^{os} 16, 40, 60, 100, 230), colocadas em mesa agitadora durante 10 minutos. Para a determinação da fração silte e argila foi utilizado o método do densímetro, segundo a norma técnica NBR 7181/1982 (ABNT, 1982).

3.6. Análise da comunidade bentônica

As amostras de sedimentos para a separação e identificação da fauna bentônica foram coletadas utilizando-se a draga de Ekman-Birge (225 cm²). As amostras foram lavadas no próprio local, em peneira com abertura de malha de 0,21 mm, sendo que o material retido na rede foi fixado em formol a 10%, para posterior identificação ao laboratório. Para facilitar a separação dos macroinvertebrados as amostras foram lavadas novamente no laboratório (malha de 0,21mm) e coradas com rosa-de-bengala. Posteriormente, foram triadas manualmente em bandeja, utilizando-se lupa quando necessário. Os organismos encontrados foram separados e preservados em álcool 70%.

A identificação taxonômica de invertebrados pertencentes aos anelídeos, do grupo Oligochaeta, foi realizada com o auxílio da Profa. Dra. Mercedes Marchese (Inali-Santa Fé, Argentina). Os organismos foram identificados até espécie, com preparação de lâminas permanentes, e observados em microscópio óptico. Em alguns casos, procedeu-se a um clareamento prévio com uma solução de lactofenol.

Para o grupo de Chironomidae (Díptera) foi utilizada a chave de identificação de STRIXINO; TRIVINHO-STRIXINO (1995). Os organismos encontrados foram identificados até gênero, através da observação de lâminas permanentes, em meio de Hoyer. Posteriormente, em microscópio óptico, os organismos foram identificados considerando-se as estruturas cefálica, bem como algumas características ao longo do corpo. O grupo Mollusca foi identificado pelo Dr. Wagner Avelar, do Laboratório de Biologia da Universidade de São Paulo, campus de Ribeirão Preto.

4. Bioensaios de Toxicidade

As amostras de sedimentos para a realização dos testes ecotoxicológicos foram coletadas utilizando-se a draga de Ekman-Birge e acondicionadas em potes de plástico. Posteriormente, foram mantidas em

isopor a uma temperatura para que mantivesse adequadamente a qualidade das amostras de sedimento. As amostras foram transportadas ao laboratório e mantidas sob refrigeração a uma temperatura de 4°C até o término dos testes, considerando-se rigorosamente o período de sua validade.

4.1. Controle de Qualidade dos organismos-teste, manutenção das culturas

Para o cultivo e manutenção de organismos-teste em laboratório, foram consideradas a qualidade da água utilizada para o cultivo, a disponibilidade de alimento fornecido aos organismos, temperatura e a concentração de oxigênio (USEPA, 1989).

Algumas características relacionadas aos organismos, como sinais que pudessem evidenciar estresse, ocasionando descoloração ou mudanças no comportamento, também foram consideradas para a avaliação das culturas. Segundo a USEPA (1994), para a viabilidade dos organismos, em testes de toxicidade, a observação da letalidade em cultivo deve ser feita por um período de 48 horas que antecede aos testes ecotoxicológicos.

4.2. Organismo-teste: *Chironomus xanthus*

No Brasil, os indivíduos da Família Chironomidae (Díptera) não foram utilizados como organismos-teste em bioensaios de ecotoxicidade devido à escassez de estudos relativos à biologia de espécies nativas. À partir das pesquisas realizadas por FONSECA (1997) deu-se início a utilização de *Chironomus xanthus*.

As primeiras desovas de *Chironomus xanthus* foram obtidas nos tanques do CEPTA-IBAMA, em Pirassununga, São Paulo (Figura 4). O cultivo e manutenção dos organismos foram realizados segundo FONSECA (1997).

Figura 4 - Desova de larvas de *Chironomus xanthus*.

As desovas gelatinosas, depositadas por fêmeas adultas, com cerca de 600 ovos, se fixam às paredes das bandejas presas por um pedúnculo e até a eclosão são mantidas em bandejas com areia e água reconstituída. O alimento para o primeiro dia constitui-se de algas e para o segundo dia Tetramín.

O alimento, até a eclosão das larvas é ração incluindo o primeiro dia após a eclosão, período em que são alimentadas com algas (planctônicas).

A partir desse momento, as larvas são transferidas para bandejas, com cultura de *Selenastrum capricornutum* (alga clorofícea) em uma proporção de 1.10^5 cels/ml.

Essas desovas são retiradas com um auxílio de conta-gotas e colocadas em placa de Petri com água de manutenção (reconstituída), as quais permanecem nas placas até o momento de eclosão das larvas (40-48 horas), à uma temperatura variando entre 22 e 23°C.

Após esse período transfere-se um total aproximado de 250 larvas para outra bandeja contendo areia esterilizada e 4 litros de água de manutenção. As larvas são mantidas sob aeração moderada e contínua, em sala com temperatura variando entre 23°C e 25°C e fotoperíodo de 12 horas.

Ao término do estágio larval (12 a 15 dias) ocorre a emergência dos adultos (aproximadamente no 15º dia) que devem ser mantidos em bandejas cobertas para retenção dos organismos adultos.

Para manutenção das larvas de *Chironomus xanthus* administrou-se como alimento, ração para peixes Tetramin em uma proporção de 0,04 mg/ml (4 litros de água/22 ml da ração) (USEPA 1994).

4.3. Água de manutenção (reconstituída)

Para manutenção dos organismos utilizou-se água reconstituída, com dureza de 10 a 15 mg.L⁻¹ de CaCO₃ e pH variando entre 7,0 e 7,5. Para o ajuste de dureza utilizou-se uma solução contendo 1,5 g.L⁻¹ de sulfato de cálcio (solução 1) e outra contendo 4,80 g.L⁻¹ de bicarbonato de sódio e 6,10 g.L⁻¹ de sulfato de magnésio (solução 2). Considerou-se, para cada mg de dureza, a adição de 0,5 ml da solução 1 e 0,25 ml da solução 2 por litro de água a ser ajustado.

Mediu-se a dureza da água através de titulação com EDTA (STANDART METHODS, 1995) e o pH foi reajustado a partir de uma solução de HCl (0,1 N) ou NaOH (0,1 N) quando necessário.

4.4. Toxicidade aguda no sedimento total – Organismo teste: *Chironomus xanthus*

A metodologia utilizada para a realização dos testes agudo de toxicidade com *Chironomus xanthus* seguiu as recomendações da USEPA (1994) para *Chironomus riparius*.

Os testes de toxicidade foram realizados com amostras de sedimento total misturado com água de cultivo, na proporção de uma parte de sedimento para quatro partes de água. Após a mistura, as amostras foram deixadas em

repouso por um período de 24 horas que se procedesse à decantação do sedimento.

Os testes foram feitos em três réplicas contendo cada uma 60 g de sedimento, 250 ml de água de cultivo e 6 organismos.

Os organismos-teste permaneceram expostos aos sedimentos por um período de 96 horas, fotoperíodo de 12 horas e temperatura de $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. As larvas alimentaram-se apenas no primeiro dia e ao término do período de exposição procedeu-se à contagem dos organismos mortos ou imóveis ou com características que constatassem semi-letalidade. Para um resultado de 50% ou mais de organismos mortos e imóveis as amostras foram consideradas tóxicas. As medidas de pH, temperatura e dureza foram realizadas no início e ao final dos testes.

4.5. Testes de sensibilidade ao KCL – Organismo teste: *Chironomus xanthus*

Os testes de sensibilidade que antecedem aos testes ecotoxicológicos permitem avaliar o estado fisiológico dos organismos-teste (USEPA, 1994). A substância referência empregada para a realização desses testes foi o cloreto de potássio (KCl), já padronizada para outras espécies de Chironomidae.

Foram utilizadas larvas nos 3º e 4º estádios (Figura 5), cujas medidas realizadas nas cápsulas cefálicas confirmaram os referidos estádios de desenvolvimento larval (Tabela 3). As larvas de *Chironomus xanthus* foram submetidas à diferentes concentrações de KCl: 1,5; 2,25; 3,4; e $7,5 \text{ g L}^{-1}$, com tréplicas, 6 larvas para cada concentração e 200 ml de solução-teste além de um controle.

Figura 5- Larva de *Chironomus xanthus* entre 3° e 4° estádios de desenvolvimento.

Tabela 3 - Medidas da cápsula cefálica para determinação dos estádios de desenvolvimento de *Chironomus xanthus*, segundo THORNTON; WILHM, 1974.

Estádio	Comprimento
1° estágio	0,08 a 0,10 mm
2° estágio	0,12 a 0,15 mm
3° estágio	0,25 a 0,30 mm
4° estágio	0,40 mm

Após a montagem dos testes, os organismos foram submetidos à uma temperatura entre 22°C e 25°C durante 96 horas, com fotoperíodo de 12 horas e alimentação somente no primeiro dia. Ao término desse período (96 horas) procedeu-se à contagem dos organismos mortos e imóveis ou com características de sub-letalidade, referentes à cada concentração. Os valores de CE50, 96H foram calculados através do método Trimmed Spearman-Kärber (HAMILTON *et al.*, 1997).

As culturas que apresentaram valores de CL50, 96H dentro da faixa de sensibilidade estabelecida de 3,3 a 6,0 g.L⁻¹ de KCl foram consideradas

adequadas para os testes de toxicidade (FONSECA, 1997). As medidas de pH, temperatura e dureza foram realizadas no início e término dos experimentos para as diferentes concentrações.

5. Análise dos dados

5.1. Índice de Estado Trófico da água (I.E.T.)

A partir dos estudos realizados por CARLSON (1977), os índices de estado trófico foram calculados para cada rio estudado e para os reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê.

Optou-se pela utilização do índice de CARLSON (1977), modificado para lagos e reservatórios, localizados em regiões neotropicais, proposto por TOLEDO *et al.*, (1983).

As relações propostas baseiam-se fundamentalmente nas concentrações de fósforo total (TP), fosfato (PO_4) e clorofila-a (Cla) expressas em $\mu\text{g L}^{-1}$, e na variável transparência da água, à partir das equações:

a) TSI de Carlson

$${}^{\text{''}}\text{TSI}^{\text{''}}(\text{TP}) = 10 \times \left[6 - \frac{\ln \frac{48}{\text{TP}}}{\ln 2} \right] \quad \text{eq. 2}$$

$${}^{\text{''}}\text{TSI}^{\text{''}}(\text{Cla}) = 10 \times \left(6 - \frac{2,04 - 0,68 \ln \text{Cla}}{\ln 2} \right) \quad \text{eq.3}$$

IET* de Carlson modificado:

$$IET^*(TP) = 10 \times \left(6 - \frac{\frac{\ln 80,32}{TP}}{\ln 2} \right) \quad \text{eq. 4}$$

$$IET^*(PO_4) = 10 \times \left(6 - \frac{\frac{\ln 21,67}{PO_4}}{\ln 2} \right) \quad \text{eq.5}$$

$$IET^*(Cl_a) = 10 \times \left(\frac{2,04 - 0,695 \ln Cl}{\ln 2} \right) \quad \text{eq.6}$$

As categorias de Estado Trófico utilizadas pelos autores propõem:

“TSI”(CARLSON, 1977):

$\leq 20 \Rightarrow$ ultra- oligotrófico

$21-40 \Rightarrow$ oligotrófico

$41-50 \Rightarrow$ mesotrófico

$51-60 \Rightarrow$ eutrófico

$\geq 61 \Rightarrow$ hipereutrófico

IET^* (Toledo *et al.*, 1983):

$< 44 \Rightarrow$ oligotrófico

$44 \leq IET \leq 54 \Rightarrow$ mesotrófico

$> 54 \Rightarrow$ eutrófico

5.2. Índices Bióticos: Riqueza de taxa, Diversidade (H^+), Dominância de taxa (D) e Equitabilidade (J)

a) Diversidade (H^+)

O índice de diversidade de Shannon-Weaver (H^+), modificado por Pielou (1966), foi estimado através da equação:

$$H^+ = -\sum_{i=1}^s p_i \log 2 p_i \quad \text{eq.7}$$

onde: $p_i = \frac{n_i}{N}$,

representa a proporção entre o número dos indivíduos pertencentes à i ésima espécie (n_i) e o número total de indivíduos (N);
 s = número total de espécies (riqueza)

b) Equitabilidade (J')

O índice de equitabilidade (J') foi estimado para verificar a uniformidade na distribuição de taxa, PIELOU (1949). A escala da equitabilidade varia de 0 a 1, onde 1 representa uma distribuição igual de indivíduos para cada espécie observada nas amostras (PIELOU, 1975, 1977).

Este índice foi obtido, através da eq. 8 a seguir:

$$J' = \frac{H^+}{H^+_{\max}} \quad \text{eq.8}$$

onde

$J' \Rightarrow$ uniformidade na distribuição

$H^+ \Rightarrow$ índice de diversidade

$H^+_{\max}$ (diversidade máxima) $\Rightarrow \log_2 S$

$S \Rightarrow$ número de espécies (riqueza)

$\ln \Rightarrow$ logaritmo natural (base e)

c) Dominância (D)

O índice de Dominância (D) de SIMPSON (1949) foi estimado para descrever a dominância de taxa em relação ao total de taxa. O índice de dominância foi obtido através da eq.9, a seguir:

$$D = 1 - \sum p_i^2 \quad \text{eq.9}$$

onde p_i = probabilidade do elemento i

d) Similaridade

A Similaridade estabelece comparações relativas ao grau de semelhança entre os locais e os pontos de coleta.

No presente estudo foi determinada a Similaridade através do coeficiente de Percentual de Similaridade entre comunidades (PSC), que foi utilizado para comparar a distribuição espacial e temporal dos macroinvertebrados bentônicos entre os rios e os reservatórios estudados (WHITTAKER & FAIRBANKS, 1958).

5.3. Índice de estado trófico (IET) e abundância de Oligochaeta

Modificado de BRINKHURST *et al.*, (1969), MOZLEY; HOWMILLER (1977), LANG (1980,1984) e MILBRINK (1984), para avaliar o Estado Trófico biológico, através da expressão:

$$I_{PA} = (2P_2 + 3P_3 + 1) \times A \times 10^{-5} \quad \text{eq. 10}$$

onde:

$I_{PA} \Rightarrow$ % de participação do grupo n (indicador)

$A \Rightarrow$ abundância total de oligochaeta m^{-2} (ou densidade elevada)

$P_1 \Rightarrow$ integrada no cálculo

$P_1 + P_2 + P_3 = 100\%$

Para aplicação do IET, todas as espécies de Oligochaeta foram classificadas segundo a sua caracterização oligotrófica, meso ou eutrófica, de acordo com BRINKHURST (1971) e HOWMILLER; MOZLEY (1977).

6. Tratamento Estatístico

6.1. Análise multivariada dos componentes principais (PCA)

No presente estudo foi utilizada a análise multivariada dos Componentes Principais (PCA), a qual é considerada um método estatístico utilizado para se obter informações precisas, a partir de dados complexos, os quais resultam em um novo agrupamento de dados combinados linearmente, a partir dos originais.

A PCA é uma análise de ordenação, a partir da análise fatorial em componentes principais. Nesse estudo foram efetuadas análises referentes às principais variáveis ambientais que melhor representaram a variabilidade do sistema bem como dos nutrientes N_2 (orgânico), NH_4 (íon amônio), SiO_4 (silicato), fósforo (orgânico total) e fosfato total e fosfato orgânico total.

Para a análise dos componentes principais (PCA), os dados das variáveis físicas e químicas da água foram normalizados para a escala ($\log(x+1)$), procedimento que aproxima os valores de diferentes variáveis à uma escala comum. A nova matriz gerada foi submetida à análises do PCA, através do *software Systat 9 (r)* e as variáveis em valores de carga de importância (*loadings*) superiores à 0,7 foram consideradas significativas. Os escores provenientes dessas variáveis foram plotados para a visualização dos grupos de estações em função das variáveis de maior importância, o que explica a variância interna dos dados. Esse tratamento foi direcionado, no sentido de verificar-se quais as variáveis de relevância no presente estudo. Os valores obtidos para os fatores 1 e 2, os quais geraram os gráficos de PCA, para os diferentes meses, encontram-se nas tabelas 4, 5, 6 e 7.

Tabela 4 - Valores para os fatores 1 e 2, obtidos para o mês de outubro/1999.

Component loadings Outubro 1999		
	Fator 1	Fator 2
COND	0.970	0.024
OD	0.006	-0.882
DUR	0.790	0.032
NO3	0.826	-0.450
NO2	0.976	0.071
NH4	0.316	0.790
SIO4	-0.789	0.467
PTOT	0.660	0.571
Percentual total de explicação da variância		
	Fator 1	Fator 2
	54.469	26.946

Tabela 5 - Valores para os fatores 1 e 2, obtidos para o mês de fevereiro/2000.

Component loadings Fevereiro 2000		
	Fator 1	Fator 2
PH	-0.717	0.167
TEMP	-0.829	0.078
DUR	0.727	0.345
NTOT	0.844	-0.058
NH4	0.848	-0.376
SIO4	-0.280	-0.934
PTOT	0.931	0.020
PO4TOT	0.879	0.023
Percentual total de explicação da variância		
	Fator 1	Fator 2
	60.998	14.648

Tabela 6 - Valores para os fatores 1 e 2, obtidos para o mês de maio/2000.

Component loadings Maio 2000		
	Fator 1	Fator 2
OD	-0.208	0.930
TEMP	-0.777	-0.114
NO2	0.804	0.282
NH4	0.890	0.180
SIO2	-0.792	-0.057
PTOT	0.828	0.037
PO4TOT	0.779	-0.459
Percentual total de explicação da variância		
	Fator 1	Fator 2
	57.222	17.221

Tabela 7 - Valores para os fatores 1 e 2, obtidos para o mês de julho/2000.

Component loadings Julho 2000		
	Fator 1	Fator 2
PH	-0.379	0.817
COND	0.903	0.096
OD	-0.874	-0.067
TEMP	-0.574	0.711
DUR	0.860	0.229
NTOT	0.801	0.268
NO3	0.809	-0.106
NO2	0.817	0.461
NH4	0.783	0.425
PTOT	0.877	-0.196
PO4INORG	0.778	-0.375
Percentual total de explicação da variância		
	Fator 1	Fator 2
	61.298	17.236

6.2. Análise estatística do tipo fatorial (Teste Tukey)

A análise estatística considerada para cada variável (letais, sub letais, vivos), seguiu um modelo do tipo fatorial de análise de variância tendo como fatores os períodos referentes a fevereiro/00, maio/00, julho/00 e outubro/00, nos Rios Tietê, Piracicaba e Bauru, além dos reservatórios que fazem parte da cascata do Médio e Baixo Rio Tietê. O sistema estatístico usado para esse procedimento foi GLM do SAS.

6.3. Abundância relativa

Para obter a abundância relativa dos diferentes grupos de macroinvertebrados bentônicos, presentes no sistema Tietê, transformou-se a abundância numérica para abundância relativa, utilizando-se a equação 11 a seguir:

$$Ar = \frac{n}{Na} \times 100 \quad \text{eq.11}$$

onde : Ar $\Rightarrow$ corresponde à abundância relativa

n $\Rightarrow$ número de indivíduos de cada espécie ou gênero

Na $\Rightarrow$ número total de organismos na amostra.

7. Resultados

7.1. Precipitação e temperatura do ar

Na Tabela 8 são apresentados os valores médios mensais de volume de chuva nas estações climatológicas nos municípios de Jaú, Araçatuba e Auriflama (municípios situados próximos aos reservatórios do médio e baixo rio Tietê), no ano de 2000, verificando-se que janeiro, fevereiro, março, setembro, outubro, novembro e dezembro foram os meses de maior precipitação (entre 138 e 464 mm), com menores valores registrados entre abril e agosto de 2000.

Tabela 8 - Valores médios mensais (mm) de volume de chuva nas estações climatológicas localizadas nos municípios de Jaú, Araçatuba e Auriflama, pertencentes à bacia hidrográfica do Sistema Médio e Baixo Tietê, relativos ao ano de 2000.

Meses	Jaú	Araçatuba	Auriflama
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

Na Figura 6 são apresentados os valores médios (mínima e máxima) da temperatura do ar, obtidos durante o período de estudo, verificando-se que de abril a setembro foram registrados os menores valores de temperatura, enquanto que nos demais meses a temperatura do ar foi mais elevada.

Figura 6 - Variação da temperatura média (máxima e mínima) em três pontos isolados do Sistema Médio e Baixo Tietê, referente ao ano de 2000.

7.2. Vazão e tempo de residência da água

Na Tabela 9 são apresentados os valores médios de vazão obtidos nos reservatórios em cascata do rio Tietê, verificando-se que os maiores valores de vazão correspondem aos reservatórios de Promissão (de 380 a 593 m³/s), Nova Avanhandava (de 409 a 670 m³/s) e Três Irmãos (de 658 a 1015 m³/s). Nos reservatórios de Barra Bonita, Bariri e Ibitinga foram obtidos os menores valores de vazão (de 220 a 577 m³/s). Verificam-se maiores valores de vazão, em fevereiro e maio/2000, coincidindo com o período de maior precipitação na região.

Os dados de vazão possibilitaram estimar o tempo de residência médio da água nos reservatórios (Tabela 10), verificando-se que os meses de fevereiro e maio/2000 correspondem ao período de menor tempo de residência da água (maior vazão), com ocorrência contrária, em julho e outubro/2000 (menor vazão e maior tempo de retenção da água). Os reservatórios os quais apresentam o maior tempo de retenção da água são os de Barra Bonita (de 107 a 166 dias), Promissão (de 145 a 226 dias) e Três Irmãos (de 151 a 235 dias).

Tabela 9 - Valores médios de vazão (m^3/s) obtidos nos reservatórios do rio Tietê durante o período de estudo, em 2000 (Fonte: Centro de Tratamento de Dados Hidráulicos).

Reservatórios	Fevereiro	Maio	Julho	Outubro
Barra Bonita	341	268	220	319
Bariri	423	302	260	352
Ibitinga	577	375	317	385
Promissão	532	593	380	564
Nova	670	635	409	598
Avanhandava				
Três Irmãos	658	1015	865	743

Tabela 10 - Valores médios do tempo de residência da água (dias) obtidos nos reservatórios do rio Tietê durante o período de estudo, em 2000 (Fonte: Centro de Tratamento de Dados Hidráulicos).

Reservatórios	Fevereiro	Maio	Julho	Outubro
Barra Bonita	107	136	166	115
Bariri	15	21	24	18
Ibitinga	20	30	36	29
Promissão	161	145	226	152
Nova	47	50	77	53
Avanhandava				
Três Irmãos	235	151	179	-

7.3. Variáveis físicas, químicas e biológicas (clorofila-a) da água.

Os resultados obtidos para pH, condutividade, temperatura da água e oxigênio dissolvido estão apresentados nas Tabelas 11, 12, 13 e 14, em anexo, (outubro de 1999 e fevereiro, maio e julho de 2000 respectivamente), bem como os valores de transparência da água obtidos através de visibilidade com o disco de Secchi. Nas Tabelas 15, 16, 17, 18, 19 e 20, em anexo (correspondendo aos meses de outubro de 1999 e fevereiro, maio e julho de 2000, respectivamente) encontram-se os resultados obtidos para as seguintes variáveis pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura, dureza, metais (cádmio, cobalto, cromo, cobre, ferro, manganês, magnésio e zinco), nutrientes (nitrogênio orgânico total, nitrito, nitrato, amônio, fósforo total, fosfato total dissolvido, fosfato inorgânico e silicato reativo), material em suspensão (total, orgânico e inorgânico) e clorofila-a.

7.3.1. Transparência da água

Em outubro/99 o valor de transparência, medido com o disco de Secchi, para o rio Piracicaba foi de 0,5 m (mínimo) e para o rio Tietê 0,8 m (máximo). Para os reservatórios de Promissão (montante) e Três Irmãos (montante e jusante), a visibilidade para o Secchi foi de 4 m (máximo) e de 1,10 m (mínimo) em Barra Bonita (jusante) e Bariri (montante).

No período referente a fevereiro/00 (seco), não foram obtidas as medidas para a transparência da água no rio Bauru enquanto que no rio Piracicaba o valor para a visibilidade do Secchi foi de 1,60. Entre os reservatórios os valores de visibilidade para o Secchi foram de 0,90 m a 3,50 m, em Barra Bonita (jusante) e em Nova Avanhandava (montante e jusante).

No mês de maio/00 (seco) foram observadas medidas de transparência de 2,30m no rio Bauru e de 1,30m no rio Tietê. Em relação aos reservatórios, as medidas de transparência variaram entre 1,80m em Bariri (jusante) e 6,30m em Três Irmãos (montante).

Em julho/00 (seco) a medida de transparência para os rios Tietê e Bauru foi de 1,30m e para o rio Piracicaba foi de 0,35m. Nos reservatórios a transparência mínima entre 2,30m (Bariri montante) e 9,30m (máximo) (Três Irmãos montante).

7.3.2. Temperatura, Oxigênio Dissolvido, pH e Condutividade

Apesar de terem sido obtidos os perfis das variáveis como temperatura, pH, condutividade, oxigênio dissolvido e pH, optou-se em apresentar somente os valores máximos e mínimos para estação de coleta e período amostral (Tabelas 11, 12, 13 e 14 em anexo).

a) Temperatura da água

Em outubro/99 (período intermediário), valores de temperatura de 19,9 °C a 24,8 °C foram observados nos rios Tietê e Bauru (mínima e máxima, respectivamente). Nos reservatórios os valores medidos para a temperatura foram de 19,60 °C em Barra Bonita (montante) e 26,5°C em Nova Avanhandava (montante), correspondendo aos valores mínimo e máximo, respectivamente.

No mês de fevereiro/00 (período chuvoso), a temperatura da água esteve entre 23,5°C no rio Bauru e 24,8°C, no rio Tietê. Nos reservatórios, a variação da temperatura foi entre 23,9 °C em Barra Bonita (jusante) e 31,8°C em Três Irmãos (montante).

Na coleta de maio/00 (período intermediário) as medidas de temperatura estiveram entre 23,0°C no rio Piracicaba e 24,5°C no rio Bauru. Nos reservatórios, a temperatura manteve-se entre 23,2°C em Bariri (montante) e 27,1°C em Três Irmãos (montante).

Em julho/00 (período seco), as medidas de temperatura estiveram entre 18,7°C (no rio Piracicaba) e 22,0°C no rio Tietê (mínima e máxima, respectivamente). As medidas de temperatura mínima e máxima nos reservatórios estiveram entre 19,4°C Barra Bonita (jusante) e 22,8 °C em Três Irmãos (jusante).

b) Oxigênio Dissolvido

Em outubro/99 (período intermediário) o valor de oxigênio dissolvido para o rio Bauru foi de 7,05 mg.L⁻¹ (máximo) e 0,37 mg.L⁻¹ (mínimo). Em relação aos reservatórios, os valores variaram entre 8,12 mg.L⁻¹ em Ibitinga (montante) e 13,69 mg.L⁻¹ em Bariri (montante).

As concentrações de oxigênio dissolvido nos rios Bauru e Piracicaba, em fevereiro/00 (chuva), atingiram valores entre 7,58 mg.L⁻¹ (máximo) e 7,05 mg L⁻¹ (mínimo), respectivamente. Nos reservatórios, os valores obtidos

estiveram entre 6,13 mg.L⁻¹ (mínimo) em Três Irmãos (montante) e 7,75 mg.L⁻¹ (máximo) em Ibitinga (montante).

Em maio/00 (período intermediário) o valor encontrado para a concentração de oxigênio dissolvido no rio Piracicaba foi de 8,39mg.L⁻¹ e de no rio Bauru 7,15 mg.L⁻¹. Nesse período, os valores de oxigênio dissolvido para os reservatórios estiveram entre 6,13 mg.L⁻¹ (mínimo) em Promissão (meio) e 9,69 mg.L⁻¹ (máximo) em Nova Avanhandava (montante).

Em julho/00, a concentração de oxigênio dissolvido foi de 3,01 mg.L⁻¹ no rio Bauru e de 0,07 mg.L⁻¹ (mínima) no rio Tietê. Entre os reservatórios a variação foi de 10,31 mg.L⁻¹ em Ibitinga (montante) e de 2,73 mg.L⁻¹ (mínima) em Barra Bonita (montante).

c) pH

No mês de outubro/99, os valores de pH variaram entre 6,22 e 7,51 no rio Tietê. Nos reservatórios, os valores estiveram entre 6,16 (mínimo) em Barra Bonita (montante) e 9,22 em Bariri (montante).

Em fevereiro/00 foram verificados valores de pH entre 5,72 nos rios Tietê e Bauru (mínimo) e 6,27 no rio Piracicaba (máximo). Os valores observados (mínimo e máximo) nos reservatórios estiveram entre 4,01 em Ibitinga (meio) e 7,48 em Nova Avanhandava (meio), respectivamente.

As medidas de pH, em maio/00, revelaram valores entre 6,25 (mínimo) no rio Bauru e 6,58 (máximo), nos rios Tietê e Bauru. Nos reservatórios os valores estiveram entre 5,86 em Ibitinga (montante) e 7,59 (máximo) em Ibitinga (meio).

Em julho/00, as medidas de pH referentes aos rios Bauru e Tietê variaram entre 6,24 (mínimo) e 6,98 (máximo), respectivamente. Em relação aos reservatórios, nesse período, os valores de pH se apresentaram entre 5,96 em Bariri (jusante) e 7,77 em Nova Avanhandava (meio).

d) Condutividade

Em outubro/99 os valores de condutividade estiveram entre 151 $\mu\text{s/cm}$ no rio Bauru (mínima) e 302 $\mu\text{s/cm}$ (máximo) no rio Tietê. Quanto aos reservatórios, nesse mesmo período, obteve-se valores de 89 $\mu\text{s/cm}$ em Três Irmãos (jusante) e 312 $\mu\text{s/cm}$ (máxima) em Barra Bonita (jusante).

Na coleta de fevereiro/00, entre os rios Tietê, Piracicaba e Bauru, os valores de condutividade observados foram de 62 $\mu\text{s/cm}$ (mínimo) no rio Piracicaba e de 129 $\mu\text{s/cm}$ (máximo) nos rios Tietê. Nos reservatórios o valor mínimo obtido foi de 58 $\mu\text{s/cm}$ em Três Irmãos (jusante) e o máximo foi de 177 $\mu\text{s/cm}$ em Bariri (jusante).

Em maio/00 foram observados valores mínimos e máximos de condutividade para o rio Piracicaba (72 $\mu\text{s/cm}$) e Bauru (158 $\mu\text{s/cm}$), respectivamente. Entre os reservatórios, os valores mínimo e máximo foram registrados no reservatório de Promissão (67 $\mu\text{s/cm}$ e 214 $\mu\text{s/cm}$, respectivamente).

Em julho/00 o valor mínimo de condutividade para os rios foi de 158 $\mu\text{s/cm}$ no rio Bauru e máximo de 417 $\mu\text{s/cm}$ no rio Tietê. Em relação aos reservatórios, o valor mínimo foi de 48 $\mu\text{s/cm}$ em Três Irmãos (jusante) e o máximo foi de 1219 $\mu\text{s/cm}$ em Barra Bonita (jusante). Este elevado valor possivelmente foi obtido devido à proximidade do sensor do equipamento com o sedimento.

7.3.3. Formas nitrogenadas

a) Nitrogênio orgânico total

Os valores obtidos para nitrogênio orgânico total estão apresentados nas Tabelas 15, 16, 17, 18, 19 e 20 em anexo e, na Figura 7.

Em outubro/99 os valores de nitrogênio orgânico total, obtidos nos rios Tietê e Piracicaba foram de 4,94 mg/L e 0,84 mg/L, respectivamente. Quanto

aos reservatórios, os valores estiveram entre 2,48 mg/L, à montante de Ibitinga, e 0,37 mg/L à montante de Três Irmãos.

Os valores para o mês de fevereiro/00 variaram entre o máximo de 1,77 mg/L no rio Tietê e o mínimo de 0,23 mg/L no rio Bauru. Nos reservatórios os valores foram de 0,65 mg/L, à montante de Barra Bonita, e 0,05 mg/L à jusante de Nova Avanhandava e Três Irmãos (montante e jusante).

Em maio/00, os valores de nitrogênio orgânico total estiveram entre 0,42mg/L (no rio Bauru) e 9,96mg/L (no rio Tietê). Entre os reservatórios os valores obtidos foram de 0,70 mg/L (em Ibitinga jusante e Bariri jusante) e 0,98mg/L, à montante de Promissão.

Em julho/00 os valores de nitrogênio orgânico total foram de 1,52 mg/L no rio Piracicaba e 5,32 mg/L no rio Tietê. Nos reservatórios os valores obtidos foram de 2,75 mg/L, à montante de Barra Bonita, e 0,09 mg/L à montante de Nova Avanhandava.

Figura 7- Valores de nitrogênio orgânico total nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e reservatórios do sistema Tietê, durante o período de estudo.

b) Amônio

As concentrações obtidas para o íon amônio estão apresentadas nas Tabelas 15, 16, 17, 18, 19 e 20, em anexo, bem como na Figura 8, verificando-se que em outubro/99, os valores obtidos no rio Tietê e Piracicaba foram de 2450,09 µg/L e 1532,50 µg/L no rio Piracicaba. Quanto aos reservatórios, os valores estiveram entre 51,43 µg/L, à montante de Bariri, e 1,19 µg/L, à montante de Ibitinga.

Em fevereiro/00, as concentrações do íon amônio nos rios Tietê e Bauru foram de 93,47 µg/L e 8,01 µg/L, respectivamente. Nos reservatórios os valores estiveram entre 0,95 µg/L (Promissão jusante) e 48,92 µg/L (à jusante de Barra Bonita).

Em maio/00, os valores obtidos para os rios Tietê e Piracicaba foram de 1519,20 µg/L e 73,76 µg/L, respectivamente. Para os reservatórios os valores máximo e mínimo obtidos foram de 69,56 µg/L, à jusante de Bariri, e 6,42 µg/L, em Três Irmãos montante.

As concentrações de amônio em julho/00 foram de 2389,60 µg/L no rio Tietê e 16,04 µg/L no rio Piracicaba. Em relação aos reservatórios os valores máximo e mínimo, obtidos estiveram entre 680,69 µg/L e 0,57 µg/L, correspondendo à jusante de Barra Bonita e à montante de Três Irmãos, respectivamente.

Figura 8 - Valores do íon amônio nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, durante o período de estudo.

c) Nitrato

Os valores obtidos para nitrato estão apresentados nas Tabelas 15, 16, 17, 18, 19 e 20, em anexo e na Figura 9.

Em outubro/99 os valores de nitrato foram 335,64 µg/L (máximo) e 472,63 µg/L (mínimo), correspondendo aos rios Tietê e Bauru, respectivamente. Quanto aos reservatórios os valores encontrados estiveram entre 2680,08 µg/L, à montante de Barra Bonita, e 155,36 µg/L, à jusante de Três Irmãos. Em fevereiro/00 as concentrações de nitrato estiveram entre 683,72 µg/L, no rio Bauru, e 236,12 µg/L no rio Piracicaba. Nos reservatórios os valores foram de 746,30 µg/L, à jusante de Barra Bonita, e 132,83 µg/L em Três Irmãos (montante). No mês de maio/00, os valores obtidos estiveram entre 391,97 µg/L, no rio Piracicaba, e 1492,40 µg/L no rio Tietê. Em relação aos reservatórios os valores foram de 1153,40 µg/L (em Barra Bonita montante) e 290,57 µg/L em Três Irmãos (montante).

Em julho/00 os valores obtidos nos rios Tietê e Bauru foram de 1795,70 e 815,65 $\mu\text{g/L}$, respectivamente. Nos reservatórios o valor mínimo obtido foi de 277,03 $\mu\text{g/L}$ (jusante de Três Irmãos) e o máximo foi de 2049,80 $\mu\text{g/L}$ (montante de Barra Bonita).

Figura 9 - Valores do nitrato nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, durante o período de estudo.

Os valores observados para o nitrito no período de outubro/99, foram de 124 $\mu\text{g/L}$, no rio Tietê (máximo) e 48,52 $\mu\text{g/L}$ (mínimo), no rio Bauru. Quanto aos valores obtidos nos reservatórios, foram entre 2,84 $\mu\text{g/L}$, em Três Irmãos (montante) e 97,20 $\mu\text{g/L}$, em Bariri (montante).

Os valores observados para as concentrações de nitrito (Figura 10), em fevereiro/00 foram de 116,59 $\mu\text{g/L}$ e 21,41 $\mu\text{g/L}$ para os rios Bauru e Tietê, respectivamente. Quanto aos reservatórios os valores estiveram entre 2,56 $\mu\text{g/L}$, em Três Irmãos jusante, e 48,92 $\mu\text{g/L}$, à jusante de Barra Bonita. Em maio/00 foram registrados nos rios Tietê e Piracicaba valores de 262,91 $\mu\text{g/L}$ (máximo) e 7,53 $\mu\text{g/L}$ (mínimo), respectivamente. Nos reservatórios as concentrações obtidas foram de 12,63 $\mu\text{g/L}$, em Barra

Bonita (jusante), e 2,31 $\mu\text{g/L}$, à montante de Três Irmãos. Em julho/00, os valores de nitrito obtidos para os rios Tietê e Piracicaba, foram de 2.389,60 $\mu\text{g/L}$ e 16,05 mg/L , respectivamente. Quanto aos reservatórios, o valor máximo foi obtido à montante de Bariri (54,40 $\mu\text{g/L}$) e o mínimo foi de 2,86 mg/L , à jusante de Três Irmãos.

Figura 10- Valores de nitrito nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, durante o período de estudo.

7.3.4. Formas fosfatadas

a) Fósforo total

As concentrações de fósforo total, obtidas no presente estudo estão apresentadas nas Tabelas 15, 16, 17, 18, 19 e 20, em anexo e, na Figura 11. Pelos dados obtidos verifica-se que em outubro/99 os valores de fósforo totais, para o rio Bauru, foram de 196,48 $\mu\text{g/L}$ (máxima) e de 69,60 $\mu\text{g/L}$ no rio Piracicaba (mínima). Nos reservatórios o valor máximo obtido foi de

123,47 $\mu\text{g/L}$, em Bariri (jusante) e, o mínimo foi de 23,12 $\mu\text{g/L}$, à montante de Nova Avanhandava.

Em fevereiro/2000 os valores de fósforo total estiveram entre 86,99 $\mu\text{g/L}$ no rio Piracicaba e 189,49 $\mu\text{g/L}$ no rio Tietê. Quanto aos reservatórios o valor máximo foi de 227,15 $\mu\text{g/L}$, à jusante de Barra Bonita e, 22,90 $\mu\text{g/L}$, em Três Irmãos montante.

Em maio/00 os valores de fósforo total para os rios Tietê e Bauru foram de 103,51 $\mu\text{g/L}$ e 70,37 $\mu\text{g/L}$, respectivamente. Em relação aos reservatórios os valores estiveram entre 9,67 mg/L , à montante de Ibatinga e 66,09 $\mu\text{g/L}$, em Bariri jusante. Em julho/00 os valores estiveram entre 139,17 $\mu\text{g/L}$ no rio Bauru (mínimo) e 750,37 $\mu\text{g/L}$ no rio Piracicaba (máximo). Para os reservatórios os valores foram de 58,97 $\mu\text{g/L}$ (à jusante de Barra Bonita) e 8,48 $\mu\text{g/L}$ (à jusante de Promissão).

Figura 11 - Valores de fósforo total nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, durante o período de estudo.

b) Fósforo total dissolvido

As concentrações de fósforo total dissolvido estão apresentadas nas Tabelas 15, 16, 17, 18, 19 e 20 em anexo e, na Figura 12. Em outubro/99 os valores observados nos rios Bauru e Tietê foram de 48,35 µg/L (máximo) e 27,90 µg/L (mínimo), respectivamente. Nos reservatórios as concentrações de fósforo total dissolvido foram de 34,02 µg/L (em Barra Bonita montante) e 1,96 µg/L em Três Irmãos (montante).

Em fevereiro/00 os valores obtidos nos rios Tietê e Bauru foram de 73,21 µg/L e 33,69 µg/L, respectivamente. Em relação aos reservatórios os valores verificados foram de 34,63 µg/L à montante de Barra Bonita (máximo) e 3,61 µg/L à montante de Nova Avanhandava (mínimo). No mês de maio/00, os valores de fósforo total dissolvido, obtidos nos rios Bauru e Piracicaba foram de 34,44 e 27,80 µg/L, respectivamente. Quanto aos valores obtidos nos reservatórios, verificou-se um mínimo de 8,06 µg/L em Três Irmãos jusante e 29,32 µg/L, em Barra Bonita jusante. Em julho/00 foram obtidos valores de 79,58 µg/L no rio Tietê e 8,57 µg/L no rio Bauru. Quanto aos reservatórios os valores foram de 15,82 µg/L (máximo) em Nova Avanhandava (montante) e 1,22 µg/L (mínimo) à jusante de Promissão.

Figura 12 - Valores de fósforo total dissolvido nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, durante o período de estudo.

c) Fósforo inorgânico

As concentrações de fósforo inorgânico dissolvido estão apresentadas nas Tabelas 15, 16, 17, 18, 19 e 20 em anexo e, na Figura 13. Em outubro/99 os valores foram de 48,35 µg/L no rio Bauru e 15,14 µg/L no rio Piracicaba. Quanto aos valores observados nos reservatórios, estes estiveram entre 0,88 mg/L, à montante de Três Irmãos, e 22,63 µg/L, à jusante de Promissão.

Em fevereiro/00 os valores obtidos estiveram entre 23,57 µg/L (no rio Bauru) e 44,81 µg/L (rio Piracicaba). Nos reservatórios, os valores de fósforo inorgânico foram de 26,09 µg/L, à montante de Barra Bonita, e 1,69 µg/L, em Três Irmãos montante. Em maio/00 os valores obtidos para os rios Piracicaba e Tietê foram de 14,51 e 8,65 µg/L, respectivamente. Quanto aos reservatórios os valores de fósforo inorgânico estiveram entre 2,03 µg/L, em Promissão montante, 13,04 µg/L, em Barra Bonita jusante. No mês de julho/00 não foram obtidos os valores de fósforo inorgânico nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru por problemas metodológicos. Nos reservatórios os valores encontrados estiveram entre 0,5 µg/L, em Promissão montante e 3,92 µg/L, em Barra Bonita jusante e Três Irmãos (montante).

Figura 13 - Valores de fosfato inorgânico nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, durante o período de estudo.

7.3.5. Silicato

As concentrações de silicato obtidos nos reservatórios e rios do sistema em cascata do Tietê estão apresentadas nas Tabelas 15, 16, 17, 18, 19 e 20 em anexo e, na Figura 14. Em outubro/99 os valores para os rios Bauru e Piracicaba foram de 6,00 e 5,60 µg/L, respectivamente. Nos reservatórios os valores encontrados estiveram entre 2,09 mg/L, à montante de Barra Bonita, e 7,65 mg/L, à jusante de Nova Avanhandava. Em fevereiro/00 os valores nos rios Piracicaba e Bauru foram de 5,85 a 4,92 mg/L, respectivamente. Quanto aos reservatórios, os valores encontrados estiveram entre 3,19 mg/L à jusante de Bariri e 6,50 mg/L à jusante de Três Irmãos. Em maio/00 os valores observados nos rios Piracicaba e Tietê foram de 5,47 e 4,86 mg/L, respectivamente, enquanto que nos reservatórios os valores encontrados estiveram entre 4,48 mg/L à jusante de Barra Bonita e 7,25 mg/L em Três Irmãos (montante). No mês de julho/00 os valores

encontrados nos rios Bauru e Tietê foram de 7,34 e 5,33 mg/L, respectivamente. Nos reservatórios os valores encontrados foram de 7,46 mg/L, em Promissão montante, e 4,84 mg/L, à montante de Barra Bonita.

Figura 14- Valores de silicato obtidos nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, durante o período de estudo.

7.3.6. Material em Suspensão (Total, Orgânico e Inorgânico)

Os resultados obtidos para material em suspensão total, orgânico e inorgânico estão apresentados nas Tabelas 15, 16, 17, 18, 19 e 20 em anexo e, na Figura 15, não sendo obtidos os resultados referentes à coleta de outubro/99 por problemas metodológicos.

As concentrações de material em suspensão totais (MST), em fevereiro/00 (chuvosa), variaram entre 7,95mg/L no rio Bauru e 53,12 mg/L (máximo) no rio Piracicaba. Entre os reservatórios o máximo valor obtido foi de 7,99 mg/L, à jusante de Barra Bonita e o mínimo foi 1,69 mg/L em Três Irmãos (montante). Quanto ao material em suspensão orgânico (MSO) os valores máximos obtidos entre os rios foram de 10,36 mg/L no rio Tietê e

2,89 mg/L (mínimo) no rio Bauru. Nos reservatórios o valor máximo foi de 3,73 mg/L em Bariri (jusante) e o mínimo de 1,30 mg/L em Três Irmãos (jusante). Em relação ao material em suspensão inorgânico (MSI), os valores obtidos nos rios foram de 47,92 mg/L no rio Piracicaba e 3,84 mg/L no rio Tietê, representando o máximo e mínimo. Para os reservatórios os valores obtidos estiveram entre 0,15 mg/L em Nova Avanhandava (jusante) e 4,90 mg/L em Barra Bonita (jusante).

Em maio/00 os valores obtidos para MST nos rios Bauru e Tietê estiveram entre 3,79 mg/L (mínimo) e 5,73 mg/L (máximo), respectivamente. Quanto aos valores obtidos para os reservatórios, o máximo foi de 5,06 mg/L em Barra Bonita (jusante) o mínimo foi de 1,00 mg/L, em Nova Avanhandava (jusante). Foram observados valores de MSO entre 1,81 mg/L no rio Bauru (mínimo) e 2,98 mg/L no rio Tietê (máximo). Para os reservatórios os valores mínimos e máximos observados estiveram entre 0,24 mg/L, em Três Irmãos (jusante) e 2,70 mg/L, em Bariri (jusante), respectivamente. Em relação a MSI as concentrações obtidas nos rios Piracicaba e Tietê foram de 3,77 mg/L e 1,81 mg/L. Os valores nos reservatórios estiveram entre 0,13 mg/L em Promissão (jusante) e 3,22 mg/L em Barra Bonita (jusante).

Estações de Coleta

Figura 15 - Valores de material em suspensão orgânico e inorgânico obtidos nos reservatórios em cascata do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê em seus tributários os Rios Tietê, Piracicaba e Bauru, durante o período de estudo.

No mês de julho/00, os valores máximo e mínimo de MST foram de 7,06 mg/L e 3,57 mg/L, nos rios Tietê e Bauru, respectivamente. Quanto aos reservatórios, o maior valor obtido foi de 5,77 mg/L (máximo) em Barra Bonita jusante e o menor foi de 0,55 mg/L (mínimo) em Três Irmãos (jusante). Para os rios Tietê e Bauru foram obtidos valores de MSO entre 1,82 mg/L (mínimo) no rio Bauru e 4,25 mg/L (máximo) no rio Tietê. Nos reservatórios os valores estiveram entre 0,38 mg/L em Três Irmãos (jusante) e 2,04 mg/L, em Barra Bonita (montante). Em relação ao MSI, os valores máximo e mínimo foram verificados nos rios Piracicaba (5,02 mg/L) e Bauru (1,75 mg/L). Para os reservatórios os valores obtidos estiveram entre 0,17 mg/L em Três Irmãos (montante e jusante) e 4,00 mg/L em Barra Bonita (jusante).

7.3.7. Clorofila - a total

Nas Tabelas 15, 16, 17, 18, 19 e 20 em anexo e, na Figura 16 estão apresentados os resultados referentes à clorofila-a total, obtidos nas coletas de fevereiro, maio e julho de 2000.

No mês de fevereiro/00 (período chuvoso), os valores de clorofila-a total foram de 27,90 µg/L e 16,12 µg/L nos rios Tietê e Bauru, respectivamente. Quanto aos reservatórios o valor máximo obtido foi de 17,01 µg/L, em Barra Bonita (montante) e o mínimo foi de 2,23 µg/L, em Três Irmãos (montante).

Em maio/00 os valores de clorofila obtidos foram de 15,07 µg/L no rio Tietê e 5,40 µg/L no rio Bauru. Os valores observados nos reservatórios foram de 16,39 µg/L em Bariri (jusante) e 1,22 µg/L em Barra Bonita (montante).

Em julho/00 os valores de clorofila foram de 40,45 µg/L no rio Tietê e 8,37 µg/L no rio Piracicaba. Nos reservatórios os valores obtidos foram de 22,45 µg/L em Bariri (jusante) e 3,48 µg/L em Três Irmãos (montante).

Figura 16 - Valores de clorofila-a total, obtidos nos reservatórios em cascata do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê e em seus tributários os Rios Tietê, Piracicaba e Bauru, durante o período de estudo.

7.3.8. Metais

Os resultados obtidos para os metais na água estão apresentados nas Tabelas 15, 16, 17, 18, 19 e 20 (em anexo) e, nas Figuras 17 e 18.

Em outubro/99 foram detectadas concentrações de Cádmio de 0,039 mg/L e 0,023 mg/L, nos rios Tietê e Piracicaba, respectivamente. Os valores obtidos nos reservatórios foram de 0,038 mg/L, em Três Irmãos, à montante, e 0,005 mg/L, em Ibitinga, à montante. Quanto ao Cobalto, não foram obtidos resultados nesse período. Em relação ao Cromo, os valores obtidos para os rios Piracicaba e Tietê, foram de 0,032 mg/L e 0,025 mg/L, respectivamente. Nos reservatórios, somente detectaram-se concentrações de Cromo em Ibitinga montante (0,16 mg/L) e jusante (0,07 mg/L), Nova Avandava montante (0,036 mg/L), Três Irmãos montante (1,896 mg/L) e jusante (0,361 mg/L). As concentrações de Cobre nos rios Piracicaba e Tietê foram de 0,036 mg/L e 0,018 mg/L, respectivamente. O valor máximo observado para o Cobre entre os reservatórios foi de 0,020 mg/L, em Três

Irmãos jusante e Nova Avanhandava jusante, com um valor mínimo de 0,002 mg/L, em Três Irmãos (montante). As concentrações de Ferro obtidas nos rios Piracicaba e Tietê foram de 1,182 mg/L e 0,672 mg/L, respectivamente, sendo que nos reservatórios os valores máximos e mínimos foram de 7,501 mg/L (Três Irmãos montante) e 0,024 mg/L em Bariri Jusante. As concentrações de Manganês nos rios Tietê e Bauru foram de 0,125 mg/L e 0,023 mg/L, respectivamente. Os valores obtidos para os reservatórios estiveram entre o máximo de 0,041 mg/L, em Barra Bonita montante e o mínimo de 0,001 mg/L, em Ibitinga jusante. As concentrações de Zinco obtidas para os rios Piracicaba e Tietê foram de 0,164 mg/L e 0,104 mg/L, respectivamente. As concentrações observadas para os reservatórios estiveram entre o máximo de 0,174 mg/L, em Nova Avanhandava jusante e o mínimo de 0,018 mg/L, em Promissão montante.

Verifica-se que em outubro/99 todas as concentrações de Cádmio estiveram acima do limite estabelecido na resolução CONAMA 20/86 para rios de Classe 2 (0,001 mg/L), enquanto que as concentrações de Cromo (Ibitinga e Três Irmãos), Cobre (Piracicaba) e Manganês (rio Tietê) estiveram acima da resolução somente em alguns pontos de amostragem.

Em fevereiro/00, a concentração de Cádmio para o rio Tietê foi de 0,002 mg/L. Nesse período, não se detectaram concentrações de Cádmio para os rios Piracicaba e Bauru. Quanto aos reservatórios, a maior concentração observada foi de 0,041 mg/L, observada em Nova Avanhandava jusante, com um mínimo de 0,009 mg/L, em Barra Bonita montante. Todos os valores estão acima do limite de 0,001 estabelecido pela CONAMA 20/86. As concentrações de Cobalto, observadas nos rios Bauru e Piracicaba, foram de 0,033 mg/L e 0,002 mg/L, respectivamente. As concentrações máxima e mínima obtidas nos reservatórios foram, respectivamente, de 0,061 mg/L, em Promissão jusante, e 0,017 mg/L, em Bariri jusante.

Quanto ao Cromo, no rio Piracicaba foi obtida uma concentração de 0,005 mg/L. Nos demais pontos de coleta as concentrações de Cromo estiveram abaixo do limite de detecção. Em relação à concentração de Cobre, ocorreu fato semelhante, sendo possível à quantificação somente no

rio Tietê (0,002 mg/L). As concentrações de Ferro obtidas foram de 5,423 mg/L, no rio Tietê e 1,136 mg/L no rio Bauru (máximo e mínimo), sendo que nos reservatórios a concentração máxima obtida foi de 2,015 mg/L, em Barra Bonita (jusante), e a mínima foi de 0,202 mg/L, em Promissão montante. As concentrações de Manganês, nos rios Tietê e Piracicaba foram de 0,260 mg/L e 0,136 mg/L, respectivamente. Em relação aos reservatórios, foram obtidas concentrações de 0,902 mg/L, em Nova Avanhandava jusante, e 0,006 mg/L, em Promissão jusante. Os valores relacionados às concentrações de Magnésio, nos rios Tietê e Piracicaba, estiveram entre 3,768 mg/L e 2,256 mg/L, respectivamente.

Quanto aos reservatórios, as concentrações (máxima e mínima) obtidas foram de 3,160 mg/L, (em Barra Bonita montante) e 2,254 mg/L (em Promissão jusante), respectivamente. As concentrações de Zinco nos rios Piracicaba e Tietê variaram entre 1,215 mg/L e 0,035 mg/L, respectivamente. Quanto às concentrações nos reservatórios, a máxima foi de 0,119 mg/L, em Barra Bonita montante, e a mínima foi de 0,005 mg/L, em Bariri jusante.

No mês de maio/00, as concentrações de Cádmio nos rios Tietê e Bauru foram de 0,009 mg/L e 0,006 mg/L, respectivamente. Quanto aos reservatórios, as concentrações (máxima e mínima) observadas foram de 0,008 mg/L, em Promissão jusante e Três Irmãos (montante), e 0,005 mg/L, em Bariri jusante, Nova Avanhandava jusante e em Ibitinga montante, respectivamente. Todos os valores estiveram acima do permitido pela resolução CONAMA 20/86. A concentração de cobalto obtida no rio Piracicaba foi de 0,006 mg/L. Em relação aos reservatórios, a concentração máxima obtida foi de 0,054 mg/L, em Promissão montante, e a mínima foi de 0,032 mg/L, em Três Irmãos (montante). Não foram detectadas concentrações desse elemento para os rios Tietê e Bauru, bem como para a maioria dos reservatórios. As concentrações de Cromo obtidas para os rios Piracicaba e Bauru foram de 0,169 mg/L e 0,146 mg/L, respectivamente. As concentrações (máxima e mínima) observadas nos reservatórios estiveram entre 0,250 mg/L (em Nova Avanhandava jusante) e 0,101 mg/L (em Barra Bonita montante).

Todas as concentrações obtidas estiveram acima do permitido pela resolução CONAMA 20/86 (0,05 mg/L). Em relação ao Cobre todas as concentrações estiveram abaixo do limite de detecção do equipamento. Quanto ao Ferro, a concentração observada no rio Piracicaba foi de 0,861 mg/L e no rio Tietê foi de 0,028 mg/L. Nos reservatórios, a máxima concentração de Ferro obtida foi de 0,411 mg/L, em Barra Bonita (jusante) e, a mínima foi de 0,049 mg/L, em Nova Avanhandava jusante. As concentrações de Manganês observadas nos rios Piracicaba e Bauru foram de 0,198 mg/L e 0,028 mg/L, respectivamente. Quanto aos reservatórios, a concentração máxima foi de 0,075 mg/L, em Ibitinga montante, obtendo a concentração mínima de 0,010, em Barra Bonita montante. As concentrações obtidas nos rios Tietê e Piracicaba estiveram acima do recomendado pela resolução CONAMA 20/86 (0,1 mg/L).

As concentrações de Magnésio no rio Tietê e Bauru foram de 3,852 mg/L (máxima) e 2,867 mg/L (mínima), respectivamente. Quanto aos reservatórios a concentração máxima obtida foi de 3,879 mg/L, em Ibitinga (jusante) e, a mínima foi de 0,300 mg/L, em Barra Bonita jusante. Em relação ao Zinco, entre os rios a maior concentração obtida foi de 0,044 mg/L, no rio Bauru e a mínima foi de 0,015 mg/L, no rio Piracicaba. Quanto aos reservatórios, a concentração máxima obtida foi de 0,132 mg/L, em Ibitinga jusante, com um valor mínimo de 0,014 mg/L, em Nova Avanhandava jusante.

No mês de julho/00, as concentrações de Cádmio para os rios Piracicaba e Tietê foram de 0,014 mg/L e 0,007 mg/L, respectivamente. Quanto aos reservatórios, os valores obtidos foram de 0,009 mg/L, em Barra Bonita jusante, Bariri montante e Nova Avanhandava montante, e 0,004 mg/L, em Ibitinga jusante. Todos os valores estiveram acima da resolução CONAMA 20/86 (0,001 mg/L). A concentração máxima de Cobalto, entre os rios, foi de 0,057 mg/L, no rio Piracicaba, sendo a mínima de 0,025 mg/L, no rio Tietê. Em relação aos reservatórios a concentração máxima foi de 0,096 mg/L, em Nova Avanhandava (montante) e, a mínima foi de 0,014 mg/L, em Três Irmãos jusante. O Cromo foi detectado somente no rio Tietê, com uma concentração de 0,008 mg/L. As concentrações máxima e mínima de Cobre

nos rios foram de 0,011 mg/L e 0,001 mg/L, correspondendo aos rios Tietê e Bauru, respectivamente. Quanto aos reservatórios a concentração máxima obtida foi de 0,008 mg/L, em Nova Avanhandava montante, registrando-se uma concentração mínima de 0,001 mg/L, em Ibitinga montante.

As concentrações de Ferro, nos rios Bauru e Tietê foram de 0,747 mg/L e 0,352 mg/L, respectivamente, enquanto nos reservatórios a concentração máxima obtida foi de 0,562 mg/L, em Barra Bonita (jusante) e, a mínima foi de 0,190 mg/L, em Três Irmãos jusante. As concentrações de Manganês, nos rios Tietê e Bauru, foram de 0,174 mg/L e 0,050 mg/L, respectivamente. Nos reservatórios, os valores máximo e mínimo foram de 0,418mg/L (em Barra Bonita montante) e 0,008 mg/L (em Promissão montante). No rio Tietê e em Barra Bonita montante as concentrações estiveram acima do permitido pela resolução CONAMA 20/86 (0,1 mg/L). Quanto às concentrações de Magnésio, nos rios Tietê e Piracicaba foram obtidas concentrações de 3,695 mg/L e 1,696 mg/L, respectivamente, sendo que nos reservatórios as concentrações estiveram entre 1,796 mg/L (em Nova Avanhandava montante) e 3,201 mg/L (em Bariri montante). As concentrações máxima e mínima de Zinco nos rios Bauru e Tietê foram de 0,043 mg/L e 0,012 mg/L, respectivamente. Quanto aos reservatórios, a concentração máxima obtida foi de 0,025 mg/L, em Três Irmãos jusante, sendo o mínimo de 0.002 mg/L, em Barra Bonita montante.

Resultados

Figura 17 - Concentrações de metais obtidas nos rios e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê durante o período de estudo.

Figura 18 - Concentrações de metais obtidas nos rios e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê durante o período de estudo.

7.3.9. Índice do Estado Trófico (IET)

De acordo com os resultados obtidos, os reservatórios de Barra Bonita, Bariri e Ibatinga, situados no início da cascata do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, foram classificados como eutróficos e os intermediários bem como os posicionados no final da cascata, foram classificados como mesotróficos ou Oligotróficos. Os rios Tietê, Piracicaba e Bauru, classificaram-se como eutróficos. Os valores médios de IET do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê encontram-se nas Tabelas 21, 22, 23 e 24 e na Figura 19.

Em outubro/99, devido à perda dos filtros de clorofila, não foi possível calcular o IET médio. Em fevereiro/00, verifica-se que o sistema Tietê se classifica como oligotrófico somente em Nova Avanhandava (montante) e em Três Irmãos (montante e jusante). Os demais pontos de coleta são mesotróficos (reservatórios intermediários) ou eutróficos (primeiros pontos de coleta). Em maio/00, foram considerados eutróficos somente os rios Tietê e Piracicaba, e o reservatório de Bariri (jusante). A maior parte do sistema foi classificado como oligotrófico. Em julho/00 somente foi calculado o IET médio a partir de Bariri (jusante), verificando-se que o sistema se classifica como oligotrófico. Avaliando-se os resultados obtidos observa-se que os primeiros pontos de coleta (rios e reservatórios) classificam-se como eutróficos, os intermediários como meso e eutróficos e os últimos entre oligo-mesotróficos, embora os resultados obtidos em Três Irmãos (jusante) correspondam a um ambiente eutrófico, nos meses correspondentes a fevereiro e maio de 2000.

Figura 19 - Valores do Índice de Estado Trófico de Carlson (1977) modificado por Toledo Jr et al (1983) para os pontos de coleta.

Tabela 21 - Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), em outubro/99, calculado com amostra de água de coluna integrada.

Estações de coleta	IET (Secchi)	ET	IET (P total)	ET	IET (PO ₄)	ET	IET (Clorofila-a)	ET	IET (M)	ET(M)
T	54	e	67	e	♣	-	*	*	-	-
P	61	e	58	e	55	e	*	*	-	-
BBM	48	m	62	e	61	e	*	*	-	-
BBJ	49	m	56	e	40	o	*	*	-	-
RB	58	e	73	e	72	e	*	*	-	-
BM	49	m	49	m	36	o	*	*	-	-
BJ	47	m	66	e	37	o	*	*	-	-
IM	38	o	60	e	31	o	*	*	-	-
IJ	43	o	48	m	29	o	*	*	-	-
PM	31	o	45	m	43	o	*	*	-	-
PJ	-	-	50	m	61	e	*	*	-	-
NAvM	34	o	42	o	43	o	*	*	-	-
NAvJ	35	o	43	o	42	o	*	*	-	-
TIM	31	o	50	m	14	o	*	*	-	-
TIJ	31	o	49	m	28	o	*	*	-	-

e = eutrófico, m = mesotrófico e o = oligotrófico

* não foram obtidos os valores de clorofila por problemas metodológicos.

♣ concentrações superiores as de fosfato total dissolvido

Resultados

Tabela 22 - Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), em fevereiro/00, calculado com amostra de água de coluna integrada.

Estações de coleta	IET (Secchi)	ET	IET (P total)	ET	IET (PO ₄)	ET	IET (Clorofila-a)	ET	IET (M)	ET (M)
T	-	-	72	e	♣	-	64	e	-	-
P	84	e	61	e	70	e	61	e	67	e
BBM	44	m	66	e	63	e	61	e	61	e
BBJ	52	m	75	e	63	e	59	e	64	e
RB	-	-	58	e	61	e	58	e	-	-
BM	42	m	59	e	60	e	57	e	56	e
BJ	49	m	55	e	40	o	64	e	52	m
IM	40	o	49	m	53	m	52	m	49	m
IJ	45	m	64	e	52	m	58	e	56	e
PM	38	o	57	e	48	m	58	e	52	m
PJ	35	o	51	m	31	o	57	e	45	m
NAVM	33	o	47	m	29	o	50	m	41	o
NAVJ	33	o	47	m	52	m	52	m	48	m
TIM	40	o	42	o	40	o	39	o	40	o
TIJ	38	o	45	m	41	o	40	o	41	o

e = eutrófico, m = mesotrófico e o = oligotrófico

♣ concentrações superiores as de fosfato total dissolvido

Tabela 23 - Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), em maio/00, realizado com as amostras de água de coluna integrada.

Estações de coleta	IET (Secchi)	ET	IET (P total)	ET	IET (PO ₄)	ET	IET (Clorofila-a)	ET	IET (M)	ET (M)
T	47	m	64	e	47	m	58	e	55	e
P	49	m	59	e	54	e	57	e	56	e
BBM	34	o	49	m	48	m	33	o	42	o
BBJ	-	-	50	m	53	m	52	m	-	-
RB	39	o	58	e	57	e	47	m	52	m
BM	39	o	56	e	51	m	48	m	50	m
BJ	42	o	57	e	72	e	59	e	60	e
IM	33	o	29	o	41	o	41	o	37	o
IJ	35	o	55	e	46	m	50	m	48	m
PM	24	o	50	m	26	o	50	m	40	o
PJ	32	o	45	m	28	o	58	e	42	o
NAVM	27	o	44	o	30	o	48	m	38	o
NAVJ	24	o	41	o	24	o	48	m	36	o
TIM	29	o	43	o	31	o	46	m	38	o
TIJ	27	o	47	m	37	o	44	o	41	o

e = eutrófico, m = mesotrófico e o = oligotrófico

Tabela 24 - Índice do estado trófico (IET) e estado trófico (ET) dos reservatórios do Médio e Baixo Tietê (SP), em julho/00, calculados com amostras de água de coluna integrada.

Estações de coleta	IET (Secchi)	ET	IET (P total)	ET	IET (PO ₄)	ET	IET (Clorofila-a)	ET	IET (M)	ET (M)
T	47	m	69	e	♣	-	68	e	-	-
P	66	e	92	e	♣	-	52	m	-	-
BBM	39	o	55	e	♣	-	60	e	-	-
BBJ	-	-	56	e	35	o	46	m	-	-
RB	47	m	68	e	♣	-	56	e	-	-
BM	39	o	53	m	♣	-	46	m	-	-
BJ	51	m	51	m	31	o	62	e	48	m
IM	33	o	46	m	32	o	49	m	41	o
IJ	32	o	44	o	18	o	49	m	36	o
PM	31	o	38	o	-19	o	56	e	26	o
PJ	31	o	28	o	27	o	56	e	36	o
NAvM	31	o	39	o	-5	o	52	m	29	o
NAvJ	24	o	38	o	22	o	46	m	34	o
TIM	19	o	38	o	35	o	43	o	36	o
TIJ	20	o	41	o	22	o	44	o	34	o

e = eutrófico, m = mesotrófico e o = oligotrófico ♣ concentrações superiores as de fosfato total dissolvido

7.3.10. Análise estatística

Os resultados obtidos na análise estatística revelaram dois fatores principais (Fator 1 e Fator 2), como apresentado nas Figuras 20, 21, 22 e 23.

Em outubro/99, o Fator 1 agregou as variáveis que indicam concentrações de nutrientes nos locais de estudo e estão relacionados ao processo de eutrofização. O Fator 2 está relacionado às variáveis oxigênio dissolvido e concentração de amônio.

O Fator 1 explicou 54,46% dos resultados. Essas variáveis representam uma carga de importância em valores acima de 0,7. A maior parte da variância dos resultados relaciona-se ao Fator 1. Quanto ao Fator 2, explicou 26,94 % da variância dos dados.

Em fevereiro/00, o Fator 1 explicou 60,99% dos resultados. Este agrega as variáveis relacionadas às concentrações de nutrientes e o Fator 2

explicou 14,67% da variância dos dados e representa uma carga de importância com valores abaixo de 0,7.

Em maio/00, o Fator 1 apresentou maior carga de importância, sendo representado pelos nutrientes, nitrito (NO_2), Fósforo total, fosfato total inorgânico e fosfato, sendo responsáveis por 17,22 % da variabilidade total dos dados.

No mês de julho/00, o Fator 1 apresentou maior carga de importância, sendo representado por 61,29 % da variabilidade total dos dados. O Fator 2 apresentou menor carga, sendo responsável por 17,23 % da variabilidade total dos dados constituído pelas variáveis, pH e dureza da água.

Nos períodos referentes a outubro/99, fevereiro/00, maio/00 e julho/00, o rio Tietê distanciou-se dos demais pontos, em função das elevadas concentrações de nutrientes, como fósforo total, nitrogênio total e algumas de suas formas, como o nitrito (NO_2), o íon amônio (NH_4) e o fósforo total, fosfato orgânico total, evidenciando-se um processo elevado de eutrofização nesse tributário, quando relacionado aos demais pontos. Esse resultado pode ser evidenciado em relação aos pontos correspondentes nos rios Bauru e Piracicaba.

Figura 20 - Resultados da análise estatística referente ao mês de outubro de 1999.

Figura 21- Resultados da análise estatística referente ao mês de fevereiro de 2000.

Figura 22 - Resultados da análise estatística referente ao mês de maio de 2000.

Figura 23 - Resultados da análise estatística referente ao mês de julho/00.

Os pontos de 1 a 15, ilustrados nas Figuras 20, 21, 22 e 23, referem-se aos seguintes locais de coleta:

1 - Rio Tietê	2 - Rio Piracicaba
3 - BB(M)	4 - BB(J)
5 - Rio Bauru	6 - B(M)
7 - B(J)	8 - I(M)
9 - I(J)	10 - P(M)
11- P(J)	12 - Nav(M)
13- Nav (J)	14 - TI(M)
15- TI(J)	

7.4. Caracterização física e química do sedimento

7.4.1. Análise Granulométrica

Os resultados obtidos através das análises granulométricas dos sedimentos, estão apresentados nas Tabelas 25, 26, 27 e 28, em anexo, bem como na Figura 24, correspondentes aos meses de fevereiro, maio e julho de 2000. A quantidade de sedimento, referente à amostra coletada no mês de outubro de 1999 não foi suficiente para realizar as análises.

Considerando o mês de fevereiro/00 (chuvoso), os percentuais de argila nos sedimentos dos Rios Tietê, Piracicaba e Bauru, foram 70%, 65% e zero, enquanto que os percentuais de silte foram 84%, em Nova Avanhandava (montante) e 81% em Promissão (montante).

Às percentagens de areia fina foram entre 87% em Nova Avanhandava (jusante) e 95%, em Três Irmãos (montante e jusante).

Os resultados, obtidos no período referente à maio/00 (seco) foram de 69, 50 e 23% de silte, 20%, 19% e 11%, nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru respectivamente.

Em relação aos reservatórios, as percentagens de argila foram 60%, no rio Tietê, e rio Bauru, 47%, observada no rio Piracicaba. Quanto à areia fina, nos sedimentos, nesse período, foram entre 21%, 17 e 11% nos rios Piracicaba, Tietê e Bauru, respectivamente. E quanto aos reservatórios foi de 95% em Três Irmãos (montante e jusante) e 3% em Barra Bonita (montante).

Quanto aos reservatórios, as percentagens de argila foram 50% em Bariri (montante) e 1% em Três Irmãos (jusante). Quanto à proporção de silte, foi de 21%, 20% e 17%, nos rios Piracicaba, Bauru e Tietê, respectivamente.

Em relação às percentagens de silte nos reservatórios, foi de 47%, em Barra Bonita (jusante) e a menor percentagem foi zero, em Bariri (jusante). Quanto à areia fina, nos sedimentos, nesse período, foram entre 18%, 5% nos rios Piracicaba, Tietê e Bauru, respectivamente.

Figura 24 - Composição granulométrica do sedimento nos rios e reservatórios pertencentes ao Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, durante o período de estudo.

7.4.2. Nitrogênio Orgânico Total e Fósforo Total

Os valores obtidos para nitrogênio e fósforo total estão apresentados na Figura 25, verificando-se que em outubro/99 a contribuição de nitrogênio no rio Tietê foi de 0,36%; no rio Piracicaba foi de 0,20% e no rio Bauru foi de 0,28%.

Figura 25- Contribuição percentual de nitrogênio e concentração de fósforo total nos Rios Tietê Piracicaba e Bauru e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, durante o período de estudo.

Nos reservatórios os valores obtidos foram de 0,36% (máximo), ocorrendo em Barra Bonita montante e Nova Avanhandava jusante. Os valores de fósforo obtidos nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru foram 100,17 µg/g, 70,11 µg/g e 64,02 µg/g, respectivamente, e o máximos e mínimos obtidos nos reservatórios foram 88,42 µg/g e 19,43 µg/g, correspondendo a Barra Bonita montante e Três Irmãos jusante, respectivamente.

Em fevereiro/00, os resultados de nitrogênio obtidos nos rios Bauru, Piracicaba e Tietê foram 0,22%, 0,21% e 0,16%, respectivamente. Entre os reservatórios, o valor máximo encontrado para nitrogênio foi de 0,30% (Barra Bonita montante) e o mínimo foi de 0,01% (Nova Avanhandava montante). As concentrações de fósforo total nos rios Tietê, Bauru e Piracicaba foram de 73,75 µg/g, 57,69 µg/g e 47,82 µg/g, respectivamente. Nos reservatórios, a concentração máxima foi encontrada em Barra Bonita montante (62,84µg/g) e a mínima foi de 2,52 µg/g, em Três Irmãos montante.

Em maio/00, os valores obtidos para nitrogênio nos rios Tietê, Bauru e Piracicaba foram 0,36%, 0,27% e 0,24%, respectivamente. As concentrações de nitrogênio obtidas nos reservatórios ficaram entre 0,61% (mínimo) e 38,13% (máximo), correspondendo a Três Irmãos jusante e Barra Bonita montante, respectivamente. Nesse mesmo período, os valores obtidos para o fósforo total nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru foram de 58,33 µg/g, 52,64 µg/g e 5,12 µg/g, respectivamente. Nos reservatórios, os valores estiveram entre 1,36 µg/g, em Três Irmãos jusante e 62,84 µg/g, em Barra Bonita montante.

No mês de julho/00, os valores de nitrogênio nos rios Bauru, Piracicaba e Tietê foram 0,32%, 0,22% e 0,10%, respectivamente. Em relação aos reservatórios, os valores máximos e mínimos obtidos foram 44,38% (em Ibitinga jusante) e 0,98% (em Promissão jusante). As concentrações de fósforo obtidas nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru foram de 57,19 µg/g, 37,47 µg/g e 3,48 µg/g, respectivamente. Nos reservatórios, os valores máximos e mínimos obtidos foram 57,73 µg/g e 2,80 µg/g, correspondendo a Bariri montante e Três Irmãos montante, respectivamente.

7.4.3. Matéria orgânica

Os valores obtidos para a contribuição percentual de matéria orgânica nas amostras de sedimento dos rios e reservatórios do sistema Tietê estão apresentados na Figura 26.

Em outubro/99, os percentuais de matéria orgânica, encontrados nos rios Bauru, Tietê e Piracicaba foram de 15,45%, 13,3% e 11,89%, respectivamente. Nos reservatórios a contribuição percentual máxima foi de 13,98% em Barra Bonita (jusante) e, a mínima foi de 2,31% em Nova Avanhandava (jusante).

Em fevereiro/00, a contribuição percentual de matéria orgânica presente nos sedimentos dos rios Bauru, Tietê e Piracicaba foi de 15,34%, 13,92% e 10,92%, respectivamente. Em relação aos reservatórios, a percentagem mínima e máxima de matéria orgânica encontrada foi de 14,35% em Bariri (montante) e 0,1% em Nova Avanhandava (jusante).

No mês de maio/00, a quantidade de matéria orgânica nos rios Bauru, Tietê e Piracicaba foi de 14,39%, 13,44% e 12,69%, respectivamente. Nos sedimentos dos reservatórios, a percentagem máxima de matéria orgânica foi de 14,17%, em Ibatinga (jusante) e a mínima foi de 0,2% em Nova Avanhandava (jusante).

Em julho/00, a percentagem de matéria orgânica no rio Bauru foi de 14,82%, no rio Tietê foi de 13,56% e no rio Piracicaba foi de 11,47%. Quanto aos reservatórios, a percentagem máxima foi 16,74%, em Promissão (montante) e a mínima obtida foi 0,3% em Bariri (jusante).

Figura 26 - Contribuição percentual de matéria orgânica, nas amostras de sedimento, coletadas nos Rios Tietê, Piracicaba e Bauru e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, durante o período de estudo.

7.4.4. Metais potencialmente biodisponíveis no sedimento

Os resultados obtidos para os metais potencialmente disponíveis no sedimento estão apresentados na Figura 27.

Em outubro de 1999, os valores de Cobalto nos rios Bauru, Tietê, e Piracicaba foram de 23,20 mg/kg, 7,80 mg/kg e 7,00 mg/kg, respectivamente. Nos reservatórios, os valores máximos e mínimos obtidos foram de 20,20 mg/kg, em Três Irmãos (jusante), e 0,80 mg/kg, em Ibitinga (montante). Os valores observados para o Cromo nos rios Piracicaba e Tietê foram de 67,60 mg/kg e 18,60 mg/kg, respectivamente. Para os reservatórios, os valores máximo e mínimo foram 74,00 mg/kg em Bariri (jusante) e 4,40 mg/kg. As concentrações de Cobre atingiram valores entre 9,20 mg/kg, 9,40 mg/kg e 36,20 mg/kg nos rios Tietê, Bauru e Piracicaba, respectivamente.

Resultados

Figura 27 - Concentração de metais potencialmente biodisponíveis nas amostras de sedimento dos rios Tietê, Piracicaba e Bauru reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, durante o período de estudo.

Nos reservatórios, valores entre 2,00 mg/kg (mínimo) e 34,00 mg/kg (máximo) foram evidenciados em Bariri (montante) e Nova Avanhandava (jusante), respectivamente. Valores expressivos de Ferro foram observados nos rios Tietê (2669,0 mg/kg), Piracicaba (1259,6 mg/kg) e Bauru (159,60 mg/kg). Nos reservatórios, os valores máximo e mínimo observados, foram de 4537,6 mg/kg em Barra Bonita (jusante) e 94,8 mg/kg em Nova Avanhandava (jusante).

Nesse período, os valores observados para o Manganês nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru foram 2660,0 mg/kg, 1259,6 mg/kg e 159,60 mg/kg, respectivamente. Nos reservatórios, os valores máximo e mínimo foram 4075,6 mg/kg e 43,20 mg/kg, em Barra Bonita (jusante) e Nova Avanhandava (jusante), respectivamente. Os resultados obtidos para o magnésio no rio Bauru foi 464,46 mg/kg, no rio Piracicaba foi 371,74 mg/kg e no rio Tietê foi de 276,40 mg/kg. Nos reservatórios, os valores máximo e mínimo, obtidos foram 660,82 mg/kg em Nova Avanhandava (jusante) e 173,64 mg/kg em Promissão (jusante), respectivamente. As concentrações obtidas para chumbo foram 14,0 mg/kg, no rio Bauru, 10,0 mg/kg no rio Tietê e 6,00 mg/kg, no rio Piracicaba. Nos reservatórios, os valores ficaram entre 2,00 mg/kg em Ibitinga (montante) e 16,0 mg/kg, em Barra Bonita (jusante) e Bariri (jusante). Para o zinco, os valores obtidos nos rios Bauru, Tietê e Piracicaba, foram de 94,06 mg/kg, 59,78 mg/kg e 32,98 mg/kg, respectivamente. Nos reservatórios, os valores máximos e mínimos foram de 64,56 mg/kg, em Barra Bonita (jusante) e, 0,24 mg/kg, em Nova Avanhandava (jusante), respectivamente.

Em fevereiro/00 foram detectadas concentrações de Cádmio entre 1 mg/kg, no rio Bauru e 0,80 mg/kg nos rios Tietê e Piracicaba. Entre os reservatórios, o valor máximo ocorreu em Três Irmãos (montante), com 1,80 mg/kg e, no reservatório de Nova Avanhandava (jusante) obteve-se a menor concentração (com 0,40 mg/kg). As concentrações de cobalto mantiveram-se entre 11,40 mg/kg no rio Bauru, 18,00 mg/kg no rio Tietê e 23,00 mg/kg e no rio Piracicaba. Os valores máximo e mínimo nos reservatórios foram de 26,60 mg/kg e 2,40 mg/kg, em Nova Avanhandava (montante) e Promissão (jusante), respectivamente. Os valores referentes ao cromo, nos rios Tietê,

Bauru e Piracicaba, variaram entre 6,20 mg/kg, 9,80 mg/kg e 11,40 mg/kg, respectivamente. As concentrações de ferro mais elevadas foram registradas nos rios Bauru, com 5872,8 mg/kg e Piracicaba, com 4698,4 mg/kg. Quanto aos reservatórios, as concentrações máxima e mínima foram registradas em Barra Bonita (jusante), com 9322,8 mg/kg e, em Três Irmãos (jusante), com 137,20 mg/kg, respectivamente. Em relação ao Manganês, a concentração obtida no rio Tietê foi de 1426,4 mg/kg e no rio Bauru foi de 605,00 mg/kg (valores máximo e mínimo, respectivamente). Nos reservatórios, a maior concentração foi obtida em Barra Bonita (montante), com 1778,0 mg/kg, e a menor concentração foi 8,20 mg/kg em Três Irmãos (jusante). Os valores relacionados ao Magnésio foram mais elevados no rio Piracicaba de 592,54 mg/kg e menos elevadas de 282,82 mg/kg no rio Tietê.

Em relação aos reservatórios, as concentrações de magnésio máxima e mínima, foram 451,24 mg/kg em Barra Bonita (jusante) e 54,64 mg/kg, em Nova Avanhandava (jusante). Os valores para o Chumbo nos rios Piracicaba e Bauru, variaram entre 10,00 mg/kg e 46,00 mg/kg, respectivamente. Entre os reservatórios, a concentração máxima obtida foi de 14,00 mg/kg em Barra Bonita (montante) e mínima de 2,00 mg/kg, em Promissão (montante). As concentrações de Zinco entre os rios Bauru, Tietê e Piracicaba, foram 69,02 mg/kg, 68,14 mg/kg, 62,94 mg/kg, respectivamente. Nos reservatórios as concentrações estiveram entre 1,20 mg/kg em Nova Avanhandava (jusante) e 41,42 mg/kg em Barra Bonita (jusante).

No mês de maio de 2000, as concentrações de Cádmio foram de 4,67 mg/kg no rio Tietê, 2,33 mg/kg no rio Piracicaba e 2,67 mg/kg, no rio Bauru. Em relação aos reservatórios, os valores verificados estiveram entre 1,33 mg/kg, em Três Irmãos (jusante) e 2,67 mg/kg, em Ibitinga (montante). As concentrações de cobalto nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru foram de 67,67 mg/kg, 25,00 mg/kg e 22,00 mg/kg, respectivamente. Em relação aos reservatórios, observaram-se valores entre 5,00 mg/kg em Ibitinga (montante) e 27,67 mg/kg, em Bariri (jusante). Em relação ao cromo foram obtidos valores de 70,67 mg/kg e 42,67 mg/kg, nos rios Bauru e Piracicaba, respectivamente. Entre os reservatórios, as concentrações de 87,00 mg/kg e 51,00 mg/kg (máxima e mínima, respectivamente) foram obtidas em Bariri

(montante e jusante), respectivamente. As concentrações de cobre nos rios Piracicaba, Bauru e Tietê foram, 57,67 mg/kg, 50,33 mg/kg e 20,00 mg/kg respectivamente. Os valores observados nos reservatórios estiveram entre 3,00 mg/kg e 56,33 mg/kg, em Três Irmãos (montante) e Bariri (montante), respectivamente. As concentrações de ferro nos rios Piracicaba, Bauru e Tietê foram de 29363,7mg/kg, 8958,6 mg/kg e 6093,3 mg/kg respectivamente.

Quanto aos reservatórios, os valores obtidos estiveram entre 59,33 mg/kg e 16961,2 mg/kg, correspondendo a Três Irmãos (jusante) e Ibitinga (montante), respectivamente. As concentrações de Manganês nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru foram 3315,9 mg/kg, 1866,6 mg/kg e 825,66 mg/kg respectivamente. Nos reservatórios, os valores obtidos estiveram entre 6,33 mg/kg e 4618,6 mg/kg, observados em Três Irmãos (jusante) e Bariri (montante), respectivamente. Em relação ao magnésio, as concentrações nos rios Bauru, Piracicaba e Tietê estiveram entre 480,0 mg/kg, 764,7 mg/kg, 1320,1 mg/kg, respectivamente. Quanto às concentrações obtidas nos reservatórios, obtiveram-se valores entre 82,9 mg/kg, em Três Irmãos (montante) e 444,43 mg/kg, em Promissão (jusante). As concentrações de chumbo estiveram entre 80,0 mg/kg, 100,0 mg/kg e 186,66 mg/kg, respectivamente nos rios Piracicaba, Bauru e Tietê.

Concentrações elevadas de chumbo foram observadas em Bariri (montante), de 83,33 mg/kg e em Ibitinga (jusante), de 80,00mg/kg, em Promissão (montante) de 80,00 mg/kg. A concentração mínima foi de 60,0 mg/kg foi obtida em Bariri (jusante). Quanto às concentrações de zinco, os valores observados nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru estiveram entre 20,41 mg/kg, 79,97 mg/kg e 82,93 mg/kg, respectivamente. Nos reservatórios, 62,77 mg/kg foi a concentração máxima, obtida em Bariri (montante), sendo que 3,03 mg/kg foi a concentração mínima, obtida em Três Irmãos (montante).

Em julho de 2000, foram detectados de cádmio entre 1,67 mg/kg, 2,67 mg/kg e 5,0 mg/kg nos rios Tietê, Bauru e Piracicaba , respectivamente. Nos reservatórios, os resultados verificados estiveram entre 2,00 mg/kg, em Bariri (montante) e 5,0 mg/kg, em Três Irmãos (jusante). As concentrações

obtidas para o cobalto nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru foram 63,33 mg/kg, 53,00 mg/kg e 13,97 mg/kg, respectivamente. Os resultados máximos e mínimos observados nos reservatórios foram 61,33 mg/kg e 3,33 mg/kg, em Barra Bonita (montante) e Três Irmãos (jusante), respectivamente. Para o cromo, os valores estiveram entre 6,33 mg/kg, no rio Piracicaba e de 11,67 mg/kg, no rio Tietê. As concentrações de ferro nos rios Piracicaba, Tietê, e Bauru foram de 24603,7 mg/kg, 24269,0 mg/kg, e 23946,4 mg/kg, respectivamente. Os resultados verificados nos reservatórios estiveram entre 179,0 mg/kg, em Nova Avanhandava (montante) e 28198,4 mg/kg, em Bariri (montante). As concentrações para o Manganês foram 2965,3 mg/kg no rio Tietê, 1620,6 mg/kg no rio Bauru e 1250,6 mg/kg no rio Piracicaba. Nos reservatórios, os resultados obtidos estiveram entre 47,3 mg/kg, em Nova Avanhandava (montante) e 3445,3 mg/kg, em Barra Bonita (montante).

Os resultados obtidos para Magnésio estiveram entre 748,0 mg/kg 797,4 mg/kg e 992,5 mg/kg, nos rios Bauru, Piracicaba e Tietê, respectivamente. Em relação às concentrações observadas nos reservatórios, os valores observados estiveram entre 122,9 mg/kg, em Três Irmãos (montante) e 999,1 mg/kg, em Nova Avanhandava (jusante). Algumas concentrações obtidas para o chumbo estiveram entre 96,67 mg/kg, 103,3 mg/kg e 183,33 mg/kg, correspondendo aos rios Tietê, Piracicaba e Bauru, respectivamente. Quanto aos reservatórios, concentrações de 143,3 mg/kg e 120,0 mg/kg foram obtidas em Promissão (montante e jusante) e Nova Avanhandava (montante e jusante) e em Barra Bonita (montante) e Bariri (jusante), respectivamente.

Quanto ao zinco, os valores obtidos estiveram entre 139,4 mg/kg, 163,3 mg/kg e 224,9 mg/kg, nos rios Bauru, Piracicaba e Tietê, respectivamente. Em relação aos reservatórios, os valores mínimo e máximo obtidos estiveram entre 122,07 mg/kg, em Barra Bonita (montante) e 1,60 mg/kg, em Três Irmãos (jusante).

7.5. Estrutura da Fauna de Macroinvertebrados bentônica

7.5.1. Composição da Fauna Bentônica

A comunidade de macroinvertebrados bentônicos, encontrada nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru, bem como nos reservatórios que fazem parte desse sistema, inclui organismos pertencentes aos Anellida (Classe Oligochaeta), Mollusca (Classes Gastropoda e Bivalvia) e Arthropoda (Super Classe Insecta), sendo representados no total por 16 taxa. Os resultados obtidos, considerando-se todo o período amostral e os pontos de coleta, estão apresentados na Tabela 29.

Durante o período de estudo foi identificado entre os Oligochaeta um total de 10 taxa, pertencentes às Famílias Tubificidae (*Limnodrilus hoffmeisteri*, *Branchiura sowerbÿi*, *Limnodrilus udekemianus*, *Tubifex tubifex* e *Bothrioneurum* sp); Naididae (*Pristina americana*, *Dero nivea* e *Dero digitata* e *Allonais chelata*); Alluroididae (*Brinkhurstia americanus*) e Opistocystidae (*Opistocysta funiculus*). Nesse mesmo período, dois taxa compuseram a fauna de Chironomidae, pertencentes à Ordem Díptera (*Goeldichironomus* sp e *Coelotanypus* sp)).

Em relação ao filo Mollusca, verificou-se a presença das famílias Thiaridae, Corbiculidae, Planorbidae e Lymnaeiidae, sendo representados por 5 taxa (*Melanoides tuberculatus*, *Haylacostoma* sp, *Corbicula fluminea*, *Biomphalaria* e *Lymnaea columella*). Algumas das espécies identificadas estão apresentadas nas Figuras 28 e 29.

Tabela 29 - Composição da fauna de macroinvertebrados bentônicos, referentes às coletas realizadas no Sistema Médio e Baixo Rio Tietê.

Filo Annelida	
Classe Oligochaeta	
Família Tubificidae	
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	(Claparède, 1862)
<i>Branchiura sowerbyi</i>	(Beddard, 1892)
<i>Limnodrilus udekemianus</i>	(Claparède, 1862)
<i>Bothrioneurum</i> sp	Stolc, 1888
<i>Tubifex tubifex</i>	(Müller, 1773)
Família Opistocystidae	
<i>Opistocysta funiculus</i>	(Cordero, 1948)
Família Naididae	
<i>Pristina americana</i>	Cernosvitov, 1937
<i>Dero nivea</i>	Aiyer (1924)
<i>Dero digitata</i>	(Müller, 1773)
<i>Allonais chelata</i>	(Marcus, 1944)
Família Alluroideidae	
<i>Brinkhurstia americanus</i>	Brinkhurst, 1964
Filo Arthropoda	
Classe Insecta	
Ordem Díptera	
Família Chironomidae	
Sub Família Chironomidae	
<i>Goeldichironomus</i> sp	
Sub Família Tanypodidae	
<i>Coelotanypus</i> sp	
Filo Mollusca	
Classe Gastropoda	
Família Thiariidae	
<i>Melanoides tuberculatus</i>	(Müller, 1774)
<i>Haylacostoma</i> sp	
Família Planorbidae	
<i>Biomphalaria</i> sp	Say, 1818
Família Lymnaeidae	
<i>Lymnaea columella</i>	Say, 1817
Classe Bivalve	
Família Corbiculidae	
<i>Corbicula fluminea</i>	(Müller, 1774)

Figura 28 - Alguns representantes de macroinvertebrados bentônicos (*Corbicula fluminea*, *Biomphalaria* sp e *Haylacostoma* sp)

Figura 29 - Alguns representantes de macroinvertebrados bentônicos (*Biomphalaria* sp e *Haylacostoma* sp).

7.5.2. Análise da Comunidade de macroinvertebrados bentônicos

Com o objetivo de facilitar a interpretação e análise dos resultados obtidos, optou-se por apresentar os dados relativos à composição e densidade e abundância relativa, da macrofauna de invertebrados referentes ao período de coleta, subdividindo-a em principais classes e famílias, e descrição dos gêneros e espécies encontradas.

7.5.3. Estimativa numérica

A densidade total de indivíduos pertencentes à macrofauna bentônica, nos Rios Tietê, Piracicaba e Bauru e nos reservatórios no Sistema Médio e Baixo Rio Tietê encontram-se em anexo (Tabela 30). O número total de organismos bem como a abundância total (%), referentes aos locais de estudo, encontram-se em anexo.

No período referente à outubro/99 a densidade total de indivíduos foi de 26043,66 ind/m², no Rio Tietê e 10665 ind/m² no Rio Bauru.

Quanto à densidade observada nos reservatórios foi entre 133,32 ind/m², no Reservatório de Barra Bonita (montante), Bariri (jusante) e 8355,44 ind/m², em Nova Avanhandava (montante).

Quanto ao período relativo à fevereiro/00, a densidade total de ind/m², observada no Rio Bauru foi de 8622,21 ind/m² e 2133,31 ind/m², no Rio Piracicaba. Nos Reservatórios foi de 6666,64 ind/m², em Promissão (meio) e 44,44 ind/m², em Três Irmãos (meio).

Em maio/00, a densidade total (máximo) observada, foi de 9199,88 ind/m², no Rio Bauru e 737,77 ind/m² (mínimo) no Rio Piracicaba.

Quanto aos reservatórios, observou-se densidade total de 11288,86 ind/m², em Nova Avanhandava (montante) e 311,09 ind/m², em Bariri (meio).

Quanto ao período referente à julho/00, a densidade total (máximo) foi observada no Rio Bauru, de 2533,32 ind/m², e 888,88 ind/m² (mínimo) no Rio Piracicaba. Quanto aos reservatório, a densidade total, máxima, foi de

7066,64 ind/m², em Nova Avanhandava (meio) e mínima de 177,77 ind/m², em Barra Bonita (montante) e Bariri (meio).

7.5.4. Densidade numérica

Os valores obtidos relativos às densidades das espécies, nos diferentes meses, encontram-se em anexo (Tabelas 31 a 39).

Em relação ao período de outubro/99 a Família Tubificidae representada pela espécie *Limnodrilus hoffmeisteri*, apresentou densidade numérica de 89111,1 ind/m², no rio Tietê e quanto aos reservatórios a maior densidade numérica foi de 888,9 ind/m², em Nova Avanhandava (meio). A espécie *Limnodrilus udekemianus* ocorreu em densidade numérica mais elevada, no rio Tietê a 74133,4 ind/m². Quanto à espécie *Branchiura sowerbyi* foi encontrada em densidade numérica de 2444,4 ind/m², no rio Tietê e densidade numérica de 1066,7 ind/m², no reservatório de Ibitinga (meio). A espécie *Tubifex tubifex*, foi observada somente no rio Piracicaba, com densidade numérica de 222,2 ind/m². Os indivíduos de Família Naididae foram representados pela espécie *Prístina americana* com 88,9 ind/m², no rio Tietê e 44,4 ind/m², nos reservatórios de Ibitinga (jusante) e Promissão (jusante). Quanto ao Naidideo, *Dero digitata*, foi observado, no rio Piracicaba, com densidade numérica de 44,4 ind/m². Quanto à Família Alluroididae foi representada pela espécie *Brinkhurstia americanus*, em densidade numérica de 133,33 ind/m², no Rio Piracicaba e 88,9 ind/m², no reservatório de Ibitinga (jusante) e, indivíduo pertencente à Família Opistocystidae, não foi observado nesse período.

Quanto à Família Chironomidae (Díptera) foram observadas nesse período, o gênero *Goeldichironomus*, com 8933,3 ind/m², no reservatório de Bariri (montante) e o gênero *Coelotanypus*, com 533,3 ind/m², no reservatório de Bariri (montante). Indivíduos pertencentes à Família Thiaridae (Mollusca) foram representados pelos gêneros *Haylacostoma* sp à densidade numérica de 8844,44 ind/m², no reservatório de Nova Avanhandava (meio) e pela espécie *Melanoides tuberculatus*, à densidade numérica de 488,88 ind/m², no reservatório de Bariri (jusante).

Quanto à Família Corbiculidae, foi representada pela espécie *Corbicula fluminea*, à densidade numérica de 6844,44 ind/m², no reservatório de Nova Avanhandava (meio). A Família Planorbidae, foi representada pelo gênero *Biomphalaria* sp, à densidade numérica de 444,44 ind/m², no reservatório de Promissão (jusante). A Família Lymnaiidae, foi representada pela espécie *Lymnaea columella*, com densidade numérica de 133,33 ind/m², no reservatório de Nova Avanhandava (montante).

No período referente à fevereiro/00, a Família Tubificidae foi representada pelas espécies *Limnodrilus hoffmeisteri* e *Limnodrilus udekemianus*, à densidade numérica de 5111,1 ind/m² e 2311,1 ind/m², no rio Bauru, respectivamente. Quanto à espécie *Branchiura sowerbyi* foi observada à densidade numérica de 2355,6 ind/m², no reservatório Bariri (montante). Quanto aos Naidideos, a espécie *Prístina americana* foi representada à uma densidade numérica de 222,2 ind/m², no rio Piracicaba.

Quanto à espécie *Dero digitata*, foi observada em densidade numérica de 44,4 ind/m², no reservatório de Nova Avanhandava (meio). Quanto a espécie *Allonais chelata*, foi observada em densidade numérica de 222,2 ind/m², nos reservatórios de Promissão (jusante) e Nova Avanhandava (meio). Quanto à Família Alluroididae, foi representada pela espécie *Brinkhurstia americanus*, em densidade numérica de 577,77 ind/m², no reservatório de Promissão (montante). Quanto à Família Opistocystidae, não esteve representada nesse período.

Os representantes da Família Thiaridae (Mollusca) como o gênero *Haylacostoma*, esteve em densidade numérica de 3822 ind/m², no reservatório de Promissão (meio) e *Melanoides tuberculatus*, em densidade numérica de 267 ind/m², no reservatório de Nova Avanhandava (montante). Quanto à Família Corbiculidae, foi representada pela espécie *Corbicula fluminea*, em densidade numérica de 756 ind/m², no rio Bauru. A Família Planorbidae foi representada por *Biomphalaria* sp com 89 ind/m², no reservatório de Nova Avanhandava (jusante). A espécie *Lymnaea columella*, representante da Família Lymnaiidae, não foi encontrada nesse período.

Quanto à Família Chironomidae (Díptera), os gêneros *Goeldichironomus* sp e *Coelotanypus* foram representados em densidade

numérica de 444,4 ind/m², nos rios Bauru e Piracicaba, respectivamente e quanto aos reservatórios, as densidades numéricas observadas foram 44,4 ind/m², no reservatório de Três Irmãos (jusante) e 133,3 ind/m², no reservatório de Promissão (montante), respectivamente.

No período referente a maio/00, a Família Tubificidae (Oligochaeta) esteve representada pela espécie *Limnodrilus hoffmeisteri* em densidade numérica de 5111,0 ind/m², no rio Bauru e 5600,0 ind/m², no reservatório de Bariri (montante). A espécie *Limnodrilus udekemianus* foi encontrada em densidade numérica de 2311,1 ind/m², no rio Bauru e em 533,3 ind/m², no reservatório de Promissão (jusante). Quanto à *Branchiura sowerbyi*, foi representada em densidade numérica de 7111 ind/m², no rio Piracicaba e 2844,4 ind/m², no reservatório de Ibitinga (montante). A Família Naididae (Oligochaeta) foi representada pela espécie *Prístina americana*, com densidade numérica de 133,3 ind/m², no rio Piracicaba. A densidade numérica da espécie *Dero digitata* foi de 88,9 ind/m², nos reservatórios de Bariri (meio) e Ibitinga (montante).

Quanto à espécie *Allonais chelata*, esteve em densidade numérica de 222,2 ind/m², no reservatório de Nova Avanhandava (jusante). Em relação à Família Alluroididae, a espécie *Brinkhurstia americanus* foi encontrada em densidade numérica de 266,6 ind/m², nos reservatórios de Promissão (jusante) e Nova Avanhandava (jusante). A espécie *Opistocysta funiculus*, pertencente a Família Opistocystidae, foi observada em densidade numérica de 133,3 ind/m², no rio Bauru e nos reservatórios de Bariri (meio) e Ibitinga (montante).

Quanto à Família Chironomidae (Díptera) os gêneros *Goeldichiromus* e *Coelotanypus* foram observados em densidade numérica de 266,7 ind/m² e, 355,6 ind/m², nos reservatórios de Barra Bonita (montante), Barra Bonita jusante, respectivamente) e Promissão (jusante). A Família Thiaridae (Mollusca) foi representada pelo gênero *Haylacostoma* sp com densidade numérica de 267 ind/m², no rio Tietê e 8578 ind/m², no reservatório de Nova Avanhandava (meio). Quanto à espécie *Melanoides tuberculatus*, foi observada em densidade numérica de 933 ind/m², no reservatório de Nova Avanhandava (meio). A Família Corbiculidae foi representada por *Corbicula*

flumineae em densidade numérica de 756 ind/m², no rio Bauru e 1556 ind/m², no reservatório de Ibitinga (meio). A Família Planorbidae foi representada pelo gênero *Biomphalaria* sp, com densidade numérica de 1289 ind/m², no reservatório de Ibitinga (jusante) e quanto à Família Lymnæidae, a espécie *Lymnaea columella* foi representada por 267 ind/m², no reservatório de Nova Avanhandava (meio).

Quanto ao período relativo à julho/00, foi representado pela Família Tubificidae (Oligochaeta), com a espécie *Limnodrilus hoffmeisteri* em densidade numérica de 2488,9 ind/m², no rio Bauru e 533,3 ind/m², no reservatório de Ibitinga (jusante). Quanto à espécie *Limnodrilus udekemianus*, foi observada em densidade numérica de 44,4 ind/m², no reservatório de Ibitinga (meio) e, a espécie *Branchiura sowerbyi*, foi encontrada em densidade numérica de 5866,7 ind/m², no reservatório de Bariri (montante).

O gênero *Bothrioneurum* foi representado à densidade numérica de 88,9 ind/m², no reservatório de Três Irmãos (jusante). Quanto à Família Naididae (Oligochaeta) foi representada pela espécie *Prístina americana* à densidade numérica de 400,0 ind/m², no reservatório de Promissão (jusante) e *Dero nívea*, em 44,44 ind/m², nos rios Bauru e Tietê e nos reservatórios de Bariri (montante) e Promissão. A espécie *Dero digitata* foi representada no reservatório de Bariri (montante), Ibitinga (meio e jusante) à densidade numérica de 88,9 ind/m². A espécie *Allonais chelata* não foi encontrada durante o referido período.

Quanto à Família Alluroididae (Oligochaeta), foi representada pela espécie *Brinkhurstia americanus*, observada no reservatório de Três Irmãos (jusante) em densidade de 133,33 ind/m². A Família Opistocystidae (Oligochaeta), foi representada por *Opistocysta funiculus*, à densidade de 266,6 ind/m², no reservatório de Promissão (montante). Os indivíduos da Família Chironomidae (Díptera) foram representados pelos gêneros *Goeldichironomus* e *Coelotanypus* em densidade numérica de 311,1 ind/m², no reservatório de Três Irmãos (montante) e 88,9 ind/m², no reservatório de Bariri (montante) e Promissão (montante), respectivamente.

Quanto à Família Thiaridae (Mollusca), foi representada pelo gênero *Haylacostoma* sp, em densidade numérica de 6044,0 ind/m², no reservatório de Nova Avanhandava (meio) e pela espécie *Melanoides tuberculatus*, em densidade numérica de 1422 ind/m², no reservatório de Três Irmãos (meio).

Quanto à Família Corbiculidae (Mollusca), foi representada pela espécie *Corbicula fluminea* em densidade numérica de 2400 ind/m², no reservatório de Nova Avanhandava (montante). A Família Planorbidae (Mollusca) foi representada pelo gênero *Biomphalaria* sp em densidade numérica de 3467 ind/m², no reservatório de Promissão (montante). Quanto à Família Lymnaeidae (Mollusca), foi representada pela espécie *Lymnaea columella*, em densidade numérica de 756 ind/m², no reservatório de Ibitinga (jusante).

Os valores de densidade numérica descritos, correspondem à máxima densidade das espécies encontradas nos locais e período de amostragem.

7.5.5 Abundância relativa

I) Abundância relativa referente aos grupos de macroinvertebrados bentônicos, no sistema Médio e Baixo Rio Tietê.

As Figuras 30, 31, 32 e 33 e, a Tabela 40 (em anexo), ilustram os resultados obtidos para a abundância relativa dos grupos de macroinvertebrados bentônicos presentes no sistema Médio e Baixo Rio Tietê, no período de estudo.

No período referente à outubro /99 (Figura 29), observou-se o grupo Oligochaeta, com 87,49%, no Rio Tietê e 9,56%, no Rio Piracicaba. Quanto aos reservatórios, foram observadas abundância entre 0,05% e 0,73%, em Barra Bonita (meio) e Promissão (jusante), respectivamente.

Quanto aos indivíduos pertencentes ao grupo Díptera, apresentaram abundância de 33%, no Rio Piracicaba e 13%, no Rio Tietê, em dez locais de coleta. Quanto aos reservatórios, a abundância foi de 20%, em Promissão (montante) e, 14% em Bariri (montante). Em relação ao grupo

Mollusca, apresentou maior abundância, no reservatório de Nova Avanhandava (meio), correspondente a 37,63% e 36,69% (montante).

Em fevereiro/00 (Figura 30), a maior abundância referente ao grupo de Oligochaeta, ocorreu no Rio Bauru, com 38,9%. Quanto aos reservatórios observou-se percentagens entre 0,7% e 12,4%, em Ibitinga (meio) e no reservatório de Bariri (montante). Quanto ao grupo Díptera, observou-se abundância relativa, de 50%, no Rio Tietê e, quanto aos reservatórios, 12 %, em Ibitinga (meio). Esse grupo foi observado em apenas cinco locais de coleta, durante o referido período. O grupo Mollusca foi observado em maior abundância, no reservatório de Promissão (meio) com 38,17% e no Rio Tietê, com 11,67%. No período referente à maio/00 (Figura 31), a maior abundância verificada, correspondeu ao grupo Oligochaeta, com 65,4%, no Rio Tietê e quanto aos reservatórios a abundância foi entre 0,98%, em Promissão (jusante) e 41,18%, em Bariri (montante). Em relação ao Grupo Díptera, nesse período, foi de 33,0%, no Rio Bauru e 29%, no reservatório de Promissão (meio). Quanto ao Grupo Mollusca, observou-se abundância relativa, entre 60,33%^{60,33%}, em Promissão (meio). A abundância observada nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru, foi menos significativa. ^{7000 Av}

Em relação à julho/00 (Figura 32), o grupo Oligochaeta esteve representado em abundância de 34,17%, no Rio Bauru. Quanto aos reservatórios, a abundância relativa foi entre 0,25% e 34,17% no reservatório de Bariri (meio e montante), respectivamente. Em relação ao grupo Díptera, a abundância relativa foi entre 12% e 47%, no reservatório de Ibitinga (jusante) e Bariri (montante), respectivamente. Quanto ao grupo Mollusca, foi melhor representado, em abundância, de 21,82%, no Reservatório de Nova Avanhandava (meio).

Resultados

Figura 30 – Abundância relativa (%) dos grupos pertencentes à fauna bentônica observadas nos Rios e Reservatórios do sistema Médio e Baixo Rio Tietê (SP), referente ao período de outubro de 1999.

Figura 31 – Abundância relativa (%) dos grupos pertencentes à fauna bentônica observadas nos Rios e Reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê (SP), referente ao período de fevereiro de 2000.

Figura 32– Abundância relativa (%) dos grupos pertencentes à fauna bentônica observadas nos Rios e Reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê (SP), referente ao período de maio de 2000.

Figura 33 – Abundância relativa (%) dos grupos pertencentes à fauna bentônica observadas nos Rios e Reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê (SP), referente ao período de julho de 2000.

II) Abundância relativa das diferentes famílias pertencentes à fauna bentônica, do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê.

Os resultados obtidos após análise da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, referentes às famílias observadas no presente estudo encontram-se nas Figuras 34, 35, 36 e 37.

Em outubro/99, a Família Tubificidae (Oligochaeta) apresentou maior abundância relativa, de 87,78% observada no Rio Tietê. Quanto à Família Naididae (Oligochaeta) a maior abundância foi de 37,5%, no reservatório de Ibitinga (jusante). A Família Opistocystidae, apresentou maior abundância relativa, de 100%, no reservatório de Promissão (jusante). Quanto à Família Chironomidae (Díptera) a abundância relativa mais elevada, foi de 32,75%, no rio Piracicaba. Quanto aos reservatórios maior abundância relativa foi de 19,65%, no reservatório de Promissão (meio).

Figura 34– Abundância relativa de Famílias pertencentes à fauna bentônica, nos Rios e Reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê (SP), no período referente à outubro de 1999.

Figura 35 – Abundância relativa de Famílias pertencentes à fauna bentônica nos Rios e Reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê (SP), no período referente à fevereiro de 2000.

Figura 36 – Abundância relativa de Famílias pertencentes à fauna bentônica, nos Rios e Reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê (SP), no período referente à maio de 2000.

Figura 37 – Abundância relativa de Famílias pertencentes à fauna bentônica, presentes nos Rios e Reservatórios do sistema Médio e Baixo Rio Tietê (SP), no período referente à julho de 2000.

Quanto à Família Thiaridae (Mollusca) a maior abundância relativa observada foi de 58,2%, em Nova Avanhandava (meio). A maior abundância relativa observada, para a Família Corbiculidae (Mollusca) foi de 78,6%, em Nova Avanhandava (meio). Em relação à Família Planorbidae (Mollusca) foi de 83,3%, em Promissão (montante) e quanto a Família Lymnaidae, foi observada em abundância de 75%, em Nova Avanhandava (montante).

Quanto ao período referente à fevereiro/00, a Família Tubificidae (Oligochaeta) foi encontrada em abundância relativa de 41,3%, no Rio Bauru e nos reservatórios em 13,1%, em Bariri (montante). Em relação à Família Naididae (Oligochaeta) foi observado em abundância de 75%, no Rio Bauru e 25% no reservatório de Nova Avanhandava (meio). A Família Alluroididae foi observada em abundância de 61,9%, em Promissão (jusante).

Quanto à Família Chironomidae (Díptera) foi observada em abundância relativa entre 5,9% e 6,6% em Promissão (montante) e no Rio Tietê, respectivamente.

Em relação à Família Thiaridae (Mollusca) foi observada em abundância relativa de 54,7%, no reservatório de Promissão (meio); A família Corbiculidae (Mollusca) foi verificada em 38,6% no reservatório de Promissão (meio). Quanto à Família Planorbidae (Mollusca) foi observada em 50%, no reservatório Nova Avanhandava (jusante) e a Família Lymnaidae (Mollusca), em 100%, no reservatório de Promissão (montante).

No período de maio/00, a Família Tubificidae (Oligochaeta) foi observada em abundância relativa de 41,6% no reservatório de Bariri (montante). A Família Opistocystidae (Oligochaeta) foi observado em 100% , no reservatório de Bariri (meio). Quanto à Família Chironomidae (Díptera) foi observada em abundância relativa de 33,4%, no rio Bauru e quanto a abundância verificada nos reservatórios foi de 29,17%, em Promissão (meio).

Em relação à Família Thiaridae (Mollusca) a maior abundância relativa verificada foi de 62,87%, no reservatório de Nova Avanhandava (meio). Quanto à Família Corbiculidae (Mollusca) foi observada em abundância de 99,18%, no reservatório de Nova Avanhandava (meio). Em relação à Família Planorbidae (Mollusca) a abundância relativa, foi de

84,38%, no reservatório de Ibitinga (jusante). Quanto à Família Lymnaiidae (Mollusca) foi observada abundância de 100% no reservatório de Nova Avanhandava (meio).

No período referente à julho/00, a Família Tubificidae (Oligochaeta) foi representada em abundância relativa, de 35,3%, no reservatório de Ibitinga (jusante). Quanto à Família Naididae (Oligochaeta) a abundância relativa foi de 60%, no reservatório de Ibitinga (jusante) e a Família Opistocystidae (Oligochaeta) foi de 75%, no reservatório de Ibitinga (jusante). Em relação à Família Alluroididae (Oligochaeta) foi observado em abundância relativa, de 100% no reservatório de Três Irmãos (jusante). A família Chironomidae (Díptera) foi observada em abundância relativa, de 47,1%, no reservatório de Bariri (montante).

Quanto à Família Thiaridae (Mollusca) a maior abundância relativa observada foi de 29%, no reservatório de Nova Avanhandava (meio). Em relação à Família Corbiculidae (Mollusca) a abundância relativa observada nesse período foi de 68,8%, no reservatório de Bariri (jusante). A Família Planorbidae (Mollusca) foi observada em abundância relativa de 61,9%, no reservatório de Promissão (meio) e a Família Lymnaiidae, foi observada com abundância relativa de 94,7%, no reservatório de Bariri (jusante). ^{Promissão (meio)}

7.6. Índices Bióticos

a) Índice de riqueza de espécies (R)

O índice para riqueza de espécies (R), calculado para a macrofauna bentônica, considerou os locais de coleta e o período de estudo. E os resultados obtidos após o cálculo dos índices são mostrados na Tabela 41:

Tabela 41 - Índice de riqueza de espécies (R), relativo à fauna de macroinvertebrados bentônicos nos Rios e Reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê, no período de estudo.

Locais de Coleta	Outubro/99	Fevereiro/00	Maio/00	Julho/00
BB(M)	2	1	4	1
BB(meio)	3	1	1	0
BB(J)	2	0	5	2
RP	7	5	3	2
RT	6	1	3	2
RB	3	4	4	2
B(M)	2	1	2	7
B (meio)	1	0	3	2
B(J)	3	2	4	0
I(M)	2	1	6	1
I (meio)	3	2	3	7
I (J)	7	3	5	7
Pr (M)	4	4	4	7
Pr (meio)	6	6	5	8
Pro(J)	5	5	8	4
N. Avan (M)	4	5	7	1
N. Avan meio)	4	3	5	5
N. Avan (J)	0	5	10	2
TI (M)	0	0	0	3
TI (meio)	0	0	1	1
TI (J)	0	0	2	5

No período referente à outubro/99, foi de 7,0 no Rio Piracicaba, 6,0 no Rio Tietê, 3,0 no Rio Bauru. Quanto aos reservatórios, a maior riqueza observada foi de 6,0, em Promissão (meio) e zero, e, Nova Avanhadava (jusante), Três Irmãos (montante, meio, jusante).

No período referente à fevereiro/00, os índices observados foram de 5,0, 4,0, e 1,0, nos Rios Piracicaba, Bauru e Tietê, respectivamente. Em relação aos reservatórios, o maior índice foi obtido em Promissão (meio) e zero, em barra Bonita (jusante), Bariri (meio), Três Irmãos (montante, meio e jusante).

Quanto ao período referente à maio/00, os índices de riqueza, observados, foram de 4,0, no Rio Bauru e 3,0, nos Rios Piracicaba e Tietê. E nos reservatórios o maior índice de riqueza foi de 10,0, observado em Nova Avanhandava (jusante) e zero em Três Irmãos (montante).

Em relação ao período de julho/00, os índices de riqueza observados nos Rios Tietê, Piracicaba e Bauru, foi 2,0 e, quanto aos reservatórios, o maior índice de riqueza foi 8,0, em Promissão (meio) e zero, em Barra Bonita (meio) e Bariri (jusante).

b) Índice de Diversidade de espécies de Shannon (H^+)

O índice de Diversidade de espécies de Shannon (H^+) (Tabela 42), calculado para a fauna de macroinvertebrados bentônicos, referente aos locais e período de coleta, apresentou os seguintes resultados: no período referente à outubro/99 um reduzido número de espécies bentônicas e maior número de indivíduos por espécie, foram observados nos locais de estudo.

Nos Rios Tietê, Piracicaba e Bauru, os valores obtidos através do cálculo da diversidade (H^+) foram entre 1,11, 1,24 e 1,40, respectivamente.. Quanto aos reservatórios foram observados valores de diversidade de 2,12, em Ibatinga (jusante) e zero em Bariri (meio), Nova Avanhandava (jusante), Três Irmãos (montante, meio e jusante).

No período referente à fevereiro/00, os valores obtidos através do cálculo da diversidade (H^+) foram de 2,23, 1,48 e 0,32, nos Rios Piracicaba, Bauru e Tietê, respectivamente. Quanto aos reservatórios, a maior diversidade, de 1,68, foi observada em Nova Avanhandava (jusante) e menor diversidade foi zero, em Barra Bonita (montante, meio), Bariri (montante), Ibatinga (montante) e Três Irmãos (montante), meio, jusante).

Tabela 42 - Índice de diversidade de Shannon (H^+) referente à fauna de macroinvertebrados bentônicos nos pontos de coleta, durante o período de estudo.

Locais de Coleta	Outubro/99	Fevereiro/00	Maio/00	Julho/00
BB(M)	0,91	0	1,67	0
BB(meio)	1,37	0	0	0
BB(J)	0,97	-	2,01	0,91
RP	1,24	2,23	1,34	0,46
RT	1,11	0,32	1,43	0,27
RB	1,40	1,48	1,35	0,12
B(M)	0,31	0	0,91	0,67
B (meio)	0,00	-	1,55	0,81
B(J)	1,21	0,91	1,70	0
I(M)	0,91	0	0,87	0
I (meio)	1,23	0,65	1,29	1,69
I (J)	2,12	0,60	2,05	2,40
Pr (M)	1,30	1,63	1,46	1,41
Pr (meio)	2,44	1,37	1,12	1,58
Pro(J)	2,02	1,51	1,91	1,84
N. Avan (M)	1,61	1,28	2,29	0
N. Avan meio)	1,32	0,54	1,14	1,07
N. Avan (J)	-	1,68	2,02	0,99
TI (M)	-	0	0	1,57
TI(meio)	-	0	0	0
TI(J)	0	0	0,80	1,10

No período referente à maio/00, os valores obtidos através do cálculo da diversidade (H^+) foram de 1,43, 1,35 e 1,34 nos Rios Tietê, Bauru e Piracicaba, respectivamente. E quanto aos reservatórios, maior índice de diversidade, verificado foi de 2,29, em Nova Avanhandava (montante) e o menor índice foi zero, observado em Barra Bonita (meio), Três Irmãos (montante, meio).

No período referente à julho/00 os índices de diversidade (H^+) obtidos para os Rios Piracicaba, Tietê e Bauru, foram de 0,46, 0,27 e 0,12, respectivamente. Quanto aos reservatórios, o maior índice de diversidade foi de 2,40, observado em Ibitinga (jusante) e o menor foi zero, observado em

Barra Bonita (montante, meio), Bariri (jusante) e Ibitinga (montante) em Nova Avanhandava (montante) e Três Irmãos (meio).

c) Índice de Dominância de taxa (D)

O índice de dominância de taxa (D) foi calculado para a macrofauna bentônica referente aos locais de coleta e período de estudo, cujos resultados são evidenciados na Tabela 43.

No período de outubro/99, os valores obtidos para D, foram de 0,51, 0,50 e 0,46, nos rios Tietê, Bauru e Piracicaba, respectivamente. E nos reservatórios, o maior índice de dominância foi de 0,72, observado em Ibitinga (jusante) e Promissão (jusante).

No período referente à fevereiro/00, os valores obtidos para o índice de dominância de taxa, foram de 0,77, 0,56 e zero, referentes aos rios Piracicaba, Bauru e Tietê, respectivamente.

Quanto aos reservatórios, os índices obtidos foram de 0,63 em Promissão (montante) e zero, em Barra Bonita (montante, meio e jusante), em Bariri (montante e meio), em Ibitinga (montante).

No período referente à maio/00, os valores obtidos para o índice de dominância de taxa, foi de 0,59, 0,57 e 0,53, nos rios Tietê, Piracicaba e Bauru, respectivamente. Quanto aos reservatórios, os índices foram de 0,76, em Nova Avanhandava (montante) e zero, e, Barra Bonita (meio), Três Irmãos (montante e meio).

Quanto ao período referente à julho/00, os valores obtidos para o índice de dominância de taxa, foram de 0,44, 0,18 e 0,09, para os rios Bauru, Piracicaba e Tietê, respectivamente. Em relação aos reservatórios, os índices observados foram de 0,78 em Ibitinga (jusante) e zero, em Barra Bonita (montante e meio), Bariri (jusante), Ibitinga (montante) e Nova Avanhandava (montante) e Três Irmãos (meio).

Tabela 43 - Índice de dominância de Simpson (D) relativo à fauna de macroinvertebrados bentônicos nos Rios e Reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê.

Locais de Coleta	Outubro/99	Fevereiro/00	Mai/00	Julho/00
BB(M)	0,44	0,00	0,63	0,00
BB(meio)	0,57	0,00	0,00	0,00
BB(J)	0,48	0,00	0,70	0,44
RP	0,46	0,77	0,57	0,18
RT	0,51	0,00	0,59	0,09
RB	0,50	0,56	0,53	0,44
B(M)	0,10	0,00	0,43	0,18
B (meio)	0,00	0,00	0,65	0,40
B(J)	0,51	0,44	0,65	0,00
I(M)	0,44	0,00	0,24	0,00
I (meio)	0,52	0,27	0,52	0,56
I (J)	0,72	0,20	0,73	0,78
P (M)	0,46	0,63	0,57	0,54
P (meio)	0,80	0,45	0,40	0,66
P(J)	0,72	0,53	0,62	0,70
N. Avan (M)	0,60	0,42	0,76	0,00
N. Avan (meio)	0,55	0, 18	0,39	0,37
N. Avan (J)	-	0,62	0,70	0,49
TI (M)	-	-	0,00	0,66
TI(meio)	-	-	0,00	0,00
TI(J)	-	-	0,37	0,35

d) Índice de Equitatividade (J')

O índice de equitabilidade (Tabela 44), obtido para o período referente à outubro/99 foi de 0,88 (máximo), no Rio Bauru e 0,43 (mínimo), no Rio Tietê. A equitabilidade (máxima), obtida nos reservatórios foi de 0,94, em Promissão (meio) e zero, em Bairi (meio) e Três Irmãos (jusante).

Em fevereiro/00 no Rio Tietê, foi observado equitabilidade de 0,94 (máximo) e 0,74 (mínimo) no Rio Bauru. Quanto aos reservatórios foi observada equitabilidade de 0,91 (máximo) em Bariri (jusante) e zero, em

Barra Bonita (montante e meio), Bariri (montante), Ibitinga (montante) e Três Irmãos (montante, meio e jusante),

Tabela 44 - Índice de Equitatividade (J') referente à fauna de macroinvertebrados bentônicos nos Rios e Reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê.

Locais de Coleta	Outubro/99	Fevereiro/00	Maior/00	Julho/00
BB(M)	0,91	0	0,83	0
BB(meio)	0,86	0	0	-
BB(J)	0,97	-	0,86	0,91
RP	0,44	0,96	0,85	0,46
RT	0,43	-	0,90	0,27
RB	0,88	0,74	0,67	0,12
B(M)	0,31	0	0,91	0,24
B (meio)	0	-	0,98	0,81
B(J)	0,76	0,91	0,85	0
I(M)	0,91	0	0,34	0
I (meio)	0,77	0,65	0,81	0,60
I (J)	0,75	0,38	0,88	0,86
P (M)	0,65	0,81	0,73	0,50
P (meio)	0,94	0,53	0,50	0,53
P(J)	0,87	0,65	0,64	0,92
N. Avan (M)	0,80	0,55	0,81	0
N. Avan (meio)	0,66	0,34	0,50	0,50
N. Avan (J)	-	0,72	0,60	0,99
TI (M)	-	0	0	0,99
TI(meio)	-	0	0	0
TI(J)	0	0	0,80	0,50

Em relação ao período de maio/00, foi verificada equitabilidade de 0,90 (máximo) no Rio Tietê e 0,67 (mínimo), no Rio Bauru. E nos reservatórios a equitabilidade de 0,98 (máximo) foi observada em Bariri (meio) e zero, nos reservatórios de Barra Bonita (meio) e Três Irmãos (montante e meio).

No período de julho/-00, foi observada equitabilidade de 0,46 (máximo), no Rio Piracicaba e 0,12 (mínimo), no Rio Bauru. Nos reservatórios verificou-se equitabilidade de 0,99 (máximo) em Nova Avandava (jusante) e Três

Irmãos (montante) e zero, em Barra Bonita (montante), Nova Avanhandava (montante) e Três Irmãos (meio).

As “caselas” preenchidas com valores zero significam que o número de organismos encontrado, não foram significativos para a aplicação dos índices.

7.7. Índice de estado trófico (IET) e abundância de Oligochaeta

Os resultados obtidos para o IET, relacionado à abundância de Oligochaeta, estão apresentados na Tabela 45.

No período de outubro/99, o maior IET foi obtido no Rio Tietê (423,50) e no Reservatório de Nova Avanhandava (meio). E os menores Índices de Estado Trófico foram observados em Barra Bonita (jusante), Bariri (montante e jusante), em Nova Avanhandava (montante, jusante) e nos Reservatórios de Três Irmãos (montante, meio e jusante), com valor zero.

No período referente à fevereiro/00, o maior IET foi observado no Rio Bauru (15,40) e no Reservatório de Nova Avanhandava (meio), (4,20). O menor Índice obtido foi zero, nos Reservatórios de Barra Bonita (jusante), Bariri (meio), Ibitinga (montante), Promissão (montante), Nova Avanhandava (meio e jusante) e Três Irmãos (montante, meio e jusante).

No período de maio/00 o maior IET, foi observado no Rio Bauru (19,70) e no Reservatório de Bariri (montante) (22,21). O menor IET obtido foi zero, nos Reservatórios de Nova Avanhandava (montante e meio) e Três Irmãos (montante, meio e jusante).

Quanto ao período relativo à julho/00, o maior IET obtido foi em Bariri (montante), de 11,43. E o menor IET observado foi zero, em Barra Bonita (meio e jusante) em Bariri (jusante), Promissão (montante), Nova Avanhandava (montante e jusante) e Três Irmãos (montante e meio).

Tabela 45 – IET relacionado à abundância de Oligochaeta obtido para os diferentes meses, no período de estudo.

Locais de Coleta	Outubro/99	Fevereiro/00	Maio/00	Julho/00
BB(M)	0,31	0,45	1,74	0,18
BB(meio)	0,20	0,18	0,45	0
BB(J)	0	0	0,05	0
RP	70,27	1,51	2,26	2,17
RT	423,50	3,60	0,89	2,55
RB	-	15,40	19,70	7,40
B(M)	0	2,40	22,21	11,43
B (meio)	0,44	0	0,002	0,40
B(J)	0	0,35	0,98	0
I(M)	0,18	0	5,56	3,86
I (meio)	2,54	1,16	0,05	0,21
I (J)	1,22	1,21	3,21	0,64
Pr (M)	0,15	0	2,00	0
Pr (meio)	0,26	0,80	1,50	0,15
Pro(J)	1,17	2,06	1,58	1,25
N. Avan (M)	0	4,20	0	0
N. Avan (meio)	3,12	0	0	0,16
N. Avan (J)	0	0	3,58	0
TI (M)	0	0	0	0
TI(meio)	0	0	0	0
TI(J)	0	0	0	0,15

Esses resultados foram correlacionados ao IET (Carlson), como observado na Figura 38, os quais confirmam, como caracteristicamente eutrofizados, os reservatórios e tributários, situados no início da cascata, meso e oligotrófico, os reservatórios intermediários e posicionados no final da cascata. Os valores de I_{PA} que serviram como referência para esses resultados foram: < 0,8 oligotrófico, entre 0,8 e 10 mesotrófico e > 10 eutrófico, segundo MOZLEY; HOWMILLER, LANG; MILBRINK apud: PROBST (1987).

Figura 38- Correlação entre o IET (Carlson) e IET(Oligochaeta), referente aos meses de fevereiro/00, maio/00 e julho/00, no período de estudo.

7.8. Bioensaios de Toxicidade

Devido a alguns problemas metodológicos, não foi possível realizar os bioensaios de toxicidade com as amostras de sedimento referentes à coleta de outubro de 1999. Uma vez que as coletas continuaram a ser realizadas no sistema Tietê por outros membros da equipe, optou-se pela realização dos bioensaios com amostras de sedimento coletadas no mês de outubro de 2000, embora as demais análises não tenham sido computadas no presente estudo.

7.8.1. Testes de sensibilidade

Os testes de sensibilidade laboratorial, constituíram-se em avaliações rotineiras dos organismos-teste, com a substância de referência, cujo objetivo consiste na avaliação do estudo fisiológico desses organismos (USEPA, 1994).

Avaliação da sensibilidade ao cloreto de potássio (KCl)

- *Chironomus xanthus*

Os testes de sensibilidade, com substância de referência (KCl) foram realizados antecedendo aos testes de toxicidade, para avaliar a saúde dos organismos-teste.

Os organismos selecionados para os testes laboratoriais, apresentaram-se entre os 3º e 4º estádios de desenvolvimento larval, (7/8 dias) e, foram submetidos a diferentes concentrações da solução –teste (1,5; 2,25; 3,5; 5,0 e 7,5 g/L) e um controle.

As larvas foram mantidas em temperatura variando entre 22 °C a 25 °C, por um período de 96 horas, fotoperíodo de 12 horas, e alimento no primeiro dia.

Para cada concentração foram feitas três réplicas, cada uma com 200 mL da solução teste e 6 horas de larvas de *Chironomus xanthus*.

Após o período de contato, as culturas apresentaram valores de CL50 96H, inseridas na faixa de sensibilidade estabelecida entre 3,3 g/L e 6 g/L,

Resultados

de KCl portanto, adequadas para serem utilizadas em testes de toxicidade (FONSECA, 1997).

Através do coeficiente de variação (CV), foi medida a precisão intralaboratorial relativa aos testes de sensibilidade. Os resultados obtidos através dos testes de sensibilidade com a substância de referência (KCl) (CL50 entre 4,77 g/L e 5,17 g/L) apontaram as culturas como adequadas para se realizarem os testes de toxicidade (Tabela 46).

Os resultados obtidos através das análises estatísticas encontram-se nas Tabelas 47, 48 e 49. As medidas de pH, temperatura, condutividade e dureza foram tomadas no início e término dos experimentos.

Tabela 46– Valores de CL50, 96H em g/L de KCl para *Chironomus xanthus*, obtidos nos testes de sensibilidade.

Data do Teste	LC ₅₀	Limite inferior	Limite superior
Março/00	5,09	4,41	5,87
Abril/00	5,17	4,73	5,65
Maio/00	5,12	4,63	5,68
Outubro/00	4,77	3,97	5,74
CV	3,6	-	-

Tabela 47 - Tratamento estatístico relativo ao teste de sensibilidade realizado com *Chironomus xanthus* em março de 2000.

DATA 03/2000	Teste número 1	Duração 1 dia				
KCl						
<i>Chironomus xanthus</i>						
18 indivíduos						
Concentrações (g L ⁻¹)	1,50	2,25	3,50	5,00	7,50	
letalidade	1	2	4	4	18	
Spearman-Kärber Trim	5,56%					
LC50: 5,09						
95% lower confidence	4,41					
95% upper confidence	5,87					

Tabela 48 - Tratamento estatístico relativo ao teste de sensibilidade realizado com *Chironomus xanthus* em abril de 2000.

DATA 30/04/2000	Teste número 2	Duração 1 dia			
KCI					
<i>Chironomus xanthus</i>					
18 indivíduos					
concentrações	1,50	2,25	3,50	5,00	7,50
letalidade	0	0	0	8	18
Spearman-Kärber Trim	0,00%				
LC50: 5,17					
95% lower confidence	4,73				
95% upper confidence	5,65				

Tabela 49 - Tratamento estatístico relativo ao teste de sensibilidade realizado com *Chironomus xanthus* em maio de 2000.

DATA 05 /2000	Teste número 3	Duração 1 dia			
KCI					
<i>Chironomus xanthus</i>					
18 indivíduos					
concentrações	1,50	2,25	3,50	5,00	7,50
letalidade	1	1	1	8	18
Spearman-Kärber trim	5,56%				
LC50: 5,12					
95% lower confidence	4,63				
95% upper confidence	5,68				

7.8.2. Testes de toxicidade aguda com amostras de sedimento

Os resultados, obtidos através da avaliação da toxicidade aguda de amostras de sedimento dos Reservatórios e tributários pertencentes ao Sistema Médio e Baixo Rio Tietê e, o organismo teste, *Chironomus xanthus*, estão apresentados nas Figuras 39, 40, 41 e 42.

Figura 39 - Percentagem de letalidade de larvas de *Chironomus xanthus* expostas às amostras de sedimento dos diferentes reservatórios, referente a coleta de abril/2000, sendo V = vivos, SL = efeito sub-letal e L = efeito letal.

Figura 40 - Percentagem de letalidade de larvas de *Chironomus xanthus* expostas às amostras de sedimento dos diferentes reservatórios, referente a coleta de maio/00, sendo V = vivos, SL = efeito sub-letal e L = efeito letal.

Figura 41 - Percentagem de letalidade de larvas de *Chironomus xanthus* expostas às amostras de sedimento dos diferentes reservatórios, referente a coleta de julho/00, sendo V = vivos, SL = efeito sub-letal e L = efeito letal.

Figura 42 - Percentagem de letalidade de larvas de *Chironomus xanthus* expostas às amostras de sedimento dos diferentes reservatórios, referente a coleta de outubro/00, sendo V = vivos, SL = efeito sub-letal e L = efeito letal.

Evidenciou-se decréscimo nos percentuais de letalidade dos organismos expostos às amostras de sedimento nos reservatórios situados no final da cascata, quando comparados àqueles próximos aos Rios Tietê, Piracicaba e Bauru, com exceção dos Reservatórios de Promissão (montante), com 67% de letalidade e, 50% de sub-letalidade (jusante), além do reservatório de Nova Avanhandava (montante, com 50% de sub-letalidade).

Ao término dos testes, em todos os períodos amostrados, o pH final variou entre 6,1 e 8,0. No período referente à abril/00 e maio/00, observou-se pH de 5,4 e 4,6, no rio Tietê, respectivamente. A dureza (CaCO_3) final, da água proveniente das amostras de sedimento, dos locais de estudo, variou entre 6,0 e 30, considerando-se os locais de coleta e o período de estudo.

No presente estudo foram realizados os testes de toxicidade procurando avaliar a toxicidade das amostras de sedimento dos reservatórios em cascata do sistema Tietê e alguns de seus tributários. Considerou-se o seguinte critério de avaliação: $\text{CL}_{50} > 50\% \rightarrow$ toxicidade aguda, $0 < \text{CL}_{50} \rightarrow$ indícios de toxicidade e $\text{CL}_{50} = 0 \rightarrow$ ausência de toxicidade.

Os testes de toxicidade, realizados com as amostras de sedimentos, provenientes dos rios e reservatórios, pertencentes ao sistema Médio e Baixo Rio Tietê, permitiram avaliar os níveis de toxicidade e considerar os efeitos letais ou sub-letais, em invertebrados (*Chironomus xanthus*), submetidos à teste agudo de toxicidade (96H). O termo "sub-letalidade", em testes agudo de toxicidade ($< 100\text{h}$) foi observado em trabalhos realizados por MACIOROWSKI and CLARKE (1980), com invertebrados aquáticos. Ao término dos bioensaios, os organismos em condições de sub-letalidade foram identificados através da perda de sua coloração avermelhada, característica das larvas de *Chironomus* pela coloração pálida ou amarelada acompanhada por movimentos muito lentos. Tais avaliações consideradas no presente estudo, caracterizaram os organismos-teste, *Chironomus xanthus*, em condições de sub-letalidade. Os resultados obtidos estão apresentados nas Tabelas 51, 52, 53 e 54 e nas Figuras 39, 40, 41 e 42.

Resultados

No período referente ao mês de abril/00 (Tabela 50), os testes de toxicidade em amostras de sedimentos, dos locais de estudos, demonstraram os seguintes resultados: percentagens de letalidade de 55,6%, nos rios Piracicaba e Bauru. Quanto aos Reservatórios, o de Barra Bonita (jusante) registrou, apontaram 66,7% e 50% de letalidade, respectivamente. Foram observados 50% de ^{sub-letal} semi-letalidade nos Reservatórios de Promissão (jusante) e Nova Avanhandava (montante). O pH (final) referente aos testes de toxicidade variou entre 5,4 (Rio Tietê) e 6,8 em Promissão (jusante) e a dureza (final) entre 4,8, em Promissão (jusante) e 6,0 no Rio Bauru e Três Irmãos (montante).

Tabela 50 – Valores em percentagem, de letalidade de larvas de *Chironomus xanthus* expostas ao sedimento dos diferentes reservatórios, referente a coleta de abril/2000, sendo V = vivos, SL = efeito sub-letal e L = efeito letal.

	V	SL	L	pH final	D final
CONTROLE	100	0	0	-	-
PIRACICABA	33,3	11,1	55,6	6,1	12
TIETÊ	16,7	44,3	38,7	5,4	20
BAURU	11,1	33,3	55,6	6,4	6
BB (M)	0,0	33,3	66,7	6,2	10
BB (J)	0,0	50,0	50,0	6,6	22
BA (M)	100,0	0,0	0,0	6,1	10
BA (J)	100,0	0,0	0,0	6,5	20
IB (M)	38,7	44,7	16,7	6,5	10
IB (J)	61,1	0,0	39,0	6,5	12
PR (M)	55,7	0,0	44,7	6,4	16
PR (J)	28,0	50,0	22,2	6,8	48
NA (M)	16,7	50,0	33,3	6,4	40
NA (J)	77,7	0,0	22,3	6,2	8
TI (M)	100,0	0,0	0,0	6,1	6
TI (J)	83,3	0,0	16,7	6,1	8

Em relação ao período de maio/00 (Tabela 51), os percentuais de letalidade observados foram de 88,3%, no Rio Tietê e 66,7%, no Rio Bauru. No Rio Piracicaba foram observados 50% de ^{suble}semi-letalidade entre os organismos. Quanto ao reservatório de Barra Bonita (montante) o percentual de ^{suble}semi-letalidade foi de 61,1%.

Tabela 51 – Valores em percentagem, de letalidade de larvas de *Chironomus xanthus* expostas ao sedimento dos diferentes reservatórios, referente a coleta de maio/2000, sendo V = vivos, SL = efeito sub-letal e L = efeito letal.

	V	SL	L	pH final	D final
CONTROLE	100	0	0		
PIRACICABA	27,7	50,0	22,3	6,8	20
TIETÊ	5,6	11,1	83,3	4,6	42
BAURU	27,7	5,6	66,7	6,6	32
BB (M)	39,0	61,1	0,0	7,8	22
BB (J)	33,3	30,3	33,3	6,8	32
BA (M)	89,0	11,1	0,0	6,8	22
BA (J)	100,0	0,0	0,0	8,0	24
IB (M)	100,0	0,0	0,0	6,9	22
IB (J)	78,0	22,2	0,0	8,0	30
PR (M)	100,0	0,0	0,0	6,6	22
PR (J)	94,3	0,0	5,6	7,6	22
NA (M)	100,0	0,0	0,0	6,7	22
NA (J)	83,3	16,7	0,0	7,1	30
TI (M)	100,0	0,0	0,0	8,0	24
TI (J)	100,0	0,0	0,0	7,1	24

No período referente à julho/00 (Tabela 52), constatarem-se 94,4% de letalidade, no Rio Bauru, 72,2%, no Rio Piracicaba e 66,7%, no Rio Tietê. Os reservatórios de Promissão (montante) e Barra Bonita (montante) registraram-se 66,7% e 55,6% de letalidade, respectivamente.

Tabela 52 – Valores em percentagem, de letalidade de larvas de *Chironomus xanthus* expostas ao sedimento dos diferentes reservatórios, referente à coleta de julho/2000, sendo V = vivos, SL = efeito sub-letal e L = efeito letal.

	V	SL	L	pH final	D final
CONTROLE	100	0	0		
PIRACICABA	11,1	16,7	72,2	6,7	24
TIETÊ	5,6	27,8	66,7	6,7	28
BAURU	5,6	0,0	94,4		
BB (M)	27,7	16,7	55,6	6,9	20
BB (J)	33,3	33,3	33,6	7,0	30
BA (M)	94,3	5,7	0,0	7,8	26
BA (J)	100,0	0,0	0,0	6,9	32
IB (M)	66,3	17,0	16,7	7,1	30
IB (J)	66,7	0,0	33,3	6,7	34
PR (M)	11,0	22,3	66,7	6,5	24
PR (J)	100,0	0,0	0,0	6,6	20
NA (M)	72,3	27,7	0,0	7,4	24
NA (J)	88,7	11,3	0,0	7,0	30
TI (M)	94,3	5,6	0,0	7,1	22
TI (J)	94,3	0,0	5,6	7,0	32

Em relação à outubro/00 (Tabela 53), observando-se os locais amostrados, constataram-se níveis de toxicidade, nos Rios Tietê, Bauru e Piracicaba, evidenciados pelas percentagens de letalidade de 89,0%, 77,7% e 55,6%, respectivamente.

O reservatório de Barra Bonita (jusante) registrou condição de toxicidade, obtida através do resultado de 55,6% de letalidade entre os organismos teste. O pH (final) esteve entre 6,3 a 7,1 e a dureza (final), entre 20 a 34, nesse período.

Tabela 53 – Valores em porcentagem, de letalidade de larvas de *Chironomus xanthus* expostas ao sedimento dos diferentes reservatórios, referente a coleta de outubro/2000, sendo V = vivos, SL = efeito sub-letal e L = efeito letal.

	V	SL	L	pH final	D final
CONTROLE	100	0	0		
PIRACICABA	44,3	0,0	55,6	6,5	20
TIETÊ	11,1	0,0	89,0	6,6	22
BAURU	22,3	0,0	77,7	6,3	34
BB (M)	55,6	16,7	28,0	6,6	22
BB (J)	33,3	11,1	55,6	6,8	32
BA (M)	83,3	11,3	5,6	6,6	30
BA (J)	100,0	0,0	0,0	6,9	22
IB (M)	66,7	33,3	0,0	6,7	30
IB (J)	83,3	11,0	5,7	6,9	32
PR (M)	89,0	0,0	11,1	6,0	22
PR (J)	94,4	0,0	5,6	7,1	24
NA (M)	100,0	0,0	0,0	7,1	22
NA (J)	100,0	0,0	0,0	6,6	24
TI (M)	72,3	16,7	11,1	6,9	22
TI (J)	100,0	0,0	0,0	6,9	24

7.8.3. Análise estatística

Modelo tipo fatorial de Análise de Variância (Teste de Tukey)

Períodos:

- 1) corresponde ao mês de julho/00
- 2) corresponde ao mês de maio/00
- 3) corresponde ao mês de outubro/00
- 4) corresponde ao mês de abril/00

Variável : vivos

Para a análise referente ao comportamento da variável (vivos) relacionado aos locais de coleta e dos respectivos períodos de estudo,

Resultados

utilizou-se o modelo tipo fatorial, considerando-se como fatores, os locais de estudo (total de 15) e os períodos (total de 4).

O procedimento da análise da variância fatorial, realizado através do programa SAS, consta na Tabela 54 onde:

F= valor da tabela

QM= quadrado médio de tratamentos

GL = Grau de liberdade

SQ = Soma do quadrado

Pr>0,05 ou Pr< 0,05

Tabela 54 - Análise da variância fatorial, realizado através do programa SAS.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Pr>F
Período	3	5615,61	1871,87	5,58	0,0026
Local	14	54671,48	3905,10	11,64	0,0001
Erro	42	14089,44	-	-	-
Total	59	74376,54	-	-	-

Para os fatores locais e períodos de coleta, há evidências de diferenças, com 5% de significância entre os locais e períodos de coleta. Aplicou-se portanto o Teste Tukey, onde:

Tabela 55 – Dados obtidos relativos à aplicação do Teste de Tukey:

Grupo Tukey	Média	N	Período
A	71,86	15	2
A	70,37	15	3
B A	58,08	15	1
B	4,815	15	4

Os resultados obtidos através de análise estatística apontou diferenças entre os locais de coleta e período de estudo, referentes aos meses de 4/00 e 7/00.

Variável : sub-letais

Para a análise referente ao comportamento da variável (sub-letais) relacionado aos locais de coleta e períodos estudados, utilizou-se o modelo tipo fatorial, considerando-se como fatores, os locais de estudo (total de 15) e período (4).

O procedimento da análise da variância fatorial, realizado através do programa SAS, consta na Tabela 56.

Tabela 56 - Análise da variância fatorial, realizado através do programa SAS.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Pr>F
Período	3	1610,36	536,78	2,31	0,0900
Local	14	6066,98	433,35	1,87	0,0601
Erro	42	9757,26	-	-	-
Total	59	17434,62	-	-	-

Considerando-se a variável sub-letalidade, para os fatores: períodos de estudo e locais de coleta, não se evidenciou, em nível de 5% de significância, diferenças entre esses fatores, portanto não foi aplicado o Teste de Tukey, como evidencia a Tabela 57:

Tabela 57 - Dados obtidos relativos à aplicação do Teste de Tukey:

Agrupamento Tukey	Média	N	Período
A	21,113	15	4*
A	13,873	15	2
A	11,853	15	1
A	6,673	15	3*

Através dos resultados obtidos em análises estatísticas não foi possível observar diferenças marcantes entre os períodos de 10/99; 02/00, 5/00 e 10/00 bem como entre os locais estudados para a variável sub-letalidade.

Variável : letais

Para a análise referente ao comportamento da variável letalidade relacionado aos locais e períodos de estudos, utilizou-se o modelo tipo fatorial, considerando-se como fatores, os locais de estudo (total de 15) e 4 períodos. O procedimento da análise da variância fatorial, realizado através do programa SAS, encontra-se na Tabela 58.

Tabela 58 - Análise da variância fatorial, realizado através do programa SAS.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Pr>F
Período	3	2648,87	882,95	32,67	0,0195
Local	14	35358,28	2525,59	10,50	0,0001
Erro	42	10102,98	-	-	-
Total	59	48110,15	-	-	-

Para a variável letalidade, os fatores: períodos e locais de estudo de coleta, evidenciaram diferenças, em nível de 5% de significância, entre esses fatores, portanto foi aplicado o Teste de Tukey, como consta na Tabela 59:

Tabela 59 - Dados obtidos relativos à aplicação do Teste de Tukey:

Agrupamento Tukey	Média	N	Período
A	30,767	15	4
A	29,653	15	1
B - A	23,000	15	3
B	14,080	15	2

Através dos resultados estatísticos constatou-se no período e locais de coleta, diferentes letalidades nos tributários Tietê, Piracicaba e Bauru e nos reservatórios de Barra Bonita (montante) e Bariri (montante) em relação ao período e locais de coleta referente ao mês de 5/00.

Variável : pH

Para a análise referente ao comportamento da variável pH, relacionado aos locais de coleta e períodos de estudos, utilizou-se o modelo tipo fatorial, considerando-se como fatores, os locais de estudo (total de 15) e 4 períodos. O procedimento da análise da variância fatorial, realizado através do programa SAS, encontra-se na Tabela 60.

Tabela 60 - Análise da variância fatorial (pH), realizado através do programa SAS.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Pr>F
Período	3	4,48	1,49	1,57	0,2117
Local	14	19,62	1,40	1,47	0,1650
Erro	42	40,04	-	-	-
Total	59	64,15	-	-	-

Para a variável correspondente ao pH, os fatores: períodos e locais de coleta, não se evidenciaram diferenças entre esses fatores, em nível de 5% de significância, entre esses fatores, portanto não foi aplicado o Teste de Tukey, como consta na Tabela 612:

Tabela 61 - Dados obtidos relativos à aplicação do Teste de Tukey:

Agrupamento Tukey	Média	N	Período
A	7,0267	15	2*
A	6,7000	15	3
A	6,4933	15	1
A	6,2867	15	4*

Nos locais de coleta e período de estudo, não se observaram diferenças significativas quanto à variável pH (final), resultante dos testes ecotoxicológicos.

Variável : Dureza

Para a análise referente ao comportamento da variável dureza, relacionado aos locais e períodos de estudos, utilizou-se o modelo tipo fatorial, considerando-se como fatores, os locais de estudo (total de 15) e os 4 períodos. O procedimento da análise da variância fatorial, realizado através do programa SAS, encontra-se na Tabela 62.

Tabela 62 - Análise da variância fatorial (dureza), realizado através do programa SAS.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	Pr>F
Período	3	913,33	301,44	4,2	0,0110
Local	14	847,73	60,55	0,83	0,6294
Erro	42	3046,66	-	-	-
Total	59	4807,73	-	-	-

Para o fator período, há diferença entre os períodos de estudo, para a variável dureza, em nível de 5% de significância. Aplicando-se, portanto, Teste de Tukey, observou-se (Tabela 63):

Tabela 63 - Dados relativos à aplicação do Teste de Tukey:

Agrupamento Tukey	Média	N	Período
A	26,000	15	2
A	25,467	15	3
A	25,067	15	1
B	16,533	15	4

Quanto ao modelo estatístico, aplicado para a variável dureza (final), no período (4) referente ao mês de abril/00, observaram-se valores significativos, relacionados aos pontos de amostragens, quando comparados aos outros períodos de estudo.

8. Discussão

O sistema, o qual pertence o Médio e Baixo Rio Tietê, constitui-se de uma cascata de reservatórios, com alterações significativas quanto à sua dinâmica, tempo de retenção, ciclo hidrológico, acentuadas pelo fluxo proveniente dos principais tributários, os rios Tietê, Piracicaba e Bauru, com abordagem nesse estudo.

Alguns fatores, incluindo-se as variações climatológicas e sazonais, atuam sobre o sistema, implicando em alterações na ciclagem da matéria e nos processos biológicos (ESTEVES, 1982). Através dos estudos realizados por ESPÍNDOLA (2001), foram constatados que o tempo de residência da água nos reservatórios, altera de alguma forma, os mecanismos de funcionamento em todo o sistema, considerando-se que a circulação da água exerce influência direta no transporte e sedimentação de nutrientes, bem como na distribuição das comunidades biológicas locais.

Nesse sistema de reservatórios dispostos em cascata, o aporte e acúmulo de nutrientes e materiais sólidos, encontram-se relacionados ao intenso desenvolvimento rural e industrial na região onde se encontra inserida a Bacia Hidrográfica do Médio e Baixo Rio Tietê, acentuados pelo componente pluviométrico. Segundo PAYNE (1986) a precipitação em águas tropicais determina o curso de eventos sazonais, pelos efeitos que causa na hidrologia e hidroquímica destes sistemas. A precipitação promove a lixiviação do solo e o carreamento de material para o ambiente lótico, os quais funcionam como escoadouro de eventos que se sucedem na bacia de drenagem. À partir do momento, em que as substâncias são introduzidas nesses ecossistemas ocorrem intensas modificações, algumas das quais são assimiladas pela biota durante seu percurso (OISHI, 1996). Todavia, HYNES (1960), mencionou, que tais fatores nem sempre obedecem a um padrão necessariamente uniforme, com ocorrência de alterações na distribuição dos organismos, e em alguns casos especiais atuam de forma isolada ou em áreas restritas.

Ao longo do sistema, em cascata, no sistema do Médio e Baixo Rio Tietê, GÜNTZEL (2000), constatou um gradiente crescente na transparência da água, fato ocorrido durante este período de estudo.

A turbidez pode ser refletida, principalmente pelo teor de material abiótico em suspensão o qual, segundo GOLTERMAN, *apud* MAIER, 1987, pode ser proveniente das rochas as quais constituem a bacia de drenagem.

Através dos estudos desenvolvidos em 10 reservatórios do Estado de São Paulo, por ARCIFA; FRÖELICH (1986), evidenciaram-se alterações na transparência da água decorrentes de sedimento depositado à montante dos reservatórios, as quais acentuam-se em período de elevada pluviosidade. No Reservatório da Pampulha (MG), foi observado por GIANI *et al.*, (1988) redução na transparência da água ocasionada pelo aporte de material e elevada pluviosidade além das concentrações significativas de biomassa algal.

Os sólidos suspensos são considerados como poluentes, em ambientes aquáticos, pelos danos que causam, além de interferir na estética do ambiente, como forma de degradação, fato mencionado por OISHI (1996). Segundo PAYNE (1986), o curso de eventos sazonais, determinado pela precipitação, ocasiona alguns efeitos relacionados ao aporte de material e redução na transparência da água.

No sistema em estudo, no período referente à fevereiro/00 (chuvoso) observaram-se nos Rios Tietê e Piracicaba, elevadas concentrações de material em suspensão e menor transparência da água. Segundo PAYNE (*op cit*) os rios recebem aporte contínuo de materiais elevando as concentrações de sólidos suspensos. Quanto aos reservatórios situados no início da cascata, apresentaram redução na transparência da água, fato não observado em todo o sistema de reservatórios.

Em relação ao material em suspensão e acúmulo de sedimento, podem de algum modo, interferir na estrutura das comunidades bentônicas. A turbidez da água pode impedir a alimentação de uma variedade de organismos que se caracterizam como alimentadores visuais, e os sedimentos carregados, sobre o corpo deles, reduzem as atividades

respiratórias e os torna suscetíveis à predação (NEWCOMB; Mac DONALD, 1991).

Em relação à temperatura, esta se encontra entre as variáveis mais importantes a ser considerada nos estudos limnológicos, pois determina a velocidade de reações químicas e bioquímicas, nos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1988). A estratificação térmica torna-se responsável, na maioria das vezes, pela distribuição heterogênea dos organismos e de substâncias dissolvidas ao longo da coluna d'água (MAGELA, 1991). A temperatura da água é determinada pelo aquecimento, sob influência dos raios solares, mas segundo MAIER, 1987, a fisiografia exerce um papel importante na determinação da temperatura, particularmente de ambientes lóticos, os quais estão sujeitos à dinâmica, influenciada por cachoeiras, corredeiras, enquanto que os reservatórios mantêm a água, relativamente estagnada, sujeitas à elevação da temperatura.

Nos reservatórios, do sistema Médio e Baixo Rio Tietê, através dos resultados obtidos, referentes à temperatura da água, constataram-se uma interrelação desta variável com as variações climatológicas sazonais, com períodos relativamente definidos apresentando temperaturas menos elevadas no período seco, frio e mais elevadas no período chuvoso e quente, o que a torna um dos fatores determinantes na dinâmica do sistema e no estabelecimento das comunidades.

Não foram observadas variações significativas quando foram comparadas a temperatura da água dos reservatórios com a dos Rios Tietê, Piracicaba e Bauru.

No Rio Jacaré-Pepira, a presença da represa do Patrimônio de São Sebastião da Serra, mantém a água estagnada, sujeita à insolação e elevação da temperatura, com temperaturas mais elevadas quando comparadas ao rio, como observou CLARO (1982) *apud* MAIER (1987).

Pesquisas realizadas por MAIER *et al.*, (1978) apontaram variações na temperatura, da ordem de 12°C, no Rio Mogi Guaçu (SP). ESPÍNDOLA (1994) no reservatório de Barra Bonita, no Médio e Baixo Rio Tietê, constatou, através dos resultados obtidos, que o florescimento de

Microcystis aeruginosa (cianofícea) encontrada naquele reservatório, contribuiu com as elevadas temperaturas no local.

Considerando-se os perfis verticais de temperatura, PAYNE (1986) salienta que pode ocorrer apenas 0,5 °C de diferença entre temperatura da superfície e do fundo. Nesse caso, a pequena variação torna-se suficiente para que se estabeleça estratificação térmica em ecossistemas aquáticos tropicais. No sistema do Médio e Baixo Rio Tietê, evidenciou-se a ocorrência de termoclina nos reservatórios, embora em pontos isolados. Entretanto, observou-se que a estratificação térmica coincidiu com o período quente e chuvoso, particularmente no mês de fevereiro/2000, no Reservatório de Promissão (montante). Mas, as variações de temperaturas entre superfície e fundo, foram mínimas portanto, há uma tendência à homogeneidade da coluna d'água, fato que se relaciona ao esfriamento das camadas superficiais e rompimento da termoclina (ESTEVES, 1988).

Tais resultados foram observados anteriormente em outros reservatórios, entre os meses de outubro e fevereiro, por GIANI *et al.*, (1988), Pampulha-MG. Nos reservatórios brasileiros do Estado de São Paulo tal característica foi observada no Reservatório de Três Irmãos, por MATSUMURA-TUNDISI *et al.*, (1981). Na represa de Salto Grande, em Americana-SP, ARCIFA FRÖELICH *et al.*, (1981), apud PAMPLIM (!999), verificaram um curto período de estratificação térmica, no período seco, a qual foi caracterizada como comportamento complexo, sem modelo sazonal definido.

As concentrações de gases dissolvidos são sujeitas às condições hidrográficas, tais como circulação da água, ação do vento, processos biológicos além dos fatores inerentes aos reservatórios. Neste contexto, o O₂ dissolvido constitui-se em uma das principais variáveis limnológicas e, de algum modo atua sobre a biota aquática, quando em concentrações reduzidas (ASTON, 1966) *apud* CARROLL; DORRIS (1971). Segundo o pesquisador, variações nas concentrações de O₂ controlam as atividades reprodutivas e a alimentação de espécies como *Branchiura sowerbyi*. FREMLING (1960) apontou alterações na distribuição de organismos

bentônicos, quando ocorre freqüente depleção de O_2 , principalmente na interface sedimento/água.

Nos reservatórios estudados, de modo geral, as concentrações de O_2 acompanharam um padrão sazonal, embora tenha se evidenciado nos tributários, os Rios Tietê, Piracicaba e Bauru, concentrações inferiores, quando comparadas às dos reservatórios.

As concentrações uniformes de oxigênio dissolvido, entre superfície e fundo, podem de certa forma, ser atribuídas aos fatores climatológicos e físicos, como o vento, os quais atuam em locais rasos dos reservatórios, o que proporciona a mistura das massas de água (RODRIGUES, G. G. 1996).

De modo geral, as concentrações de oxigênio nos reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, acompanharam um padrão sazonal, embora, os Rios Tietê, Piracicaba e Bauru, além dos reservatórios situados no início da cascata, tenham apresentado redução nas concentrações de oxigênio dissolvido, particularmente no período referente a julho de 2000 (seco).

Nas regiões profundas dos reservatórios, essas variações nas concentrações de oxigênio dissolvido, entre superfície e fundo ou, proximidades com os sedimentos, podem estar vinculados ao baixo fluxo, principalmente no período seco, em que ocorre maior decomposição e disponibilidade de matéria orgânica.

Segundo DENISOVA (1971) e ESTEVES (1988), a distribuição irregular dos gases na água, principalmente do oxigênio dissolvido, induz a formação de camada anóxica no hipolímnio. Esse fator atua como limitante para as formas de invertebrados bentônicos que não exibem adaptações fisiológicas e anatômicas. Más, algumas espécies de *Oligochaeta*, segundo CHAPMAN *et al.*, (1982), sobrevivem às condições de anaerobiose. Tais organismos convertem o glicogênio como fonte de energia. O mecanismo exato pelo qual os indivíduos pertencentes a esse grupo toleram anóxia foram observados por esses pesquisadores, os quais constataram que a duração da tolerância à anóxia vincula-se à dependência da quantidade de glicogênio disponível. Entretanto, PALMER (1968) considera que *Tubifex tubifex* transporta eficientemente o O_2 e sobrevive portanto, em locais com

total anóxia e até mesmo com elevadas concentrações de CO₂ na água. Tal fato é verificado em locais próximos à efluentes orgânicos.

Baixas concentrações de oxigênio dissolvido, pode também alterar a capacidade reprodutiva (diminuição na produção ovos) de espécies de tubificídeos, como *Branchiura sowerbyi*, bem como a sua capacidade de alimentação que cessa abaixo de 17% de saturação de oxigênio (20°C), (ASTON, 1966).

FREMLING (1960) e ASTON (1966) apontaram que há, freqüentemente, depleção de oxigênio na interface sedimento-água, microhabitat para macroinvertebrados bentônicos, a qual afeta a distribuição de algumas espécies de organismos bentônicos.

Todavia, ALLEN (1995), posicionou-se quanto à atuação dos sedimentos anóxicos na mobilização de alguns metais, os quais sob condições anaeróbicas apresentam sua biodisponibilidade controlada e podem ser imobilizados como sulfetos.

Contudo, pesquisas desenvolvidas por ROCHA (1980), em reservatórios, no Estado de São Paulo, evidenciaram concentrações menos elevadas de oxigênio, embora relacionadas à presença de algas (cianofíceas) e à elevada turbidez.

As concentrações obtidas para a clorofila-a, no sistema Médio e Baixo Rio Tietê, apontaram uma relação direta com as concentrações de nutrientes, observando-se uma redução na cascata de reservatórios. Considera-se que as coletas nos locais de estudo, foram realizadas em diferentes horários, mas tal fato não exerceu influência nas concentrações de clorofila-a. Os valores obtidos em horários de maior pico fotossintético não corresponderam às maiores concentrações de clorofila-a nesses locais.

Entretanto, constatou-se uma pequena variação quanto à elevação nas concentrações de clorofila-a em julho de 2000. Através de estudos realizados por ROCHA (1980), em reservatórios brasileiros, observou-se elevadas concentrações de algas azuis em locais com águas eutrofizadas, correspondentes ao período de inverno (julho). Fato que pode justificar a floração de algas como dependente de outros fatores, que não sejam

vinculados à energia solar, mas decorrente da utilização do solo, chuva e sólidos suspensos, por esgotos além da operação de sistemas hidráulicos.

A condutividade elétrica constitui-se em uma importante variável limnológica, visto que fornece informações básicas relacionadas às concentrações de íons nos ambientes aquáticos, além de refletir o processo de decomposição na Bacia Hidrográfica (ESTEVES, 1988; MAGELA, 1991).

Essa variável tem sido analisada como parâmetro interrelacionado ao pH e segundo SOARES (2002), a condutividade reflete o processo de eutrofização, além de relacionar-se à temperatura associada ao processo de decomposição na bacia de drenagem (ESTEVES, 1988).

Nesse sistema em estudo, os sólidos dissolvidos provenientes de esgotos urbanos e industriais colabora^{para} com a variação na condutividade. Evidenciaram-se elevados valores de condutividade nos reservatórios situados no início da cascata, pela possível ocorrência de despejos provenientes do Rio Piracicaba, no reservatório de Barra Bonita, seguidos por decréscimo nos reservatórios intermediários e no final da cascata. Devido ao posicionamento característico desses reservatórios na cascata, a variável condutividade acompanhou um padrão sazonal, com tendência a elevar-se no período seco. Observou-se uma redução nos valores de condutividade durante o período chuvoso, causados pelo efeito de precipitação direta, que atua como fator de diluição dos íons.

Nos Rios Tietê, Piracicaba e Bauru e reservatórios dos Sistema em estudo, os valores menos elevados de condutivade^{nível} elétrica foram evidenciados no mês de fevereiro/00, período de elevada pluviosidade. Portanto, pode ocorrer ação diluidora nos tributários ou ação direta da precipitação sobre o sistema. Observou-se no referente estudo, valores inferiores de condutividade nos reservatórios em relação aos rios, Tietê, Piracicaba e Bauru.

Alguns valores menos elevados de condutividade foram observados em ambientes lênticos (16 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 51 $\mu\text{S}/\text{cm}$) quando comparados com o sistema em estudo e, no Rio Mogi Guaçu, os valores obtidos por MAIER *et al.*, (1980) apud MAGELA (1991), variaram entre 38,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 93,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ com menores valores no período chuvoso.

A importância do pH, para os ambientes aquáticos, reside na sua relação com os processos químicos e físicos, como o sistema CO_2 , bem como a ação direta dessa variável na distribuição de diversos organismos aquáticos (ESTEVES, 1988). Segundo DENISOVA (1970), os processos de oxidação que ocorrem nos sedimentos interferem e ocasionam um acúmulo de CO_2 , resultando em elevação da temperatura e diminuição do pH.

Reconhecidamente, o processo de decomposição interfere no pH pela liberação de CO_2 que, ao reagir com a molécula de água, resulta em ácido carbônico, liberando íons H^+ na água e diminuindo os valores de pH. Nos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê, os valores de pH apontaram certa homogeneidade na coluna d'água, excetuando-se os valores obtidos no período referente à fevereiro /00, os quais apresentaram-se relativamente menos elevados.

Em relação aos nutrientes, tanto o fósforo total, quanto o nitrogênio, apresentaram características relacionadas ao metabolismo dos ambientes aquáticos (PAYNE, 1986; ESTEVES, 1988). Particularmente, o fósforo é um nutriente que não se encontra na forma livre, mas como ortofosfatos portanto é considerado um dos nutrientes, relativamente escasso na forma solúvel (ROCHA; BRANCO, 1986). Além de caracterizado como um nutriente crítico e determinante no grau de eutrofização de sistemas aquáticos.

No sistema em cascata, do Médio e Baixo Rio Tietê há ocorrência de entradas de material alóctone, fato que se encontra associado aos usos e ocupação dos solos da Bacia Hidrográfica, o que viabiliza dessa forma concentrações mais elevadas de fósforo nos sedimentos desse sistema.

Os reservatórios posicionados no início da cascata recebem influência direta dos principais tributários, os Rios Tietê, Piracicaba e Bauru os quais tendem a introduzir para o sistema nutrientes, como fósforo e nitrogênio. A partir daí, o tempo de retenção e a variação no fluxo interno, destacam-se como fatores relevantes no processo de diluição, transporte ou sedimentação desses nutrientes no sistema em estudo. Porém, concentrações significativas de fósforo total foram detectadas à montante e meio, em quase todos os reservatórios situados no início, além daqueles

intermediários, na cascata e nos tributários, Tietê, Piracicaba e Bauru. As elevadas concentrações de fósforo observadas nos reservatórios situados no início da cascata bem como nos tributários, associam-se ao processo de eutrofização contínua do sistema.

Há dificuldades em detectar-se as fontes potencialmente associadas ao processo de eutrofização, quando relacionadas à determinação e balanço desse nutriente, considerando-se que tais fontes podem vincular-se às porções de nutrientes contidas nos solos erodidos particularmente, nos siltosos (ROCHA; BRANCO, 1986).

As rochas nas quais encontram-se inseridos o sistema de reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê, caracterizam-se pela composição basáltica, as quais podem conter até 0,244 % de fósforo total. Segundo MAIER (1987) as rochas ígneas, representam a forma original onde podem ser encontrados os nutrientes inorgânicos e a partir do processo de degradação da rocha e da formação de solo é que os nutrientes tornam-se disponíveis. A contribuição de fósforo total a partir de rochas sedimentares e ígneas, pode ser observada na Tabela 64, a seguir:

Tabela 64 - Conteúdo de fósforo total nas rochas.

Tipo de Rocha		% P Total
Sedimentares		0,020 - 0,140
Ígneas	Riolito	0,055
	Granito	0,087
	Andesito	0,123
	Sienito	0,133
	Mongonito	0,139
	Diorito e Dacito	0,144
	Gabro	0,170
	Basalto	0,244
	Plutônicas (1600 m prof.)	0,134
	Vulcânicas	0,141

* Adaptado de Branco, S. M.; Rocha, A. A./CETESB, 1977

Esses dados foram obtidos considerando-se as fontes naturais de fósforo através da qual ocorre introdução de fosfatos nos sistemas, entretanto a introdução de fosfatos nos ecossistemas pode também ocorrer através da aplicação de fertilizantes e seu carreamento para os sistemas aquáticos. Entretanto, os solos arenosos e pouco reagentes ao fósforo caracterizam os sedimentos dos reservatórios do Baixo Rio Tietê, portanto evidenciaram-se baixas concentrações desse nutriente nesses locais. Porém, os Rios Tietê, Piracicaba e Bauru, bem como os reservatórios posicionados no início da cascata, evidenciaram elevadas concentrações de silte e argila nos sedimentos, além de maiores concentrações de fosfato.

Estudos realizados por SOARES (2002), constataram resultados de 3 mg/L de ortofosfato na superfície dos reservatórios, de Barra Bonita, Bariri e Promissão, correlacionando-os com períodos de larga atividade canavieira e uso de fertilizantes. Constatou-se também na Lagoa do Infernã, concentrações de fósforo total, na ordem de 6,16 µg/L a 793,63 µg/L, em estudos obtidos por NOGUEIRA (1969).

Um fato relevante, relaciona-se ao metabolismo do fósforo associado à presença de reservatórios, os quais transformam os rios em ambientes lênticos, propiciando condições adequadas ao processo de sedimentação do material particulado. Nesse caso, as perdas de fósforo para os sedimentos podem acelerar-se decorrentes da precipitação tais como, fosfato de cálcio ou ferro, adsorvidos em partículas de argila, e lentamente pelos sedimentos arenosos (GOLTERMAN, 1975). A retenção de fósforo em represas foi observada por TUNDISI *et al.*, (1988), destacando-se a represa de Barra Bonita, localizada no Rio Tietê. Porém, segundo PAYNE (1986), a construção de barragens pode ser considerada apenas um, entre os inúmeros fatores que determinam o transporte de nutrientes através de rios, além de outros como a geologia da bacia de drenagem e cobertura vegetal, os quais merecem destaque.

Quanto às formas nitrogenadas, foram observadas nos reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, concentrações relativamente elevadas de nitrogênio, na forma de nitrato, no reservatório de Barra Bonita, seguida por Bariri, que recebem influência do Rio Bauru, à montante, além do Rio

Jaú. Ambos os tributários, segundo GENTIL (2003) são caracterizados como eutróficos e contribuem com o aporte de nutrientes para o sistema.

Em relação ao nitrogênio orgânico total, evidenciaram-se fatores sazonais, exercendo influência nas concentrações desse nutriente, as quais apresentaram-se menos elevadas no período de maior pluviosidade. Entretanto, o nitrito caracteriza-se por apresentar concentrações menos elevadas na água superficial, devido à sua relativa instabilidade, quando em presença de elevadas concentrações de oxigênio, embora nos ambientes aquáticos associe-se à processos biológicos ativos, acentuados pela poluição orgânica. Nos locais em que as concentrações de oxigênio foram mais baixa, particularmente nos principais tributários, os Rios Tietê, Piracicaba e Bauru, no período referente a julho/00, as concentrações de nitrito apresentaram-se relativamente elevadas. Todavia, destaca-se um padrão sazonal o qual, deve ter exercido influência na variação das concentrações de nitrito, considerando-se seu decréscimo na cascata de reservatórios.

Quanto ao íon amônio, este pode ser observado em concentrações significativas nos Rios Tietê, Piracicaba e Bauru em todo o período de estudo. Porém, altas concentrações desse íon tendem a acumular-se nos sedimentos com maiores teores de matéria orgânica, provenientes de origem doméstica, de indústrias, ou de locais onde possam estar ocorrendo despejos, com um posterior arraste desse nutriente pela cascata de reservatório, acompanhando o fluxo interno, particularmente no período chuvoso. Pode-se considerar nos rios e reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê, um efeito de diluição desse nutriente, comparando-se os períodos seco e chuvoso.

Em pesquisas realizadas por TUNDISI (1990) foram obtidas variações sazonais relacionadas ao íon amônio, com elevação das concentrações no mês de setembro (1984), no reservatório de Barra Bonita, período que coincide com estiagem e menor vazão. Segundo STRASKRABA; TUNDISI (1999), em período com menor pluviosidade ocorre diminuição da vazão natural nesses sistemas, com maior tempo de retenção da água, elevando a concentração de nutrientes.

O silicato presente nos ecossistemas deve-se em grande parte ao processo de lixiviação do solo. Nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê, os valores obtidos para a sílica, em estudos realizados por SOARES (2002), atingiram valores entre 1,83mg/L e 7,4 mg/L, enfatizando-se que os maiores valores foram observados no período chuvoso. No presente estudo, variações sazonais relativas à concentração de sílica não foram observadas, tampouco as concentrações desse nutriente decresceram na cascata de reservatórios.

Segundo BARBOSA *et al.*, (1999), ocorreu uma inversão nas concentrações desse nutriente inorgânico nos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê, constatando-se situação semelhante no período de estudo, fato que pode refletir um processo de erosão e transporte através da Bacia Hidrográfica, em consequência do processo agrícola intenso. Além disso, deve-se considerar que a Bacia Hidrográfica do Sistema Tietê comporta quantidade significativa de minerais de silicato de alumínio, fato que poderia justificar tais concentrações nos reservatórios, ou até mesmo pelo processo de desagregação das rochas que constituem o próprio terreno (GENTIL, 2003).

Além do aporte contínuo de nitrogênio e fósforo, os ambientes aquáticos, utilizados com a finalidade de abastecimento público ou industrial, caracterizam-se atualmente, por conterem elevadas concentrações de elementos-traço, como denominam-se os metais. É freqüente a presença de metais como Cádmio, Cobre, Chumbo, Cobalto, Ferro, Manganês, Magnésio e Zinco entre outros, nos sedimentos aquáticos, em locais sob influência de atividades humanas, (MANAHAM, 1993).

Uma parte considerável desses contaminantes encontra-se presente em concentrações significativas, as quais são resultantes de processos naturais ou antrópicos. Todavia, tornam-se ativos nos sistemas através de processos químicos ou físicos, como complexação, precipitação ou sedimentação.

Segundo ESTEVES (1988), há uma relação entre o aporte de metais, a lixiviação do solo, acentuados pelos processos geoquímicos e biológicos fato considerado por LUOMA; CARTER (1991), como fontes de introdução

dos metais nos ecossistemas aquáticos. Segundo BURTON (1991), uma considerável parte desses metais, lançados no ambiente torna-se potencialmente disponível sob influência de fatores, como O_2 , pH e temperatura. Metais como o zinco, o cromo e o cádmio sob influência do pH (7,4 e 9,0) são adsorvidos consideravelmente (BURTON, *op cit*). Entretanto, sob condições anaeróbias a biodisponibilidade dos metais é controlada pela sua adsorção e co-precipitação com os sulfetos minerais. É importante considerar que os metais “livres” possuem elevada toxicidade GROOT apud ALLEN, 1995.

Os principais tributários, os Rios Tietê, Piracicaba e Bauru, bem como os reservatórios situados no início do sistema em cascata, evidenciaram elevadas concentrações de cromo, cádmio, ferro, manganês, magnésio e chumbo. Esses resultados foram comparados à outros estudos relativos às concentrações de metais, no Reservatório de Salto Grande (TONISSI, 1995). COSTA (2001), após pesquisas desenvolvidas no reservatório de Barra Bonita (1998/1999), constatou forte correlação entre as concentrações de metais na água e o aporte de material após período de chuva, o qual relacionou o fato, à lixiviação do solo.

Entre os metais avaliados, o Cádmio foi encontrado em concentrações mais elevadas na coluna d'água dos reservatórios em estudo, evidenciando sua elevada biodisponibilidade nos sedimentos desses locais. No período referente a julho/00 (frio/seco), época em que ocorreram temperaturas menos elevadas e maior concentração de oxigênio dissolvido, observaram-se elevadas concentrações de cádmio biodisponível, embora se tivessem evidenciadas concentrações menos elevadas na coluna d'água.

Alguns picos nas concentrações de metais na água, foram verificadas nos Rios Tietê, Piracicaba e Bauru, bem como nos reservatórios que fazem parte do sistema Médio e Baixo Rio Tietê e tal fato pode correlacionar-se à decomposição de matéria orgânica (BURTON, 1991).

Quanto ao Cobre, foram detectadas concentrações significativas, tanto na coluna d'água quanto nos sedimentos. Todavia, em ambas as situações verificaram-se um gradiente decrescente na concentração desse elemento, na cascata de reservatórios. Esse elemento-traço, nos ambientes

aquáticos, caracteriza-se pela afinidade com a matéria orgânica e organismos, sendo pouco suscetível na ocorrência de oscilações do pH e variação nas concentrações de oxigênio dissolvido BOYLE, (1979) apud KOSALWAT; KNIGHT (1987).

Os reservatórios posicionados no início da cascata, bem como os principais tributários, caracterizaram-se pelos elevados teores de matéria orgânica, além de elevadas concentrações de cobre. Em 1975, KOSALWAT KNIGHT (1987) constataram que 94% do cobre aplicado em reservatórios depositava-se nos sedimentos e STOKES (1979), verificou em organismos bentônicos, quando expostos às concentrações do cobre biodisponível, apresentaram alterações que refletiam na estabilidade de toda a comunidade.

Segundo CHAPMAN *et al.*, (1987) o cobre é um dos metais mobilizados no ambiente pelo homem em concentrações elevadas e excedem aquelas contidas nos processos geológicos naturais. Trabalhos realizados por KOSALWAT; KNIGHT (*op cit*) destacam a importância do cobre como elemento-traço contido em plantas, animais além de elemento fundamental nas reações químicas e dos processos enzimáticos.

De acordo com BUCK (1978), o efeito tóxico do cobre, aparentemente, ocorre na fase sólida quando o cobre é mobilizado do sedimento para a fase líquida (dissolvido) entretanto, elevadas concentrações de cobre estariam relacionadas às operações industriais e à mineração embora, o sulfato de cobre utilizado para controle de vegetação aquática, tenha se difundido, resultando em consideráveis concentrações nos ambientes aquáticos.

Através dos resultados obtidos verificou-se uma correlação quanto aos baixos teores de matéria orgânica, nos sedimentos dos reservatórios posicionados no final da cascata e as concentrações menos elevadas de cobre nesses locais.

Em relação à sua dinâmica no ambiente, o cobre bem como outros metais oferecem sérios riscos à saúde humana e aos ecossistemas. Seu grande volume disponível no comércio e na indústria possibilita a sua acumulação na água, no solo e nos alimentos.

O cobre encontra-se associado à atividades humanas, como aplicações de algicidas e fungicidas, industriais de utensílios domésticos, além de sua utilização nos processos de canalização de água. O efeito corrosivo desse material, segundo KNOBELOCH *et al.*, (1994), ocasiona elevação nas concentrações do cobre nos locais de abastecimento.

Em relação ao zinco verificaram-se baixas concentrações, na coluna d'água, durante todo o período de estudo, com gradiente decrescente observada nos reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê. Esse fato pode decorrer do desenvolvimento do pólo industrial em áreas adjacentes aos reservatórios situados no início da cascata, que fazem parte do sistema em estudo, o qual colabora nesse processo.

Quanto ao manganês comum nos sedimentos, verificaram-se elevadas concentrações nos locais de estudo, com tendência à menores concentrações desse elemento, nos reservatórios situados no final da cascata. Esse elemento-traço possui elevada capacidade de adsorção e formação de óxidos, portanto é extremamente reativo (BURTON, 1991). O manganês está ligado à mobilização e ao destino de uma variedade de poluentes, além de apresentar sensibilidade às variações no pH e O₂ dissolvido (*op cit*).

A composição e a textura dos substratos constituem requisitos importantes para o acúmulo de metais, considerando-se que os substratos argilosos suportam concentrações mais elevadas desses elementos, em relação àqueles caracteristicamente arenosos, talvez pelo fato de os argilosos conterem maiores teores de matéria orgânica.

Nos Reservatórios do Sistema em estudo, particularmente os posicionados no final da cascata cujos sedimentos apresentaram características de composição arenosa e com baixos teores de matéria orgânica evidenciaram-se concentrações menos elevadas de metais, em quase todo o período de estudo, com exceção do cádmio, cromo e magnésio, os quais apresentaram concentrações relativamente elevadas (maio/00 e julho/00). É interessante observar que após análise dos resultados obtidos para a concentração desses elementos-traço, os reservatórios posicionados no final da cascata caracterizados como meso-

oligotróficos, apresentaram elevadas concentrações para a maioria dos metais.

Outro item abordado nesta pesquisa foi à análise da comunidade de macroinvertebrados bentônicos. A macrofauna bentônica participa como um componente fundamental na produtividade secundária de ecossistemas como rios e reservatórios. Alguns fatores tais como, a instabilidade no nível de água, a redução do fluxo das correntes, composição e tipos de substratos desempenham papel preponderante na distribuição das comunidades de macroinvertebrados bentônicos (COOPER *et al.*, 1990). Entretanto, é relevante considerar a situação trófica dos sistemas em estudo, a qual exerce influência definitiva sobre essas comunidades. No presente estudo, o critério utilizado para caracterizar os macroinvertebrados bentônicos baseou-se nos organismos que ficaram retidos em peneiras com abertura de malha de 210 μm .

As comunidades de macroinvertebrados bentônicos apresentam excelentes resultados quanto à determinação das condições tróficas em rios e reservatórios através de diagnósticos relativos à sua distribuição, número de organismos, riqueza e dominância de taxa. Esses são requisitos fundamentais para se detectar possíveis locais com poluição orgânica, decorrentes de despejos domésticos como consequência do desenvolvimento agrícola os quais ocasionam alterações marcantes nas comunidades de macroinvertebrados bentônicos e que pode acarretar perdas de espécies sensíveis (DANCE; HYNES, 1980). Todavia, um aumento na frequência de distúrbios ou "stress", em sistemas aquáticos, podem atuar negativamente sobre a diversidade de espécies. Fato que pode ser observado nos Rios Tietê, Piracicaba e Bauru, e reservatórios do Sistema em estudo, locais onde constataram-se um reduzido número de espécies e elevado número de indivíduos pertencentes a uma só espécie.

Segundo (RANSOM; DORRIS, 1972) essas características podem ocorrer com frequência em águas poluídas ou então relacionam-se à história de vida dos organismos. Porém, esses pesquisadores constataram que um baixo índice de diversidade deve acarretar considerável redundância de

espécies. Nos locais de estudo observou-se ^{variavam-se} picos de diversidade embora houvesse dominância de poucos taxa.

No presente estudo estabeleceu-se importante correlação qualitativa entre as comunidades de macroinvertebrados bentônicos e as características granulométricas dos sedimentos. Os sedimentos dos rios e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê foram caracterizados pela sua composição granulométrica com predomínio de argila nos principais tributários, os Rios Tietê, Piracicaba e Bauru. Quanto aos reservatórios situados no início da cascata, houve predomínio de *silte* e naqueles posicionados no final da cascata predominou areia fina.

Segundo estudos realizados na Lagoa do Diogo, por ALVES, GAMA (1998), os grãos de argila no ambiente, tendem a agregar-se e formar partículas maiores, elevando-se a capacidade de adsorção. QUINN; HICKEY (1990), observaram que partículas maiores nos sedimentos, tendem a oferecer habitat com características relativamente estáveis e atuam como controladoras da abundância e riqueza de espécies. De acordo com ALVES, GAMA *op cit*, os sedimentos devem fornecer condições que possam suprir as necessidades biológicas e comportamentais inerentes aos organismos.

No sedimento argiloso dos locais de estudo, observou-se uma fauna pouco diversificada com abundância de indivíduos pertencentes à família Tubificidae. Quanto à fauna da biocenose de silte, tanto nos rios quanto nos reservatórios apresentou-se diversificada e com maior abundância de indivíduos. Segundo SEWDBERG (1968), os substratos de rios e reservatórios em cuja composição granulométrica predominam areia, argila ou terra endurecida, provém um habitat limitado e com suporte reduzido para uma fauna diversificada.

As elevadas concentrações de material orgânico nos sedimentos dos primeiros reservatórios podem estar correlacionadas às características siltosas do substrato, fato que não ocorreu nos reservatórios localizados no final da cascata, caracterizados também pelos baixos teores de matéria orgânica, nos quais predominou o sedimento arenoso. Segundo MARCHESI; EZCURRA DE DRAGO (1986) a maior ou menor deposição de

matéria orgânica pode resultar também de uma variação na velocidade de correntes.

Os grupos relacionados à fauna de macroinvertebrados bentônicos, pertencentes ao Oligochaeta e Díptera, encontrados nos locais de estudo, estiveram representados por indivíduos pertencentes à Família Tubificidae (Oligochaeta) e por larvas de Chironomidae (Diptera), os quais destacam-se como indicadores de poluição orgânica, nos sedimentos aquáticos (MILBRINK, 1980). Os tubificídeos incluem-se rotineiramente, como organismos relacionados à poluição orgânica, pelo fato de utilizarem a matéria orgânica degradável, como alimento.

Segundo GAUFIN; TARZWELL, 1956 (*apud* ASTON, 1973), a densidade numérica de tubificídeos pode elevar-se até 1 milhão/m², em locais fortemente poluídos. Esse fato caracteriza os tubificídeos como indicadores de acentuada poluição orgânica.

Quanto aos Rios Tietê, Piracicaba e Bauru, participam com despejos de poluentes possivelmente orgânicos, provenientes de áreas adjacentes à Bacia Hidrográfica, onde se inserem os reservatórios que fazem parte do sistema em cascata.

Através dos resultados obtidos pelas análises químicas, físicas e das comunidades bentônicas no período de estudo, observaram-se elevados níveis de degradação no sistema, destacando-se os reservatórios posicionados no início da cascata.

Os indivíduos pertencentes à Família Tubificidae ocuparam um lugar proeminente na comunidade de macroinvertebrados bentônicos, nos rios e reservatórios que fazem parte do sistema em estudo, considerando-se que a abundância de indivíduos da Família Chironomidae (Díptera), foi pouco significativa.

No período de estudo, referente s à outubro/99, fevereiro/00, maio/00 e julho/00, a espécie *Limnodrilus hoffmeisteri* esteve presente em quae todos os reservatórios estudados, inclusive nos Rios Tietê, Bauru e Piracicaba. Tanto *Limnodrilus hoffmeisteri* quanto *Limnodrilus udekemianus*, pertencentes aos tubificídeos, correlacionam-se positivamente com os altos teores de matéria orgânica. Portanto, destacam-se entre os representantes

dos macroinvertebrados bentônicos, como indicadores de poluição orgânica nos sedimentos, principalmente pelo fato de que a matéria orgânica é utilizada como parte definitiva no desenvolvimento do seu ciclo de vida (PODDUBNAYA, 1972).

O grupo representado por *Oligochaeta* merece destaque como monitor do grau de trofia em ecossistemas aquáticos que está relacionado ao fato deste grupo, revelar as condições ambientais através de características quantitativas e qualitativas de sua macrofauna. Segundo MILBRINK (1983), a estrutura da comunidade de tubificídeos pode ser caracterizada como indicadora do estado trófico nos sedimentos dos ambientes aquáticos. Além disso, as alterações na abundância fornecem respostas satisfatórias à respeito da saúde dos ecossistemas.

Os principais afluentes que regem o sistema em cascata, do Médio e Baixo Tietê, neste estudo, apresentaram como resultados do IET, acentuado processo de eutrofização além de elevado processo de enriquecimento orgânico. Quanto aos reservatórios posicionados nos locais intermediários na cascata e no final, caracterizaram-se como meso e oligotróficos, respectivamente. Esses resultados estão correlacionados com a presença do tubificídeo *Limnodrilus hoffmeisteri*, encontrados em locais comprovadamente eutrofizados, fato que confirma a presença dessa espécie como indicadora na caracterização do elevado grau de trofia em sedimentos aquáticos.

Quanto a espécie *Branchiura sowerbyi*, caracteriza-se pela presença em locais poluídos e com temperatura relativamente elevada ($\pm 25^{\circ}\text{C}$). (ASTON, 1968) que identifica os locais próximos a efluentes orgânicos. Sua representatividade significativa nos tributários e reservatórios dos locais estudados associa-se à elevada capacidade adaptativa e de sobrevivência dessa espécie particularmente, em condições mínimas de oxigênio.

Outro requisito inerente à *Branchiura sowerbyi*, relaciona-se a sua distribuição cosmopolita e à acentuada sazonalidade do seu ciclo de vida (CASELLATO, 1984). Segundo pesquisadores CARROLL; DORRIS, (1971), em situações peculiares, a espécie *Branchiura sowerbyi* pode tornar-se competitiva em relação a algumas espécies de *Oligochaeta*. Todavia, no

presente estudo, esteve presente ao lado de *Limnodrilus hoffmeisteri* porém, em número reduzido de organismos.

As espécies, *Branchiura sowerbyi* e *Limnodrilus udekemianus*, são também consideradas indicadoras de poluição orgânica e correlacionam-se positivamente com elevado teor de matéria orgânica nos sedimentos.

Esses organismos foram encontrados nos sedimentos dos principais tributários os Rios Tietê, Piracicaba e Bauru e nos reservatórios situados no início da cascata. Segundo PODDUBNAYA (1972), tais espécies utilizam-se dos sedimentos enriquecidos como parte, para o desenvolvimento do seu ciclo de vida.

Entretanto, *Limnodrilus udekemianus*, possui ciclo reprodutivo peculiar, com padrão sazonal característico. No presente estudo, a identificação taxonômica das espécies, baseou-se prioritariamente, em indivíduos sexualmente maduros. Fato que pode estar relacionado à abundância encontrada nos locais amostrados. É possível entretanto, identificar-se taxonomicamente, *Limnodrilus udekemianus* pela característica das cerdas encontradas no corpo (TIMM, 1962 *apud*: ASTON, R. J. 1973).

Segundo MILBRINK (1983) e LANG (1990), o estado de trofia dos sedimentos, pode ser caracterizado, considerando-se a estrutura das comunidades bentônicas, enfatizando o grupo representado por Oligochaeta.

Os Rios Tietê, Piracicaba e Bauru, afluentes que regem o Sistema em cascata, do Médio e Baixo Rio Tietê, apresentaram evidências de um processo de eutrofização progressiva, confirmadas através do cálculo do IET/ abundância de Oligochaeta. Quanto aos reservatórios situados em posição intermediária e no final da cascata, caracterizaram-se como mesotróficos e oligotróficos.

O gênero *Bothrioneurum*, representante da Família Tubificidae, com habitat típico de regiões litorâneas em lagos e córregos da América do Sul, (BRINKHURST; MARCHESE, 1989 *apud* RODRIGUES G. G., 1996), ocorreu em abundância numérica, relativamente baixa durante todo o período de estudo. Nos rios e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, a profundidade dos locais amostrados para análise da comunidade

bentônica, pode ter sido o motivo pela baixa representabilidade do gênero *Bothrioneurum*.

Quanto a espécie *Tubifex tubifex*,^e encontra-se freqüentemente em locais profundos (± 20 metros), ao lado de *Limnodrilus hoffmeisteri* e em substratos enriquecidos com matéria orgânica, embora com número reduzido de indivíduos. O ciclo reprodutivo da espécie é vinculado à temperatura (23 °C a 25 °C) entretanto, a composição e quantidade do alimento, podem alterar o desenvolvimento dessa espécie CHURAKOVA, (1980).

Quanto à família Naididae, esteve representada por número reduzido de espécies, durante o período de estudo. Alguns estudos, tais como os desenvolvidos por HILTUNEN (1967), identificaram os Naidideos como grupo característico de locais onde ocorrem variações mínimas nas concentrações de oxigênio e com temperaturas estáveis os quais são caracterizados como oligotróficos. Caso essas condições não sejam supridas, a eliminação das espécies torna-se inevitável. A espécie de Naididae, *Prístina americana* apresentou uma distribuição restrita apenas à alguns dos reservatórios pertencentes ao Médio e Baixo Rio Tietê porém, foi observada no Rio Piracicaba.

A sua pequena representatividade deve-se às características relacionadas à preferência por habitat típico de correntezas e com vegetação abundante (FOMENKO, 1972).

A espécie *Dero digitata* apresentou pequena distribuição nos locais de estudo, fato que pode estar associado à preferência de habitat com elevada quantidade de vegetação (*op cit*), características não apresentadas nos locais amostrados. Segundo ALVES; GAMA (1998), essa espécie possui características que a torna próxima aos tubificídeos.

Segundo pesquisadores, *Dero digitata* pode ser encontrada em reservatórios eutróficos, desde que, em locais rasos. Entretanto, em maiores profundidades sua presença associa-se às elevadas concentrações de O₂, nos sedimentos (MARTINEZ-ANSEMIL, PRAT, 1984).

A espécie *Allonais chelata* (Naididae) é típica de ambientes com baixas concentrações de nutrientes, o que justifica sua baixa

representatividade nos locais de estudo. A espécie *Brinkhurstia americanus*, (Alluroididae), apresentou-se com uma discreta distribuição, no período de estudo, como preferência de habitat os sedimentos compostos por areia fina e média, além de correlacionar-se negativamente às elevadas concentrações de nutrientes. No período de estudo, a espécie *Brinkhurstia americanus*, esteve representada particularmente em fevereiro/00 (chuvoso) em que ocorreu acentuada influência da pluviosidade, a qual atua como fator de diluição nos ambientes aquáticos, fato que pode ter ocasionado concentrações menores de nutrientes e a presença da espécie, nos reservatórios.

Os indivíduos pertencentes à Família Chironomidae (Díptera) apresentaram-se em abundância reduzida e foram representados por dois gêneros, o *Goeldichironomus* e *Coelotanypus*, nos locais de estudo. Segundo LELAND; FEND *et al.*, (1989) a densidade de indivíduos pertencentes à Família Chironomidae pode apresentar uma relação inversa à de outros taxa e a variação na abundância tem-se tornado fator indicador de contaminação por metais-traço. Em alguns locais amostrados, onde se evidenciaram baixa densidade dos gêneros *Goeldichironomus* e *Coelotanypus* constataram-se concentrações relativamente elevadas de cobre.

Os Rios Tietê, Piracicaba e Bauru além dos reservatórios estudados, suportaram poucos organismos pertencentes à Família Chironomidae. Segundo REYNOLDSON; ZARULL (1989), a ausência de uma comunidade bentônica saudável, caracterizada pela baixa diversidade de espécies, representa um critério adicional na avaliação da qualidade dos sedimentos.

O gênero *Coelotanypus* (Tanypodinae), caracteriza-se pelo hábito predador e é encontrado preferencialmente em ambientes lênticos, mas com baixas concentrações de nutrientes, como fósforo e nitrogênio (ROBACK, 1969). Nos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê, constatou-se baixa abundância desse gênero e sua distribuição limitou-se à alguns reservatórios, no final da cascata.

O gênero *Goeldichironomus* foi encontrado em poucos locais, com preferência por substratos arenosos e correlaciona-se negativamente com a matéria orgânica no sedimento e nitrogênio total, além de pouco observado em locais profundos o que pode justificar sua baixa representatividade nos rios e reservatórios estudados (NESSIMIAN *et al.*, 1995).

Quanto à preferência pelos substratos compostos por silte, areia e argila, a fauna bentônica identificada nos locais amostrados do sistema Médio e Baixo Rio Tietê, esteve representada por espécies da Família Tubificidae (Oligochaeta) e Chironomidae (Díptera), além de outras Famílias identificadas, como pertencentes ao Grupo Mollusca.

Os substratos argilosos, que caracterizaram o sedimento dos tributários e dos reservatórios situados no início da cascata, além dos intermediários, comportaram organismos tubificídeos da espécie *Limnodrilus hoffmeisteri* e *Limnodrilus udekemianus*. Quanto à espécie *Branchiura sowerbyi*, limitou-se a locais, cuja composição do substrato caracterizou-se por percentuais de areia fina e média.

Nos substratos argilosos e arenosos, verificou-se a presença de espécie da Família Naididae, larvas de Chironomidae e espécies pertencentes ao Grupo Mollusca. Pesquisadores como MALUEG *et al.*, (1984), mencionaram que a presença de metais nos sedimentos, contribuem de forma acentuada para a redução da população de tubificídeos. Entretanto, a espécie *Limnodrilus hoffmeisteri* pode ser considerada exceção, uma vez que encontra-se entre os poucos invertebrados bentônicos, encontrados em locais poluídos por Cádmio. Esse elemento traço não se apresenta como fator inibidor para o desenvolvimento desse organismo, embora *Limnodrilus hoffmeisteri* apresente sensibilidade elevada quanto ao cobre (WETZEL; MCINTOSH, 1977).

Além dos grupos já citados, o Mollusca é comum em sistemas aquáticos, encontrados nos reservatórios em estudo, possuem como característica fundamental um comportamento seletivo quanto à qualidade dos substratos (BURTON, 1991). Entretanto, a maioria de seus representantes pertence à classe Gastropoda, destacando-se a espécie *Lymnaea columella* identificada como representante nos reservatórios

estudados a qual apresenta um hábito alimentar herbívoro ou onívoro (PAYNE, 1986).

Quanto a *Melanoides tuberculatus*, a espécie apresentou-se freqüente em todo o período de estudo, talvez pela sua ampla preferência de habitat, relacionada aos diferentes níveis de eutrofização e de poluição. Em relação a *Corbicula fluminea*, segundo DOHERTY; CHERRY (1988) e DOHERTY (1990) *apud* BOLTOVSKOY *et al.*, (1997), a espécie apresenta-se tolerante a vários tipos de poluentes, incluindo metais pesados. A espécie foi pouco representada nos locais de estudo, embora seja caracterizada pela elevada capacidade de estabelecimento, inclusive em locais com baixo grau de trofia. A sua capacidade reprodutiva relaciona-se estritamente às características ambientais, o que a torna importante membro da família bentônica em ambientes lóticos e lênticos (BRITTON; MORTON, 1979, 1982 e MORTON *et al.*, 1982 *apud* SCHIRMER, 1996). Essa espécie, introduzida, pode colonizar e impactar o ecossistema, e tornar-se abundante e dominar o uso de recursos.

Quanto aos Bivalves, apresentam função relevante na ciclagem de nutrientes nos sedimentos além de caracterizar um local com acúmulo de partículas orgânicas e inorgânicas. O problema ambiental abordado por NORTON (1986), relacionado aos Bivalves, aponta para grande quantidade de indivíduos ou conchas que obstruem o fluxo de água em reservatórios, bombas centrifugadoras nas estações de abastecimento e a partir da morte desses organismos ocorre o comprometimento na qualidade da água.

Os estudos baseados em dados obtidos, através de testes ecotoxicológicos, representaram etapa complementar no controle da contaminação dos sistemas aquáticos. O fato, é que os bioensaios de toxicidade associados às comunidades bentônicas, usualmente combinados, fornecem resultados relevantes.

Para que se procedessem aos bioensaios de toxicidade, no presente estudo, as culturas de *Chironomus xanthus* foram previamente submetidas à avaliação de sensibilidade, cujo objetivo consta em averiguar a saúde dos organismos.

Os valores de CL50(96H), inseridos na faixa de sensibilidade (USEPA, 1994) apontaram como satisfatórios os testes laboratoriais de sensibilidade, com *Chironomus xanthus*.

A sobrevivência dos organismos –teste, utilizados no controle, foi excelente embora, para que se proceda a melhor avaliação das culturas de organismos-teste e do controle seria interessante utilizar sedimentos similares àqueles dos locais de coleta, porém desprovidos de contaminantes. Entretanto, os experimentos laboratoriais dependem de uma série de tratamentos preliminares combinados, tais como a manutenção de um pH ótimo (7,2 e 7,7) o qual atua como garantia e fator fundamental para a sobrevivência dos organismos (THORNTON, 1974).

Os sedimentos amostrados, para obtenção de resultados ecotoxicológicos, apresentaram ao término dos testes laboratoriais uma variação no pH resultados observados nos sedimentos provenientes do Rio Tietê e dos reservatórios situados no início da cascata. A dureza inicial da água para manutenção das culturas, mantida sob controle (12-14), ao término dos testes apresentou também valores relativamente elevados. Segundo WILLIAMS, GREEN *et al.*, (1986) é conhecida a “associação” entre a dureza da água (CaCO_3) e a toxicidade por metais pesados.

Após avaliar a sensibilidade das culturas, procederam-se aos testes de toxicidade os quais foram realizados com as amostras de sedimentos dos rios e reservatórios pertencentes ao Médio e Baixo Rio Tietê e o organismo-teste, *Chironomus xanthus*.

Foram confirmados os 3º e 4º estádios de desenvolvimento larval, preferenciais para bioensaios, segundo critério utilizado USEPA (1994), através de medidas da largura da cápsula cefálica, em larvas que sobreviveram aos testes.

Más, segundo GAUSS *et al.*, (1985), os testes agudo de toxicidade, realizados com larvas de *Chironomus*, no 4º estágio de desenvolvimento, são consideradas 12 a 17 vezes mais resistentes aos metais, como o cobre, quando comparado aos estádios iniciais. Além disso, a elevada permeabilidade das membranas, nos organismos aquáticos torna-os sensíveis, até mesmo às baixas concentrações de cobre ($5 \mu\text{g L}^{-1}$ a

25 $\mu\text{g L}^{-1}$) ocasionando elevado percentual de letalidade em larvas de espécies de *Chironomus*. Tal padrão de sensibilidade, segundo estes pesquisadores estende-se também à outros toxicantes químicos.

Nos locais de estudo, o cádmio foi detectado em elevadas concentrações e pode ser considerado potencialmente tóxico para a maioria dos organismos, particularmente para formas jovens, as quais caracterizam-se por elevado nível de sensibilidade (HODSON *et al.*, 1979). Constatou-se elevado percentual de letalidade dos organismos nas amostras provenientes dos Rios Tietê, Piracicaba e Bauru, além do Reservatório de Barra Bonita, entretanto, verificaram-se em alguns locais características de sub-letalidade. Porém, o termo sub-letalidade não é considerado adequado para testes de toxicidade agudo (96H) já que a imobilidade observada nos organismos, caracteriza rotineiramente o "end point", equivalente à letalidade (MACIOROWSKI; CLARKE, 1980) porém, tal critério pode superestimar a toxicidade letal.

No presente estudo, as larvas de *Chironomus xanthus* foram os organismos utilizados nos bioensaios de ecotoxicidade, sob exposição aos sedimentos dos Reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê, e rios Tietê, Piracicaba e Bauru, constatando-se elevada percentagem de letalidade e sub-letalidade nas amostras de sedimentos dos tributários e reservatórios situados no início da cascata. Esses resultados confirmam aqueles obtidos através das análises químicas, físicas e biológicas realizados no sistema.

COSTA (2001) analisou a contribuição dos tributários, para o reservatório de Barra Bonita, verificando-se diferenças espaciais e sazonais, sob influência dos períodos seco e chuvoso, com avaliação química, física e toxicológica do sistema.

Estudos de toxicidade nos reservatórios do Médio e Baixo rio Tietê também foram conduzidos no mesmo período para espécies planctônicas, como *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia dubia* (RODGHER, 2001) e peixes, como a espécie *Danio rerio* (FRACÁCIO, 2001), verificando-se que as amostras de sedimento também foram consideradas tóxicas nos reservatórios principalmente no início do sistema em cascata, ocorrendo

uma nítida redução na mortalidade ou reprodução no reservatório de Três Irmãos. Entretanto, RODGHER (2001), verificou toxicidade aguda nas amostras de água dos reservatórios situados no final da cascata após realização de bioensaios de toxicidade aguda e crônica. Esse fato foi observado nos testes ecotoxicológicos, utilizando amostras de sedimentos, provenientes do Reservatório de Promissão (montante e jusante) e Nova Avanhandava (montante) e com os organismos-testes, *Chironomus-xanthus*.

Uma síntese dos resultados obtidos em todos os estudos mencionados pode ser encontrada em ESPINDOLA *et al.*, (2002), na qual os autores mencionam os efeitos letais e sub-letais em peixes, como as alterações histológicas apresentadas nas brânquias de *Danio rerio*, com alterações que poderiam levar a asfixia dos peixes (como a junção das lamelas na qual ocorrem as trocas gasosas).

Constatou-se, através dos resultados obtidos, que elevado grau de degradação ambiental pode ser observado nos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê.

As elevadas concentrações de nutrientes e suas formas nitrogenadas e fosfatadas, além da biomassa algal colaboram para um processo de eutrofização progressiva. A presença de metais potencialmente tóxicos, constituiu em elevada toxicidade ou indícios de toxicidade nos locais de estudo, vinculadas ao período de amostragem e à espécie considerada como organismo-teste.

Todavia, esse sistema de reservatórios, construídos em cascata, torna-se fator fundamental na retenção de materiais ao longo dessa cadeia, o qual permite maior sedimentação de materiais além de contribuir para a melhoria na qualidade da água.

9. Conclusões

Os resultados obtidos no presente estudo permitem concluir que:

- ❖ Os reservatórios em cascata do Médio e Baixo Rio Tietê apresentam estrutura complexa devido à influência exercida pelos tributários pertencentes à Bacia Hidrográfica, além dos fatores intrínsecos que regem a sua dinâmica. Tais fatores atuam nas características físicas e químicas da água e sedimento, bem como na estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos.
- ❖ Diferentes forças atuam sobre os reservatórios, enfatizando-se o tempo de residência da água, vazão e morfometria. Entretanto, características relacionadas à morfometria e dimensão dos reservatórios em cascata bem como o tempo de sua formação (tempo diferenciado de construção) podem ser considerados como fatores determinantes quanto às diferenças observadas, nas características químicas, físicas e toxicológicas nesses locais. Alterações estruturais e relacionadas ao estabelecimento de comunidades de macroinvertebrados bentônicos podem ser evidenciadas bem como variações na diversidade e densidade desses organismos.
- ❖ Teoricamente, os reservatórios construídos em cascata contribuem para a melhoria da qualidade da água, uma vez que os materiais transportados pelos tributários sedimentam-se gradualmente, considerando-se a série de reservatórios. Os resultados obtidos pelas análises de nutrientes na água e sedimentos, material em suspensão, análises de metais na água e metais potencialmente biodisponíveis nos sedimentos evidenciaram tal fato.

- ❖ Os reservatórios situados no final da cascata, principalmente o reservatório de Três Irmãos, destacam-se pela melhoria na qualidade da água e dos sedimentos fato que, se relaciona não somente a sua posição no sistema em cascata, mas também ao tempo de sua construção.
- ❖ Os resultados obtidos através da densidade numérica riqueza de taxa relativas à comunidade de macroinvertebrados bentônicos evidenciaram processo de eutrofização gradativa nos reservatórios em cascata do Médio e Baixo Rio Tietê. A ausência de organismos presentes na maioria das amostras de sedimentos pode ser decorrente do processo de eutrofização progressivo (temporal e espacial). Entretanto, o esforço amostral e a distribuição das estações de coletas em cada reservatório, são fatores adicionais relacionados à ausência de organismos.
- ❖ A identificação taxonômica dos organismos e os dados quantitativos (densidade numérica e abundância relativa) forneceram informações quanto à distribuição dos principais taxa de macroinvertebrados bentônicos pertencentes aos grupos dos Oligochaeta, Díptera e Mollusca, nos períodos de estudo.
- ❖ Foram encontradas elevadas densidades de indivíduos pertencentes à Família Tubificidae (Oligochaeta), com dominância dos taxa *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Limnodrilus udekemians* e *Branchiura sowerbyi*, os quais são considerados indicadores de poluição acentuada.
- ❖ Os testes de toxicidade aguda, realizados com *Chironomus xanthus*, também demonstraram os efeitos da toxicidade com amostras dos sedimentos, verificando-se a redução da toxicidade ao longo dos reservatórios construídos em cascata.

- ❖ O IET/abundância de *Oligochaeta* possibilitou confirmar a situação de trofia progressiva no sistema em estudo. Considera-se o fato, de que os reservatórios intermediários e aqueles situados no final da cascata são de construção relativamente recente.

10. Perspectivas futuras

Os resultados obtidos no presente estudo também contribuem para o desenvolvimento de novas pesquisas, as quais poderiam ser efetuadas com o objetivo de:

- ❖ Detectar a procedência dos poluentes (pontual ou difusa), bem como as alterações na estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos, nos sedimentos dos tributários e reservatórios em cascata do Médio e Baixo Rio Tietê, através de respostas oferecidas pela própria comunidade, quanto às alterações na densidade numérica, riqueza de taxa e frequência de ocorrência dos organismos.
- ❖ Quantificar o aporte de nutrientes trazidos pelos tributários para o sistema, provenientes do escoamento urbano, de atividades industriais e agropecuárias desenvolvidas na região, como suporte limnológico para detecção, prevenção e controle de qualidade da água e sedimentos.
- ❖ Dar continuidade aos bioensaios de toxicidade utilizando-se água e sedimentos dos locais supostamente impactados, para subsidiar as análises químicas físicas e biológicas, uma vez que os bioensaios minimizam as tendências de simplificação das possíveis interações entre essas variáveis.

11. ANEXOS

TABELA 11 - Valores máximos e mínimos de pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura da água e visibilidade do disco de Secchi obtidos nos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em outubro de 1999.

Estações	pH		Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		Oxigênio dissolvido (mg/L)		Temperatura		Secchi (m)
	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	
BBM	8,47	6,16	241	234	12,73	5,63	20,00	19,60	1,20
BB(meio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BBJ	7,95	6,60	312	228	9,48	5,46	21,30	20,60	1,10
RT	7,51	6,22	302	297	7,05	0,52	21,00	19,90	0,80
RP	7,29	6,63	221	218	7,04	6,34	21,00	20,40	0,50
RB	6,86	6,28	202	151	0,37	0,01	24,80	21,50	0,60
BM	9,22	6,46	220	211	13,69	4,98	26,30	20,10	1,10
Bmeio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BJ	8,34	7,33	200	197	11,08	8,14	25,30	21,10	1,30
IM	8,15	6,22	170	168	9,57	4,43	25,80	21,00	2,50
I(meio)									
IJ	8,11	7,35	171	170	9,52	9,03	24,50	23,45	1,70
PM	7,28	6,04	114	112	8,42	6,15	23,40	22,30	4,00
P(meio)									
PJ	7,57	7,51	113	113	8,62	8,87	24,20	24,20	-
NavM	7,79	6,21	102	101	9,06	6,89	26,50	22,90	3,00
NavJ	7,57	7,54	100	99	8,82	8,70	24,70	24,70	3,00
TIM	6,89	6,60	91	90	8,12	7,94	24,40	24,30	4,00
TI(meio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TIJ	7,49	7,48	89	89	8,19	8,12	25,00	25,00	4,00

RT (RioTietê), RP (RioPiracicaba), BBM (Barra Bonita Montante), BBJ (Barra Bonita Jusante), RB (Rio Bauru), BM (Bariri Montante), Bmeio (Bariri meio), BJ (Bariri Jusante), IM (Ibitinga Montante), IJ (Ibitinga Jusante), PM (Promissão Montante), PJ (Promissão Jusante), NAVM (Nova Avanhandava Montante), NAVJ (Nova Avanhandava Jusante), TIM (Três Irmãos Montante), TIJ (Três Irmãos Jusante).

TABELA 12- Valores máximos e mínimos de pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura da água e visibilidade do disco de Secchi obtidos nos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em fevereiro de 2000.

Estações	pH		Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)		Oxigênio dissolvido (mg/L)		Temperatura		Secchi (m)	Horário de Coleta (h)
	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo		
BBM	6,53	5,72	122	121	7,95	7,11	26,20	25,40	-	15:50
BB(meio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BBJ	6,37	5,94	119	112	8,28	7,52	25,20	23,90	0,90	-
RT	6,08	5,72	129	126	8,19	7,55	24,80	24,70	0,10	09:20
RP	6,27	5,75	66	62	8,17	7,58	24,50	24,30	1,60	12:40
RB	6,18	5,72	110	90	8,51	7,05	27,00	23,50	-	14:00
BM	6,20	5,74	119	118	8,02	7,32	25,20	25,30	1,90	15:20
B(meio)	6,18	5,72	110	87	8,82	7,05	27,00	23,50	-	09:40
BJ	7,16	5,96	177	175	8,74	7,16	28,30	25,30	1,10	15:05
IM	6,22	5,79	176	174	8,43	7,75	27,40	26,00	2,10	09:40
Imeio	5,85	4,01	42	37	8,71	8,13	25,60	25,30	-	11:10
IJ	5,75	5,52	116	116	7,85	7,49	26,20	26,10	1,50	08:45
PM	6,64	5,82	101	100	8,40	7,53	27,00	26,10	2,35	14:05
Pmeio	7,03	5,79	143	110	8,23	6,96	27,80	26,30	-	11:00
PJ	6,78	6,55	99	98	7,41	7,65	27,00	26,50	3,00	14:30
NAvM	6,82	6,16	83	82	8,18	7,56	27,30	26,50	3,50	17:00
NAvmeio	7,48	6,42	95	85	7,97	6,98	28,90	26,50	-	10:30
NAvJ	6,87	6,51	83	83	7,64	7,06	28,30	27,80	3,50	14:50
TIM	7,23	6,12	64	60	7,82	6,13	31,80	27,30	-	14:15
TI(meio)	6,84	6,06	66	61	7,81	6,41	29,70	27,20	-	17:25
TIJ	6,68	6,37	59	58	7,31	7,05	27,90	27,80	2,50	11:00

RT (Rio Tietê), RP (Rio Piracicaba), BBM (Barra Bonita Montante), BBJ (Barra Bonita Jusante), RB (Rio Bauru), BM (Bariri Montante), Bmeio (Bariri meio), BJ (Bariri Jusante), IM (Ibitinga Montante), IJ (Ibitinga Jusante), PM (Promissão Montante), PJ (Promissão Jusante), NAvM (Nova Avanhandava Montante), NAvJ (Nova Avanhandava Jusante), TIM (Três Irmãos Montante), TIJ (Três Irmãos Jusante).

TABELA 13 - Valores máximos e mínimos de pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura da água e visibilidade do disco de Secchi obtidos nos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em maio de 2000.

Estações	pH		Condutividade (μ S/cm)		Oxigênio dissolvido (mg/L)		Temperatura		Secchi (m)	Horário de Coleta (h)
	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo		
BBM	7,01	6,20	173	166	8,26	7,54	24,50	23,80	3,15	14:20
BB(meio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BBJ	6,60	6,45	160	157	7,99	7,51	24,50	24,30	-	-
RT	6,58	6,33	119	112	8,29	8,15	23,70	23,40	1,30	09:00
RP	6,54	6,39	80	72	8,51	8,39	23,00	23,00	1,10	07:45
RB	6,58	6,25	158	156	8,37	7,15	24,50	23,40	2,30	12:30
BM	6,83	6,30	188	141	8,57	7,13	24,30	23,20	2,30	10:45
B(meio)	6,58	6,25	158	156	8,27	7,14	24,50	23,40	-	08:30
BJ	6,84	6,07	153	151	8,42	6,62	26,10	24,50	1,80	15:45
IM	6,80	5,86	134	103	8,45	6,91	25,10	23,70	3,35	09:55
I(meio)	7,59	6,15	140	134	7,98	6,76	25,70	24,10	-	10:55
IJ	6,35	6,13	130	126	7,63	6,98	24,40	24,30	3,0	07:55
PM	7,25	6,20	141	140	8,15	7,20	25,70	25,50	6,20	14:20
P(meio)	7,25	6,17	214	67	8,05	6,13	26,50	25,00	-	11:00
PJ	7,05	7,03	141	141	7,41	7,65	27,00	26,90	3,5	09:37
NAvM	7,08	6,28	134	130	9,69	8,73	25,90	25,40	5,20	08:30
Navmeio)	6,78	6,50	176	139	7,93	7,05	25,30	25,20	-	13:00
NavJ	6,96	6,72	131	130	9,16	8,83	25,80	25,80	6,30	14:50
TIM	7,08	6,22	80	74	9,30	7,87	27,10	26,20	4,60	08:20
TI(meio)	7,06	6,35	102	99	9,35	8,47	26,10	25,90	-	15:00
TIJ	6,82	6,79	81	81	8,84	8,61	26,70	26,60	5,20	11:45

RT (Rio Tietê), RP (Rio Piracicaba), BBM (Barra Bonita Montante), BBJ (Barra Bonita Jusante), RB (Rio Bauru), BM (Bariri Montante), Bmeio (Bariri meio), BJ (Bariri Jusante), IM (Ibitinga Montante), IJ (Ibitinga Jusante), PM (Promissão Montante), PJ (Promissão Jusante), NAvM (Nova Avanhandava Montante), NAvJ (Nova Avanhandava Jusante), TIM (Três Irmãos Montante), TIJ (Três Irmãos Jusante).

TABELA 14- Valores máximos e mínimos de pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura da água e visibilidade do disco de Secchi obtidos nos reservatórios do Médio e Baixo RioTietê (SP), em julho de 2000.

Estações	pH		Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)		Oxigênio dissolvido(mg/L)		Temperatura		Secchi (m)	Horário de Coleta (h)
	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	mínimo		
BBM	6,75	6,00	243	227	6,33	2,73	19,50	19,40	2,20	08:00
BB(meio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BBJ	6,92	6,62	1219	209	5,77	4,49	20,40	19,40	-	-
RT	6,98	6,37	417	407	2,71	0,07	22,00	19,30	1,30	11:05
RP	5,86	6,26	246	245	2,90	3,48	20,00	18,70	0,35	10:00
RB	6,38	6,24	171	158	3,01	2,42	20,60	20,20	1,30	15:20
BM	6,31	6,92	18	174	6,73	4,44	20,40	20,10	2,30	13:35
B(meio)	6,38	6,24	175	158	3,22	2,42	20,60	20,20	-	14:55
BJ	6,84	5,96	177	166	6,75	6,07	21,20	20,40	-	08:50
IM	6,78	5,98	130	128	10,31	9,40	20,50	20,10	3,50	15:30
I(meio)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IJ	6,06	6,10	74	72	10,10	10,08	20,30	20,30	3,80	10:50
PM	6,97	6,23	115	114	9,18	8,52	21,40	21,20	3,90	09:20
P(meio)	6,95	6,68	112	56	9,75	8,75	21,10	20,90	-	08:55
PJ	7,18	7,06	115	115	8,72	8,50	21,50	21,50	4,00	11:55
NAvM	7,36	6,43	124	123	9,16	8,49	21,60	21,30	3,90	14:00
Na(meio)	7,77	6,73	117	58	9,45	8,21	22,20	21,40	-	14:50
NAvJ	6,80	6,43	123	123	8,71	8,44	21,20	21,20	6,40	12:05
TIM	7,06	6,69	95	92	8,89	7,88	22,30	22,80	9,30	08:50
TI(meio)	7,06	6,87	109	55	8,49	8,23	22,00	21,90	-	09:12
TIJ	7,03	6,84	56	48	8,49	8,36	22,80	22,700	8,30	15:15

RT (Rio Tietê), RP (Rio Piracicaba), BBM (Barra Bonita Montante), BBJ (Barra Bonita Jusante), RB (Rio Bauru), BM (Bariri Montante), Bmeio (Bariri meio), BJ (Bariri Jusante), IM (Ibitinga Montante), IJ (Ibitinga Jusante), PM (Promissão Montante), PJ (Promissão Jusante), NAvM (Nova Avanhandava Montante), NAvJ (Nova Avanhandava Jusante), TIM (Três Irmãos Montante), TIJ (Três Irmãos Jusante).

TABELA 15- Valores de pH, condutividade, dureza, oxigênio dissolvido, temperatura, concentração de metais totais, nutrientes, material em suspensão e clorofila-a das amostras de água nos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em outubro de 1999.

Parâmetro	Unidades	Estações	RT	RP	RB	BBM	BBJ	BM	BJ	IM	IJ	PM	PJ	NAvM	NAvJ	TIM	TIJ
		Conama															
pH	-	6,0-9,0	7,5	7,29	6,86	8,47	7,95	9,21	7,92	7,14	8,05	7,14	7,57	7,79	7,54	6,60	7,48
Cond	μS/cm		300	221	155	239	228	219	200	168	170	116	113	101	99	90	89
OD	mg/L	5	7,00	7,04	0,37	12,73	9,48	13,12	9,99	8,90	9,52	8,19	8,62	9,02	8,82	8,12	8,19
Temp	°C		21,00	21	24,8	23,3	21,3	26,3	25,3	25,8	24,5	23,4	24,2	26,5	24,7	24,4	25
Dureza	mg/L		52,00	30	38	42	42	44	40	38	40	26	36	34	36	28	26
Cádmio	mg/L	0,001	0,04	0,02	0,04	0,01	0,03	0,03	0,03	0,005	0,03	0,016	0,03	0,019	0,02	0,04	0,036
Cobalto	mg/L		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cromo	mg/L	0,05	0,03	0,03	ND	ND	ND	ND	ND	0,16	0,07	ND	ND	0,036	ND	1,90	0,361
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,04	ND	0,01	ND	ND	0,004	0,008	0,02	0,006	ND	0,008	0,020	0,002	0,003
Ferro	mg/L		0,67	1,18	1,00	ND	0,05	0,27	0,02	0,067	ND	0,384	ND	ND	ND	7,501	ND
Manganê	mg/L	0,1	0,12	ND	0,02	0,041	0,03	0,03	0,02	ND	0,001	0,007	ND	0,001	ND	0,010	0,003
Magnésio	mg/L		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zinco	mg/L	0,18	0,10	0,16	0,12	0,10	0,10	0,14	0,10	0,124	0,09	0,018	0,105	0,147	0,174	0,13	0,163
N total	mg/L		4,94	0,84	3,08	0,70	1,12	0,46	0,56	2,48	1,12	0,56	0,93	0,93	0,60	0,37	1,16
NO ₃	μg/L	10000	3354	777,9	472,6	2680,	1656,	1349,	11255	840,7	1642,	463,5	320,5	396,0	218,2	164,8	155,3
NO ₂	μg/L	1000	124	102,9	48,52	83,12	64,20	97,20	54,74	58,43	42,92	8,87	10,26	10,94	6,15	2,84	3,62
NH ₄	μg/L		24500	15325	1876,	10,58	17,44	51,43	4,05	1,19	4,14	9,40	28,76	30,52	18,68	10,70	8,42
SiO ₄	mg/L		5,60	3,13	6,00	2,09	2,37	3,12	3,89	5,57	2,47	5,72	6,91	5,10	7,65	7,39	7,47
P total	μg/L	25	130,4	69,60	196,4	90,54	62,13	38,40	123,4	81,75	35,30	28,54	40,91	23,12	24,48	39,10	37,20
PO ₄ total	μg/L		27,90	32,54	48,35	34,02	13,96	11,35	13,91	7,60	4,40	7,61	39,15	11,20	14,19	1,86	8,25
PO ₄	μg/L		♣	15,14	48,35	22,93	5,26	4,01	4,49	2,90	2,47	6,73	22,63	6,67	6,21	0,88	2,41
MST	mg/L		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MSI	mg/L		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MSO	mg/L		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorofila	μg/L		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ND = Não detectado. ♣ = concentrações superiores as de fosfato total dissolvido. Valores em negrito representam medidas superiores ao limite máximo permitido pelo CONAMA 20/1986 para rios de classe 2.

TABELA 16- Valores de pH, condutividade, dureza, oxigênio dissolvido, temperatura, concentração de metais totais, nutrientes, material em suspensão e clorofila-a das amostras de água dos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em fevereiro de 2000.

		Estações	RT	RP	BBM	BBJ	RB	BM	BJ	IM	IJ	PM	PJ	NAvM	NAJ	TIM	TIJ
Parâmetros	Unidades	Conama															
pH	-	6,0-9,0	6,08	6,27	6,53	6,37	6,18	6,20	7,13	6,22	5,52	6,63	6,78	6,82	6,86	7,23	6,68
Cond	mS/cm		126	62	122	119	106	119	175	176	116	100	98	82	82	61	58
OD	mg/L	5	7,55	7,58	7,11	7,83	7,05	7,32	7,16	7,75	7,49	7,53	7,41	7,56	7,06	6,13	7,05
Temp	°C		24,8	24,3	26,2	25,2	27,0	25,2	28,3	26,4	26,1	27,0	26,9	27,3	28,3	31,8	27,9
Dureza	mg/L		61	20	40	52	52	52	36	32	34	30	30	26	32	22	30
Cádmio	mg/L	0,001	0,002	ND	0,009	0,016	ND	0,011	ND	0,001	ND	ND	0,027	0,026	0,041	0,035	0,019
Cobalto	mg/L	0,2	0,025	0,002	0,028	ND	0,033	0,039	0,017	0,056	0,019	0,022	0,061	0,028	0,057	0,036	0,057
Cromo	mg/L	0,05	ND	0,005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre	mg/L	0,02	0,002	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ferro	mg/L		5,423	5,056	1,228	2,015	1,136	0,933	0,798	0,728	1,026	0,202	0,286	0,582	0,559	0,439	0,280
Manganês	mg/L	0,1	0,260	0,136	0,096	0,126	0,238	0,132	0,062	0,071	0,068	0,009	0,006	0,022	0,902	0,012	0,028
Magnésio	mg/L		3,768	2,256	3,160	3,047	3,048	3,123	3,044	2,756	2,831	2,800	2,254	2,442	2,658	2,746	2,602
Zinco	mg/L	0,18	0,035	1,215	0,119	0,085	0,096	0,052	0,005	0,043	0,083	0,069	0,036	0,047	0,064	0,075	0,069
Ntotal	mg/L		1,77	0,47	0,65	0,70	0,23	0,28	0,28	0,14	0,09	0,14	0,14	0,09	0,05	0,05	0,05
NO3	mg/L	10000	456,8	236,1	629,7	746,3	683,7	744,9	712,9	745,4	640,5	468,9	425,8	312,3	282,9	132,8	139,3
NO2	mg/L	1000	21,41	46,56	17,70	48,92	116,5	24,08	15,54	4,18	6,23	13,23	12,03	7,99	8,21	3,00	2,56
NH4	mg/L		93,47	14,10	2,32	48,92	8,01	2,53	0,91	2,45	3,33	1,65	0,95	1,22	3,77	1,03	1,23
SiO4	mg/L		5,00	5,85	3,44	4,60	4,92	3,99	3,19	3,61	4,88	4,54	5,08	5,00	4,96	6,19	6,56
P total	mg/L	25	189,4	86,96	121,5	227,1	76,10	69,81	56,13	36,43	113,4	64,23	42,10	32,84	32,33	22,90	27,62
PO4 total	mg/L		73,21	56,99	34,63	32,43	33,69	28,52	18,32	28,70	27,70	12,52	5,22	3,60	14,80	7,66	6,94
PO4 inorg	mg/L		§	44,81	26,10	25,90	23,56	21,20	5,45	13,01	12,78	9,52	3,00	2,60	12,79	5,42	5,93
MST	mg/L		14,20	53,12	5,00	7,99	7,95	2,29	5,13	2,7	3,16	1,85	2,32	1,74	1,88	1,69	2,05
MSO	mg/L		10,36	5,20	2,56	3,09	2,89	1,46	3,73	2,40	1,97	1,69	1,88	1,49	1,73	1,32	1,30
MSI	mg/L		3,84	47,92	2,44	4,90	5,06	0,83	1,41	0,3	1,18	0,16	0,44	0,25	0,15	0,36	0,75
Clorofila-a	mg/L		27,9	21,20	17,01	8,19	16,12	13,39	16,39	8,37	16,18	16,18	13,95	7,25	8,09	2,23	2,65

ND = Não detectado. § = concentrações superiores as de fosfato total dissolvido. Valores em negrito representam medidas superiores ao limite máximo permitido pelo CONAMA 20/1986 para rios de classe 2.

TABELA 17- Valores de pH, condutividade, dureza, oxigênio dissolvido, temperatura, concentração de metais totais, nutrientes, material em suspensão e clorofila-a das amostras de água nos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em maio de 2000.

		Estações	RT	RP	BBM	BBJ	RB	BM	BJ	IM	IJ	PM	PJ	NAvM	NAvJ	TIM	TIJ
Parâmetros	Unidades	Conama															
pH	-	6,0-9,0	6,33	6,54	7,01	6,60	6,58	6,30	6,84	6,30	6,13	7,25	7,03	7,08	6,96	7,08	6,79
Cond	mS/cm		122	72	167	160	156	158	152	128	130	140	141	130	130	80	81
OD	mg/L	5	8,15	8,39	7,54	7,51	7,14	7,13	6,62	6,91	6,98	7,20	7,29	8,73	8,83	7,87	8,61
Temp	°C		23,4	23,0	24,5	24,5	24,5	24,3	26,1	25,1	24,4	25,7	25,4	25,9	25,8	27,1	26,7
Dureza	mg/L		56	34	38	40	40	38	38	40	40	38	30	38	44	30	42
Cádmio	mg/L	0,001	0,009	0,007	0,007	0,007	0,006	0,007	0,005	0,005	0,007	0,006	0,008	0,006	0,005	0,008	0,007
Cobalto	mg/L	0,2	ND	0,006	0,006	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,054	ND	ND	ND	0,032	ND
Cromo	mg/L	0,05	0,154	0,169	0,101	0,158	0,146	0,169	0,119	0,220	0,198	0,245	0,184	0,184	0,250	0,191	0,175
Cobre	mg/L	0,02	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ferro	mg/L		0,028	0,861	0,070	0,411	0,300	0,193	0,16	0,317	0,334	0,073	0,078	0,091	0,049	0,133	0,114
Manganês	mg/L	0,1	0,194	0,198	0,010	0,043	0,028	0,055	0,043	0,075	0,065	0,027	0,018	ND	0,033	0,022	0,040
Magnésio	mg/L		3,852	3,101	2,894	0,300	2,867	2,857	3,442	2,634	3,879	2,427	2,480	2,485	1,613	2,337	2,373
Zinco	mg/L	0,18	0,017	0,015	0,022	0,023	0,044	0,027	0,025	0,132	0,030	0,029	0,023	0,030	0,014	0,044	0,017
N total	mg/L		9,96	0,65	0,79	0,88	0,42	0,88	0,70	0,84	0,70	0,98	0,79	0,79	0,93	0,79	0,79
NO3	mg/L	10000	1492,	391,9	1187,	1153,	1036,	1125,	770,3	728,5	942,1	768,3	945,4	774,7	796,3	290,5	292,5
NO2	mg/L	1000	262,9	7,53	6,15	12,63	128,0	2,67	7,96	3,99	10,69	2,74	10,46	7,15	5,38	2,31	2,76
NH4	mg/L		1519,	73,76	13,00	28,48	213,6	8,54	69,56	10,92	9,54	18,23	10,83	8,07	10,99	6,42	7,55
SiO4	mg/L		4,86	5,47	4,79	4,48	5,32	5,77	5,88	7,27	5,62	5,66	6,40	6,75	5,63	7,25	6,96
P total	mg/L	25	103,5	76,42	37,67	39,13	70,37	63,01	66,09	9,67	57,85	40,61	28,92	26,28	21,18	24,14	33,37
PO4 total	mg/L		32,10	27,80	23,65	29,32	34,44	25,65	68,70	16,21	10,40	14,27	8,99	8,20	8,61	10,87	8,06
PO4 inorg	mg/L		8,64	14,51	9,59	13,04	17,02	11,90	49,93	5,78	7,99	2,03	2,31	2,62	1,80	2,94	4,36
MST	mg/L		5,73	5,68	2,75	5,06	3,79	2,83	3,51	1,59	1,89	1,15	1,66	1,82	1,00	1,36	2,38
MSO	mg/L		2,98	1,91	1,30	1,83	1,81	1,10	2,70	0,69	1,12	1,01	1,53	1,41	0,82	1,05	0,24
MSI	mg/L		1,81	3,77	1,45	3,22	1,98	1,73	0,81	0,89	0,77	0,14	0,13	0,41	0,18	0,31	2,14
Clorofila - a	mg/L		15,07	14,51	1,22	8,19	5,40	5,58	16,39	2,79	6,70	6,97	14,78	5,44	5,58	4,74	3,91

ND = Não detectado. Valores em negrito representam medidas superiores ao limite máximo permitido pelo CONAMA 20/86 para rios de classe 2.

TABELA 18- Valores de pH, condutividade, dureza, oxigênio dissolvido, temperatura, concentração de metais totais, nutrientes, material em suspensão e clorofila-a das amostras de água dos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em julho de 2000.

		Estações	RT	RP	BBM	BBJ	RB	BM	BJ	IM	IJ	PM	PJ	NAvM	NAvJ	TIM	TIJ
Parâmetros	Unidades	Conama															
pH	-	6,0-9,0	6,98	5,86	6,00	6,92	6,38	6,92	5,96	6,78	6,10	6,97	7,06	7,35	6,43	7,06	6,84
Cond	mS/cm		407	246	227	219	171	174	177	128	73	114	115	123	123	95	56
OD	mg/L	5	2,71	3,48	5,46	5,77	2,73	6,73	6,67	9,40	10,10	8,52	8,50	8,49	8,44	7,88	8,36
Temp	°C		22	18,7	19,4	20,4	20,2	20,4	20,4	20,5	20,3	21,4	21,5	21,6	21,2	22,8	22,7
Dureza	mg/L		60	42	50	48	40	38	40	40	40	40	38	36	32	30	34
Cádmio	mg/L	0,001	0,007	0,014	0,005	0,009	0,008	0,009	0,006	0,004	0,004	0,005	0,007	0,009	0,006	0,008	0,007
Cobalto	mg/L	0,2	0,025	0,057	ND	0,029	ND	0,068	0,041	0,021	0,08	ND	0,042	0,096	0,033	ND	0,014
Cromo	mg/L	0,05	0,008	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre	mg/L	0,02	0,011	0,005	0,005	0,002	0,001	0,003	0,003	0,001	0,007	0,003	ND	0,008	ND	ND	ND
Ferro	mg/L		0,352	0,720	0,262	0,562	0,747	0,332	0,323	0,367	0,213	0,293	0,226	0,198	0,398	0,267	0,190
Manganês	mg/L	0,1	0,174	0,082	0,418	0,029	0,050	0,059	0,039	0,011	0,026	0,008	0,015	0,064	0,019	0,01	0,016
Magnésio	mg/L		3,695	1,696	2,342	2,714	2,168	3,201	2,752	2,612	2,804	2,450	2,436	1,769	2,504	2,484	2,356
Zinco	mg/L	0,18	0,012	0,015	0,002	0,014	0,043	0,021	0,009	0,011	0,167	0,010	0,022	0,009	0,017	0,012	0,025
N total	mg/L		5,32	1,52	2,75	2,33	2,70	1,30	1,31	1,54	1,59	1,07	1,77	0,093	0,23	0,79	1,21
NO3	mg/L	10000	1795,	1187,	2049,	1751,	815,6	1512,	1749,	1149,	859,6	638,4	603,3	599,0	471,3	305,7	277,0
NO2	mg/L	1000	244,7	6,28	24,07	23,25	37,95	54,40	6,56	6,03	4,36	5,44	4,80	3,81	3,33	4,61	2,86
NH4	mg/L		2389,	16,05	17,56	680,6	593,3	9,30	7,08	10,62	9,02	10,85	10,40	6,31	18,61	0,57	1,10
SiO4	mg/L		5,33	6,68	4,84	5,40	7,34	5,53	5,29	6,03	6,26	7,46	6,69	7,29	7,12	6,73	7,32
P total	mg/L	25	148,6	750,3	57,34	58,97	139,1	48,11	42,14	30,58	26,07	17,47	8,48	18,21	18,02	17,02	22,24
PO4 total	mg/L		79,58	12,33	7,62	4,06	8,57	4,46	4,80	3,66	2,33	1,45	1,22	15,82	14,83	12,84	11,24
PO4 inorg	mg/L		§	§	§	3,92	§	§	2,84	3,11	1,16	0,50	2,19	0,77	1,52	3,92	1,54
MST	mg/L		7,06	6,87	4,38	5,77	3,57	4,27	2,95	1,88	1,31	1,56	1,55	1,28	1,57	0,71	0,55
MSO	mg/L		4,25	1,85	2,04	1,77	1,82	1,20	1,59	0,92	0,66	1,23	1,48	0,90	1,02	0,54	0,38
MSI	mg/L		2,81	5,02	2,34	4,00	1,75	3,07	1,36	0,96	0,65	0,33	0,07	0,38	0,55	0,17	0,17
Clorofila-a	mg/L		40,45	8,37	18,41	8,92	13,11	4,60	22,45	6,27	6,41	12,27	12,13	8,50	4,74	3,48	3,77

ND = Não detectado. § = concentrações superiores as de fosfato total dissolvido. Valores em negrito representam medidas superiores ao limite máximo permitido pelo CONAMA 20/1986 para rios de classe 2.

TABELA 19- Valores de pH, condutividade, dureza, oxigênio dissolvido, temperatura, concentração de metais totais, nutrientes, material em suspensão e clorofila-a das amostras de água dos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), nos meses de outubro/99 e fevereiro/00, referentes aos pontos do Meio.

Parâmetro	Unidade	Estações	Outubro/99						Fevereiro/00					
			BBmeio	Bmeio	Imeio	Pmeio	NAmeio	Tlmeio	BBmeio	Bmeio	Imeio	Pmeio	NAmeio	Tlmeio
		Conama 20												
N total	mg/L		-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,373	0,047	-
NO ₃	µg/L	10000	-	-	-	-	-	-	-	-	40,177	557,12	312,06	143,99
NO ₂	µg/L	1000	-	-	-	-	-	-	-	-	3,864	13,047	8,772	2,369
NH ₄	µg/L		-	-	-	-	-	-	-	-	42,593	-	6,325	19,409
SiO ₄	mg/L		-	-	-	-	-	-	-	-	4,647	4,884	4,843	5,944
P total	µg/L	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	41,057	21,475	-
PO ₄ total	µg/L		-	-	-	-	-	-	-	-	21,595	6,935	5,477	19,1
PO ₄ inorg	µg/L		-	-	-	-	-	-	-	-	17,75	3,209	5,374	16,081
MST	mg/L		-	-	-	-	-	-	-	7,84	8,16	2,49	1,92	1,51
MSI	mg/L		-	-	-	-	-	-	-	-	4,96	1,08	0,6	0,05
MSO	mg/L		-	-	-	-	-	-	-	-	3,2	1,41	1,32	1,50
Clorofila-a	µg/L		-	-	-	-	-	-	-	-	16,182	18,414	8,091	-

TABELA 20- Valores de pH, condutividade, dureza, oxigênio dissolvido, temperatura, concentração de metais totais, nutrientes, material em suspensão e clorofila-a das amostras de água dos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), nos meses de maio/00 e julho/00, referentes aos pontos do Meio.

Parâmetro	Unidade	Estações	maio/00						julho/00					
			BBmeio	Bmeio	Imeio	Pmeio	NAmeio	Tlmeio	BBmeio	Bmeio	Imeio	Pmeio	NAmei	Tlmeio
		Conama 20												
N total	mg/L		-	-	-	-	-	-	-	-	1,54	-	2,0062	0,084
NO ₃	µg/L	10000	-	-	779,36	792,29	732,55	419,64	-	-	958,55	638,45	528,71	467,01
NO ₂	µg/L	1000	-	-	14,55	6,87	6,77	2,34	-	-	9,8052	4,5074	4,7869	3,6017
NH ₄	µg/L		-	-	26,2	4,99	12,32	13,55	-	-	11,442	5,2492	12,912	8,0192
SiO ₄	mg/L		-	-	5,8497	6,5564	7,0749	7,632	-	-	5,5358	7,4183	7,5043	7,4631
P total	µg/L	25	-	-	-	41,057	21,475	-	-	-	-	41,057	21,475	-
PO ₄ total	µg/L		-	-	47,13	15,5	9,72	10,32	-	-	3,0851	1,7059	18,756	12,781
PO ₄ inorg	µg/L		-	-	22,23	1,08	2,21	0,53	-	-	1,3052	1,59	8,5822	4,0197
MST	mg/L		-	3,80	1,94	1,52	-	0,63	-	7,14	-	1,63	1,86	0,37
MSI	mg/L		-	-	1,13	0,02	-	0,06	-	-	-	0,25	0,63	0,03
MSO	mg/L		-	-	0,81	1,5	-	0,57	-	-	-	1,38	1,23	0,34
Clorofila-a	µg/L		-	-	3,63	5,58	5,02	7,39	-	-	27,342	11,579	8,231	8,51

TABELA 25- Valores de matéria orgânica, matéria inorgânica, granulometria, concentração de metais biodisponíveis e nutrientes nas amostras de sedimento dos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em outubro de 99.

	Estações	RT	RP	BBM	BBJ	RB	BM	BJ	IM	IJ	PM	PJ	NAvM	NAvJ	TIM	TIJ
Parâmetros	Unidades															
MO	%	13,30	11,89	12,59	13,98	15,45	13,39	8,68	6,06	12,99	8,19	5,39	3,17	2,31	2,94	3,16
MI	%	86,30	88,11	87,41	86,02	84,55	86,61	1,32	93,94	87,01	1,81	94,61	6,83	1,69	7,06	6,84
Argila	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Silte	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arcia Fina	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arcia Media	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arcia Grossa	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pedregulho	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cádmio	mg/kg	0,80	ND	1	2	0,8	1,2	1,2	1	ND	ND	ND	1,4	ND	0,4	0,2
Cobalto	mg/kg	7,8	7	6,4	13,8	23,2	3,8	19,2	0,8	8,8	5,6	ND	12,2	2	15,4	20,2
Cromo	mg/kg	18,6	67,6	13,8	27,8	ND	ND	74	4,4	50,4	36,8	16,4	21,8	ND	18	48,8
Cobre	mg/kg	9,2	9,4	16	21,8	36,2	34	31	15,4	7	5,2	7	30,4	2	21,4	9
Ferro	mg/kg	2715,2	2502	2699,4	3082,4	2699,4	1673	1097,6	970,4	1608,4	1409,8	1721,2	4537,6	94,8	1928,4	3910,6
Manganês	mg/kg	2660	1259,6	3604	4075,6	159,6	3646	3776,6	2422,6	1227,6	1396,8	116,2	659,6	43,2	354	552,6
Magnésio	mg/kg	276,4	371,74	343,78	474,92	464,46	463,8	472,52	248,54	276,88	267,02	173,64	463,58	660,82	302,48	342,46
Chumbo	mg/kg	10	6	10	16	14	3,4	16	2	ND	4	6	12	4	6	4
Zinco	mg/kg	59,78	32,98	36,9	64,56	94,06	46,94	40,42	14,96	11,5	5,02	10,34	26,12	0,24	9,12	11,48
N total	%	3,66	20,02	36,68	34,53	28,6	27,21	18,99	28,09	12,32	14,47	11,76	45,96	3,68	6,49	7
P total	µg/g	100,17	70,11	88,42	85,19	64,02	77,64	78,8	49,49	73,03	47,53	39,98	55,71	27,7	19,43	28,95

ND = Não Detectado, T (Tietê, P (Piracicaba), BBM (Barra Bonita Montante), BBJ (Barra Bonita Jusante), BM (Bariri Montante), BJ (Bariri Jusante), IM (Ibitinga Montante), IJ (Ibitinga Jusante), PM (Promissão Montante), PJ (Promissão Jusante), NavM (Nova Avanhandava Montante), NavJ (Nova Avanhandava Jusante), TIM (Três Irmãos Montante), TIJ (Três Irmãos Jusante).

TABELA 26- Valores de matéria orgânica, matéria inorgânica, granulometria, concentração de metais biodisponíveis e nutrientes nas amostras de sedimento dos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em fevereiro/00.

	Estações	RT	RP	BBM	BBJ	RB	BM	BJ	IM	IJ	PM	PJ	NAvM	NAvJ	TIM	TIJ
Parâmetros	Unidades															
MO	%	13,92	10,92	12,7	7,89	15,34	14,35	11,54	9,99	11,13	12,06	0,7	12,8	0,1	0,3	0,5
MI	%	86,08	89,08	87,3	92,11	84,65	85,65	88,45	90,01	88,87	87,94	99,3	87,2	9,9	99,7	99,5
Argila	%	70	65	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Silte	%	12	16	85	-	66	51	70	88	72	81	23	84	9	5	0
Areia Fina	%	11	13	12	-	28	32	24	8	26	16	73	10	87	95	95
Areia Media	%	2	3	2	-	3	14	3	2	2	2,5	3	2	2	0	2
Areia Grossa	%	5	3	1	-	1	3	2	2	0	0,5	1	4	3	0	0
Pedregulho	%	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	-		0
Cádmio	mg/kg	0,8	0,8	0,8	1	1	1	0,8	0,6	0,8	0,6	0,6	1,6	0,4	1,8	0,6
Cobalto	mg/kg	18	23	7,4	21,2	11,4	11,8	13,4	13,8	23,4	6,6	2,4	26,6	ND	ND	ND
Cromo	mg/kg	6,2	11,4	3,6	10,4	9,8	6,4	6,8	9	10,8	6,6	4,4	7,8	5,6	ND	ND
Cobre	mg/kg	16	22,8	18,8	37,2	39,6	29	32	20,4	21	15,8	1,8	35,6	0,8	0,8	1,2
Ferro	mg/kg	4042,4	4698,4	4226	9322,8	5872,8	6090	4530,8	3045	4405	4147,6	582,2	3216	224	137,2	441,4
Manganês	mg/kg	1426,4	1106,6	1778	1585	605	1544,4	1473,8	180,4	283,4	238,2	172,2	41	106,8	12,5	8,2
Magnésio	mg/kg	282,82	592,54	291,6	451,27	541	421,96	343,74	345,58	253,46	253,46	136,76	271,36	54,64	75,58	58,76
Chumbo	mg/kg	20	10	14	14	46	14	12	4	8	2	6	16	4	6	6
Zinco	mg/kg	68,14	62,94	38,46	41,42	69,02	31,54	26,6	16,58	3,44	3,26	2,04	6,56	1,2	1,52	1,34
N total	%	2,17	1,675	3,043	1,63	2,259	2,80	1,311	1,99	2,99	2,65	3,22	1,49	1,59	1,45	1,54
P total	µg/g	73,75	57,69	62,84	47,17	47,82	60,65	63,05	51,32	44,97	48,34	6,54	45,01	6,2	2,52	3,03

ND = Não Detectado, T (Tietê, P (Piracicaba), BBM (Barra Bonita Montante), BBJ (Barra Bonita Jusante), BM (Bariri Montante), BJ (Bariri Jusante), IM (Ibitinga Montante), IJ (Ibitinga Jusante), PM (Promissão Montante), PJ (Promissão Jusante), NavM (Nova Avanhandava Montante), NavJ (Nova Avanhandava Jusante), TIM (Três Irmãos Montante), TIJ (Três Irmãos Jusante).

TABELA 27- Valores de matéria orgânica, matéria inorgânica, granulometria, concentração de metais biodisponíveis e nutrientes nas amostras de sedimento dos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em maio/00.

	Estações	RT	RP	BBM	BBJ	RB	BM	BJ	IM	IJ	PM	PJ	NAvM	NAvJ	TIM	TIJ
Parâmetros	Unidades															
MO	%	13,44	12,69	13,07	1,93	14,39	13,59	0,5	11,2	14,17	16,03	1,95	2,37	0,2	0,4	0,3
MI	%	86,56	87,3	86,93	98,07	85,61	86,41	99,5	88,8	85,83	83,97	98,05	97,63	99,8	99,6	99,7
Argila	%	69	50	58	13	23	47	2	40	20	0	0	-	-	3	3
Silte	%	11	19	35	9	20	23	12	24	29	20	20	-	-	0	0
Areia Fina	%	17	21	3	51	11	20	79	16	47	70	77	-	-	95	95
Areia Media	%	3	4	2	25	26	10	6	20	4	6	3	-	-	2	2
Areia Grossa	%	0	3	4	1	13	0	0	0	0	4	0	-	-	0	0
Pedregulho	%	0	3	0	0	8	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0
Cádmio	mg/kg	4,67	2,33	2,33	1,67	2,67	2,33	2	2,67	2,33	2,33	1,67	2	2	2	1,33
Cobalto	mg/kg	67,67	25	11,67	13	22	15	27,67	5	27	11,67	ND	ND	ND	ND	7,67
Cromo	mg/kg	4,33	42,67	63,33	63	70,67	87	51	70,67	79,67	81	64,33	68,67	79,67	85	88,33
Cobre	mg/kg	57,67	20	35	11	50,33	56,33	ND	39,33	41,33	49	ND	13,33	ND	3	ND
Ferro	mg/kg	29363,7	6093,3	8259,9	209,33	8958,6	15055,8	458,7	16961,2	16455,2	14102	190,7	1849,9	94,67	59,33	464,33
Manganês	mg/kg	3315,9	1866,6	3789,3	56,33	825,66	4618,6	62,67	2834,6	1482,6	613,3	116	203,33	19	6,33	56
Magnésio	mg/kg	764,7	1320,1	409,43	234,1	480	591,7	134,4	504,3	417,7	400,3	444,6	353,3	91,9	82,9	104,9
Chumbo	mg/kg	186,66	80	70	70	100	83,33	60	76,67	80	80	66,67	70	66,67	70	73,37
Zinco	mg/kg	20,41	79,97	60,27	7,07	82,93	62,77	6,3	31,5	28,17	32,99	3,79	11,59	29,33	3,03	4,97
N total	%	3,66	2,47	3,83	2,47	2,62	3,15	1,91	2,45	4,27	3,69	2,47	5,88	0,98	0,61	1,12
P total	µg/g	58,33	52,64	62,84	22,11	5,12	59,2	57,99	48,96	46,64	50,83	9,98	25,63	3,12	1,36	3,34

ND = Não Detectado, RT (Rio Tietê), RP (Rio Piracicaba), BBM (Barra Bonita Montante), BBJ (Barra Bonita Jusante), BM (Bariri Montante), BJ (Bariri Jusante), IM (Ibitinga Montante), IJ (Ibitinga Jusante), PM (Promissão Montante), PJ (Promissão Jusante), NavM (Nova Avanhandava Montante), NavJ (Nova Avanhandava Jusante), TIM (Três Irmãos Montante), TIJ (Três Irmãos Jusante).

TABELA 28 - Valores de matéria orgânica, matéria inorgânica, granulometria, concentração de metais biodisponíveis e nutrientes nas amostras de sedimento dos reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê (SP), em julho/00.

	Estações	RT	RP	BBM	BBJ	RB	BM	BJ	IM	IJ	PM	PJ	NavM	NavJ	TIM	TIJ
Parâmetros	Unidades															
MO	%	13,56	11,47	12,49	2,32	14,82	13,51	0,3	10,49	13,65	16,74	4,07	5,83	5,83	0,5	0,5
MI	%	86,44	88,53	87,51	97,68	85,18	86,49	99,7	89,51	86,35	83,26	95,93	94,17	94,17	99,5	99,5
Argila	%	60	47	0	0	60	0	0	35	20	13	3	3	11	3	1
Silte	%	17	21	72	83	20	51	70	30	33	20	17	6	20	5	3
Areia Fina	%	5	18	9	10	5	32	24	21	31	27	80	91	78	90	94
Areia Média	%	9	15	11	6	8	14	3	11	10	23	0	0	2	2	2
Areia Grossa	%	9	0	8	1	7	3	2	5	6	17	0	0	0	0	0
Pedregulho	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cádmio	mg/kg	1,67	2,67	3	2,33	5	2	2,33	2,67	4	2,67	3,67	3,33	4	4,33	5
Cobalto	mg/kg	61,33	53	61,33	54,67	13,97	39,33	3,33	26,33	30	15,67	39,67	31	40	3,33	9,67
Cromo	mg/kg	11,67	6,33	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre	mg/kg	62,33	45	70,33	29,33	95,33	97,67	4	68,67	43,33	39,33	13,33	3,33	54	4,67	2
Ferro	mg/kg	24269	24603,7	23302,4	1971,6	23946,4	28198,4	482	25871,7	9591,9	10455,9	1231,6	178	3388,9	329,3	814,9
Manganês	mg/kg	2965,3	1250,6	3445,3	802,9	1620,6	3101,3	120,3	2385,3	2217,9	906,9	254,3	47,3	519,6	59,7	199
Magnésio	mg/kg	797,4	992,5	651,7	533,9	748	794,9	123,4	754,9	655	598,2	615,7	94,3	999,1	122,9	180
Chumbo	mg/kg	96,67	103,3	120	96,67	183,33	106,67	120	140	136,7	143,3	143,3	143,3	143,3	130	140
Zinco	mg/kg	224,9	139,4	122,07	18,9	163,3	106,8	2,33	51,13	34,73	23,2	6,2	2,2	23,6	1,6	3,3
N total	%	1,03	2,21	3,72	5,69	3,28	3,024	1,45	2,25	4,44	3,20	4,53	0,98	1,84	1,68	1,54
P total	µg/g	57,19	37,47	30,50	27,40	3,48	57,73	49,10	40,6	40,68	45,49	10,53	27,14	32,11	2,8	4,13

ND = Não Detectado, RT (Rio Tietê, RP (Rio Piracicaba), BBM (Barra Bonita Montante), BBJ (Barra Bonita Jusante), BM (Bariri Montante), BJ (Bariri Jusante), IM (Ibitinga Montante), IJ (Ibitinga Jusante), PM (Promissão Montante), PJ (Promissão Jusante), NavM (Nova Avanhandava Montante), NavJ (Nova Avanhandava Jusante), TIM (Três Irmãos Montante), TIJ (Três Irmãos Jusante).

Tabela 30 - Número total de indivíduos pertencentes à macrofauna bentônica, nos rios e reservatórios do Sistema Médio e Baixo Rio Tietê.

locais coleta	outubro/99	fevereiro/00	maio/00	julho/00
BB (M)	3	10	24	4
BB (meio)	7	4	10	0
BB(J)	5	0	10	6
RP	590	30	31	20
RT	3738	80	38	21
RB	17	184	187	57
B(M)	26	53	186	141
B (meio)	33	0	7	4
B (J)	5	12	15	0
I(M)	3	1	74	86
I (meio)	39	12	55	47
I (J)	31	27	103	123
Pr (M)	29	15	36	136
Pr(meio)	37	129	206	3
Pr(J)	44	36	91	30
N. Avan (M)	0	54	45	54
N. Avan (M)	70	61	254	175
N. Avan (J)	353	33	94	57
TI(M)	34	0	0	14
TI(meio)	28	1	1	32
TI(J)	0	101	102	48

Tabela 31 - Valores obtidos relativos às densidades das espécies pertencentes ao grupo Oligochaeta, referente ao mês de outubro/99.

[illegible]

Tabela 32 - Valores obtidos relativos às densidades das espécies pertencentes ao grupo ^{Diptera} ~~Oligochaeta~~, referente ao mês de outubro/99 para o grupo Mollusca.

Out/99	GRUPO MOLLUSCA					GRUPO DIPTERA	
Locais Coleta	FAMÍLIA		FAMÍLIA		FAMÍLIA		
	Thiaridae	Corbiculidae	Planorbidae	Lymnæidae	CHIRONOMIDAE		
	Gênero	Espécie	Gênero	Espécie	Gênero		
	Haylacostoma	<i>Melanoides tuberculatus</i>	<i>Corbicula fluminea</i>	Biomphalaria	<i>Lymnaea columella</i>	Goeldichiromus	Coelotanypus
	sp			sp		sp	
BB (M)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BB(meio)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,4	88,9
BB (J)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	88,9	0,0
R P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RT	222,22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	133,3
RB	488,88	44,44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
B (M)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8933,3	533,3
B (meio)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
B (J)	888,88	488,88	0,0	0,0	0,0	0,0	88,9
I (M)	44,44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
I (meio)	533,33	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
I (J)	400	0,0	44,44	0,0	0,0	88,9	0,0
P (M)	0,0	88,89	0,0	0,0	0,0	933,3	0,0
P (meio)	311,11	133,33	0,0	0,0	44,44	222,2	444,4
P (J)	0,0	0,0	311,11	444,44	0,0	0,0	222,2
N.Avan (M)	1111,11	266,67	488,89	0,0	133,33	0,0	0,0
N.Avan (meio)	8844,44	0,0	6844,44	0,0	0,0	0,0	0,0
N.Avan (J)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TI(M)	666,66	88,9	577,77	177,77	0,0	0,0	0,0
TI (meio)	133,33	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TI (J)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 33 - Valores obtidos relativos às densidades das espécies pertencentes ao grupo Oligochaeta, referente ao mês de fevereiro/00.

[illegible]

Tabela 34 - Valores obtidos relativos às densidades das espécies, referente ao mês de fevereiro/00 para o grupo Mollusca. e Diptera

02/00	GRUPO MOLLUSCA				GRUPO DIPTERA		
Locais Coleta	FAMÍLIA		Espécie	FAMÍLIA		Espécie	Espécie
	Thiaridae	Corbiculidae		Planorbidae	Lymnæidae	CHIRONOMIDAE	
	Gênero	Gênero		Gênero	Gênero	Gênero	
	Haylacostoma	Melanoides	Corbicula fluminea	Biomphalaria	Lymnaea	Goeldichiromus	Coelotanypus
	sp	tuberculatus		sp	columella	sp	
BB (M)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BB(meio)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BB (J)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R P	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	355,6	444,4
RT	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RB	0,0	0,0	756	0,0	0,0	444,4	0,0
B (M)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
B (meio)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
B (J)	178	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
I (M)	44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
I (meio)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
I (J)	89	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P (M)	578	89	0,0	0,0	0,0	0,0	133,3
P (meio)	3822	222	356	44	0,0	0,0	0,0
P (J)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,44	0,0
N.Avan (M)	0,0	267	0,0	0,0	0,0	0,0	44,44
N.Avan (meio)	2311	0,0	44,44	0,0	0,0	0,0	0,0
N.Avan (J)	667	89	578	89	0,0	0,0	0,0
TI(M)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TI (meio)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TI (J)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 36 - Valores obtidos relativos às densidades das espécies, referente ao mês de maio/00 para o grupo Mollusca e Diptera

05/00	GRUPO MOLLUSCA					GRUPO DIPTERA	
Locais Coleta	FAMÍLIA		Espécie	FAMÍLIA		FAMÍLIA	
	Thiaridae	Corbiculidae		Planorbidae	Lymnæidae	CHIRONOMIDAE	
	Gênero	Espécie		Gênero	Espécie	Gênero	
	Haylacostoma	<i>Melanoides tuberculatus</i>	<i>Corbicula fluminea</i>	Biomphalaria	<i>Lymnaea columella</i>	Goeldichiromus	Coelotanypus
	sp			sp		sp	
BB (M)	0,0	0,0	267	0,0	0,0	266,7	0,0
BB(meio)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BB (J)	178	44	133	0,0	0,0	0,0	355,6
R P	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
RT	267	0,0	533	0,0	0,0	0,0	0,0
RB	0,0	0,0	756	0,0	0,0	0,0	0,0
B (M)	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
B (meio)	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
B (J)	267	0,0	44	0,0	0,0	0,0	0,0
I (M)	44	89	0	0,0	0,0	0,0	0,0
I (meio)	0,0	356	1556	0,0	0,0	0,0	0,0
I (J)	1600	0,0	267	1289	0,0	0,0	0,0
P (M)	889	89	0	0,0	0,0	0,0	0,0
P (meio)	6933	222	489	44	0,0	0,0	0,0
P (J)	2311	267	44	0,0	0,0	0,0	355,6
N.Avan (M)	667	356	800	44	133	133,3	311,1
N.Avan (meio)	8578	933	1467	44	267	0,0	0,0
N.Avan (J)	667	89	578	89	44	0,0	0,0
TI(M)	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
TI (meio)	44	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0
TI (J)	3422	0,0	1111,11	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 37 - Valores obtidos relativos às densidades das espécies pertencentes ao grupo Oligochaeta, referente ao mês de julho/00 .

07/00		GRUPO OLIGOCHAETA									
Locais Coleta	Tubificidae					FAMÍLIA				Alluroididae	Opistocystidae
						Naididae					
	Espécie										
	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	<i>Limnodrilus udekemianus</i>	<i>Tubifex tubifex</i>	<i>Branchiura sowerbyi</i>	<i>Bothrioneurum sp</i>	<i>Dero nivea</i>	<i>Pristina americana</i>	<i>Dero digitata</i>	<i>Allonais chelata</i>	<i>Brinkhurstia americanus</i>	<i>Opistocysta funiculus</i>
BB (M)	177,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BB(meio)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
BB (J)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
R P	800,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	88,9	0,0	0,0	0,0	0,0
RT	888,9	0,0	0,0	0,0	0,0	44,44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
RB	2488,9	0,0	0,0	0,0	0,0	44,44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
B (M)	133,3	0,0	0,0	5866,7	0,0	44,44	0,0	88,9	0,0	0,0	0,0
B (meio)	44,4	0,0	0,0	133,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
B (J)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
I (M)	0,0	0,0	0,0	3822,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
I (meio)	88,9	44,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	88,9	0,0	0,0	0,0
I (J)	355,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,44	88,9	0,0	0,0	88,9
P (M)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P (meio)	44,4	0,0	0,0	44,4	0,0	0,0	44,44	0,0	0,0	0,0	0,0
P (J)	266,7	0,0	0,0	533,3	0,0	0,0	400,00	0,0	0,0	0,0	0,0
N.Avan (M)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N.Avan (meio)	0,0	0,0	0,0	1111,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	88,9	0,0
N.Avan (J)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TI(M)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TI (meio)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TI (J)	0,0	0,0	0,0	177,8	88,9	0,0	44,44	0,0	0,0	133,33	0,0

Tabela 38 - Valores obtidos relativos às densidades das espécies, referente ao mês de julho/00 para o grupo Mollusca. *c. D. Batista*

07/00	GRUPO MOLLUSCA					GRUPO DIPTERA	
Locais Coleta	FAMÍLIA		FAMÍLIA		FAMÍLIA		
	Thiaridae	Corbiculidae	Planorbidae	Lymnaiidae	CHIRONOMIDAE		
	Gênero	Espécie	Gênero	Espécie	Gênero		
	Haylacostoma	<i>Melanoides tuberculatus</i>	<i>Corbicula fluminea</i>	Biomphalaria	<i>Lymnaea columella</i>	Goeldichiromus	Coelotanypus
	sp			sp		sp	
BB (M)	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
BB(meio)	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
BB (J)	178	0,0	89	0,0	0	0,0	0,0
R P	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
RT	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
RB	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
B (M)	133	0,0	0,0	0,0	0	177,8	88,9
B (meio)	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
B (J)	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
I (M)	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
I (meio)	1288	267	267	0,0	44	0,0	0,0
I (J)	844,44	44	978	2044	756	0,0	0,0
P (M)	2088,8	89	89	3467	0	0,0	88,9
P (meio)	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
P (J)	133,33	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
N.Avan (M)	0,0	0,0	2400	0,0	0	0,0	0,0
N.Avan (meio)	6044	0,0	444	89	0	0,0	0,0
N.Avan (J)	1333	1200	0,0	0,0	0	0,0	0,0
TI(M)	267	356	0,0	0,0	0	311,1	0,0
TI (meio)	0,0	1422	0,0	0,0	0	0,0	0,0
TI (J)	1733	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0

Tabela 39 – Densidade total da fauna bentônica referente aos Rios e Reservatórios do Médio e Baixo Rio Tietê, durante o período de estudo.

Locais de Coleta	Outubro/99	Fevereiro/00	Maio/00	Julho/00
BB (M)	133,32	444,44	1066,65	177,77
BB(meio)	666,65	177,77	444,44	266,65
BB (J)	1244,43	-	711,07	-
R P	26043,66	2133,31	737,77	888,88
RT	164887,2	3777,77	1688,87	933,32
RB	10665	8622,21	9199,88	2533,32
B (M)	11154	2355,55	8266,66	6399,96
B (meio)	1599,98	-	311,09	177,77
B (J)	133,32	355,55	533,3	4799,98
I (M)	177,76	44,44	3288,85	3955,55
I (meio)	1199,99	533,32	533,33	1777,74
I (J)	1599,97	1244,43	3511,06	888,85
P (M)	3466,63	1333,32	1244,42	6044,408
P (meio)	177,76	6666,64	4577,77	444,43
P (J)	888,88	1644,42	1866,65	1333,32
N.Avan (M)	8355,54	2177,77	11288,86	2400
N.Avan (meio)	2533,29	355,55	2711,09	7066,64
N.Avan (J)	-	1688,86	-	2844,44
TI(M)	-	1288,88	-	-
TI (meio)	-	44,44	-	311,11
TI (J)	133,33	3377,77	-	3555,53

Tabela 40 - Abundância total (%) de Organismos nos locais de coleta.

	Outubro/99	--	Fevereiro/00	--	Maio/00	--	Julho/00
BB(M)	0,199	BB(M)	1	BB(M)	2,9	BB(J)	0,64
BB(meio)	0,327	RP	0,4	BB(meio)	1,3	RP	1,49
RP	9	RT	4,6	BB(J)	1,9	RT	2,12
RT	77	RB	13	RP	2,7	RB	6,05
RB	0,24	B(M)	23,5	RT	5,1	B(M)	15,29
B(M)	1,22	B (meio)	7,5	RB	1,1	B (meio)	0,42
B (meio)	0,51	B(J)	1	B(M)	16,8	B(J)	11,46
B(J)	0,06	I(M)	2,3	B (meio)	0,7	I(M)	10,3
I(M)	0,18	I (meio)	1,4	B(J)	0,4	I (meio)	4,25
I (meio)	0,48	I (J)	0,8	I(M)	0,8	I (J)	2,55
I (J)	0,68	P (M)	7,2	I (meio)	8,5	P (M)	13,69
P (M)	0,75	P (meio)	17,9	I (J)	8,4	P (meio)	0,85
P (meio)	0,67	P(J)	2,1	P (M)	3,7	P(J)	2,23
P(J)	0,71	N. Avan (M)	5,8	P (meio)	11,2	N. Avan (M)	5,73
N. Avan (M)	4,4	N. Avan (meio)	6,5	P(J)	0,8	N. Avan (meio)	16,14
N. Avan (meio)	3,08	N. Avan (J)	0,8	N. Avan (meio)	33,8	N. Avan (J)	6,05
N. Avan (J)	0,45	TI (M)	4,1			TI (M)	0,74
TI (J)	0,04	TI (meio)	0,1				

12. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1982). *NBR 7182: Análise granulométrica de solos/ método de ensaio*. Rio de Janeiro.

AGEMIAN, H.; CHAU, A.S.Y. (1975). An Atomic absorption method of the determination of 20 elements in lake sediments after acid digestion. *Analytica Chimica Acta*, Amsterdam, v.80, n.1, p.61-66, Nov..

_____. (1976). Evolution of extractive techniques for the determination of metals in aquatic sediments. *The Analyst*, London, v.101, n.1207, p.761-767.

ALLEN, H. E. (1995). *Metal contaminated aquatic sediments*. Ann Arbor Press, Inc, 292p.

ALVES, R.G. (1998). *Dinâmica espaço-temporal dos macroinvertebrados bentônicos de uma lagoa marginal de drenagem*. 136p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1998.

ARCIFA, M.S.; FRÖELICH, G.C. (1986). Padrões de circulação vertical em 10 reservatórios do Estado de São Paulo. *Ciência e Cultura-SP*, v. 38, n.4, p.684-692.

ASTON, R.J. (1973). Tubificids and water quality: a review. *Environmental Pollution*, London, v.5, p.1-10.

BARBOSA, F. et al. (1997). Nitrogen and phosphorus balance in a eutrophic reservoir in Minas Gerais: a first approach. *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, v.58, n.2, p.233-239.

BARBOSA, M.R. (1998). *Avaliação do impacto de efluentes de estações de tratamento de água à biota aquática, através de testes de toxicidade e composição da comunidade bentônica*. São Carlos. Projeto de pesquisa apresentado à EESC/USP para a obtenção do título de Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental.

BARBOSA, F.R.A. et al. (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. (Ed.). *Theoretical reservoir ecology and its applications*. São Carlos: International Institute of Ecology; Rio de Janeiro: Brazilian Academy of Sciences. p.425-437.

BASS, D. (1992). Colonization and succession of benthic macroinvertebrates in Arcadia lake, a South-Central USA reservoir. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.242, p.123-131.

BERTOLETTI, E. (1990). Toxicidade e Construção de Agentes Tóxicos em Efluentes Industriais. *Ciência e Cultura*, v. 271, p.3-4.

BOHRER, M.B.C. (1995). *Biomonitoramento das lagoas de tratamento terciário do sistema de tratamento dos efluentes líquidos industriais (SITEL) do polo petroquímico do Sul, Triunfo, RS, através da comunidade zooplancônica*. 470p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1995.

BOLTOVSKOY, D. et al. (1997). Environmental stress on *Corbicula fluminea* (Bivalvia) in the Parana river delta (Argentina): complex pollution-related disruption of population structures. *Archiv fur Hydrobiologie*, Stuttgart, v.83, p.115-123.

BRANCO, S.M.; ROCHA, A.A. (1977). *Poluição, proteção e usos múltiplos de represas*. São Paulo: Edgard Blucher; CETESB.

BRINKHURST, R.O.; JANUUESON, B.G. (1971). *Aquatic oligochaeta of the world*. Toronto: University of Toronto.

BRINKHURST, R.O.; COOK, D.G. (1979). *Aquatic oligochaete biology*. New York: Plenum Press.

BRINKHURST, R.O.; MARCHESE, M.R. (1989). *Guia para la identificacion de oligoquetos acuaticos continentales de Ssud y Centro America*. Santa Fé: Asociación Ciencias Naturales del Litoral.

BUCK, W.B. (1978). Copper/molybdenum toxicity in animals. In: OEHME, F.W. (Ed.). *Toxicity of heavy metals in the environment: part I*. New York: Marcel Dekker. p.491-515.

BURTON JR., G.A. (1991). Assessing the toxicity of freshwater sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry*, New York, v.10, p.1585-1627, janeiro.

BURTON JR., G.A.; NELSON, M.K.; INGERSOLL, C.G. (1992). Freshwater benthic toxicity tests. In: BURTON JR., G.A. (Ed.). *Sediment toxicity assessment*. Boca Raton: Lewis. Cap.10, p.213-239.

BURTON JR., G.A.; MacPHERSON, C. (1995). Sediment toxicity testing: issues and methods. In: HOFFMAN, D.J. et al. *Handbook of ecotoxicology*. Boca Raton: Lewis. Cap.5, p.70-103.

CAIRNS JR., J. (1983). Are Single species toxicity tests alone adequate for estimating environmental hazard. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.100, p.47-57.

CAIRNS, M.A. et al. (1984). Toxicity of copper-spiked sediments to freshwater invertebrates. *Environmental Toxicology and Chemistry*, New York, v.3, p.435-445, fevereiro.

CALIJURI, M.C. (1998). Respostas fisioecológicas da comunidade zooplancônica e fatores ecológicos em ecossistemas com diferentes estágios de eutrofização. 293p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

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

CARLSON, R.E. (1977). A Trofic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, Grafton, v.22, n.2, p.361-369.

CARROLL, H. J. et al., (1971). The Life History of *Brachyura sowerbyi*. The American Midland Naturalist, v.87(2), p. 413-422.

CASELLATO, S. (1984). Life-cycle and karyology of *Branchiura sowerbyi* Beddard (Oligochaeta, Tubificidae). *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.115, p.65-69.

CASELLATO, S.; NEGRISOLO, P. (1989). Acute and chronic effects of an anionic surfactant on some freshwater tubificid species. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.180, p.243-252.

CENTRAIS DE ENERGIA DE SÃO PAULO (1998). Disponível em: <http://www.cesp.com.br/usinas/usi_tres.html>. Acesso em: 13 abr. 2002.

CHAPMAN, G. (1978). Toxicological considerations of heavy metals I the aquatic environment. In: TOXIC materials in the aquatic environment seminar conducted by Water Resources Research Intitute. Corvallis: Oregon State University. p.69-77.

CHAPMAN, P.M.; FARREL, M.A.; BRINKHURST, R.O. (1982). Relative tolerances of selected aquatic oligochaetes to individual pollutants and environmental factors. *Aquatic Toxicology*, Amsterdam, v.2, n.1, p.47-67, Jan.

CHAPMAN, P.M. (1986). Sediment quality criteria from the sediment quality triad: an example. *Environmental Toxicology and Chemistry*, New York, v.5, p.957-964.

CHAPMAN, P.M.; DEXTER, R.N.; LONG, E.R. (1987). Synoptic measures of sediment contamination, toxicity and infaunal community composition (The Sediment Quality Tiriad) in San Francisco Bay. *Marine Ecology – Progress Series*, v.37, p.75-96.

CHURAKOVA, K.P. (1980). On the Taxonomy and distribution of oligochaeta worms in Lake Sevan. In: AQUATIC oligochaeta worms. Washington: United States Department of the Interior; National Science Foundation. p.81-90.

CHUTTER, F.M. (1969). The Effects of silt and sand on the Invertebrate fauna of streams and rivers. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v.34, p.57-76.

CLAUSEN, B.; BIGGS, B.J.F. (1997). Relationships between benthic biota and hydrological indices in New Zeland streams. *Freshwater Biology*, Oxford, v.38, n.2, p.327-342, Oct.

COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO BÁSICO [entre 1975 e 1976]. *Levantamento ecológico sanitário e considerações sobre a piscicultura de recreação na represa de Ibitinga-Bacia do Rio Tietê*. São Paulo. Relatório Final.

_____. (1990). *Procedimento para utilização de testes de toxicidade no controle de efluentes líquidos*. São Paulo. (Série manuais, 6).

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (1986). Resolução CONAMA 20-12julho de 1986. In: Coletânea de Legislação Ambiental Federal-Estadual, 1991. Local: Imprensa Oficial do Estado do Paraná.

COOPER, C.M.; KNIGHT JR., L.A. (1985). Macrobenthos-sediment relationships in Ross Barnett Reservoir, Mississipi. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.126, p.193-197.

COOPER, A.B. (1990). Nitrate depletion in the riparian zone and stream channel of a small headwater catchment. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.202, p.13-26.

COSTA, J.B. (2001). Avaliação ecotoxicológica da água e sedimento de tributários do reservatório de Barra Bonita (Médio Tietê Superior/SP), São Carlos/SP. Dissertação (Mestrado), 281p, USP

COWELL, B.C.; VODOPICK, D.S. (1981). Distribution and seasonal abundance of benthic macroinvertebrates in a subtropical Florida lake. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.78, p.97-105.

CRANSTON, P.S. (1995). Introducion to the chironomidae. In: ARMITAGE, P.D.; CRANSTON, P.S.; PINDER, L.C.V. (Ed.). *The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges*. London: Chapman & Hall. Cap.1, p.1-7.

CUMMINS, K.W. (1997). Invertebrates. In: CALOW, P.; PETTS, G.E. (Ed.). *The Rivers handbook: hydrological and ecological principles*. Oxford: Blackwell Scientific. v.1, Cap.11.

DANCE, K.W.; HYNES, H.B.N. (1980). Some effects of agricultural land use on stream insect communities. *Environmental Pollution* (Série A), London, v.22, p.19-28.

DENAT, D.R. (1994). Agriculture and stream water quality: a biological evaluation of erosion control practices. *Environmental Management*, New York, v.8, p.333-344.

DENISOVA, A.I. (1971). The Effect of the position of a reservoir in a cascade on its hydrochemistry. *Hydrobiological Journal*, Washington, v.7, n.5, p.8-15.

DI GIOVANNI, M.V.; GORETTI, E.; TAMANTI, V. (1996). Macrobentos in Montedeglio reservoir, Central Italy. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.321, p.17-28.

DYONESIUS, M.; NILSSON, C. (1994). Fragmentation and flow regulation of river systems in the Northern Third of the world. *Science*, Washington, v.266.

ESPÍNDOLA, E.L.G. (1994). Dinâmica da associação congênica das espécies de notodiaptomus (copepoda, calanoida), no reservatório de Barra Bonita/SP. 363p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1994.

ESPÍNDOLA, E.L.G. (1999). Limnologia comparada dos reservatórios em cascata do Médio Rio Tietê (SP): uma análise temporal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 7., 1999, Florianópolis. *Cadernos de Resumos...* Florianópolis: UFSC. v.1, p.233.

ESPÍNDOLA, E.L.G. (2001). *Limnologia de represas*: alguns fatores determinantes. São Carlos. Texto apresentado à Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos ao concurso de Livre-Docência.

ESTEVES, F.A., et al., (1981). Análises preliminares sobre o teor e distribuição de metais em sedimento de represas do Estado de São Paulo. Anais do II Simpósio Regional de Ecologia, São Carlos.

ESTEVES, F.A. (1982). Biomass and analysis of the major inorganic components of floating aquatic macrophyte *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms in six reservoirs of São Paulo State (Brazil). *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.34, n.9, p.1169 - 1981.

ESTEVES, F.A.; CAMARGO, A.F.M. (1982). Caracterização de sedimentos de 17 reservatórios, do Estado de São Paulo, com base no teor de feopigmentos, carbono orgânico e nitrogênio orgânico. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.34, n.5, p.669-974.

_____. (1983). Levels of phosphate, calcium, magnesium and organic matter in the sediments of some Brazilian reservoirs and implications for the metabolism of ecosystems. Contribution nº 21 of the Project "Typology of Reservoirs" of State of São Paulo. FAPESP. *Archive fur Hydrobiologie*, Stuttgart, v.96, n.2, p.129-138.

_____. (1988). Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro: Interciência/ FINEP.

FOMENKO, N.V. (1980). Ecological groups of oligochaeta worms in the DNIEPER BASIN. In: AQUATIC oligochaeta worms. Washington: United States Department of the Interior; National Science Foundation. p.104-118.

FONSECA, A.L. (1997). *Avaliação da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Piracicaba – SP, através de testes de toxicidade em invertebrados*. 211p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

FÖRSTNER, U. (1993). In: Heavy metal distribution in sediment profiles quality objectives and criteria development in Germany. *Water Science Technology*, v.28, n.8-9, p. 307-316.

FRACÁCIO, R. (2001). *Utilização de bioensaios ecotoxicológicos com Danio rerio (Cypriniformes, Cyprinidae) e análises limnológicas para a avaliação ambiental dos reservatórios do médio e baixo Tietê (SP)*. 183p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

FUKUARA, H.; SAKAMOTO, M. (1987). Enhancement of inorganic nitrogen and phosphate release from lake sediment by tubificid worms and chironomid larvae. *Oikos*, Kobenhavn, v.43, p.312-320.

FURTADO, A.L.S.; PETRUCIO, M.M.; ESTEVES, F.A. (1996). C, N, P, and pheopigments in the sediment of a Brazilian Coastal lagoon, Macaé, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, v.57, n.1, p.127-134.

GARDNER, W.S. et al. (1983). Patterns and rates of nitrogen release by benthic Chironomidae and Oligochaeta. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Ottawa, v.40, n.3.

GAUSS, J.D.; WOODS, P.E. et al. (1985). Acute toxicity of copper to three life stages of *Chironomus tentans* as affected by water hardness-alcalinidade. *Environmental Pollution (Serie A)*, London, v.37, p.149-157.

GENTIL, R.H.P. (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*. 289p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

GIANI, A. et al. (1988). Ciclo sazonal de parâmetros físico-químicos da água e distribuição horizontal de nitrogênio e fósforo no reservatório da Pampulha (Belo Horizonte, MG, Brasil). *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.40, n.1, p.69-77.

GIESY, J.P. et al. (1990). Benthic invertebrate bioassays with toxic sediment and pore water. *Environmental Toxicology and Chemistry*, New York, v.9, p.233-248, may.

GOLTERMAN, H.L. (1975). *Physiology limnology*. Amsterdam: Elsevier.

GÖRE, J.A. (1977). Reservoirs manipulations and benthic macroinvertebrates in a Prairie river. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v.55, n.2, p.113-123.

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

HAKENKAMP, C.C.; PALMER, M.A. (1999). Introduced bivalves in freshwater ecosystems: the impact of *Corbicula* on organic matter dynamics in a sandy stream. *Ecologia*, v.119, p.445-451, february.

HAMILTON, M.A.; RUSSO, R.C.; THURNSTON, R.V. (1977). Trimmed spearman karber method for estimating median lethal concentrations in toxicity bioassays. *Environmental Science & Technology*, v.11, n.7, p.714-719.

HARPER, P.P. (1997). La Grande Rivière: a subarctic river and a hydroelectric megaproject. In: CALOW, P.; PETTS, G.E. (Ed.). *The Rivers handbook: hydrological and ecological principles*. Oxford: Blackwell Scientific. v. 1, Cap.19, p.411-425.

HENRY, R., et al. (1985). Primary production and effects of enrichment with nitrate and phosphate on phytoplankton in the Barra Bonita reservoir (State São Paulo, Brazil). *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie*, Berlin, v.70, n.4, p.561-573.

HILTUNEN, J.K. (1967). Some oligochaetes from Lake Michigan. *Transactions of the American Microscopical Society*, Menasha, v.86, p.433-454.

HODSON, P.V. et al. (1979). Toxicity of copper to aquatic biota. In: NRIAGU, J.O. (Ed.). *Copper in the environment: part II - health effects*. New York: John Wiley. p.307-372.

HOFFMAN, J.D. et al. (1994). Sediment toxicity testing issues and methods. In: HOFFMAN, D. J. et al. *Handbook of ecotoxicology*. Boca Raton: Lewis. Cap.5, p. 70-103.

HOWMILLER, R.P. (1974). Some naididae and tubificidae from Central America. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v.44, n.1, p.1-12.

HOWMILLER, R.P.; SCOTT, M.A. (1977). An Environmental index based on relative abundance of oligochaete species. *Journal Water Pollution Control Federation*, New York, v.49, p.809-815.

HYNES, H.B.N. (1960). The Biology of polluted waters. Liverpool: Liverpool University Press. In: CHUTTER, F. M. (1969). The effects of silt and sand on the invertebrate fauna of streams and rivers. *Hydrobiology*, v.34, p.57-76.

HYNES, H.B.N. (1970). The ecology of running waters. In: NEWCOMB, C. P.; MacDONALD, D. D. (1991). *Journal of Fisheries Management*, v.11, p.72-82. *Hydrobiology*, v.34, p.57-76.

JOHN, H.; CARROLL JR., DORRIS, T.C. (1971). The Life history of *Branchiura sowerbyi*. *The American Midland Naturalist*, Notre Dame, v.87, n.2, p.412-422.

JUGET, J.; LAFONT, M. (1994). Distribution of oligochaeta in some lakes and pools of Bolivia. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.278, p.125-127.

JÓNASSON, P.M. (1955). The Efficiency of sieving techniques for sampling freshwater bottom fauna. *Oikos*, København, v.6, p.183-207.

KASPRZAK, K. (1979). Oligochaeta community structure and function in agricultural landscapes. In: BRINKHURST, R.O.; COOK, D.G. *Aquatic oligochaeta biology*. New York: Plenum. p.411-431.

KEENLEYSIDE, M.H.A. (1979) apud: HILARY, E.; BERKMAN CHARLES F. RABENI et al. Biomonitoring of stream quality in agricultural areas: fish versus invertebrates. *Environmental Management*, New York, (1986), v.10, n.3, p.413-419.

KENNEDY, C.R. (1966). The Life history of *Limnodrilus udekemianus* Clap. (Oligochaeta: Tubificidae). *Oikos*, København, v.17, n.1, p.10-18, July.

KNOBELOCH, L. et al. (1994). Gastrointestinal upsets associated with ingestion of copper-contaminated waters. *Environmental Health Perspectives*, Research Triangle Park, v.102, p.958-961.

KOSALWAT, P.; KNIGHT, A.W. (1987a). Acute toxicity of aqueous and substrate-bound copper to the midge, *Chironomus decorus*. *Archives Environmental Contamination and Toxicology*, New York, v.16, p.275-282, aug.

_____. (1987b). Chronic toxicity of copper to a partial life cycle of the midge *Chironomus decorus*. *Archives Environmental Contamination and Toxicology*, New York, v.16, p.283-290.

LANDRUM, P.F.; ROBBIAS, J.A. (1990). Bioavailability sediment associated. In: BAUDO, R.; GIESY, J.P.; MUNTAU, H. (Ed.). *Sediments: chemistry and toxicity of in-place pollutants*. Ann Arbor Lewis, Cap.8, p.237-261.

LANG, C. (1978). Factorial correspondence analysis of oligochaete communities according to eutrophication level. *Hydrobiologia*, Dordrecht, v.57, n.3, p.241-247, march.

_____. (1985). Eutrophication of lake Geneva indicated by the oligochaete communities of the profundal. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.126, p.237-243.

_____. (1989). Effects of small-scale sedimentary patchiness on the distribution of tubificid and lumbriculid worms in lake Geneva. *Freshwater Biology*, Oxford, v.21, p.477-481.

_____. (1990). Quantitative relationships between oligochaete communities and phosphorus concentrations in lakes. *Freshwater Biology*, Oxford, v.24, p.327-334.

LANG, C.; REYMOND, O. (1992). Reversal of eutrophication on lake Geneva: evidence from the oligochaete communities. *Freshwater Biology*, Oxford, v.28, p.145-148.

_____. (1995). Contrasting responses of oligochaete communities to the abatement of eutrophication in lake Geneva. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.308, p.77-82.

LATHROP, R.C. (1992). Decline in zoobenthos densities in the profundal sediments of Lake Mendota (Wisconsin, USA). *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.235/236, p.353-361.

LELAND, H.V. (1989). Effects of copper on species composition of benthic insects in a Sierra Nevada, Califórnia, Stream. *Freshwater Biology*, Oxford, v.21, p.163-179, july.

CENTRAIS DE ENERGIA DE SÃO PAULO / COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO BÁSICO (entre 1975 e 1976). *Levantamento ecológico sanitário e considerações sobre a piscicultura e recreações na represa de Ibitinga – Bacia do rio Tietê*. São Paulo. Relatório Final.

LI, X. (2000). Heavy metal distribution in sediment profiles of the Pearl River estuary, South China. *Applied Geochemistry*, v.15, p.567-581.

LIND, O.T.; TERRELL, T.T. (1990). Trophic classification: some special problems of reservoirs. *Ergebnisse der Limnologie=Advances in Limnologie*, Stuttgart, v.33, p.647.

- LONG, E.R.; CHAPMAN, P.M. (1985). A Sediment quality triad: measures of sediment contamination toxicity and infaunal composition in puget sound. *Water Pollution Bulletin*, v.16, n.10, p.405-415.
- LONG, E.R. et al. (1990). Comparative evaluation of five toxicity tests with sediments from SAN FRANCISCO BAY and TOMALES BAY, California. *Environmental Toxicology and Chemistry*, New York, v.9, p.1193-1214.
- LORENTZ, P. (1987). Sublittoral and profundal oligochaeta fauna of the Lake Constance (Bodensee-Obersee). *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.155, p.227-282.
- LUOMA, S.N.; CARTER, J.L. (1991). Effects trace metals aquatic. In: NEWMAN, C.; McINTOSH, A.W. *Metal ecotoxicology: concepts & applications*. Local: Editora. Cap.10, p.261-300.
- MACIOROWSKI, D.H.; McCLARKE, V. (1980). Advantages and disadvantages of Using Invertebrates in Toxicity Testing. In: BUIKERMAN JR., A.L.; CAIRNS JR., (Ed.). *Aquatic Invertebrate Bioassays*. Philadelphia: American Society for Testing and Materials. p.36-47. (ASTM STP 715).
- MAIER, M.H. (1987). Ecologia da Bacia do Rio Jacaré Pepira (47°55'-48° 55'w; 22° 30'-21° 55'S-Brasil). Qualidade da água do rio principal. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.39, n.2, p.164-185.
- MAIER, M.H. ET AL. (1978). Estudos limnológicos de um trecho do Rio Mogi Guaçu I. Características físicas. Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, v.5, n.2, p.91-107.
- MALUEG, K.W. et al. (1984). Toxicity of sediments from three metal-contaminated areas. *Environmental Toxicology and Chemistry*, New York, v.3, p.279-291.
- _____. (1984). Laboratory sediment toxicity tests, sediment chemistry and distribution of benthic macroinvertebrates in sediments from the Keweenaw Waterway, Michigan. *Environmental Toxicology and Chemistry*, New York, v.3, p.233-242, october.
- MANAHAN, S.E. (1993). Fundamentals Of environmental chemistry. Boca Raton: Lewis.
- MARCHESE, M. R. et al. (1986). Características limnológicas del Rio Paraná y sus principales tributários en el Tramo Goya- diamante los sedimentos de fondo y su fauna. *Revista de la Asociacion de Ciencias Naturales del Litoral*, Santa Fé, v.17, n.1, p.79-97.
- MARCHESE, M.R. (1987). The Ecology of some benthic oligochaeta from the Paraná River, Argentina. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.155, p.209-214.

MARGALEF, R. (1975). Typology of reservoirs. *International Verein Limnology*, v.19, p.1841-1848, Nov.

MARTINEZ-ANSEMIL, E.; PRAT, N. (1984). Oligochaeta from profundal zones of spanish reservoirs. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.115, p.223-230.

MATSUMURA-TUNDISI, T.; HINO, K.; ROCHA, O. (1981). Limnological studies at 23 reservoirs in southern part of Brazil. *International Verein Limnology*, v.21, p.1040-1047, november.

_____. (1986). Características limnológicas da lagoa do Taquaral (Campinas, SP) – um ambiente hipertrófico. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.38, n.3, p.420-425.

McLACHLAN, A.J. (1970). Some effects of annual fluctuations in water level on the larval Chironomid communities of lake kariba. *The Journal of Animal Ecology*, London, v.39, n.1, p.79-90, Feb.

MILBRINK, G. (1980). Oligochaeta communities in pollution biology. The European situation with special reference to lakes in scandinavia. In: RINKHURST, R.O.; COOK, D.G. (Ed.). *Aquatic oligochaeta biology*. New York: Plenum. p.433-455.

MILBRINK, G. (1983). An Improved environmental index based on the relative abundance of oligochaeta species. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.102, p.89-97.

_____. (1983). An Improved environmental index based on the relative abundance of oligochaete species. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.102, p.89-97.

MINSHALL et al., (1988). Relationships between benthic biota and hydrological indices in New Zeland streams. In: CLAUSEN, B.; BIGGS, B. J. F. (1997). *Freshwater Biology*, v.38, p.327-342.

NESSIMIAN, J. L.; et al. (1995). Caracterização funcional de macroinvertebrados de um Brejo de Dunas no Estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Biologia*, v.57, n.1, p.135-145.

NEWCOMBE, C.P.; MacDONALD, D.D. (1991). Effects of suspended sediments on aquatic ecosystems. *North American Journal of Fisheries Management*, Bethesda, v.11, n.1, p.72-82.

NOGUEIRA, F.M.B. (1989). *Importância das macrófitas aquáticas Eichonia azurea Kunth e Scirpus cubensis Poepps & Kunth, na ciclagem de nutrientes e nas principais características limnológicas da Lagoa do Infernã (SP)*. 147p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1989.

OISHI, M.K. (1996). *Caracterização do meio físico, das características físicas e químicas e do fluxo de nutrientes em tributários da bacia hidrográfica do reservatório de Barra Bonita (médio Tietê – SP)*. 199p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

OZWILLO, M. (1984). Phylogenetic and taxonomic problems in freshwater oligochaeta with special emphasis on chitinous structures in tubificidae. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.115, p.19-23.

PALMER, M.F. (1968). Aspects of the respiratory metabolism of tubifex in relation to its ecology. *Journal of Zoology, London*, v.154, p.463-473.

PAMPLIM, P.A.Z. (1999). *Avaliação da qualidade ambiental da represa de Americana (SP – Brasil) com ênfase no estudo da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e parâmetros ecotoxicológicos*. 111p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, (1999).

PAYNE, A.I. (1986). *The Ecology of tropical lakes and rivers*. New York: John Wiley.

PEREIRA, R.H.G. (2003). *Análise da distribuição, densidade e diversidade de Copepoda Calanoida e Cyclopoida nos reservatórios do Médio e Baixo Tietê e sua relação com as características limnológicas do sistema*. 289p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

PINDER, L.C.V. (1995). The Habitats of chironomidae larvae. In: ARMITAGE, P.D.; CRANSTON, P.S.; PINDER, L.C.V. *The Chironomidae biology and ecology of non biting midges*. London: Chapman & Hall. p. 107-135.

PODDUBNAYA, L.T. (1984). Parthenogenesis in tubificidae. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.115, p.97-99.

PRAT, N.; RIERADEVALL. (1995). Life cycle and productin of Chironomidae (Diptera) from Lake Banyoles (NE SPAIN). *Freshwater Biology*, v.33, p.511-524, December.

QUINN, J.M.; HICKEY, C.W. (1990). Magnitude of effects of substrate particle size, recent flooding, and catchment development on benthic invertebrates in 88 New Zealand rivers. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, Wellington, v.24, p.411-427, july.

RANSOM, J.; DORRIS, T.; (1972). Analyses of benthic community structure in a reservoir by use of diversity indices. *The American Midland Naturalist*, v.87, n.2, p.435-447.

REYNOLDSON, T.B.; ZARULL, M.A. (1989). The Biological assessment of contaminated sediments – the Detroit River example. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.188/189, p.463-476.

ROCHA, A.A. (1980). Limnologia, recreação e pesca, nas represas da CESP. *Engenharia Sanitária – Caderno Técnico*, Rio de Janeiro, v.19, n.5, p.336-337.

ROCHA, A.A.; BRANCO, S.M. (1986). A Eutrofização e suas implicações na ciclagem de nutrientes. *Acta Limnologica Brasiliensis*, São Carlos, v.1, p. 201-242.

RODGHER, S. (2001). *Estudo ecotoxicológico e limnológico nos reservatórios em cascata do médio e baixo rio Tietê: uma análise espacial e temporal*. 159p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

RODRIGUES, G.G. (1996). *Caracterização, dinâmica-estrutural da macrofauna betônica da lagoa Caconce, Osório, RG.Sul, Brasil*. 205p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ROSENBERG, D.M. (1992). Freshwater biomonitoring and Chironomidae. *Neth. Journal Aquatic Ecology, Local*, v.26, n.2/4, p.101-122.

SOARES, A. (2003). *Qualidade da água e fluxo de nutrientes na interface sedimento-água nas represas do rio Tietê*. 84p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

SAGGIO, A.A. (1992). *Estudo de eutrofização do reservatório de Barra Bonita (rio Tietê – SP), através de simulação numérica*. 105p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.

SEDELL, J.R. et al. (1990). Role of refugia in recovery from disturbances modern fragmented and disconnected river systems. *Environmental Manangement*, New York, v.14, n.5, p.711-724.

SCHIRMER, C.L. (1996). Aspectos da biologia e ecologia de *Corbicula fluminea* e *Neocorbicula limosa* (Bivalvia, Corbiculidae) na Lagoa da Suzana, Rio Grande do Sul. 181p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Santa Catarina.

SHIMIZU, G.Y. (1981). *Represa de Americana: um estudo de distribuição batimétrica da fauna bentônica*. 117p. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1982.

SMITH, D.P. (1991). An Evaluation of a naidid oligochaete as a toxicity test organism. *Environmental Toxicology and Chemistry*, New York, v.10, p.1459-1465, april.

STOKES, P.M. (1979). Copper accumulation in freshwater biota. In: NRIAGU, J. (Ed.). *Copper in the environment: part II - health effects*. New York: John Wiley. p.357-381.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G.; DUNCAN, A. (1993). State-of-the-art-of reservoir limnology and water quality management. *Comparative reservoir limnology and water quality management*. Dordrecht: Kluwer Academic. Cap.13, p.278-322.

STRASKRABA, M.; TUNDISI, J.G. (1999). *Reservoir water quality management*. Kusatsu: International Lake Environment Committee Foundation. (Guidelines of Lake Manangement Handbook, 9).

SWEDBERG, D.W. (1968). Food and growth of the freshwater drum in Lewis and Clark Lake, south Dakota. *Transactions of the American Fisheries Society*, Bethesda, v.97, p.442-447.

TESSIER, A.; CAMPBELL, P.G.C. (1987). Partitioning of trace metals in sediments. Relationships with bioavailability. Ecological effects of in situ sediment contaminants. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.149, p.43-51.

THOMAZ, S.M. (1991). *Influência do regime hidrológico (pulsos) sobre algumas variáveis limnológicas de diferentes ambientes aquáticos da Planície de inundação do Alto Rio Paraná, M.S. Brasil*. 294p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1991.

THORNTON, K.; WILHM, J. (1974). The Effects of pH, phenol and sodium chloridæ on survival and caloric, lipid and nitrogen content of a laboratory population of *Chironomus attenuatus* (Walk.). *Hydrobiologia*, Dordrecht, v.45, n.2/3, p.261-280.

TIMM, T. (1984). Potential age of aquatic oligochaeta. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.115, p.101-104.

TOLEDO, A.et al. (1983). A Aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 12., Camboriú. *Anais...*, p.1-34.

TONISSI, F.B. (1999). *Avaliação ecotoxicológica do reservatório de Salto Grande, Americana/SP, como subsídio para a análise da qualidade ambiental do sistema*. 137p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.

TRAUNSPURGER, W.; DREWS, C. (1996). Toxicity analysis of freshwater and marine sediments and macrobenthic organisms: a review. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.328, p.215-261.

TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. (1995). *Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo*. Guia de identificação e diagnose dos gêneros. São Carlos: Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, UFSCar.

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. (Ed.). *Limnologia e manejo de represas*. São Paulo: ACIESP. v.1, tomo 1, p.165-2004. (Série Monografias em Limnologia).

TUNDISI, J.G. (1990). Key factors of reservoir functioning and geographical aspects of reservoir limnology chairman's overview. *Archiv fur Hydrobiologie, Stuttgart*, v.33, p.645-646, May.

TUNDISI, J.G. (1993). Represas do Paraná superior: limnologia e bases científicas para o gerenciamento. In: BOLTOWSKOY, A.; LOPEZ, H.L.. (Ed.). *Conferências de limnologia/ conferences on limnology*. La Plata: Instituto de Limnologia. p.41-52.

TUNDISI, J.G., et al. (1993). Limnology and management of reservoirs in Brazil. In: STRASKRABA, M.; et al. Eds. *Comparative reservoir limnology and water quality management*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, p.25-55.

TUNDISI, J.G. (1996). Reservoirs as complex systems. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.48, p.5-6.

TUNDISI, J.G.; STRASKRABA, M. (1995). Strategies for building partnerships in the context of river basin management: The role of ecotechnology and ecological engineering. In: *Lakes & Reservoirs: research and management*, v.1, p.31-38.

TUNDISI, J.G. (2000). Gerenciamento de reservatórios no Brasil. In: JORGENSEN, S.E.; VOLLENWEIDER, R.A. (Ed.). *Diretrizes para o gerenciamento de lagos*, v.1, cap.10, p.139-151.

VAN HUET HARRY, J.W.J. (1992). Phosphorus eutrophication in the SW frisian lake district. phosphorus balances and simulation of reduction scenarios. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.233, p.271-281.

VILELLA, S.H. (1992). *Avaliação sócio-econômica de impactos ambientais na implantação e operação da usina hidrelétrica "Três Irmãos", no Rio Tietê - aplicação do modelo interpretativo de inserção regional de UHES, elaborado pela Eletrobrás*. 124p. Dissertação (Mestrado) – Unidade, Universidade de São Paulo.

U.S.ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY (1994). *Methods for measuring the toxicity and bioaccumulation of sediments associated contaminants with freshwater invertebrates*. Duluth: Office of Research and Development. EPA 600/ R-94/024.

U.S.ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY (1989). Short- term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organisms. 2ed, Cincinnati, USEPA 600/ 4-89/001.

VERDONSCHOT, P.F.M. (1989). The Role of oligochaetes in the management of waters. *Hydrobiologia*, Dordrecht, n.180, p.213-227.

WALSH, C.J. et al. (2001). Effects of urbanization on streams of Melbourne region, Victoria, Australia, in benthic macroinvertebrates communities. *Freshwater Biology*, Oxford, v.46, p.535-551, July.

WENTSEL, R.; MCINTOSH, A.; ATCHISON, G. (1977). Sublethal effects of heavy metal contaminated sediment on midge larvae (*Chironomus tentans*). *Hydrobiologia*, Dordrecht, v.56, n.2, p.153-156.

WETZEL, R.G. (1975). *Limnology*. Philadelphia: W.P.Saunders.

WHITTAKER, R.H.; FAIRBANKS, C.H. (1958). A Study of plankton and copepod communities in the Columbia Basin, southeastern. *Ecology*, Washington, v.39, n.2, p.46-65, Apr.

WILLIAMS, K.A. et al. (1986). The Acute toxicity of cadmium to different larval stages of *Chironomus riparius* (Diptera: Chironomidae) and its ecological significance for pollution regulation. *Oecologia*, Berlin, v.70, p.362-366, March.

WHITTON, B. A. (1975). River Ecology, v.2, (Studies in Ecology), 725p.

WRÖBEL, S.; BOMBÖWNA, M. (1976). The Cascade type of dam reservoirs and the eutrophication. *Limnologica*, Berlin, v.10, n.2, p.293-298.